

## DETERMINACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR DIFUSA A PARTIR DE LA GLOBAL PARA VILLA MERCEDES

V. RODRIGO\*, S. RIBOTTA\*, R. MONASTEROLO\*, A. FASULO#

\*Universidad Nacional de San Luis - Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales  
Avenida 25 de Mayo 384 (5730) V. Mercedes - San Luis - Tel. (0657) 30954/30980 - Fax (0657) 33790  
E-mail monaster@fices.unsl.edu.ar

# Universidad Nacional de San Luis, Chacabuco y Pedernera (5700) San Luis - E-mail solar@unsl.edu.ar

### RESUMEN

A partir de los datos de radiación solar tomada en plano horizontal y de heliofanía obtenidos en Villa Mercedes, se genera una base de datos de radiación solar difusa. Luego, esta base es ampliada a 10 años con los datos de heliofanía relativa generados por el Servicio Meteorológico Nacional para Villa Reynolds. Para ello, empleando la base mencionada al principio, se deducen los coeficientes de la correlación de Angstrom - Page que permiten convertir heliofanía en radiación. Se presentan tablas y gráficos.

### INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la radiación solar global en plano horizontal y su componente difusa es de vital necesidad para intentar desarrollar toda actividad relacionada con el aprovechamiento de la energía solar, tal como lo han recomendado numerosos autores (1) (2) (3). Pues a partir de estas dos componentes se puede determinar la radiación solar directa necesaria para toda aplicación en que se desee emplear concentradores. Además es la componente complementaria para calcular la radiación en cualquier plano inclinado.

En las proximidades de Villa Mercedes, se ha medido en forma continua durante unos cuatro años la radiación solar global en plano horizontal, la heliofanía, temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, a través de la Estación INTA Villa Mercedes. Los datos diarios de este trabajo, se encuentran publicados en los boletines N° 4 al 9 de la Red Solarimétrica Nacional desde 1980 a 1982. Lamentablemente este elemento tan indispensable para los solaristas ya no está disponible a partir de 1985, fecha en que la Red dejó de aportar sus publicaciones.

Por otra parte en Villa Reynolds ubicada unos 6 Km de Villa Mercedes se encuentra instalada una base aérea militar, que a su vez funciona como aeropuerto para los vuelos comerciales nacionales, cuenta con una estación meteorológica cuyos datos son procesados y puestos a disposición de los interesados por el Servicio Meteorológico Nacional. Entre estos datos se encuentra la heliofanía diaria.

A partir de los datos de la Red en primer término se dedujo la radiación difusa diaria  $\overline{H_d}$ . Para llegar a estos valores se analizaron previamente las distintas ecuaciones existentes que correlacionan  $\overline{H_d}$  con  $\overline{H}$ . Lamentablemente no encontramos antecedentes de trabajos similares efectuados en el país referente a este punto y no tuvimos mas remedio que recurrir a la información existente del hemisferio norte, con las restricciones que esto implica.

En una segunda etapa determinamos los coeficientes de Angstrom-Page y convertimos los 10 años disponibles de heliofanía provistos por el S.M.N. en radiación solar. Finalmente dedujimos de estos la  $\overline{H}$  y la  $\overline{H_d}$  para 10.

### OBTENCIÓN DE $\overline{H_d}$

Liu y Jordan<sup>(1)</sup> fueron los primeros en proponer una correlación para obtener la radiación difusa en valores medios mensuales  $\overline{H_d}$ , a partir de la radiación global horizontal  $\overline{H}$ . Pronto se encontró que esta correlación subestima la cantidad de radiación difusa debido a que habiendo usado una cinta o faja para enmascarar la radiación directa del sol, no efectuó las correcciones para incorporar la parte de la radiación difusa perdida por los laterales de la cinta.

Con posterioridad varios autores propusieron fórmulas con esta misma finalidad, entre estos se destacan las propuestas por: Collares Pereyra y Rabi<sup>(2)</sup>

$$\overline{H_d} / \overline{H} = 0.775 + 0.347 (w_s - 90) - [0.505 + 0.261 (w_s - 90)] \cos[2(\overline{K_t} - 0.9)] \quad (1)$$

Luego, Klein<sup>(3)</sup> adecuó una correlación propuesta por Page, poniéndola en función de un polinomio de  $\overline{K_t}$

$$\overline{H_d} / \overline{H} = 1,39 - 4,027 \overline{K_t} + 5,531 \overline{K_t}^2 - 3,108 \overline{K_t}^3 \quad (2)$$

Posteriormente Iqbal<sup>(4)</sup> propuso en base a los datos de Toronto (43°48'N) - Montreal (45°30'N) la correlación

$$\overline{H_d} / \overline{H} = 0,958 - 0,982 \overline{K_t} \quad (3)$$

Con posterioridad amplió esta correlación para incluir a Goose Bay (53°18'N)

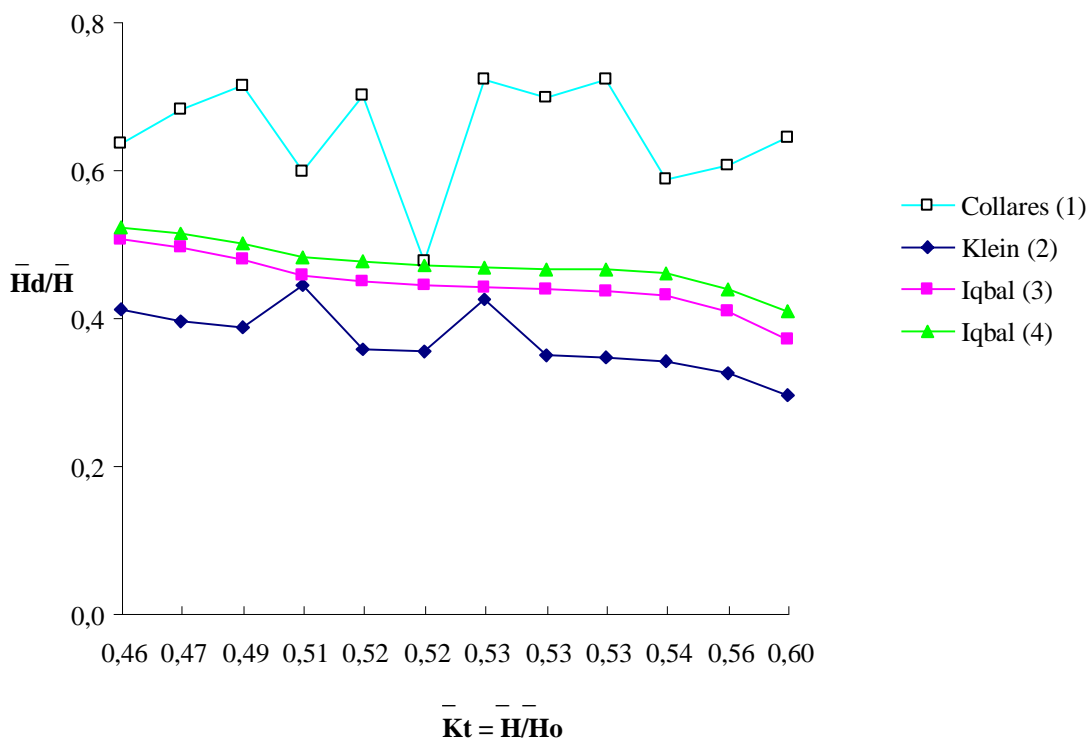
$$\overline{H_d} / \overline{H} = 0,914 - 0,847 \overline{K_t} \quad (4)$$

En el gráfico Nro. 1 podemos apreciar el comportamiento de cada una estas correlaciones con los datos de Villa Mercedes para el periodo Enero 1981 a Diciembre 1982, obtenidos de la publicación de la Red Solarimétrica Nacional<sup>(5)</sup>

### GRAFICO Nro. 1

Valores de  $\overline{H_d} / \overline{H}$  en función de  $\overline{K_t} = \overline{H} / \overline{H_0}$  para correlaciones (1) (2) (3) y (4)

Periodo 1980-1984 - V.Mercedes (San Luis) - 33 °43'S - 65 °29'W - 515 m



### SELECCIÓN DE LA CORRELACIÓN

Comparando los resultados obtenidos con la correlación de Iqbal (3) con la (4) en la cual la (4) incluye una estación que se encuentra más al norte (Goose Bay), se ve que esta conduce a una mayor proporción de radiación difusa que la (3), esto nos induce a preferir entre estas dos, la (3). Por esta misma razón descartamos la correlación (1) que sobre estima la radiación difusa con respecto a las dos anteriores. La correlación de Klein (2), presenta fluctuaciones y es además complicada (polinomio de tercer grado), esto nos induce a preferir la correlación de Iqbal (3) que presenta una curva regular.

En la Tabla Nro. 1 vemos los datos de radiación difusa para V. Mercedes deducidos a partir de la correlación (3)

### CONVERSIÓN DE DATOS DE HELIOFANÍA EN RADIACIÓN

Como disponemos de 10 años de datos climáticos para la Localidad de Villa Reynolds que es próxima a Villa Mercedes, 6Km, trabajamos en una segunda etapa para convertir estos en radiación horizontal y teniendo esta con la correlación

seleccionada previamente obtenemos de ella la radiación difusa. En el gráfico 2 podemos apreciar el resultado de aplicar la correlación de Angstrom-Page<sup>(6)</sup> a los datos de la Red Solarimétrica para obtener sus coeficientes. Estos resultaron: 0,21 para la ordenada al origen y 0,54 para la pendiente.

**TABLA Nro. 1**

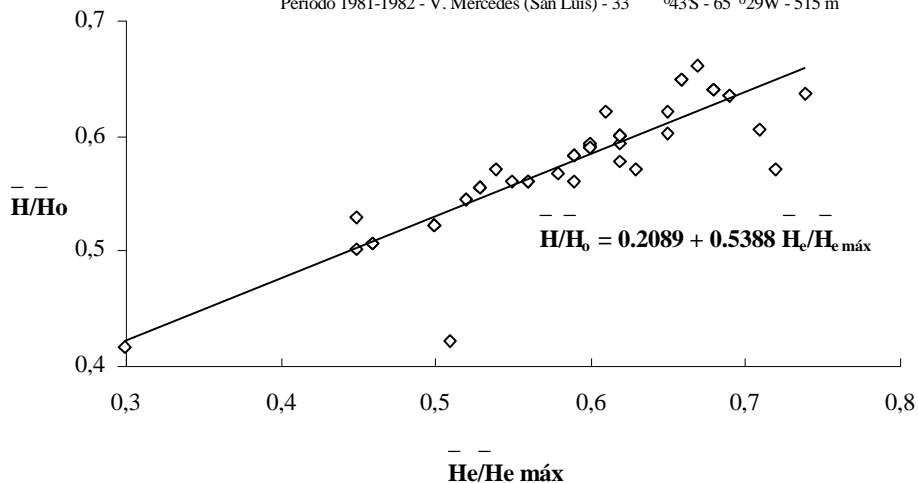
Valores de radiación H (promedio mensual - obtenida del INTA)  
y Hd (promedio mensual - obtenida por correlación Nro. 3 -Iqbal-)  
para la ciudad de V. Mercedes (San Luis) - 33°43'N [MJ/m<sup>2</sup> día]

Año		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1980	H	-	18,5	18,0	11,0	9,6	8,0	10,1	13,0	18,0	18,9	23,1	26,3
	H <sub>d</sub>	-	9,2	7,6	5,9	4,5	3,9	4,0	5,1	6,5	8,6	9,7	9,8
1981	H	23,1	23,0	16,8	12,0	9,6	9,0	9,7	11,8	17,8	16,8	21,2	26,0
	H <sub>d</sub>	10,0	8,8	7,7	5,9	4,5	3,8	4,1	5,3	6,6	8,6	9,8	9,6
1982	H	24,0	21,7	17,9	13,2	10,5	6,1	8,0	11,8	14,2	21,6	22,1	24,0
	H <sub>d</sub>	9,9	9,0	7,6	5,9	4,5	3,6	4,1	5,3	6,9	8,3	9,8	8,9
1983	H	20,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	H <sub>d</sub>	10,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1984	H	24,5	20,2	11,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	H <sub>d</sub>	9,9	9,2	7,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

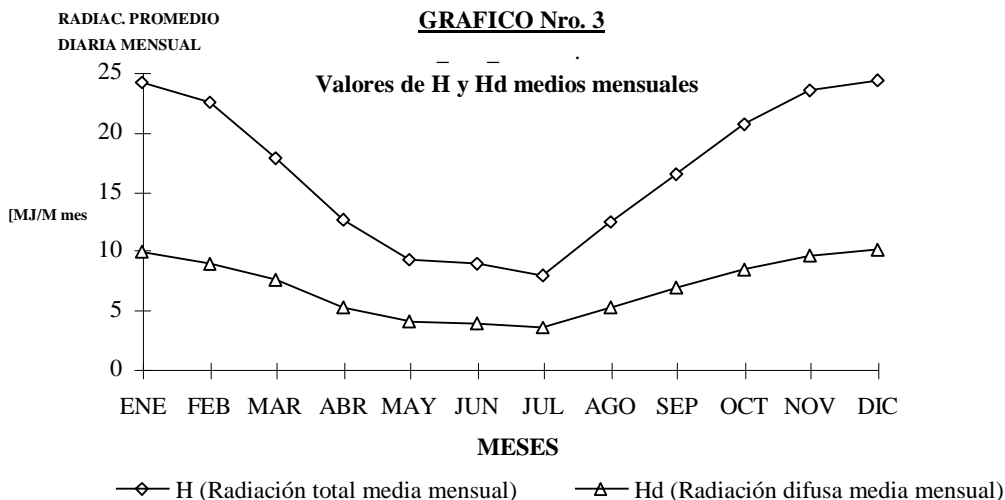
**GRAFICO Nro. 2**

Determinación de los factores  $\bar{a}$  y  $\bar{b}$  correspondientes a la ecuación de Angstrom-Page

Periodo 1981-1982 - V. Mercedes (San Luis) - 33°43'S - 65°29'W - 515 m



En la Gráfica Nro. 3 presentamos los valores medios mensuales de la radiación difusa y global horizontal obtenidos a partir de los datos de heliofanía



## CONCLUSIONES

1. Se dispone de una base de datos de radiación global horizontal y radiación difusa en valores medios mensuales aptos para calcular aplicaciones en diversos planos inclinados y deduciendo la directa normal para concentradores.
2. Para la obtención de valores más precisos se recomienda adquirir el equipamiento necesario para medir radiación global y directa normal.

## NOMENCLATURA

$\overline{H_d}$  : Promedio de radiación difusa diaria mensual [MJ/m<sup>2</sup> Día]

$\overline{H_o}$  : Promedio de radiación extraterrestre diaria mensual [MJ/m<sup>2</sup> Día] (se obtiene por cálculo, determinada para el día característico)

$\overline{H}$  : Promedio radiación diaria mensual [MJ/m<sup>2</sup> Día] (se extrae de tabla de datos del INTA)

$\overline{H_e}$  : Valor promedio diario mensual de horas de sol medida [hs] , se determina como:

$$\overline{H_e} = \frac{\text{valor promedio mensual de heliofania relativa (tabla INTA)}}{100} \times \text{horas máximas de sol del día característico}$$

$\overline{H_{e_{\max}}}$  : Horas máxima de sol, correspondiente al día característico [hs] (se obtiene a partir tablas del INTA)

$\overline{K_t}$  : Índice de claridad promedio ( $= \overline{H} / \overline{H_o}$ ) [adimensional]

$w_s$  : Ángulo horario de la puesta del sol. ( $= 2\pi \cdot t_s / T$ , en donde  $t_s$ : tiempo de la puesta del sol (sunset),  $T$  = tiempo de un día = 24 horas = 86400 seg)

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) **B. Y. H. LIU** and **R. C. JORDAN**. - The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. SOLAR ENERGY - 4, 1 (1960)
- (2) **M. COLLARES PEREYRA** and **Ari RABL** - The average distribution of solar radiation - Correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values - SOLAR ENERGY - Vol. 20 pag 101-105 (1979)
- (3) **S. A. KLEYN**, Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces. Solar Energy V.19 N° 4 pag. 325 (1977)
- (4) **M. IQBAL** - A study of Canadian diffuse and total solar radiation data - Monthly average daily horizontal radiation - SOLAR ENERGY - Vol. 22 pag 81-86 - TECHNICAL NOTE (1979)
- (5) **RED SOLARIMÉTRICA NACIONAL** - Cuadernos números 4 al 9 (1980-1982) - Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales - Centro Espacial San Miguel - Argentina
- (6) **M. IQBAL**, An Introduction to Solar Radiation - Academic Press 1983