

DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN HORARIA DE LA RADIACIÓN PARA LA CIUDAD DE VILLA MERCEDES (SAN LUIS)

*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

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

RESUMEN

En un trabajo previo construimos una base de datos que cubre una década de valores medios mensuales de radiación solar horizontal \bar{H} , para V. Mercedes empleando datos registrados en la zona durante dos años y datos de heliofanía relativa provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (S.M.N.). Ahora, a partir de estos datos generamos: la radiación horizontal horaria \bar{I}_h y la radiación horizontal difusa horaria \bar{I}_d , ambas expresadas en valores medios mensuales.

Luego, obtuvimos la radiación directa horizontal \bar{I}_b a partir de las dos anteriormente deducidas, y calculando el ángulo zenital horario θ_z , determinamos la radiación solar directa normal \bar{I}_n . Con estos datos estimamos la radiación que recibiría un concentrador plano con seguidor solar y un concentrador parabólico fijo.

FUNDAMENTOS DEL MÉTODO APLICADO

Para este fin vamos a postular que la distribución horaria de la radiación solar global en valores medios mensuales \bar{H} tiene una figura semejante a la distribución horaria, en valores medios mensuales de la radiación solar horizontal sin atmósfera \bar{H}_0 , tal como se muestra en la figura para 1 para un mes cualquiera del año.

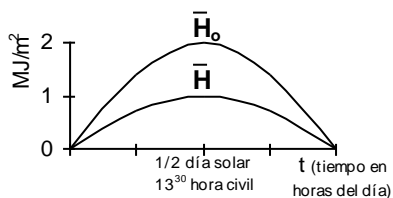


Figura 1

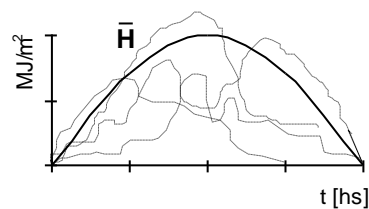


Figura 2

Esta es una suposición razonable para una localidad como Villa Mercedes, sin serranías en sus proximidades, lo que implica suponer que la presencia y permanencia de nubes en el cielo es totalmente independiente de la hora del día. De manera que al figura de \bar{H} resultante de la superposición de n días del mes (300 para una década) es regular como el resultado del efecto compensador de la presencia azarosa en el tiempo de las nubes, figura 2.

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Particionamos la radiación solar global (valores medios mensuales) \bar{H}_h en horas. Se empleará la formulación de M. Collares-Pereira y A. Rabl

$$r_h = \frac{\bar{I}_h}{\bar{H}_h} = \frac{\pi}{T} (a + b \cos \omega) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \omega_s \cos \omega_s}$$

cuyos coeficientes a y b valen:

$$a = 0,409 + 0,5016 \sin(\omega_s - 1,047)$$

$$b = 0,6609 + 0,4767 \sin(\omega_s - 1,047)$$

Los valores correspondientes obtenidos para la radiación global horaria \bar{I}_h se muestran en la Tabla Nro. 1

		\bar{I}_h - radiación solar horizontal total horaria [MJoule/m ²]												
		w_s (ángulo horario)												
		-90°	-75°	-60°	-45°	-30°	-15°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
M e s e s	1	0.43	0.96	1.55	2.11	2.59	2.91	3.02	2.91	2.59	2.11	1.55	0.96	0.43
	2	0.27	0.80	1.39	1.98	2.48	2.82	2.94	2.82	2.48	1.98	1.39	0.80	0.27
	3	0.04	0.49	1.03	1.57	2.04	2.36	2.47	2.36	2.04	1.57	1.03	0.49	0.04
	4		0.212	0.648	1.110	1.518	1.799	1.899	1.799	1.518	1.110	0.648	0.212	
	5		0.04	0.40	0.80	1.16	1.41	1.50	1.41	1.16	0.80	0.40	0.04	
	6			0.34	0.77	1.15	1.42	1.52	1.42	1.15	0.77	0.34		
	7			0.00	0.32	0.68	1.01	1.24	1.33	1.24	1.01	0.68	0.32	0.00
	8			0.15	0.61	1.09	1.53	1.83	1.93	1.83	1.53	1.09	0.61	0.15
	9			0.40	0.92	1.45	1.92	2.24	2.35	2.24	1.92	1.45	0.92	0.40
	10	0.19	0.69	1.26	1.83	2.31	2.64	2.76	2.64	2.31	1.83	1.26	0.69	0.19
	11	0.39	0.91	1.49	2.06	2.54	2.85	2.97	2.85	2.54	2.06	1.49	0.91	0.39
	12	0.47	1.00	1.57	2.12	2.58	2.89	3.00	2.89	2.58	2.12	1.57	1.00	0.47

TABLA Nro. 1

Procedemos a hallar la radiación difusa horaria \bar{I}_d , a partir de la siguiente expresión

$$r_d = \frac{\bar{I}_d}{\bar{H}_d} = \frac{\pi}{T} \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \omega_s \cos \omega_s}$$

De manera similar al paso anterior, encontramos los valores correspondientes para la radiación difusa horaria \bar{I}_d , los cuales se muestran en la Tabla Nro. 2

		\bar{I}_d - radiación solar horizontal difusa horaria [MJoule/m ²]												
		w_s (ángulo horario)												
		-90°	-75°	-60°	-45°	-30°	-15°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
M e s e s	1	0.23	0.46	0.68	0.87	1.01	1.10	1.13	1.10	1.01	0.87	0.68	0.46	0.23
	2	0.14	0.38	0.61	0.80	0.94	1.04	1.07	1.04	0.94	0.80	0.61	0.38	0.14
	3	0.03	0.27	0.50	0.70	0.85	0.95	0.98	0.95	0.85	0.70	0.50	0.27	0.03
	4		0.120	0.319	0.490	0.621	0.704	0.732	0.704	0.621	0.490	0.319	0.120	
	5		0.03	0.22	0.38	0.50	0.58	0.61	0.58	0.50	0.38	0.22	0.03	
	6			0.18	0.35	0.49	0.57	0.60	0.57	0.49	0.35	0.18		
	7			0.00	0.18	0.33	0.45	0.53	0.55	0.53	0.45	0.33	0.18	0.00
	8			0.09	0.30	0.48	0.62	0.71	0.74	0.71	0.62	0.48	0.30	0.09
	9			0.22	0.44	0.63	0.78	0.87	0.90	0.87	0.78	0.63	0.44	0.22
	10	0.11	0.35	0.57	0.76	0.91	1.00	1.03	1.00	0.91	0.76	0.57	0.35	0.11
	11	0.21	0.44	0.66	0.85	0.99	1.08	1.11	1.08	0.99	0.85	0.66	0.44	0.21
	12	0.25	0.48	0.70	0.88	1.02	1.11	1.14	1.11	1.02	0.88	0.70	0.48	0.25

TABLA Nro. 2

La proyección horizontal de la radiación solar horaria \bar{I}_b se determina a partir de la ecuación

$$\bar{I}_h = \bar{I}_b + \bar{I}_d$$

por lo tanto

$$\bar{I}_b = \bar{I}_h - \bar{I}_d$$

pero tenemos que

$$\bar{I}_b = \bar{I}_n \cos \theta_z \quad \text{en donde } \theta_z \text{ es el ángulo azimutal}$$

En base a los valores mostrados de la radiación global horizontal horaria \bar{I}_h (Tabla 1) y de la radiación difusa horaria \bar{I}_d (Tabla 2), podemos obtener \bar{I}_b .

Por último, una vez determinado \bar{I}_b podemos hallar la proyección sobre un plano horizontal de la radiación directa horaria \bar{I}_n , a través de la siguiente ecuación

$$\bar{I}_n = \frac{\bar{I}_b}{\cos \theta_z}$$

Entonces, primero determinamos $\cos \theta_z$ para el día característico de cada mes del año, y operando con las Tablas 1 y 2 obtenemos la siguiente tabla con los valores correspondientes a \bar{I}_n .

\bar{I}_n - radiación solar directa normal horaria [MJoule/m ²]														
		w_s (ángulo horario)												
		-90°	-75°	-60°	-45°	-30°	-15°	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
M e s e s	1	1.01	1.25	1.48	1.67	1.81	1.91	1.94	1.91	1.81	1.67	1.48	1.25	1.01
	2	0.95	1.22	1.47	1.69	1.86	1.96	2.00	1.96	1.86	1.69	1.47	1.22	0.95
	3	0.62	0.93	1.20	1.42	1.60	1.71	1.75	1.71	1.60	1.42	1.20	0.93	0.62
	4		1.058	1.032	1.268	1.449	1.563	1.602	1.563	1.449	1.268	1.032	1.058	
	5		0.56	0.86	1.11	1.30	1.42	1.46	1.42	1.30	1.11	0.86	0.56	
	6			0.97	1.27	1.49	1.63	1.68	1.63	1.49	1.27	0.97		
	7			0.88	0.77	1.01	1.19	1.30	1.34	1.30	1.19	1.01	0.77	0.88
	8			0.80	1.11	1.37	1.58	1.71	1.75	1.71	1.58	1.37	1.11	0.80
	9			0.93	1.21	1.45	1.64	1.75	1.79	1.75	1.64	1.45	1.21	0.93
	10	0.85	1.12	1.37	1.59	1.75	1.86	1.89	1.86	1.75	1.59	1.37	1.12	0.85
	11	0.98	1.22	1.44	1.64	1.79	1.89	1.92	1.89	1.79	1.64	1.44	1.22	0.98
	12	1.01	1.24	1.45	1.63	1.77	1.86	1.89	1.86	1.77	1.63	1.45	1.24	1.01

TABLA Nro. 3

APLICACIÓN

- Determinación de la radiación solar media mensual horaria sobre un concentrador plano con seguidor solar (C.P.) de 1 m² de superficie ubicado en la ciudad de V. Mercedes (San Luis) - 33°43 S 65°29 W
- Idem punto anterior, pero para un concentrador parabólico cilíndrico (C.P.C.)

Los valores de radiación determinados para ambos concentradores (C.P. y C.P.C.) se muestran en la Tabla 4.

		\bar{I}_n - radiación directa normal para un concentrador [MJoule/m ²] (*)											
		Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tipo de Concentrador	C.P.	20.19	20.30	16.69	14.34	11.98	12.43	11.65	14.89	15.76	18.97	19.84	18.97
	C.P.C.	13.25	13.49	11.50	10.50	9.19	10.20	8.57	11.25	11.76	12.71	13.06	12.95

TABLA Nro. 4

(*) Estos valores no contemplan τ_{vidrio} , ρ_{espejo} y $\alpha_{\text{absorbedor}}$. Si se desea obtener una estimación de valores reales se deberá multiplicar por 0.6

CONCLUSIONES

Se dispone de una base de datos generada con datos de una década de la radiación solar en valores medios mensuales para la ciudad de Villa Mercedes de radiación \bar{I}_h , \bar{I}_d e \bar{I}_n que nos permiten predecir resultados y así poder encarar todas las aplicaciones que se deseen efectuar.