

RELEVAMIENTO Y EVALUACION DE LOS RECURSOS CLIMATICOS EN LA PROVINCIA DE MENDOZA PARA SU UTILIZACION EN EL DISEÑO DE CONSTRUCCIONES BIOLIMATICAS. ESTADO DE AVANCE.

Alfredo Esteve. 1*

RESUMEN

En el diseño de sistemas pasivos de acondicionamiento térmico de edificios, se requiere disponer de información referente a variables climáticas del lugar de emplazamiento del mismo. Los recursos climáticos que se necesita conocer son: radiación solar directa, difusa y total sobre superficie horizontal, temperatura del aire exterior, máximas y mínimas, absolutas y medias y promedio mensual, grados-día de calefacción y enfriamiento mensuales y anuales, humedad relativa del aire y velocidad y dirección del viento.

Se presenta el estado de avance de un trabajo cuyo objetivo final es la obtención de un compendio mensual donde figuren los valores de las distintas variables climáticas necesarias en el diseño. Se tienen en cuenta los registros de las estaciones meteorológicas que se encuentran en la provincia y pertenecen a los siguientes organismos: Servicio Meteorológico Nacional (SMN); Agua y Energía Eléctrica (AyEE) y Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Mendoza (CRICYT).

Se expone la metodología utilizada en el procesamiento de la radiación solar y los grados-día. El resto de las variables, se han obtenido a partir de los registros publicados por los diversos Organismos Estatales y Provinciales.

Se incluyen tablas para cada estación con los valores obtenidos para cada variable al final del informe.

INTRODUCCION

En la Provincia de Mendoza, existen 50 estaciones meteorológicas que pertenecen al Servicio Meteorológico Nacional (19), Agua y Energía Eléctrica (13) y al Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Mendoza (18). Además se encuentran otras pertenecientes a empresas privadas o mixtas como es el caso de COGASCO pero no ha sido posible considerarlas en este informe.

Los valores de temperatura, humedad, heliofania y velocidad y dirección del viento se encuentran procesados por cada organismo en particular y existen valores medios mensuales contenidos en las Estadísticas Meteorológicas del SMN y en las planillas

1* Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV) - CRICYT
Casilla de Correo 131 - (5500) Mendoza.

anuales de los Organismos restantes.

Para los valores de radiación solar, existen antecedentes de relevamiento y procesamiento como son los trabajos de Kurlat y Fernandez (1) y V. Marone (2). Grossi Gallegos et al. (3), publicaron los resultados obtenidos de la Red Solarimétrica, la cual posee dos estaciones en la Provincia.

Con el objeto de obtener una cuantificación más extensa y detallada que las anteriores se han recopilado datos de estaciones que miden radiación solar, heliofania o ambas. Se ha procesado la información obteniendo los valores medios mensuales del recurso, utilizando la correlación de Angström-Page, un método teórico de cálculo de día claro para la obtención de las constantes de los actinógrafos o simplemente el promedio. El valor de la radiación difusa se obtiene de la correlación de Collares-Pereyra y Rabi (4).

Los grados-día de calefacción y enfriamiento se han procesado a través del método de Erbs et al. (6), que permite calcularlos a partir de los datos de temperatura media mensual. Se corrobora la validez del método utilizado contrastando los valores obtenidos con el método y los calculados a partir de temperaturas horarias, del todo el año 1986 registradas por la estación CRICYT.

METODOLOGIA UTILIZADA

1. RADIACION SOLAR

Las estaciones, así como el Organismo a que pertenecen, ubicación (latitud, longitud y altitud), la variable medida (radiación solar, heliofania o ambas) y los años de registro aparecen en la tabla 1.

Atendiendo al tratamiento que se le diera a la información, las estaciones se han dividido en 3 categorías:

- Categoría 1 Estaciones que poseen datos de radiación solar y heliofania relativa.
- Categoría 2 - Estaciones que poseen registros de heliofania únicamente
- Categoría 3 - Estaciones que han medido solamente radiación solar a través de Actinógrafos.

1.1 Procesamiento de datos

1.1.1 Estaciones de categoría 1

Los datos de las estaciones de esta categoría son los más completos y los más confiables ya que constan de radiación solar diaria y heliofania relativa. Estas estaciones pertenecen a la Red Solarimétrica de la República Argentina. Es de destacar que la cantidad de años de medición son todavía escasos (Tabla 1).

TABLA 1

LOCALIDAD	ORGANISMO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA	VARIABLE	AÑOS DE DATOS
		SUR	OESTE	(MSNM)		
		(GRADOS)	(GRADOS)			
Rama Caida	SMN	34.66	68.38	692	Rad-He	5-10
San Juan	SMN	31.63	68.53	618	Rad-He	4-20
V. Mercedes	SMN	33.71	65.48	515	Rad-He	3-10
La Consulta	SMN	33.73	69.1	940	Rad-He	1-10
San Rafael	SMN	34.58	68.40	748	He	20
Mza (Observ.)	SMN	32.88	68.85	827	He	31
Mza (Aeropt.)	SMN	32.85	68.78	700	He	13
Ch. de Coria	SMN	32.59	68.52	921	He	10
San Martín	SMN	33.10	68.30	653	He	13
Junín	SMN	33.00	68.47	653	He	10
Malargue	SMN	35.50	69.58	1423	He	20
D. Sardina	SMN	33.30	69.20	750	HE	10
Encón	CRICYT	32.25	67.50	530	Rad	9
Ranquil Norte	"	36.41	69.52	1500	Rad	4
La Jaula	AyEE	34.40	69.90	1500	Rad	2
El Nihuil	"	35.01	69.51	1292	Rad	7
Vallecitos	"	32.60	69.20	2560	Rad	7
Agua del Toro	"	34.56	69.02	1350	Rad	4

El procedimiento en estas estaciones es el siguiente:

Con los datos disponibles, se efectúa un análisis de regresión con el objeto de obtener las constantes de la correlación de Angström-Page la cual se expresa como:

$$HH/HD = A*He + B \quad (1)$$

- donde: HH: Radiación diaria sobre superficie horizontal
- HD: Radiación extraterrestre a tope de atmósfera sobre superficie horizontal
- A y B: Constantes de la correlación
- He: Heliofania relativa

Los valores de las constantes y el coeficiente de correlación obtenidos aparecen en la tabla 2.

La aplicación de la fórmula exige disponer de información de radiación solar diaria sobre superficie horizontal y el valor de heliofania relativa para la misma estación. Es por esto que el procedimiento descrito únicamente se utilizó en las estaciones de la Red Solarimétrica que ha registrado estas variables entre los años 1979 y la actualidad.

La estación La Consulta se descartó ya que los registros poseen una serie de interrupciones que disminuyen la cantidad de datos disponibles. Paralelamente se tienen registros de heliofania de 10 años por lo cual se decidió pasarla a la categoría siguiente.

TABLA 2

Estación	A x 100	B	Coef. de Correlación
Rama Caida	0.57045	0.2111	0.93
San Juan	0.59417	0.2352	0.90
Villa Mercedes	0.5595	0.1980	0.96

1.1.2. Estaciones de Categoría 2

Las estaciones encuadradas en esta categoría, poseen sólo registros de heliofania relativa. Con el objeto de obtener el valor de la radiación solar, se ha hecho uso de la correlación de Angstrom-Page expresada por la ecuación (1).

Como el valor de las constantes A y B de la correlación dependen del lugar y no se conocen se obtuvieron las funciones correspondientes a su variación con la latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar, interpolando los datos conocidos de las estaciones de categoría 1.

Las funciones son:

$$A = 28.33E-5 \cdot \text{Lat} + 23.63E-5 \cdot \text{Long} - 16.66E-4 \cdot \text{Alt}$$

$$B = -88.91E-4 \cdot \text{Lat} + 57.22E-5 \cdot \text{Long} - 27.04E-3 \cdot \text{Alt}$$

donde: Lat = Latitud del lugar medida en grados (- al Sur del Ecuador).

Long = Longitud del lugar medida en grados

Alt = Altitud del lugar medida en km

Los resultados del cálculo de A y B, para las estaciones de esta categoría se resumen en la tabla 3.

TABLA 3

Localidad	A x 100	B	A+B
La Consulta	0.5569	0.2226	0.7785
Mendoza(Obs)	0.5699	0.2279	0.7978
San Rafael	0.5651	0.2119	0.7769
San Martín	0.5808	0.2223	0.8031
San Luis	0.5507	0.2075	0.7582
Ch. de Coria	0.5597	0.2274	0.7871
Junín	0.5833	0.2242	0.8075
Ing. Sardina	0.5802	0.2271	0.8073
Malargue	0.4020	0.3160	0.7180

Con el objeto de conocer la exactitud de los resultados de la interpolación, se calculó la radiación solar para las estaciones de Mendoza, Chacras de Coria y San Martín ya que de ellas se poseen registros publicados de cuatro años (3). Esta publicación sólo considera valores anuales y trimestrales, por lo que la comparación se ha hecho según este intervalo de tiempo. Es de destacar que en los valores obtenidos para las tres localidades, el error no resulta mayor al 4.7 % en el trimestre ni al 1.6 % en el año.

1.1.3. Estaciones de Categoría 3

Estas estaciones poseen registros de Radiación Solar solamente, para los cuales se han utilizado piranógrafos bimetalicos Robitzsch, también llamados Actinógrafos. Estos aparatos son de tercera clase, cuyos valores deben tomarse con una confiabilidad del 20 % (el valor final es muy sensible a la temperatura ambiente).

Con el objeto de mejorar los valores obtenidos por estos aparatos se ha desarrollado una metodología que aparece explicitada ampliamente en (5).

2. GRADOS-DIA

Los grados-día de una localidad indican la necesidad de calefacción o enfriamiento que posee una vivienda emplazada en la misma. Los grados día de calefacción se obtienen al computar para cada día del año la diferencia entre la temperatura base (usualmente 18 grados centígrados) y la temperatura exterior para ese día. Es necesario considerar la diferencia horaria ya que puede ocurrir que la temperatura media para ese día, sea mayor que la temperatura base y a la vez haya existido temperatura exterior más baja durante algunas horas, en las cuales, sea necesario calefaccionar.

La fórmula a utilizar es:

$$GDC = \sum_{\text{días horas}} (T_{\text{base}} - T_{\text{ext.}}) \quad \text{para } T_{\text{base}} \geq T_{\text{ext.}}$$

Existen también los grados-día de enfriamiento que indican la necesidad de refrigeración de una vivienda a lo largo del año. La temperatura base para su cálculo es 23 grados centígrados y la fórmula es:

$$GDE = \sum_{\text{días horas}} (T_{\text{ext.}} - T_{\text{base}}) \quad \text{para } T_{\text{base}} \leq T_{\text{ext.}}$$

2.2 Procesamiento de datos

Para evitar trabajar con temperaturas horarias y a la vez obtener los grados-día reales, Erbs et al. (6) propone utilizar un método estadístico, el cual necesita sólo las temperaturas medias mensuales. Las expresiones del método son:

$$GDC = N * ((T_{\text{base}} - T_a) + q * \sigma_m * J(N)) \quad (2)$$

$$q = 0.34 * \exp(-4.7 * |h|) - 0.15 * \exp(-7.8 * |h|) + h$$

el último término se agrega sólo si $h > 0$

$$h = (T_{\text{base}} - T_a) / (\sigma_m * J(N))$$

donde: T_{base} = Temperatura base
 T_a = Temperatura exterior media mensual
 N = número de días del mes
 σ_m = desviación standard de la temperatura mensual promedio

Utilizando el valor de h' en lugar de h, en la ecuación (2), se obtienen los grados día de enfriamiento.

$$GDE = N * ((Ta - Text) + q * \sigma * N)^{1/2}$$

$$h' = (Ta - Tbase) / (\sigma * N)^{1/2}$$

Para utilizar este método se debe calcular el valor de σ , para lo cual es necesario disponer de temperaturas diarias. Para simplificar este paso, Erbs propone obtener la desviación standard a partir de la temperatura media del mes según la ecuación (3):

$$\sigma = 2.06 - 0.0337 * Ta$$

Con el objeto de validar el procedimiento de cálculo empleando la ecuación (3) y las temperaturas media mensuales, se grafican los valores de los grados día de calefacción obtenidos a partir de temperaturas horarias del año 1986, para la estación CRICYT y los obtenidos por el cálculo estadístico. El error anual obtenido es del 7%.

RESULTADOS

Los resultados del procesamiento de la información para cada estación se presenta en las tablas finales donde aparecen los valores de radiación solar sobre superficie horizontal, global y difusa. Temperaturas, humedad relativa, heliofania relativa, índice de claridad (KT) y el valor de los grados día para las temperaturas base de 14, 16 y 18 grados centígrados y los grados día de enfriamiento con temperatura base de 23 °C. La tabla final indica estos valores para la estación Mendoza Aeropuerto. Se dispone de las tablas para 21 de las estaciones de la provincia.

CONCLUSIONES

Se presenta la metodología empleada en el relevamiento de la radiación solar y los grados día, con la cual se han procesado los datos meteorológicos de 21 estaciones de la Provincia de Mendoza. Aparecen también otros datos importantes necesarios en el diseño.

Del análisis anterior se desprende que la Provincia de Mendoza es una zona apta en toda su extensión para la utilización de los sistemas solares pasivos. La radiación solar (desde 16.20 Mj/m2 en Malargüe hasta 19.7 Mj/m2 en El Encón) resulta suficiente para su utilización. Además los grados-día de calefacción resultan moderados (entre 2100 en San Carlos y 1100 en El Encón). Este análisis se obtiene excluyendo la zona de alta montaña, donde por ejemplo se tienen altísimos valores de grados-día (para Cristo Redentor 7100) que hace inutilizables eficientemente los sistemas solares pasivos, dando lugar a los sistemas activos.

Se pretende completar el procesamiento para el resto de las estaciones. Además en un trabajo futuro, se incorporarán los valores de radiación solar de cielo claro, radiación solar sobre

ESTACION: MENDOZA

Latitud: -32,85

Longitud: 69,78

Altitud: 700 msnm

DATO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
HGlo	26,1	24,9	19,2	15,2	11,5	9,4	10,2	14,4	17,0	22,4	25,4	25,1	18,4
HDif	10,2	8,4	8,5	6,4	5,1	4,6	4,9	5,1	7,9	8,7	9,9	11,1	7,5
TMaA	40,4	38,7	37,8	33,4	33,0	29,7	27,8	30,5	35,2	35,0	39,0	40,5	40,5
TMaM	32,3	31,0	27,5	24,4	20,2	15,8	15,7	19,0	21,4	25,5	29,3	31,7	24,5
TMiM	17,4	16,7	13,5	10,3	5,2	1,6	0,8	2,6	5,8	10,0	14,1	16,6	9,6
TMiA	8,1	4,8	0,6	2,3	-3,1	-7,2	-7,0	-5,9	-4,3	0,1	3,2	7,7	-7,2
TMed	24,9	23,5	19,9	16,4	11,5	7,7	7,3	9,9	13,1	17,5	21,7	24,1	16,5
HRel	49	55	63	68	67	66	63	52	49	49	47	47	56
HelR	66	71	61	63	61	57	58	69	59	66	66	61	63
KT	61	64	58	59	58	56	57	63	57	61	61	58	59
Prec	20	25	18	16	6	4	2	1	4	16	16	23	151
GDia 18	0	4	13	74	180	308	332	251	151	37	0	0	1350
GDia 16	0	1	4	25	122	247	271	191	98	28	0	0	987
GDia 14	0	0	1	10	98	181	212	134	52	3	0	0	691
GDenf	51,5	30,2	10,3	0	0	0	0	0	0	2,4	11,2	32,9	138,3

Referencias:

Variable	Periodo Considerado
HGlo: Radiación Solar Global sobre sup. horizontal [Mj/m2]	***
HDif: Radiación Solar Difusa sobre sup. horizontal [Mj/m2]	***
TMaA: Temperatura Maxima Absoluta [C]	1951 - 1980
TMaM: Temperatura Maxima Media [C]	"
TMiM: Temperatura Minima Media [C]	"
TMiA: Temperatura Minima Absoluta [C]	"
TMed: Temperatura Media [C]	"
HRel: Humedad Relativa [%]	"
HelR: Heliofania Relativa [%]	1961 - 1980
KT : Índice de Claridad [%]	***
Prec: Precipitaciones [mm]	1951 - 1980
Gdia XX: Grados-día de calefacción para temperatura base XX	***
GDenf: Grados-día de enfriamiento para temp. base 23 C.	***

*** Deducido a partir de heliofania, según correlación de Angstrom-Page.

*** Calculado con el método de Erbs et al, 1981.

superficie inclinada 30, 45, 60 y 90 grados, radiación solar sobre planos verticales mirando al Este y al Oeste. Diagrama bioclimático y carta solar.

BIBLIOGRAFIA

- (1). Kurlat M. y Fernández R. "RADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN LA ARGENTINA", Acta Científica Nro. 19, San Miguel, Argentina.
- (2). Marone V.J. "RADIACIÓN SOLAR EN CHACRAS DE CORIA - MENDOZA-REPÚBLICA ARGENTINA", Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, XVII, 1-2, pag. 59-85, 1970.
- (3). Grossi Gallegos H., Nollmann I., Lopardo R., Atienza G. "EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LA RADIACIÓN SOLAR EN LA REPÚBLICA ARGENTINA", Actas de la Bva. Reunión de Trabajo de ASADES, La Pampa, 1983.
- (4). Duffie J. and Beckman W. "SOLAR ENGINEERING OF THERMAL PROCESSES", Capítulo 2, Ed. John Wiley and Sons, N.Y., 1980.
- (5). Esteves A. y de Rosa C. "A SIMPLE METHOD FOR CORRECTING THE SOLAR RADIATION READINGS OF A ROBITZSCH-TYPE PYRANOMETER". Solar Energy, Vol 42, N° 1, pp 9-13, 1989.
- (6). Erbs D.G. et al. "DEGREE DAY FOR VARIABLE BASE TEMPERATURES", Proceedings of ISES - Volumen 6, Pag. 387-391, Ed. John Hayes and William Kolar, 1981.