

CARACTERIZACIÓN DE LA VARIACIÓN DE LA IRRADIANCIA SOLAR GLOBAL A CORTO PLAZO EN PILAR, CÓRDOBA

Anabela Lusi^{1,2}, Facundo Orte^{1,2}, Elian Wolfram^{1,3}, Raúl D'Elia¹
anabelalusi@gmail.com

¹Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina

²CEILAP-UNIDEF (CITEDEF-CONICET), Juan Bautista de la Salle 4397, Villa Martelli, Buenos Aires, Argentina

³Servicio Meteorológico Nacional, Buenos Aires, Argentina

Palabras clave: Irradiancia solar, ramp-rates, nubosidad

1) INTRODUCCIÓN

La demanda mundial de sistemas solares fotovoltaicos ha crecido en forma sostenida durante los últimos 20 años (Solar Power Europe, 2021). El potencial de la energía solar no cesa en su crecimiento y un factor crucial sobre otras tecnologías de generación ha sido su rápida reducción de costos durante la última década, dando mayor competitividad sobre otros tipos de energía renovable. Argentina cuenta con un recurso excepcional en el NOA y Cuyo, con un promedio de más de 2300 kWh/m² de irradiancia directa al año, e incluso fuera de esa región el resto del país también presenta un recurso más que aceptable si se lo compara con países con alto desarrollo fotovoltaico como India, Japón, Vietnam, Ucrania, Alemania y Corea del Sur (World Bank Group, 2021). La incorporación de este volumen de energía supone un desafío para la administración del sistema eléctrico.

La dependencia que presenta la generación de energía fotovoltaica con las condiciones meteorológicas, principalmente la nubosidad, da lugar a una fuerte variabilidad, por lo que se vuelve una tarea fundamental de las ciencias atmosféricas evaluar el impacto que tienen las nubes sobre la radiación solar en diferentes regiones. A escala de tiempos cortos, las fluctuaciones resultantes del movimiento de las nubes generan un carácter intermitente (ramp-rates) en la generación de energía en las plantas fotovoltaicas (Reindl T. et al., 2017) (Yehya A. et al., 2015). El análisis de estas perturbaciones resulta de gran interés para los sistemas fotovoltaicos debido a los cambios repentinos que afectan el rendimiento de las plantas de generación (Sayeef S., 2012).

El objetivo de este trabajo es determinar la frecuencia con que se presentan tasas de cambio de la irradiancia solar global en plano horizontal (GHI) en el corto plazo (del orden de minutos) debido a la nubosidad en Pilar, Córdoba, uno de los sitios de la red Saver-Net de radiación solar en Argentina. La metodología propuesta consiste en cuantificar estas perturbaciones desde el análisis de mediciones terrestres con el objetivo de caracterizar el sitio de estudio en este sentido.

2) METODOLOGÍA

La tasa de cambio de la irradiancia solar global se determinó a partir de mediciones terrestres con piranómetros Kipp&Zonen CMP-21, pertenecientes a la red de radiación SAVER-Net (<http://www.savernet-satreps.org/es/>), que cubre ocho sitios de Argentina. La ubicación del sitio utilizado para este estudio es Pilar, Córdoba 31.68°S, 63.87°W, 330 m s.n.m., para el cual se cuenta con registros de GHI desde el 18/04/2017 al 02/01/2021.

La alta frecuencia de adquisición del orden del minuto de estos instrumentos permite la determinación de tasas de cambio de corto plazo y la caracterización de los sitios en relación

con este parámetro.

El conjunto de instrumentos de la estación está conectado a un registrador de datos, el cual guarda la información con una resolución temporal de un minuto, que resulta de promediar medidas instantáneas durante el minuto (Orte F. et al., 2022).

Se cuantificó la frecuencia relativa de variaciones de GHI entre 100 a 600 W/m², en ventanas temporales de 1 a 5 minutos (considerando las mediciones instantáneas). La frecuencia relativa se calculó respecto al número de mediciones (del orden del minuto) registradas. Además, se contabilizó el número de días en el cual se dieron los eventos de variaciones rápidas de la GHI.

3) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de las variaciones a corto plazo en la ciudad de Pilar debido a la nubosidad se representa mediante la frecuencia de ocurrencia de las tasas de cambio de la GHI para ventanas temporales de 1 a 5 minutos en la Figura 2. En el eje X se definen las categorías de tasas de cambio (W/m²) mayores a un umbral, y en el eje Y la frecuencia para cada una de las categorías.

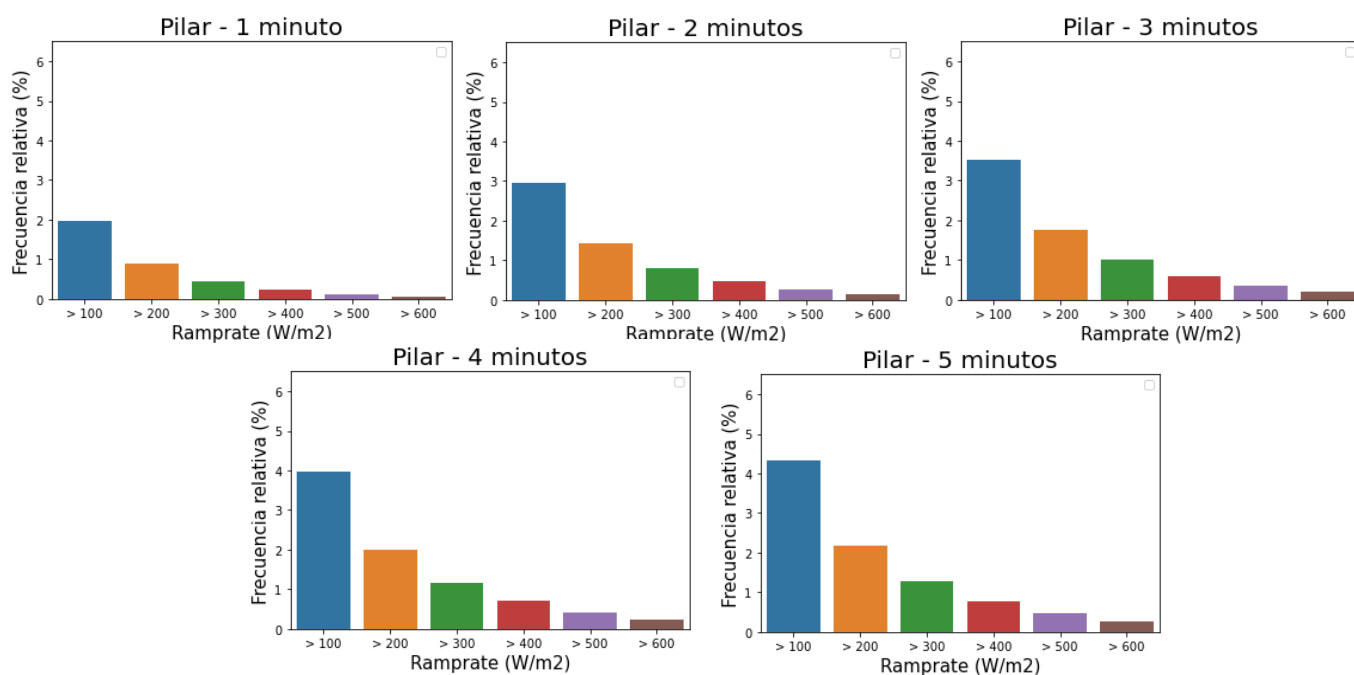


Figura 1: Histogramas de frecuencias relativas de ocurrencias de ramp-rates con tasas de cambio en ventanas temporales de 1 a 5 minutos en Pilar, Córdoba.

En la Figura 1 se puede ver que la disminución de la frecuencia con el aumento de la tasa de cambio para las diferentes ventanas temporales presenta proporciones similares en los diferentes histogramas, es decir, para una tasa de cambio de 100 W/m² se da la mayor tasa de ocurrencia, y esto disminuye a medida que aumenta la tasa de cambio. Además, el valor más alto de frecuencia relativa es para una tasa de 100 W/m² y ventana temporal de 5 minutos.

La Tabla I resume la frecuencia absoluta y relativa de los ramp-rate y cuantifica los días en los que se presentó al menos una situación de ramp-rate.

TC (W/m ²)	1 min			2 min			3 min			4 min			5 min		
	FA	ND	FR (%)	FA	ND	FR (%)	FA	ND	FR (%)	FA	ND	FR (%)	FA	ND	FR (%)
>100	17814	833	1,96	26668	895	2,94	31978	927	3,52	35931	936	3,96	39219	945	4,32

>200	8002	627	0,88	12978	715	1,43	16073	751	1,77	18149	765	2	19794	778	2,18
>300	3969	478	0,44	7326	588	0,81	9214	622	1,02	10550	630	1,16	11498	644	1,27
>400	1980	334	0,22	4210	451	0,46	5485	477	0,6	6326	492	0,7	6905	500	0,76
>500	975	238	0,11	2431	350	0,27	3210	369	0,35	3737	379	0,41	4133	392	0,46
>600	400	146	0,04	1352	248	0,15	1885	270	0,21	2197	286	0,24	2415	292	0,27

Tabla I: Frecuencia absoluta (FA), número de días (ND) y frecuencia relativa (FR) de ocurrencia de ramp-rates para diferentes tasas de cambio (TC) en distintas ventanas temporales (1 a 5 minutos) en Pilar, Córdoba.

Se observa que la cantidad de días en los que se presenta al menos un ramp-rate mayor a 100 W/m² con una ventana temporal de 1 minuto fue mayor a 800, lo que representa un 61.5% de los días en un año de estudio. En todos los casos se observa que el número de días de ocurrencia de eventos disminuye a medida que se aumenta la tasa de cambio. Por otra parte, se puede ver que la frecuencia relativa aumenta cuando se incrementa la ventana temporal para las distintas tasas de cambio. Sin embargo, el incremento más fuerte es entre 1 y 3 min, para el resto de las ventanas temporales las diferencias porcentuales no difieren considerablemente.

4) CONCLUSIONES

Este estudio propone una metodología para la caracterización de un sitio en cuanto a la variabilidad de corto plazo que sufre la GHI con potencial impacto en la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos. Se logró cuantificar la frecuencia de tasas de variación de irradiancia en superficie para la ciudad de Pilar, Córdoba, durante el periodo de abril de 2017 a enero de 2021. Se observaron casi 4000 casos de cambios de irradiancia mayores a 300 W/m² en 1 minuto. Estos eventos se dieron en 478 días, lo que representa un 35.28% del periodo analizado. Estos resultados aportan información útil y brindan una idea de frecuencia de ocurrencia y orden de magnitud de las variaciones rápidas de irradiancia solar sobre procesos de microescala vinculados a la generación de energía solar fotovoltaica.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) por el financiamiento del proyecto SAVER-Net. A las instituciones SMN, CITEDEF e IHLLA por el mantenimiento y operación en los nodos de monitoreo de la red.

REFERENCIAS

- Orte F. et al.:** Saver-Net UV-total solar irradiance monitoring network in Argentina. Revista Meteorológica, Argentina. 2022., en prensa. <http://www.meteorologica.org.ar/en-prensa/>
- Sayeeff S., Heslop S., Cornforth D., Moore T., Percy S., Ward J., Berry A., Rowe D.:** Solar intermittency: Australia's clean energy challenge: characterising the effect of high penetration solar intermittency on Australian electricity networks. CSIRO, Sydney, Australia, 2012.
- Solar Power Europe:** Global market outlook for solar power 2021-2025. Solar Power Europe, July 2021.
- T. Reindl, W. Walsh, Z. Yanqin, y M. Bieri:** Energy meteorology for accurate forecasting of PV power output on different time horizons, Energy Procedia, vol. 130, pp. 130–138, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.415.
- World Bank Group:** Global solar atlas, 2021. URL <https://globalsolaratlas.info>
- Yehya A., Ahmed A., Iyad M., Ali A.:** Cloud effect on power generation of grid connected small PV systems. World academy of science, engineering and technology international journal of electrical, computer, energetic, electronic and communication Engineering, 2015, Vol:9, No:9.