

MEDICION DE MEJORAS A TRAVES DE AJUSTE ANGULAR EN APLICACIONES FOTOVOLTAICAS

Jorge Lescano¹, Rafael Oliva², Patricio Triñanes Barrientos³, Néstor Cortez⁴

Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) Instituto de
Tecnología Aplicada UARG - L.Rivera y Gregores, 9400 Río Gallegos - Santa Cruz TE 02966
442317/19 int 21, email: rafael.beltran.oliva@gmail.com

Recibido 08/08/16, aceptado 07/10/16

RESUMEN: En los sistemas fotovoltaicos aislados, es significativa la variación del ángulo de inclinación para captación óptima según la estación del año, y por un método relativamente poco costoso puede incrementarse significativamente la eficiencia en la captación de la radiación solar adaptando el ángulo de inclinación de los paneles, especialmente en latitudes extremas. Se buscó evaluar la mejora obtenida a través de un sistema de medición comparativa de la potencia y la energía generadas por dos juegos de paneles fotovoltaicos, uno con inclinación fija y otro con ángulo adaptable mensualmente. El presente trabajo muestra los resultados obtenidos a lo largo de un período de diez meses durante 2015 y 2016 para dicho sistema.

Palabras clave: energía solar, sistemas fotovoltaicos, sistema de medición, calibración, datos comparativos.

INTRODUCCION

Sobre todo para consumos bajos, y aún en zonas como la Patagonia austral en que existen escasos niveles de radiación en buena parte del año, la energía solar fotovoltaica representa una solución de mantenimiento y de costo inicial decreciente en los últimos años, esto sumado a la difusión dada a este tipo de sistemas a través de programas como el PERMER (Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales) (IESC, 2014). Sin embargo, dado el bajo nivel de radiación y escasas horas de sol en época invernal (Grossi Gallegos y Righini, 2007; Lescano et al., 2008), existe una demanda de mejora por métodos sencillos (ej. adaptación mensual de ángulos de inclinación por un método manual) del rendimiento de dichos equipos, sin recurrir a tecnologías más costosas como los reguladores MPPT (Maximum Power Point Tracking) o celdas de alta eficiencia.

¹ Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)

² Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) y L&R Ingeniería

³ Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)

⁴ Departamento de Física, y Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA).

En trabajos anteriores (Lescano et al., 2013) se presentaron los lineamientos de los ensayos propuestos para evaluar en condiciones reales los efectos de la alteración del ángulo de inclinación de un juego de paneles fotovoltaicos a lo largo del año en Río Gallegos ($51^{\circ}38'S$, $69^{\circ}14'O$), en comparación con un grupo de ángulo fijo. En (Lescano et al., 2015) se presentaron los detalles del sistema de medición adoptado, sus limitaciones y la metodología a seguir. En el presente trabajo se muestran las mediciones realizadas en un período de 10 meses y las conclusiones obtenidas sobre el sistema modificado para la lectura de corriente, tensión y potencia sobre ambos juegos de paneles en canales separados, con registros estadísticos adecuados.

DESCRIPCION GENERAL

El sistema de comparación descrito (Lescano et.al, 2015) se muestra en la Figura 1 y consta de dos juegos de dos paneles fotovoltaicos (SOLARTEC, 20 W de potencia pico, 17 V de Voc) sobre un soporte dual en el techo del Laboratorio de Energías Alternativas (UNPA-UARG), conectados en serie y montados en dos niveles. El superior fijo con un inclinación de 47.6° respecto al plano horizontal (*Figuras 1-a y 1-b*), el inferior se ajusta mes a mes (último día) en su ángulo de inclinación óptimo. El conjunto abastece un banco de baterías tubulares (AMSA, 24 V, 100 Ah) del laboratorio, controlado por un regulador Stecca 8.8c.



Figura 1: Fotos del sistema, (a) Tablero para SISMED_FV en AEA-UARG, y (b) Montaje de paneles en techo Lab. AEA.

El registrador SISMED_FV (Figura 2) permite realizar una comparación de corriente entre un conjunto de paneles a ángulo fijo y otro a un ángulo manualmente ajustable mes a mes buscando un mejor aprovechamiento de la energía solar incidente, a lo largo del período de estudio. Ambos paneles alimentan a través de un regulador una carga resistiva similar, mientras se miden tensión, corriente y se calcula energía aportada. El sistema que se ilustra en la Figura 2 agrega a los dos paneles fotovoltaicos Solartec de 20 Wp (03) fijos, un conjunto de otros dos (09) de ángulo ajustable que también se conectan en serie sobre el soporte exterior, en una caja de conexiones. El cable de bajada compartido (07 y 10) mas las protecciones (llaves térmicas) se conectan a través de sensores individuales de corriente de efecto Hall (04 y 11) a un regulador fotovoltaico (05) Steck Solsum 8.8c (10 A máximo). Dicho regulador a su vez se conecta a través de otra llave térmica (08) al banco de baterías de 24 V (06). Los terminales de salida para cargas (+/-LD) conectan a la fuente de alimentación (02) del tipo buck/switching del SISMED_FV, que reduce los 24 V a una salida regulada de 10.5 V. Esta salida es la que alimenta al conjunto CPU / Placas de acondicionamiento de señal del SISMED_FV (01), y además a las cargas de 24V controladas por relé. El tablero en forma de diagrama se muestra en la Figura 3.

UNPA - Sistema Ampliado (B) de Registro Fotovoltaico (1Reg)

SISTEMA FJO + ANGULO AJUSTABLE -AEA - Banco de 24V /100Ah
 J.LESCANO / R.OLIVA/ N.CORTEZ/ P.TRINANES - REV(3-1Reg).03/2013

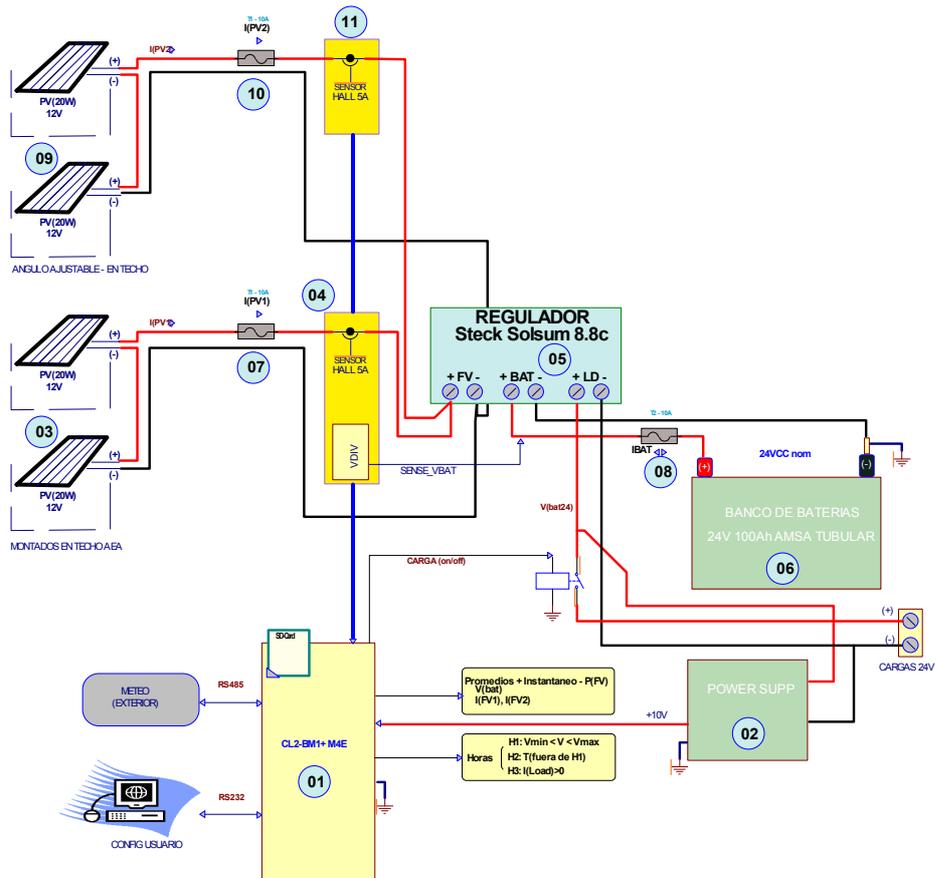


Figura 2: Sistema Fotovoltaico AEA utilizando un único regulador Steck

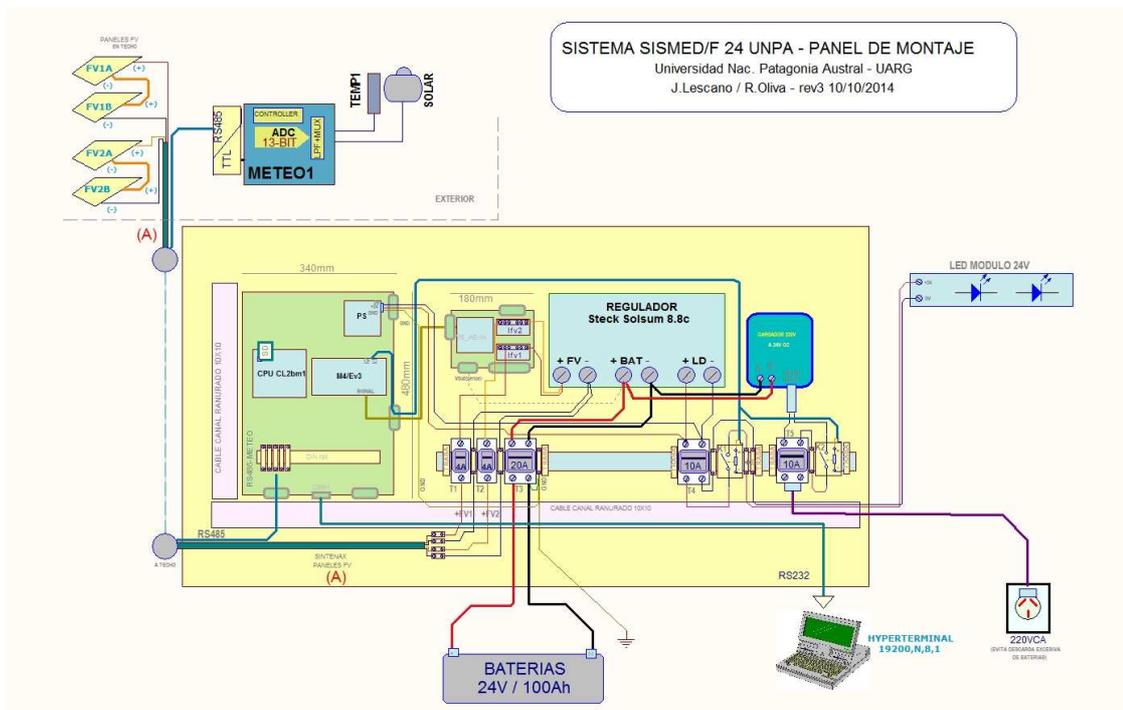


Figura 3: Diagrama de distribución del tablero de Figura 1-izq

AJUSTE PERIODICO DE ANGULOS

El ensayo realizado desde 2015 requiere un ajuste de los ángulos del juego de paneles inferiores, el cual se realiza el último día de cada mes (Figura 4). El conjunto de paneles superiores se mantiene al ángulo óptimo calculado (ContAdic29A298, 2013) y el conjunto inferior se ajusta al ángulo óptimo correspondiente a ese mes (Figura 5). La operación se realiza en el techo de la Universidad, y no demanda más de 30 minutos.



Figura 4: Ajuste del ángulo de los paneles inferiores, al ángulo óptimo (Foto – 02-2016)

Ángulo de inclinación óptimo - Paneles ajustables UNPA - rev 03-2013

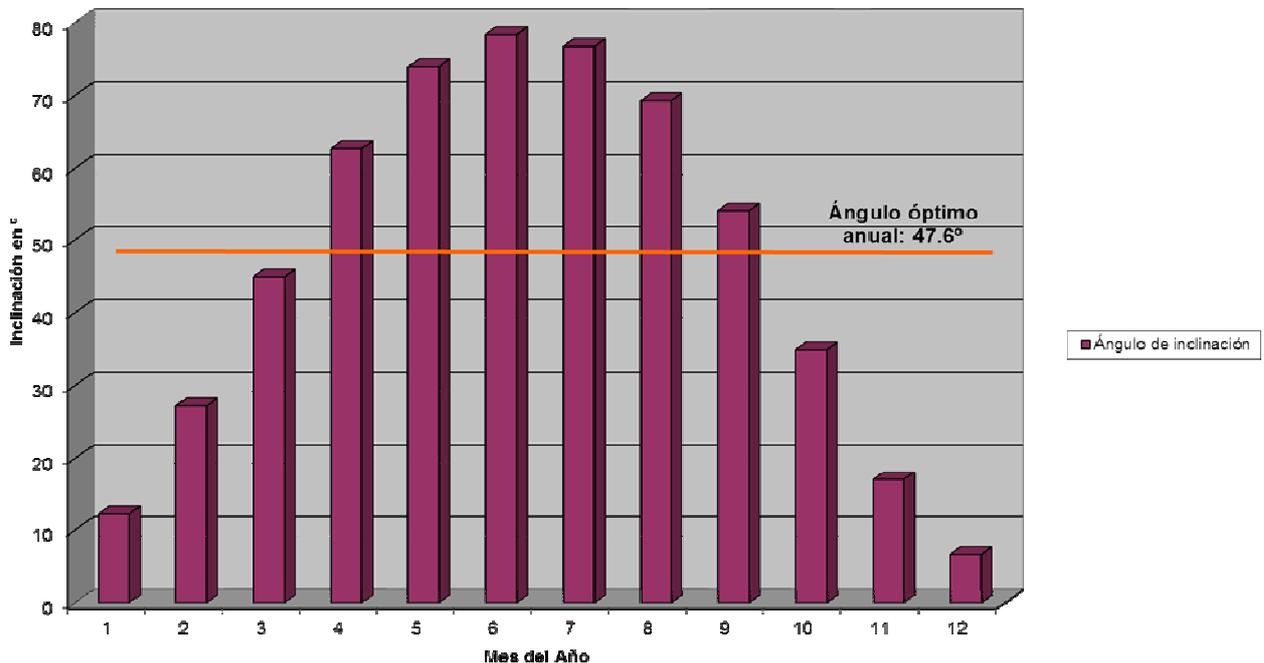


Figura 5: Ángulos óptimos de inclinación de acuerdo al mes en Río Gallegos

MEDICIONES DE POTENCIA Y RADIACION

El sistema de medición utilizado (SISMED_FV) registra datos promedio por cada minuto de distintas variables; entre ellas, las utilizadas para este trabajo son:

- 1) Potencia media generada por el par de paneles de ángulo fijo
- 2) Potencia media generada por el par de paneles de ángulo ajustable

3) Irradiación sobre superficie horizontal en el sitio de instalación de ambos juego de paneles

La obtención de las potencias generadas (Lescano et.al, 2015) se realiza a través del producto de las señales de corriente de cada canal por la tensión del banco de baterías, promediadas cada minuto. Ambas señales se digitalizan con un conversor A/D de 13 bits y el producto se realiza en software una vez por segundo, para posteriormente almacenar las medias cada minuto en la tarjeta SD/Flash.

La medición de la irradiación (Figura 6), se realiza mediante la utilización de un sensor fotovoltaico (componente de una estación meteorológica Davis Weatherlink2, calibrado por el grupo de Energía Solar de la Universidad de Lujan en 2010). La señal se toma del “front end” analógico de dicha estación, y se ingresa a un canal de una unidad METEO (Oliva, 2012), que a través de otro conversor A/D de 13 bits la digitaliza, y se envía a la CPU principal. Los promedios de irradiación de 1 minuto se almacenan en la tarjeta SD, constituyendo una columna adicional del archivo .CSV generado, según se describió en (Lescano y otros 2015).

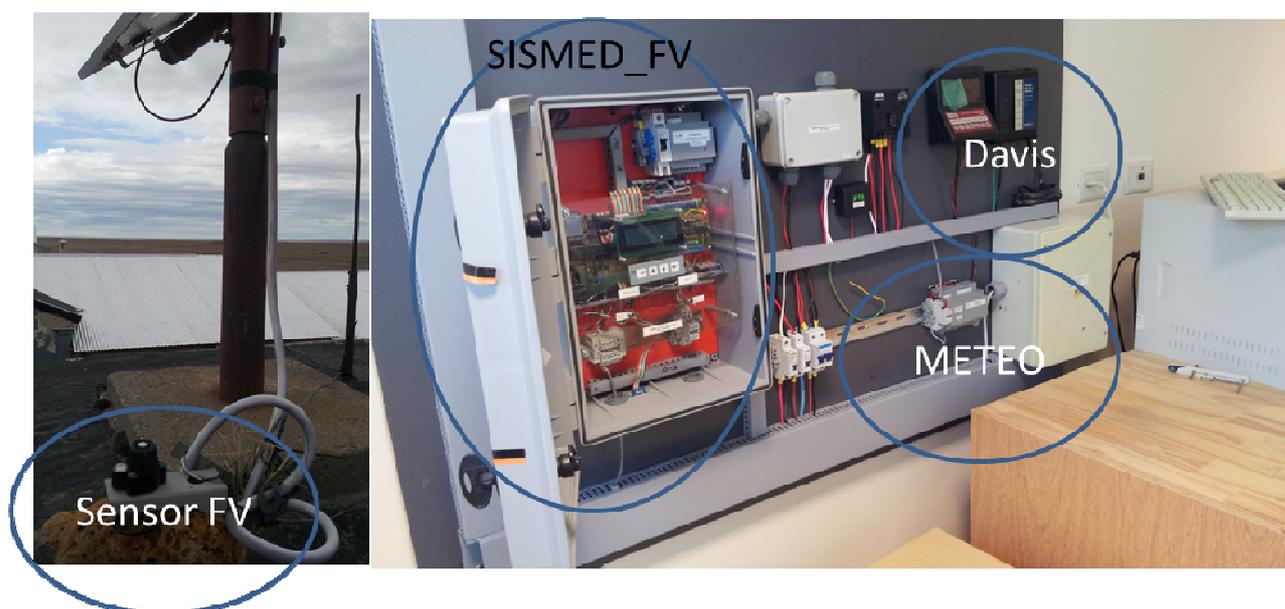


Figura 6: Medición de la Irradiación, instalada el 30-09-2015, y módulo METEO asociado

RESULTADOS OBTENIDOS

Los datos obtenidos son volcados a una planilla Excel y mediante el uso de una macro se realizan promedios horarios de las tres magnitudes. Los valores numéricos (Tabla 1) resultan iguales a los de energía media generada por cada juego de paneles y a la radiación (energía radiante recibida por m^2) en cada hora.

Se aprecia en las Figuras 7 y 8 la evolución diaria de las mediciones, obtenidas de tablas similares a Tabla 1. En azul, los paneles fijos, y en rojo con diagonales los paneles ajustados al ángulo óptimo. En los meses de verano, la ganancia de este esquema de ajuste es notoria. En la Figura 9 se observa la evolución mensual para un mes de fuerte radiación como es enero.

En la Figura 10 se observa la evolución de la producción para el mes de marzo, en que la ganancia del esquema de ajuste se empareja bastante. En la Figura 11 para un mes de baja radiación como es junio se observa que el esquema se revierte y resulta mayor la ganancia de los paneles fijos.

Día	Hora	Energía generada [Wh]		Radiación [Wh/m ²]
		Paneles Fijos	Paneles Ajustables	
01/03/2016	1	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
	6	0,0	0,0	0,0
	7	0,0	0,0	0,0
	8	0,0	0,0	3,8
	9	0,0	1,7	130,2
	10	1,7	10,4	280,8
	11	9,3	20,8	455,9
	12	26,9	29,7	610,9
	13	33,6	34,1	711,2
	14	35,1	35,7	734,1
	15	34,1	34,8	713,4
	16	22,8	23,5	510,3
	17	17,1	18,1	398,9
	18	13,7	16,4	395,2
	19	4,5	8,5	252,6
	20	0,1	1,0	27,9
	21	0,0	0,0	0,0
	22	0,0	0,0	0,0
	23	0,0	0,0	0,0
	24	0,0	0,0	0,0

Tabla 1 - Tabla de datos – salida de la macro de procesamiento en planilla Excel o similar

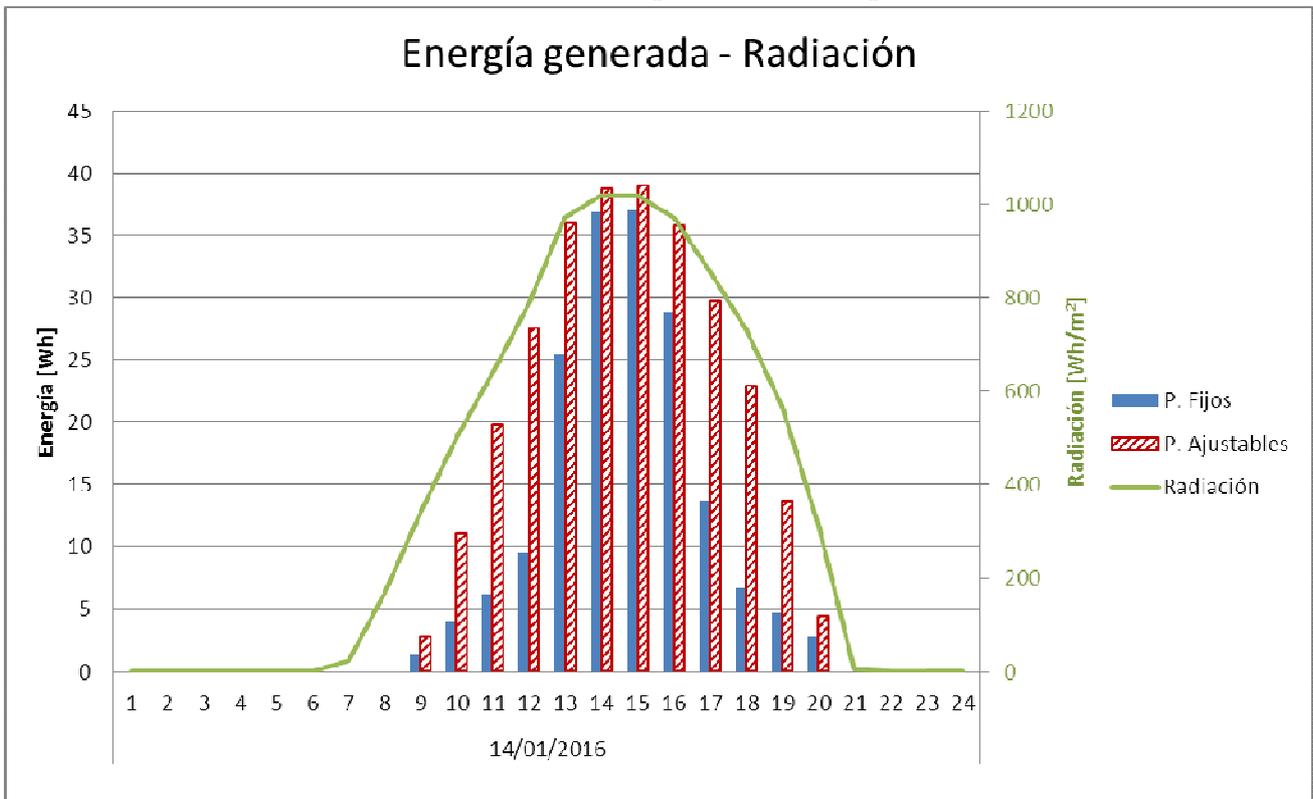


Figura 7: Datos diarios, gráfica para el 14 de enero 2016, valores similares a los de Tabla 1

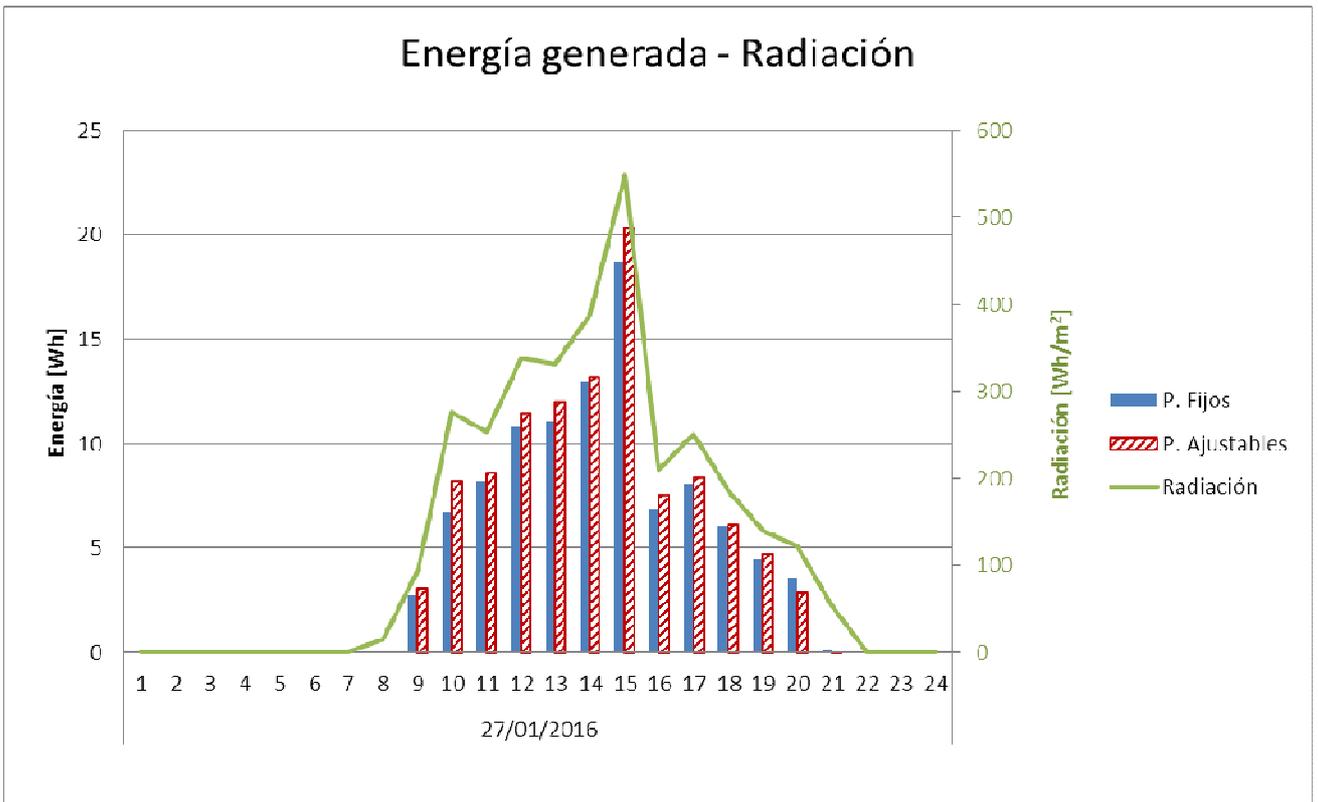


Figura 8: Datos diarios, gráfica para el 27 de enero 2016, se aprecia el efecto de mayor nubosidad.

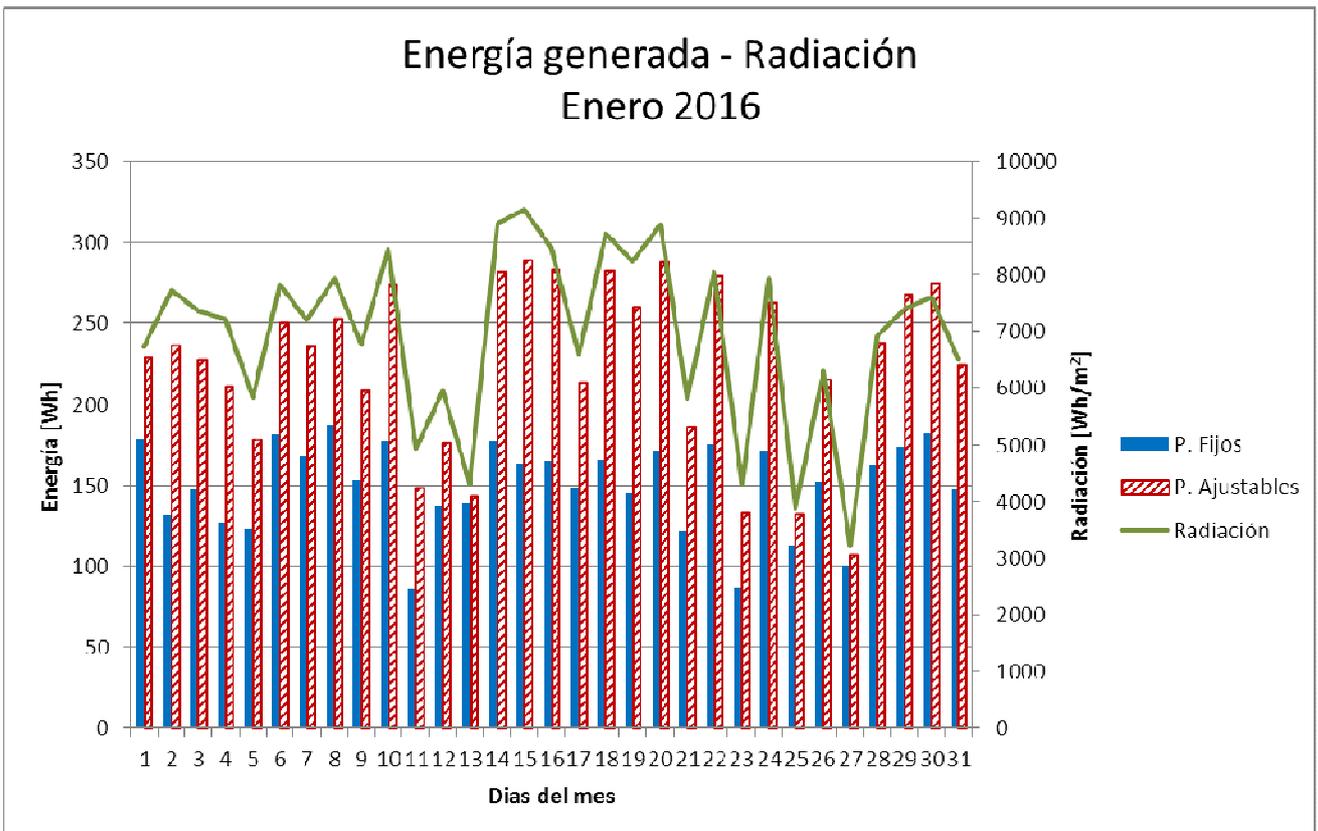


Figura 9: Evolución de mediciones a lo largo de enero 2016

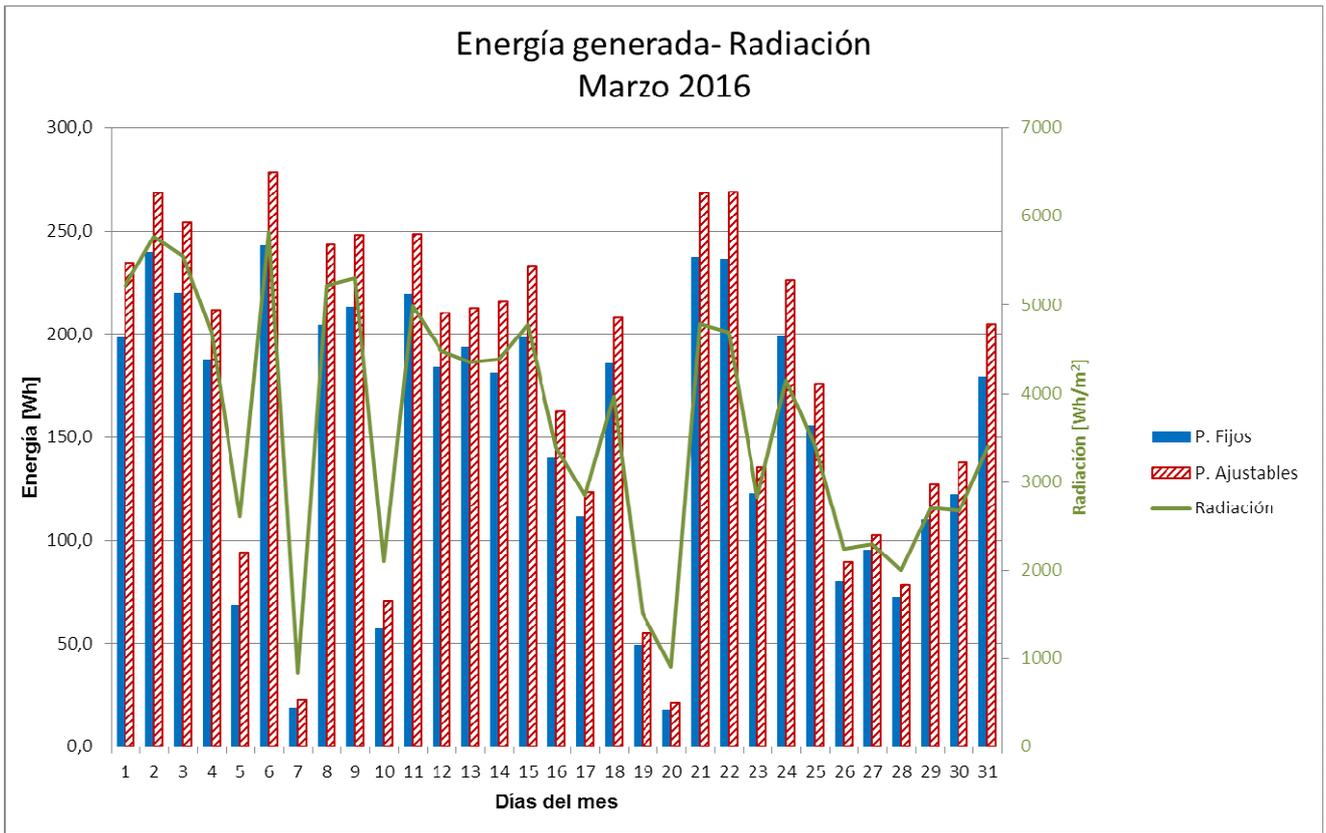


Figura 10: Evolución de mediciones a lo largo de marzo 2016 – ganancia menos notoria por el ajuste

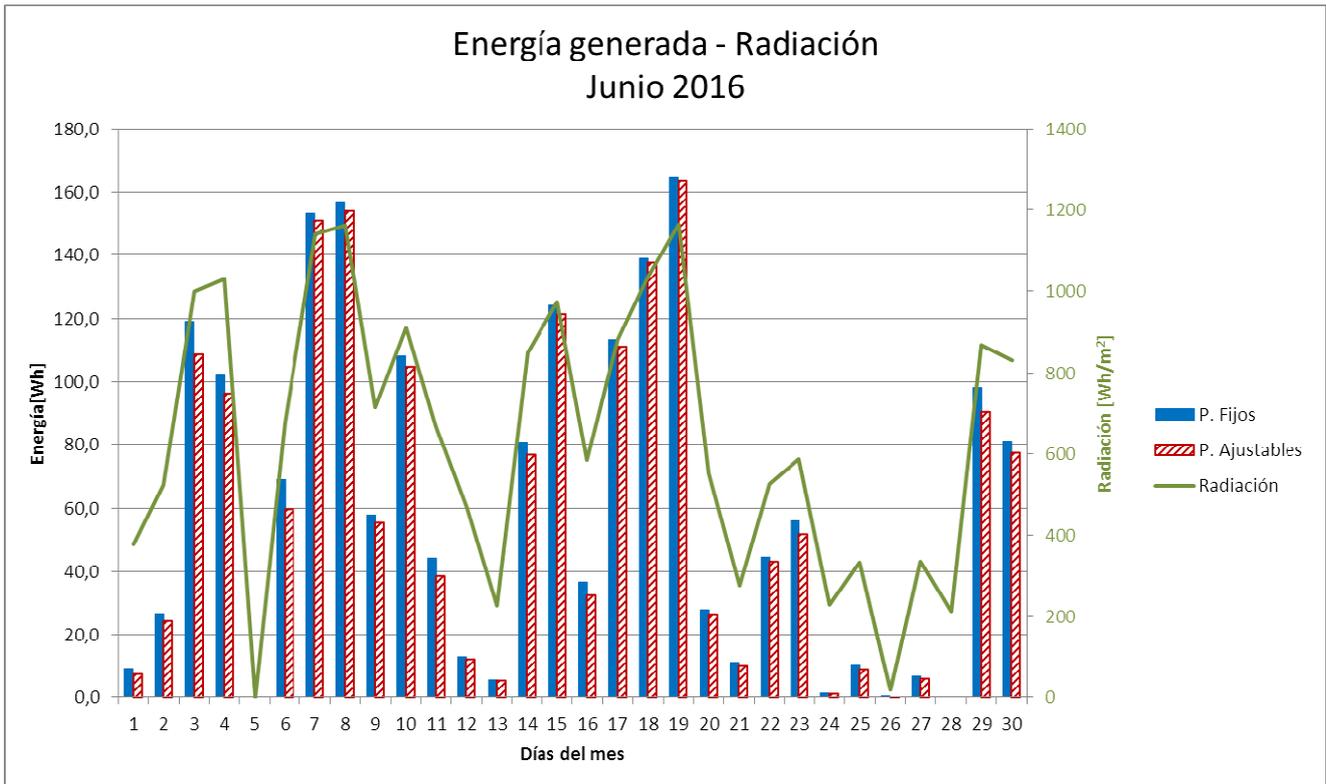


Figura 11: Evolución de mediciones a lo largo de junio 2016 – el efecto se revierte y la producción de los paneles fijos es mayor que la de los ajustados al óptimo.

La evolución estudiada a lo largo de 10 meses entre 2015 y 2016 se muestra en la Figura 12, donde se aprecia que el efecto de ajuste es muy notorio en los meses de mayor radiación, y se revierte aunque levemente en los invernales.

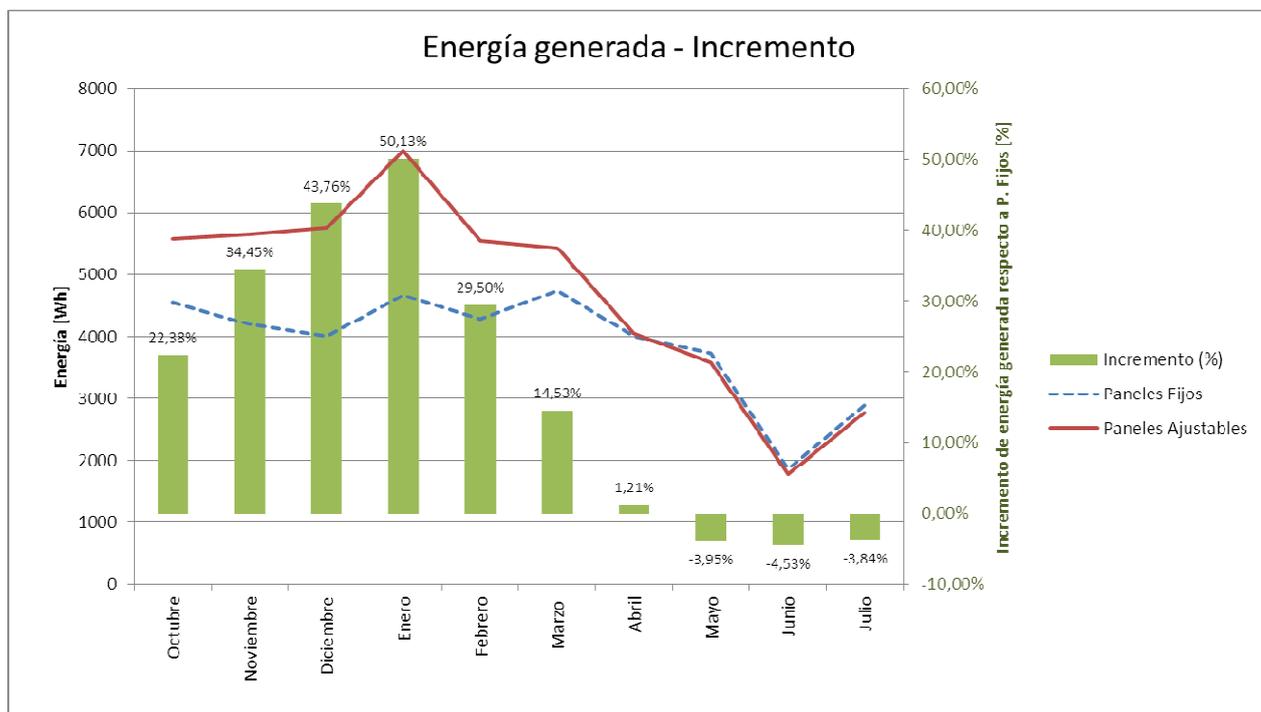


Figura 12: Evolución de mediciones a lo largo de 10 meses (10-2015 a 07-2016)

Los resultados mostrados a través de los gráficos anteriores permiten inferir lo siguiente:

- 1) La conveniencia del ajuste mensual de la inclinación de los paneles entre los meses de Octubre y Marzo, que produce un incremento de la energía generada (que alcanza casi el 50% en el mes de Enero) por encima de la obtenida manteniendo el ángulo fijo en 47.6° (inclinación óptima anual).
- 2) Contrariamente a lo esperado, no se produce un comportamiento similar para los meses de Otoño-Invierno, donde se han registrados decrementos en la energía generada del orden del 4% en los meses de Mayo, Junio y Julio. Entendemos que esto puede deberse a:
 - a. Que en altas latitudes, en las épocas donde el Sol mantiene una altura muy baja durante todo el día, la radiación directa pierde importancia frente a la difusa ya que la mayor porción de bóveda celeste que ven los paneles fijos frente a la que ven los ajustables, hace que se compense o supere la mayor radiación directa captada por estos últimos.
 - b. Necesidad de revisión del cálculo del ángulo óptimo según lo planteado para paneles en edificios en (Grossi Gallegos y Righini, 2012)
- 3) Para días claros en Primavera-Verano, la mayor ganancia se obtiene en horas previas y posteriores al mediodía solar.

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un sistema para estudiar el posible incremento en la eficiencia en la captación de la radiación solar en aplicaciones fotovoltaicas adaptando el ángulo de inclinación de los paneles para mantener el suministro de electricidad en época invernal utilizando lo menos posible una fuente energética complementaria, en una región de baja radiación promedio. Se alcanzaron los primeros objetivos en cuanto a la evaluación cuantitativa de dicha mejora a través de 10 meses de registros con variaciones angulares mes a mes. Se muestran los resultados a través de gráficos, a partir de un sistema de medición comparativa de potencia y energía generadas por dos juegos de paneles fotovoltaicos, uno con inclinación fija y otro con ángulo adaptable, y se estudian los efectos.

REFERENCIAS

Grossi Gallegos, H., Righini, R. (2007). Atlas de Energía Solar de la República Argentina, publicado por la Universidad de Lujan y la Secretaría de Ciencia y Tecnología, 74pp.

Grossi Gallegos, H., Righini, R. (2012). "ÁNGULO ÓPTIMO PARA PLANOS COLECTORES DE ENERGÍA SOLAR INTEGRADOS A EDIFICIOS" Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente - Vol. 16, 2012. ISSN 0329-5184

IESC (2014) Instituto de Energía de Santa Cruz, Programa PERMER:
<http://www.iesc.gov.ar/iesc/permer.php>

Lescano, J., Oliva, R., Cortez, N., Triñanes, P., Lescano, I. (2013) "Diseño e implementación de estrategias para el uso eficiente de la energía solar en aplicaciones fotovoltaicas en sitios aislados de la Provincia de Santa Cruz- Avances" Acta de la XXXVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 1, pp. 08.71-08.78, 2013 - ISBN 978-987-29873-0-5

Lescano, J., Oliva, R., Triñanes, P., Cortez, N., (2015) "ESTUDIO DE MEJORAS MEDIANTE AJUSTE ANGULAR EN APLICACIONES FOTOVOLTAICAS EN SITIOS AISLADOS DE LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ – AVANCES" Acta de la XXXVIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 3, pp. 08.317-08.328, 2015. ISBN 978-987-29873-0-5

Lescano, J., D'Elia, E., Triñanes, P., Oliva, R. (2008). Estimación de recurso solar en base a tablas y mediciones para un colector solar indirecto para uso doméstico en zonas frías, Comunicación ASADES 2008 – ISSN 0329-5184; vol 12.

Oliva, R. (2012) "Estación meteorológica de construcción modular orientada a la prospección eólica en Argentina", Tesis - Maestría en Energías Renovables, Universidad Nacional de Salta, defendida 10-2014.

ABSTRACT

This paper presents results of ten months of current and power measurements intended to compare angle effects in two sets of photovoltaic panels, located in a common installation in South Patagonia. The effective gains of a monthly angle adjustment, the evolution from the first experimental setup, some notable negative gains detected in low radiation months and a series of implementation issues are discussed, as well as the probable revision required to establish a usable result in the future.

Keywords: solar energy, photovoltaic systems, measurement, irradiation