

RADIACION SOLAR SOBRE SUPERFICIES PLANAS EN LA CIUDAD DE SANTA FE

Enrique Albizzati*

RESUMEN: A partir de mediciones propias de la radiación solar global efectuadas durante seis años con un piranómetro fotovoltaico, se calcula el promedio diario mensual de la radiación solar total sobre superficies inclinadas de cara al Norte. Además se estudia la distribución de los valores calculados, y luego se computan los ángulos óptimos de inclinación considerando periodos mensuales, estacionales y todo el año, discutiéndose la influencia de la posición sobre la energía solar recibida por las superficies.

1. MEDICIONES DE LA RADIACION SOLAR GLOBAL

La radiación solar global mensual se midió en Santa Fe, con instrumental instalado en la terraza de la Facultad, en el periodo comprendido entre los días 1° de marzo de 1982 y 29 de febrero de 1988. Los datos de la radiación solar global diaria promedio mensual en el plano horizontal recogidos durante el citado periodo están representados en la Figura N° 1. En la misma se encuentran los valores promediados para cada mes del año. Con respecto a los valores recopilados, los mismos son inferiores a los que pueden extraerse de las cartas de radiación solar para la región meridional de América del Sur [1]. Las diferencias en la radiación solar global diaria promedio mensual oscilan entre 1 y 3 MJm⁻², acentuándose en los meses más cálidos.

El piranómetro fotovoltaico Solar 118 que se empleó ha sido evaluado [2] comparando valores diarios de la radiación con los de un piranómetro termoelectrico Kipp and Zonen CM5. Los estudios dieron como resultado que para los valores considerados de la radiación solar diaria debería aplicarse un factor de corrección que varía entre 1,05 y 1,07, el que se incrementa con los valores de la irradiación medida, lo que confirma la tendencia apreciada en la comparación referida.

2. CALCULO DE LA RADIACION TOTAL SOBRE SUPERFICIES INCLINADAS

La fracción de la radiación global que corresponde a la radiación difusa se halla mediante la expresión correlacionada por Collares-Pereira y Rabl [3]. El procedimiento adoptado para calcular \bar{H}_t es el propuesto por Klein [4], basado en el modelo de Liu y Jordan [5]. La radiación total que alcanza la superficie es la suma de la radiación directa, la difusa y reflejada por el suelo. Los cálculos de la radiación incidente se han restringido a superficies orientadas hacia el Norte geográfico.

La radiación solar total \bar{H}_t , calculada con una reflectancia del suelo $\rho = 0,20$, está graficada en las Figuras N° 2 y 3, considerando en

*INEDI - Facultad de Ingeniería Química - U. N. del Litoral.

cada mes las superficies con inclinaciones entre 0° y 90°. En las Tablas N°1 y 2 se contabiliza su distribución según el ángulo de inclinación de la superficie y el mes del año. A medida que el ángulo de inclinación aumenta los valores se centralizan, en particular si $40^\circ \leq \beta \leq 50^\circ$ entre 9 y 18 MJm⁻²; con inclinaciones aún mayores se intensifica la concentración de los valores y la radiación incidente decrece sensiblemente. En los meses más fríos la radiación solar total no supera los 12 MJm⁻²; durante los meses más cálidos se produce una mayor dispersión de los valores calculados, abarcándose los cinco rangos preestablecidos de la radiación con una tendencia marcada hacia los más altos valores.

3. RADIACION INCIDENTE Y POSICION DE LAS SUPERFICIES COLECTORAS

Las curvas mostradas de la radiación sobre superficies permiten hallar un ángulo óptimo de inclinación para cada mes del año, que corresponde a la máxima radiación. Asimismo puede identificarse un ángulo óptimo estacional y un ángulo óptimo anual, que se listan en la Tabla N°3, junto con la radiación diaria promedio y el cociente entre esta y la radiación medida en el plano horizontal. Como las superficies colectoras normalmente son fijas, disminuye el valor anual de la radiación recibida frente al que se puede obtener variando el emplazamiento en forma mensual o estacional. Si la superficie se coloca en la posición más favorable para cada mes, recibe anualmente la máxima radiación.

La posición de la superficie puede modificar significativamente la radiación incidente en cada una de las estaciones. Este efecto se manifiesta en los datos tabulados y en la Figura N°4. Respecto a la radiación anual, se advierte en la gráfica que en el rango comprendido entre 14° y 33°, se presentan valores de la radiación que difieren en menos del 1,0% del valor máximo. El rango se amplía casi hasta $2^\circ \leq \beta \leq 46^\circ$, si la diferencia es del 5,0% relativa al mismo valor tope.

Debe destacarse la distinta distribución estacional de la radiación según el ángulo de inclinación. Con ángulos tales que $14^\circ \leq \beta \leq 33^\circ$, existe una gran diferencia entre la radiación recibida en el verano y en el invierno, disminuyendo la diferencia al cotejar el otoño y la primavera con aquellas estaciones. Cuando el ángulo de inclinación de la superficie decrece, las diferencias se hacen más notables, y en el rango 2°-14° disminuye levemente la radiación anual por efecto del marcado decrecimiento de la radiación en el período marzo-agosto.

Una distribución estacional de la radiación más pareja y sin afectar mayormente la radiación incidente durante todo el año, se alcanza entre los 33° y 46°; tanto es así que los valores de la radiación solar para primavera y otoño prácticamente se igualan cuando la superficie colectoras tiene un ángulo entre 40° y 50°.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Grossi Gallegos H., et al. "Cartas de radiación solar global diaria para la región meridional de América del Sur", II Congreso Interamericano y V Argentino de Meteorología (Buenos Aires, 1987).
2. Mc Gregor J., Helios, N°14, p.10-13 (1982).
3. Collares-Pereira M. y Rabl A., Solar Energy, 22, 155 (1979).
4. Klein S.A., Solar Energy, 19, 325 (1977).
5. Liu B.Y.H. y Jordan R.C., Solar Energy, 7, 53 (1963).

Tabla No. 1

ANGULO DE INCLINACION	RADIACION SOLAR (MJ m ⁻²)				
	6 - 9	9 - 12	12 - 15	15 - 18	18 - 21
0	2	2	2	2	4
10	2	2	2	2	4
20	1	3	2	2	4
30	0	2	3	4	3
40	0	2	3	7	0
50	0	2	4	8	0
60	0	2	10	0	0
70	0	6	6	0	0
80	0	11	1	0	0
90	6	6	0	0	0

Tabla No. 2

MES DEL AÑO	RADIACION SOLAR (MJ m ⁻²)				
	6 - 9	9 - 12	12 - 15	15 - 18	18 - 21
ENERO	1	1	2	2	4
FEBRERO	1	1	2	3	3
MARZO	0	2	2	6	0
ABRIL	0	1	6	3	0
MAYO	0	5	5	0	0
JUNIO	3	7	0	0	0
JULIO	2	8	0	0	0
AGOSTO	0	6	4	0	0
SEPTIEMBRE	1	2	7	0	0
OCTUBRE	1	1	3	5	0
NOVIEMBRE	1	2	1	2	4
DECIEMBRE	1	2	1	2	4

Tabla No. 3

MES DEL AÑO	$\beta(oe)$	$Ht(oe)$	$\bar{Ht}(oe)/\bar{H}$	PERIODO	$\beta(oe)$	$\bar{Ht}(oe)$	$\bar{Ht}(oe)/\bar{H}$
ENERO	0,0	20,98	1,000	Primavera	12,7	16,52	1,015
FEBRERO	8,4	18,87	1,007	(Set-Nov)			
MARZO	23,5	17,27	1,061	Verano	0,0	20,18	1,000
ABRIL	40,5	15,28	1,217	(Dic-Feb)			
MAYO	52,2	12,84	1,438	Otoño	36,0	14,92	1,193
JUNIO	56,4	10,58	1,546	(Mar-May)			
JULIO	54,4	11,25	1,488	Invierno	51,8	11,42	1,412
AGOSTO	44,8	12,52	1,274	(Jun-Ago)			
SEPTIEMBRE	28,8	13,43	1,061	PERIODO	$\beta(oe)$	$Ht(oe)$	$\bar{Ht}(oe)/\bar{H}$
OCTUBRE	12,8	17,18	1,017	Anual	23,7	15,08	1,058
NOVIEMBRE	0,0	18,58	1,000	(Ene-Dic)			
DECIEMBRE	0,0	20,89	1,000				

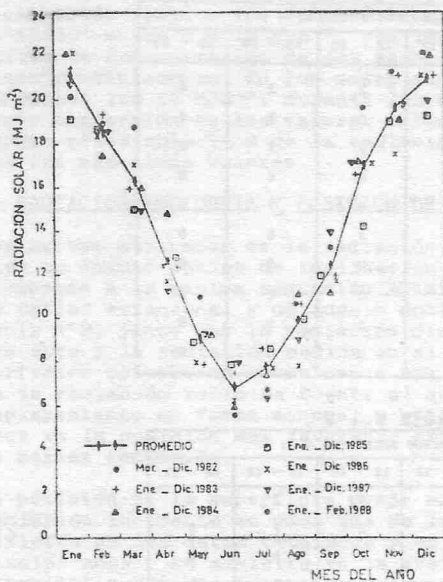


Figura No. 1

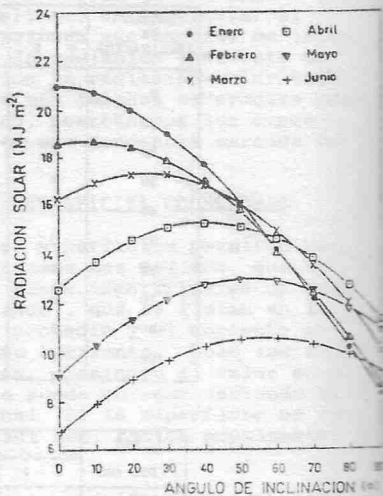


Figura No. 2

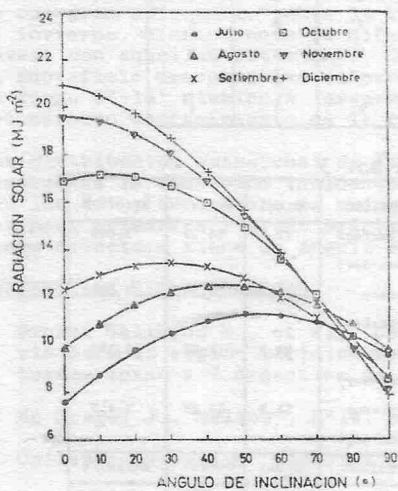


Figura No. 3

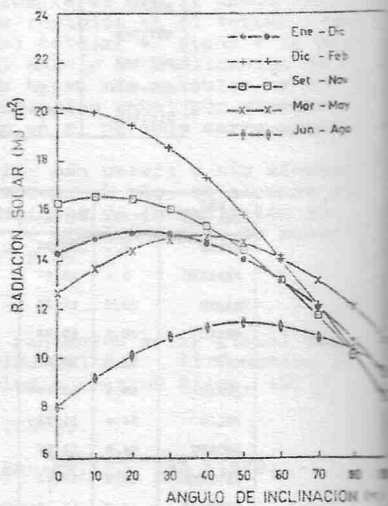


Figura No. 4