

APORTE SANTIAGUINO

Revista de Investigación

Volumen 6 n.º 1, enero – junio 2013

*Ciencia,
cultura,
tecnología
e innovación*



Huaraz, Perú



ARTÍCULOS ORIGINALES

- Comportamiento epidemiológico de pacientes reincidentes intoxicados por plaguicidas en el Hospital de Barranca, enero 2000-diciembre 2010. [Epidemiological behavior of recidivist patients poisoned by pesticides in Barranca Hospital, January 2000-December 2010]..... 9
Elizabeth Paredes C., Augusto Olaza M., Yuliana De la Cruz R., Carmen Alvarado Z.
- Conocimientos de los efectos secundarios del acetato de medroxiprogesterona en usuarias del Hospital Víctor Ramos Guardia, Huaraz-2011. [Knowledge of the side effects of users medroxyprogesterone acetate in Víctor Ramos Guardia Hospital, Huaraz-2011.]..... 18
Marcelo Arotoma O., Magna Guzmán A., Olga Cayra S., Angel Mendoza L., Willy Córdova C.
- El concepto de la renta económica para evaluar el éxito empresarial en la Región Ancash: casos de empresas comerciales, producción y servicios, año 2010. [The concept of income for economic evaluate business success in the Ancash Region: cases of commercial, production and services, year 2010]..... 24
Nelson Cruz C., William Ojeda P.
- Uso de indicadores ambientales para la evaluación de la zona contaminada en la Planta de Tratamiento Santa Rosa de Jangas. [Use of environmental indicators for the evaluation of the contaminated zone in the Treatment Plant Santa Rosa of Jangas]..... 33
Aldo Tarazona M., Luis Torres Y.
- Determinación de la cantidad de radiación solar incidente en paramentos verticales en $W/m^2h^{\circ}C$ en diferentes direcciones a partir de la radiación horizontal incidente en la ciudad de Huaraz – Perú. [The radioactive quantity's determination soling incidental in vertical wall fronts in W/m^2h , starting from the horizontal radiation incident in town of Huaraz – Perú]..... 43
Miguel Corrales P., Víctor Villegas Z.
- Factores de riesgo relacionados al abandono de métodos anticonceptivos artificiales - Centro de Salud Monterrey - Huaraz, 2012. [Risk factors related to the abandonment of artificial contraceptive methods in Monterrey Health Center - Huaraz, 2012]..... 54
Augusto Olaza M., Yuliana De la Cruz R., Víctor Olaza M.

Análisis de investigaciones enfocadas en las vivencias de las madres adolescentes: una mirada cualitativa desde la crisis situacional, año 2013. [Analysis of research focused on the experiences of teenage mothers: a qualitative look from situational crisis, 2013].	66
<i>Mistral Carhuapoma A., Gabriela Samillan Y., Carmen Alvarado Z.</i>	
Impacto del funcionamiento de la Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo” en el desarrollo de Barranca y zonas de influencia. [Impact the operation of the National University "Santiago Antúnez de Mayolo" in the development of Barranca and hinterlands].	75
<i>Eberth Valverde V., Elmer Gutiérrez L.</i>	
Competitividad y facilidad de hacer negocios: comparaciones relativas para Latinoamérica. [Competitiveness and ease doing business: relative comparisons in Latin America].	86
<i>Carlos León D.</i>	
<i>Parepitragus pulverulentus</i> and <i>Epitragopsis olivaceus</i> (Coleoptera: Tenebrionidae) in an ecological olive grove (<i>Olea europaea</i> L.) in the central coast of Peru. [<i>Parepitragus pulverulentus</i> y <i>Epitragopsis olivaceus</i> (Coleoptera: Tenebrionidae) en un olivar ecológico (<i>Olea europaea</i> L.) en la costa central del Perú].	98
<i>Miguel Anteparra P., Inés Redolfi P., Consuelo Arellano U.</i>	
Factores de riesgo asociados a la parasitosis intestinal en niños de una comunidad rural, Chiclayo – Perú. [Factors of risk associated with the intestinal parasitic in children in a rural community, Chiclayo – Peru].	108
<i>Nancy Malca T., Víctor Alvitres C.</i>	
ENSAYOS	
Análisis epistemológico de la matriz de consistencia y la operacionalización de variables. [Epistemological analysis matrix consistency and operationalization of variables].	121
<i>Ernesto Hashimoto M.</i>	
Humanismo y Medicina. [Humanism and Medicine].	133
<i>Ciro Maguiña V.</i>	
OPINIÓN	
Cambio climático, salud pública y enfermedades infecciosas. [Climate change, public health and infectious diseases].	140
<i>Douglas López de G., Jaime Salazar V., Janeth Vera G., Julio Menacho L.</i>	

Determinación de la cantidad de radiación solar incidente en paramentos verticales en $W/m^2h^{\circ}C$ en diferentes direcciones a partir de la radiación horizontal incidente en la ciudad de Huaraz – Perú

The radioactive quantity's determination soling incidental in vertical wall fronts in W/m^2h , starting from the horizontal radiation incident in town of Huaraz – Perú

Miguel Corrales P.^{1a}, Víctor Villegas Z.^{1b}

RESUMEN

El trabajo determinó la radiación solar incidente en los paramentos verticales en la ciudad de Huaraz orientados a diferentes direcciones. La radiación solar global horizontal fue calculada mediante el modelo Bristow-Campbell en función de las temperaturas ambientales máximas y mínimas del promedio diario mensual; luego, se descompuso en radiación directa y difusa que permitió correlacionar y calcular la radiación vertical por hora en diferentes direcciones.

Se concluyó que la mejor orientación para captar la energía solar en Huaraz, es la orientación horizontal; seguida por los muros con cara al Noreste, Suroeste, Este y Oeste; la cara al Norte es una orientación regular; siendo las más desventajosas las orientadas con caras al Sureste, Suroeste y al Sur.

Estos resultados permitirán efectuar las orientaciones más correctas de las ventanas y los balances térmicos para la calefacción solar pasiva y activa.

Palabras clave: Radiación solar; direcciones diferentes; Parámetros.

ABSTRACT

The work determined the solar radiation incidental in the vertical wall fronts in town of Huaraz orientated to different directions. The solar radiation global horizontal was calculated by means of the model Bristow - Campbell in show to the environmental temperatures maxims and the average monthly daily newspaper's half-notes; next, the fact that he permitted correlating broke down in direct and diffuse radiation and to calculate the vertical radiation per hour in different directions.

One comes to an end than the best orientation to perceive the solar energy in Huaraz, he is horizontal orientation; once was followed for the walls with face to the Norwest, Southwest, East and West; The face North is a regular orientation; Being the more disadvantageous the orientated with faces to the Southeast, Southwest and South.

These aftermaths will permit making the Windows's more correct orientations and the thermic balances in order to the solar heating passive and active.

Key words: Solar radiation, different directions; Wall fronts.

¹ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo".

^a Arquitecto, ^b Ingeniero Civil.

INTRODUCCIÓN

La radiación solar es un importante factor para el diseño de las edificaciones. Algunas decisiones básicas en la orientación, área de ventanas, tipo de vidrio y dispositivos de sombreados a ser usados, son influenciadas por la radiación solar. Los arquitectos e ingenieros requieren datos de las ganancias de calor solar a través de varias combinaciones de paredes y ventanas para diferentes orientaciones. La radiación solar en sí es altamente variable y depende de muchos factores que incluyen consideraciones astronómicas, geográficas, geométricas y meteorológicas.

En el Perú, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI 2003, 11) ha producido datos de radiación solar sobre superficies horizontales que incluyen la radiación directa más la difusa, habiendo obtenido para Huaraz un promedio diario mensual entre 5500 a 6000 W/hm²°C. Para los cálculos se usó las estaciones de apoyo de Recuay y Chavín, para el periodo 1975-1990, lugares con altitudes y temperaturas diferentes que las de Huaraz.

Para propósitos edificatorios, aparte de conocer la radiación horizontal, también es necesaria la insolación solar en superficies verticales e inclinadas; en general, ninguno de los datos está disponible en el Perú.

Para los estimados de consumo de energía en los cálculos del diseño (Tharmaratnan et al. 1989, 20), es recomendable utilizar las condiciones medias del cielo que incluyan los efectos de las nubes; los componentes directos y difusos son determinados separadamente. En ausencia de medición de datos, métodos computacionales han sido desarrollados para estimar la intensidad de la radiación solar en cualquier superficie y son usados ampliamente para calcular la ganancia del calor solar de edificaciones. Todo método de estimación está basado en establecer la medición de la radiación solar extraterrestre, la distribución espectral de energía y las características de atenuación de la constitución atmosférica como una función de onda.

El objetivo general fue determinar la cantidad de radiación solar que incide en W/m²h°C en paramentos verticales con orientaciones diferentes en la ciudad de Huaraz a partir de la radiación solar horizontal. El objetivo específico fue determinar la orientación más conveniente para calentar viviendas con radiación solar en la ciudad de Huaraz y obtener índices de radiación solar mensual para cada orientación vertical en función de la radiación solar horizontal.

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo a la orientación, la investigación fue aplicada, debido a que está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a soluciones prácticas. De acuerdo a la técnica de contrastación es descriptiva de corte transversal correlacional, porque los datos fueron obtenidos sin ser modificados por el investigador en un tiempo único relacionando las variables de investigación.

La población para el estudio fue la ciudad de Huaraz y la muestra fue la temperatura máxima y mínima diaria en °C durante el periodo comprendido entre los años 2007 a 2010 que se obtuvieron de la estación meteorológica de Shancayán ubicada en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo".

El método consistió en primeramente obtener la radiación solar global promedio mensual, incidente en Huaraz (Goh), para ello se empleó el modelo Bristow-Campbell que es el que mejor se adecúa a las condiciones del Perú (SENAMHI 2003, 18) que sugiere la estimación de la transmisividad o irradiación solar relativa (H/H_o) en función de la diferencia entre las temperaturas máxima y mínima ΔT, °C:

$$\frac{H}{H_o} = a_B [1 - \exp(-b_B \Delta T^{C_B})]$$

Los valores empíricos C_B y b_B^3 se obtuvieron de las ecuaciones:

$$C_B = 2,116 - 0.072\Delta T$$

$$b_B = 0.107C_B^{-2.6485}$$

El valor (a_B) se obtuvo del promedio de los valores de la tabla 1 de las estaciones del Senamhi de Cajamarca (Bambamarca y

Weberbauer) y de Junín (Cosmos y Huayao), ya que la latitud de Huaraz está en el centro de estas estaciones.

Tabla 1. Valores de los coeficientes del modelo Bristow-Campbell por estación

Estación Meteorológica	Región	(a_B)	(b_B) ($^{\circ}C^{-1}$)	C_B	Número de datos	Error (%)
Bambamarca	Cajamarca	0.66	0.23	0.80	2033	12.6
Weberbauer	Cajamarca	0.75	0.04	1.28	1607	3.2
Cosmos	Junín	0.70	0.03	1.62	773	8.5
Huavao	Junín	0.78	0.11	0.97	5387	4.6

Fuente: Atlas de Energía Solar del Perú (SENAMHI 2003,18).

Se determinó la posición del sol en el cielo, encontrando primero la declinación terrestre (δ) y el ángulo horario (AH), a partir de los cuales se determinó el azimut (α) y la altura del sol (h) hora a hora en el día medio del mes. La declinación terrestre (δ), es el ángulo variable que forma el plano de la elíptica de la rotación de la Tierra y el eje de rotación de la Tierra. Se ha demostrado que se puede obtener el valor medio del mes de la radiación solar, determinando el día de cada mes en el cual la radiación exterior de la atmósfera tiene un valor próximo al valor medio (De Juana et al. 2002, 58). Este valor se conoce como el día medio del mes y adopta los siguientes valores: 17, 47, 75, 105, 135, 162, 198, 228, 258, 288, 318 y 344, tomados correlativamente desde el 01 de enero en adelante hasta el último día de diciembre. La declinación terrestre (De Juana et al. 2002, 37) se mide:

$$\delta = 23.45 \cdot \text{Sen} (360 \times 284 + n) / 365$$

Donde n = el día medio del mes.

El Angulo Horario (AH) está determinado por la rotación regular de la Tierra alrededor de su eje y se encuentra ligado a la hora solar verdadera. El mediodía solar verdadero, es cuando el Sol pasa por el meridiano del lugar y el ángulo es 0. A cada hora, el ángulo solar es de 15°. Antes del mediodía se consideran negativos y después de mediodía positivos

(Heras et al. 1999, 28).

AH= ángulo horario (1 hora = 15°)

El azimut (α), es el ángulo formado por la proyección sobre el plano horizontal de la línea Sol-Tierra con la línea norte sur. En el hemisferio norte se mide desde la dirección sur y es positivo hacia el oeste y en el hemisferio sur se mide desde la dirección norte y es positivo hacia el este. Para hallar el azimut (Bedoya y Neyla 1986, 29) se empleó la ecuación siguiente

$$\text{Sen} \alpha = (\text{Cos} \delta \cdot \text{Sen AH}) / \text{Cos} h$$

La altura solar (h) es el ángulo formado por la dirección Sol-Tierra con la vertical del lugar. Para hallar la altura solar (Chauliaguét et al. 1995, 43) se empleó la fórmula siguiente:

$$\text{Sen} h = \text{Sen} \Phi \text{ Sen} \delta + \text{Cos} \Phi \text{ Cos AH}$$

Para la salida y puesta del sol (AHo) se empleó la ecuación:

$$\text{AHo} = - \text{tg} \Phi \text{ tg} \delta$$

Para conocer la radiación global horaria en una dirección vertical (Gov) o inclinada (Goi) para un día típico de cada mes del año es necesario medir la radiación extraterrestre horaria (Ho),

y el coeficiente de radiación difusa (Hd). Mediante la radiación solar global horizontal diaria (G_{OH}) conocida y los valores obtenidos, se logra las mediciones de radiación vertical difusa (Dov) y radiación directa horizontal (S_{OH}). Se encontró la radiación global

extraterrestre (G_{on}) en función de cada día medio del mes hallado (n) el valor está dado por la expresión (De Juana et al. 2002, 42):

$$G_{on} = 1353 \left[1 + 0.034 \cos \left(\frac{360n}{365.25} \right) \right]$$

Donde 1353 es la constante solar determinada por satélites en W / m^2 °C y 365.25 es la cantidad de días al año.

La radiación horaria extraterrestre horizontal (H_o) se halló:

$$H_o = G_{on} [\sin \delta \cdot \text{Sen} \theta + \cos \delta \cdot \cos \theta \cdot \cos AH]$$

Se determinó la radiación global horizontal horaria (G_{oh}) y la radiación difusa horizontal horaria (D_{oh}) se encontró (De Francisco y Castillo 1985, 37):

$$G_{oh} = \frac{H_o}{G_{on}}$$

$$D_{oh} = G_{oh} \cdot H_d$$

Se calculó el coeficiente de incidencia de la radiación difusa (Hd) con la correlación de Liu y Jordán (Tharmaratnan et al. 1989, 25):

$$H_d = 1,30903 - 4.0273 \cdot G_{oh} + 5.541 \cdot G_{oh}^2 - 3.108 \cdot G_{oh}^3$$

También se encontró el coeficiente de radiación difusa (Hd) empleando el cociente de número de horas efectivas de sol (n) sobre número máximo de horas posibles de sol (N):

$$H_d = \frac{n}{N}$$

Se encontró la radiación directa horizontal (S_{oh}) (Chauliaguet et al. 1995, 48) y la radiación difusa horaria vertical (D_{ov}) (Chauliaguet et al. 1995, 33):

$$S_{ov} = S_{oh} \frac{\cos . h \times \cos . a}{\text{sen} . h}$$

$$G_{ov} = S_{ov} + S_{oh}$$

Para encontrar la radiación global vertical (S_{oi}) se halló la radiación en un plano vertical orientado indistintamente (Chauliaguet et al. 1995, 47):

$$S_{oi} = S_{oh} (\cos . h \times \text{sen} . i \times \cos (a - \alpha) + \text{sen} . h \times \cos . i)$$

A partir de la energía solar incidente en forma horizontal en Huaraz se efectuó correlaciones mediante las fórmulas indicadas anteriormente y se elaboró un programa de cómputo en Microsoft Excel para procesar los datos, que permitió determinar la posición del sol en el cielo y hallar así la radiación solar horaria en paramentos orientados a diferentes direcciones.

RESULTADOS

Tabla 2. Temperatura ambiente en °C y heliofanía en % promedio durante los años 2007 al 2010

MES	TEMPERATURA DEL AIRE °C EXTREMAS			HELIOFANIA	
	max	min	media	horas	%
ENE	22.5	6.8	14.6	8.1	68.4
FEB	21.7	8.4	15.0	5.8	46.9
MAR	21.4	8.4	14.9	5.6	45.3
ABR	21.8	7.1	14.4	6.4	54.6
MAY	23.0	5.6	14.3	8.3	69.3
JUN	22.7	3.9	13.3	8.5	72.3
JUL	22.9	3.9	13.4	9.0	76.5
AGO	23.4	3.8	13.6	9.4	78.3
SEP	23.2	5.5	14.4	8.0	65.5
OCT	22.9	6.8	14.9	6.4	52.8
NOV	22.4	6.4	14.4	7.2	58.3
DIC	21.9	7.0	14.5	5.6	45.0
PROMED	22.5	6.1	14.3	7.4	61.1
DESVEST	0.65	1.62	0.58	1.36	12.16
MEDIANA	22.6	6.6	14.4	7.6	61.9

Fuente: SENAMHL, estación de Shancayán - Huaraz

Tabla 3. Radiación global horizontal hallada (Goh) en W/m² para Huaraz en función de la temperatura media en °C durante los años 2007 a 2010

MES	T max	T mín	ΔT (°C)	a _B	b _B	c _B	Ho (w/m2)	Goh (w/m2)
ENE	22,500	6,800	15,700	0,723	0,110	0,990	10848,6	6374,9
FEB	21,700	8,400	13,300	0,723	0,072	1,163	10777,1	5968,0
MAR	21,400	8,400	13,000	0,723	0,068	1,184	10345,6	5678,4
ABR	21,800	7,100	14,700	0,723	0,091	1,062	9519,9	5467,6
MAY	23,000	5,600	17,400	0,723	0,156	0,867	8597,4	5242,8
JUN	22,700	3,900	18,800	0,723	0,216	0,767	8091,5	5094,0
JUL	22,900	3,900	19,000	0,723	0,227	0,752	8279,6	5237,3
AGO	23,400	3,800	19,600	0,723	0,266	0,709	9059,9	5815,8
SEP	23,200	5,500	17,700	0,723	0,167	0,846	9940,2	6101,9
OCT	22,900	6,800	16,100	0,723	0,119	0,961	10564,2	6262,5
NOV	22,400	6,400	16,000	0,723	0,117	0,968	10777,8	6375,2
DIC	21,900	7,000	14,900	0,723	0,095	1,047	10798,1	6231,1
PROM	22,483	6,133	16,350					5820,8

Fuente:

a_B se obtuvo de la media de la tabla 1

$$b_B = 0.107 C_b^{-2,6485}$$

$$\frac{G_{oh}}{H_o} = a_B [1 - \exp(-b_B \Delta T^{c_B})]$$

$$c_B = 2,116 - 0,72 \Delta T + 57.574 \exp(\theta)$$

Tabla 4. Radiación horizontal hallada en Huaraz en W/m^2 : extraterrestre (Ho), global terrestre (Goh), difusa terrestre (Doh) y radiación directa terrestre (Soh)

Radiación Horizontal Terrestres y Extraterrestre (W / m^2 día)														media	%
RADIACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC			
Ho	10849	10777	10346	9520	8597	8092	8280	9060	9940	10564	10778	10798	9800	100	
Goh	6375	5968	5678	5468	5243	5094	5237	5816	6102	6262	6375	6231	5821	59	
Doh	2014	3169	3106	2482	1610	1411	1231	1262	2105	2956	2658	3427	2286	23	
Doh	4360	2799	2572	2985	3633	3683	4007	4554	3997	3307	3717	2804	3535	36	

Tabla 5. Radiación solar horaria en direcciones principales en enero en el día medio de cada mes en $W/ h m^2$

HORA	HORIZONTAL				VERT. NORTE			VERT. SUR			VERT. ESTE			VERT. OESTE			VERT. NE-NO			VERT. SE-SO		
	Ho	Goh	Doh	Soh	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov
6	83	48	15	33	13	0	13	13	198	210	13	525	537	13	0	13	13	511	523	13	0	13
7	416	244	77	167	63	0	63	63	175	238	63	507	570	63	0	63	63	482	545	63	0	63
8	726	427	135	292	110	0	110	110	154	264	110	454	564	110	0	110	110	430	540	110	0	110
9	993	583	184	399	150	0	150	150	136	287	150	371	521	150	0	150	150	359	509	150	0	150
10	1197	703	222	481	181	0	181	181	123	304	181	262	444	181	0	181	181	272	454	181	0	181
11	1326	779	246	533	201	0	201	201	114	315	201	136	337	201	0	201	201	177	377	201	0	201
12	1370	805	254	550	208	0	208	208	111	319	208	0	208	208	0	208	208	78	286	208	0	208
13	1326	779	246	533	201	0	201	201	114	315	201	0	201	201	136	337	201	0	201	201	15	210
14	1197	703	222	481	181	0	181	181	123	304	181	0	181	181	262	444	181	0	181	181	99	280
15	993	583	184	399	150	0	150	150	136	287	150	0	150	150	371	521	150	0	150	150	166	310
16	726	427	135	292	110	0	110	110	154	264	110	0	110	110	454	564	110	0	110	110	212	320
17	416	244	77	167	63	0	63	63	175	238	63	0	63	63	507	570	63	0	63	63	234	290
18	83	48	15	33	13	0	13	13	198	210	13	0	13	13	525	537	13	0	13	13	231	240
TOTAL	10849	6375	2014	4360	1645	0	1645	1645	1911	3556	1645	2254	3899	1645	2254	3899	1645	2309	3954	1645	958	260

Tabla 6. Radiación solar horaria en direcciones principales en febrero en el día medio de cada mes en $W/ h m^2$

HORA	HORIZONTAL				VERT. NORTE			VERT. SUR			VERT. ESTE			VERT. OESTE			VERT. NE-NO			VERT. SE-SO		
	Ho	Goh	Doh	Soh	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov
6	51	28	15	13	10	0	10	10	80	90	10	350	361	10	0	10	10	304	314	10	0	10
7	396	219	116	103	80	0	80	80	65	145	80	339	419	80	0	80	80	285	365	80	0	80
8	717	397	211	186	145	0	145	145	51	196	145	304	449	145	0	145	145	250	395	145	0	145
9	992	550	292	258	201	0	201	201	39	239	201	248	449	201	0	201	201	202	403	201	0	201
10	1204	667	354	313	244	0	244	244	29	273	244	175	419	244	0	244	244	145	388	244	0	244
11	1337	740	393	347	271	0	271	271	23	294	271	91	361	271	0	271	271	81	351	271	0	271
12	1382	765	406	359	280	0	280	280	22	301	280	0	280	280	0	280	280	15	295	280	0	280
13	1337	740	393	347	271	0	271	271	23	294	271	0	271	271	91	361	271	0	271	271	48	318
14	1204	667	354	313	244	0	244	244	29	273	244	0	244	244	175	419	244	0	244	244	103	347
15	992	550	292	258	201	0	201	201	39	239	201	0	201	201	248	449	201	0	201	201	148	349
16	717	397	211	186	145	0	145	145	51	196	145	0	145	145	304	449	145	0	145	145	179	324
17	396	219	116	103	80	0	80	80	65	145	80	0	80	80	339	419	80	0	80	80	194	274
18	51	28	15	13	10	0	10	10	80	90	10	0	10	10	350	361	10	0	10	10	192	202
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	10777	5968	3169	2799	2181	0	2181	2181	593	2774	2181	1506	3688	2181	1506	3688	2181	1282	3464	2181	863	304

Tabla 7. Radiación solar horaria en direcciones principales en marzo en el día medio de cada mes en W/ h m²

HORA	HORIZONTAL				VERT. NORTE			VERT. SUR			VERT. ESTE			VERT. OESTE			VERT. NE-NO			VERT. SE-SO		
	Ho	Goh	Doh	Soh	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov
6	10	5	3	2	2	0	2	2	14	16	2	339	341	2	0	2	2	250	252	2	0	2
7	358	196	107	89	73	0	73	73	0	74	73	328	401	73	0	73	73	232	305	73	0	73
8	682	375	205	170	140	0	140	140	14	154	140	294	434	140	0	140	140	218	358	140	0	140
9	961	528	289	239	197	0	197	197	26	223	197	240	437	197	0	197	197	188	385	197	0	197
10	1175	645	353	292	241	0	241	241	34	275	241	170	411	241	0	241	241	144	385	241	0	241
11	1309	719	393	326	268	0	268	268	40	309	268	88	356	268	0	268	268	90	359	268	0	268
12	1355	744	407	337	278	0	278	278	42	320	278	0	278	278	0	278	278	30	308	278	0	278
13	1309	719	393	326	268	0	268	268	40	309	268	0	268	268	88	356	268	0	268	268	34	302
14	1175	645	353	292	241	0	241	241	34	275	241	0	241	241	170	411	241	0	241	241	96	336
15	961	528	289	239	197	0	197	197	26	223	197	0	197	197	240	437	197	0	197	197	152	349
16	682	375	205	170	140	0	140	140	14	154	140	0	140	140	294	434	140	0	140	140	198	338
17	358	196	107	89	73	0	73	73	0	74	73	0	73	73	328	401	73	0	73	73	231	305
18	10	5	3	2	2	0	2	2	14	16	2	0	2	2	339	341	2	0	2	2	230	232
TOTAL	10346	5678	3106	2572	2121	0	2121	2121	299	2420	2121	1458	3579	2121	1458	3579	2121	1152	3273	2121	940	3061

Tabla 8. Radiación solar horaria en direcciones principales en abril en el día medio de cada mes en W/ h m²

HORA	HORIZONTAL				VERT. NORTE			VERT. SUR			VERT. ESTE			VERT. OESTE			VERT. NE-NO			VERT. SE-SO		
	Ho	Goh	Doh	Soh	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov
7	302	173	79	95	57	86	142	57	0	57	57	401	458	57	0	57	57	344	401	57	0	57
8	617	354	161	193	116	102	218	116	0	116	116	360	475	116	0	116	116	327	442	116	0	116
9	887	509	231	278	167	116	283	167	0	167	167	294	460	167	0	167	167	290	457	167	0	167
10	1095	629	285	343	206	127	333	206	0	206	206	208	413	206	0	206	206	237	442	206	0	206
11	1225	704	319	384	230	134	364	230	0	230	230	107	338	230	0	230	230	171	401	230	0	230
12	1270	729	331	398	238	137	375	238	0	238	238	0	238	238	0	238	238	97	335	238	0	238
13	1225	704	319	384	230	134	364	230	0	230	230	0	230	230	107	338	230	19	249	230	0	230
14	1095	629	285	343	206	127	333	206	0	206	206	0	206	206	208	413	206	0	206	206	57	262
15	887	509	231	278	167	116	283	167	0	167	167	0	167	167	294	460	167	0	167	167	125	292
16	617	354	161	193	116	102	218	116	0	116	116	0	116	116	360	475	116	0	116	116	182	298
17	302	173	79	95	57	86	142	57	0	57	57	0	57	57	401	458	57	0	57	57	223	280
TOTAL	9520	5468	2482	2985	1788	1269	3057	1788	0	1788	1788	1369	3157	1788	1369	3157	1788	1484	3272	1788	587	2375

Tabla 9. Radiación solar horaria en direcciones principales en mayo en el día medio de cada mes en W/ h m²

HORA	HORIZONTAL				VERT. NORTE			VERT. SUR			VERT. ESTE			VERT. OESTE			VERT. NE-NO			VERT. SE-SO		
	Ho	Goh	Doh	Soh	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov
7	249	152	47	105	38	200	239	38	0	38	38	511	549	38	0	38	38	503	541	38	0	38
8	546	333	102	231	84	221	306	84	0	84	84	458	542	84	0	84	84	480	565	84	0	84
9	802	489	150	339	124	239	363	124	0	124	124	374	498	124	0	124	124	434	558	124	0	124
10	998	609	187	422	154	253	408	154	0	154	154	264	419	154	0	154	154	366	520	154	0	154
11	1121	684	210	474	173	262	435	173	0	173	173	137	310	173	0	173	173	282	455	173	0	173
12	1163	709	218	492	180	265	445	180	0	180	180	0	180	180	0	180	180	187	367	180	0	180
13	1121	684	210	474	173	262	435	173	0	173	173	0	173	173	137	310	173	88	262	173	0	173
14	998	609	187	422	154	253	408	154	0	154	154	0	154	154	264	419	154	0	154	154	8	162
15	802	489	150	339	124	239	363	124	0	124	124	0	124	124	374	498	124	0	124	124	95	219
16	546	333	102	231	84	221	306	84	0	84	84	0	84	84	458	542	84	0	84	84	167	252
17	249	152	47	105	38	200	239	38	0	38	38	0	38	38	511	549	38	0	38	38	220	258
TOTAL	8597	5243	1610	3633	1329	2616	3945	1329	0	1329	1329	1744	3073	1329	1744	3073	1329	2340	3669	1329	490	1819

Tabla 10. Radiación solar horaria en direcciones principales en junio en el día medio de cada mes en W/ h m²

HORA	HORIZONTAL				VERT. NORTE			VERT. SUR			VERT. ESTE			VERT. OESTE			VERT. NE-NO			VERT. SE-SO		
	Ho	Goh	Doh	Soh	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov
9	223	140	39	101	33	254	287	33	0	33	33	530	563	33	0	33	33	554	588	33	0	33
8	509	321	89	232	76	276	352	76	0	76	76	475	551	76	0	76	76	531	607	76	0	76
9	755	475	132	344	113	295	408	113	0	113	113	388	501	113	0	113	113	483	596	113	0	113
10	944	594	165	430	142	309	451	142	0	142	142	274	416	142	0	142	142	413	554	142	0	142
11	1063	669	185	484	160	318	478	160	0	160	160	142	302	160	0	160	160	325	485	160	0	160
12	1103	695	192	502	166	321	487	166	0	166	166	0	166	166	0	166	166	227	393	166	0	166
13	1063	669	185	484	160	318	478	160	0	160	160	0	160	160	142	302	160	125	284	160	0	160
14	944	594	165	430	142	309	451	142	0	142	142	0	142	142	274	416	142	25	166	142	0	142
15	755	475	132	344	113	295	408	113	0	113	113	0	113	113	388	501	113	0	113	113	66	179
16	509	321	89	232	76	276	352	76	0	76	76	0	76	76	475	551	76	0	76	76	141	217
17	223	140	39	101	33	254	287	33	0	33	33	0	33	33	530	563	33	0	33	33	195	228
TOTAL	8092	5094	1411	3683	1215	3225	4440	1215	0	1215	1215	1809	3024	1215	1809	3024	1215	2682	3897	1215	402	1616

Tabla 11. Radiación solar horaria en direcciones principales en julio en el día medio de cada mes en W/ h m²

HORA	HORIZONTAL				VERT. NORTE			VERT. SUR			VERT. ESTE			VERT. OESTE			VERT. NE-NO			VERT. SE-SO		
	Ho	Goh	Doh	Soh	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov
7	233	148	35	113	32	251	283	32	0	32	32	570	602	32	0	32	32	581	613	32	0	32
8	523	331	78	253	72	275	347	72	0	72	72	511	583	72	0	72	72	556	628	72	0	72
9	773	489	115	374	106	295	401	106	0	106	106	418	524	106	0	106	106	504	610	106	0	106
10	964	610	143	466	133	310	443	133	0	133	133	295	428	133	0	133	133	428	561	133	0	133
11	1084	686	161	525	149	320	469	149	0	149	149	153	302	149	0	149	149	334	484	149	0	149
12	1125	712	167	544	155	323	478	155	0	155	155	0	155	155	0	155	155	229	383	155	0	155
13	1084	686	161	525	149	320	469	149	0	149	149	0	149	149	153	302	149	118	267	149	0	149
14	964	610	143	466	133	310	443	133	0	133	133	0	133	133	295	428	133	11	143	133	0	133
15	773	489	115	374	106	295	401	106	0	106	106	0	106	106	418	524	106	0	106	106	87	193
16	523	331	78	253	72	275	347	72	0	72	72	0	72	72	511	583	72	0	72	72	167	239
17	233	148	35	113	32	251	283	32	0	32	32	0	32	32	570	602	32	0	32	32	226	258
TOTAL	8280	5237	1231	4007	1139	3225	4364	1139	0	1139	1139	1947	3086	1139	1947	3086	1139	2760	3899	1139	480	1619

Tabla 12. Radiación solar horaria en direcciones principales en agosto en el día medio de cada mes en W/ h m²

HORA	HORIZONTAL				VERT. NORTE			VERT. SUR			VERT. ESTE			VERT. OESTE			VERT. NE-NO			VERT. SE-SO		
	Ho	Goh	Doh	Soh	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov	Dov	Sov	Gov
7	277	178	39	139	37	180	217	37	0	37	37	623	660	37	0	37	37	568	605	37	0	37
8	582	374	81	293	78	206	284	78	0	78	78	559	637	78	0	78	78	541	619	78	0	78
9	845	542	118	425	113	228	341	113	0	113	113	456	569	113	0	113	113	484	597	113	0	113
10	1046	671	146	526	140	245	385	140	0	140	140	323	463	140	0	140	140	401	541	140	0	140
11	1172	753	163	589	157	255	412	157	0	157	157	167	324	157	0	157	157	299	456	157	0	157
12	1216	780	169	611	163	259	422	163	0	163	163	0	163	163	0	163	163	183	346	163	0	163
13	1172	753	163	589	157	255	412	157	0	157	157	0	157	157	167	324	157	63	219	157	0	157
14	1046	671	146	526	140	245	385	140	0	140	140	0	140	140	323	463	140	0	140	140	55	195
15	845	542	118	425	113	228	341	113	0	113	113	0	113	113	456	569	113	0	113	113	162	275
16	582	374	81	293	78	206	284	78	0	78	78	0	78	78	559	637	78	0	78	78	250	328
17	277	178	39	139	37	180	217	37	0	37	37	0	37	37	623	660	37	0	37	37	314	351
TOTAL	9060	5816	1262	4554	1213	2486	3699	1213	0	1213	1213	2129	3341	1213	2129	3341	1213	2538	3751	1213	780	1993

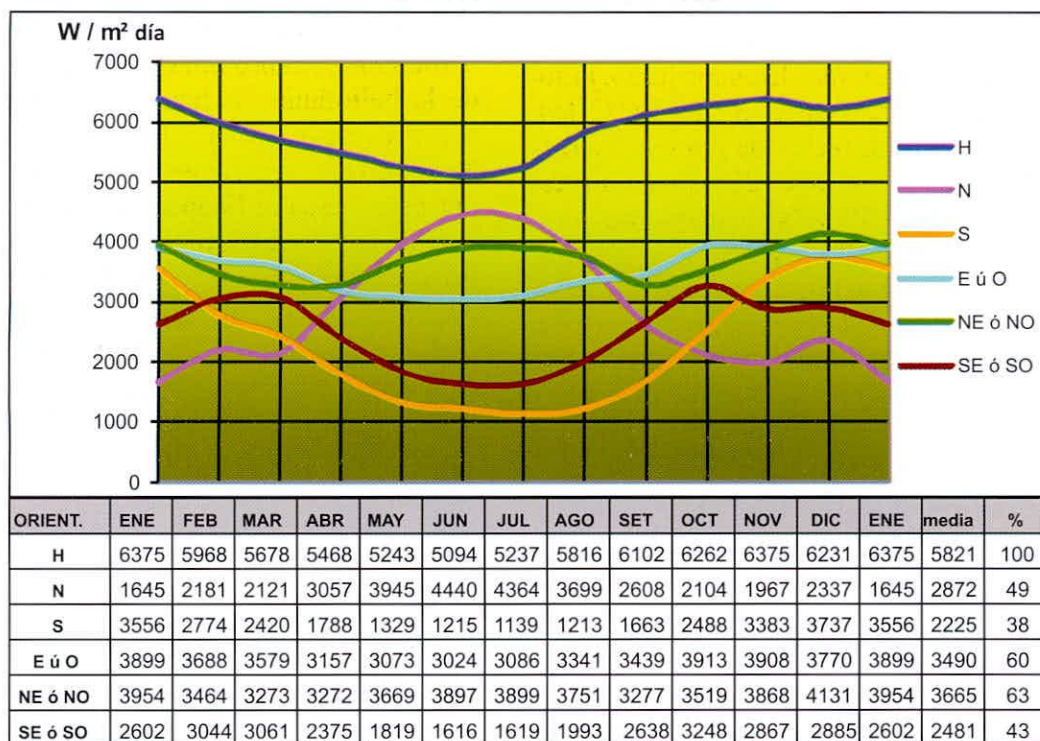


Figura 1. Radiación solar recibida en el día medio del mes en diferentes direcciones en W/m^2 día.

Fuente: Elaboración propia

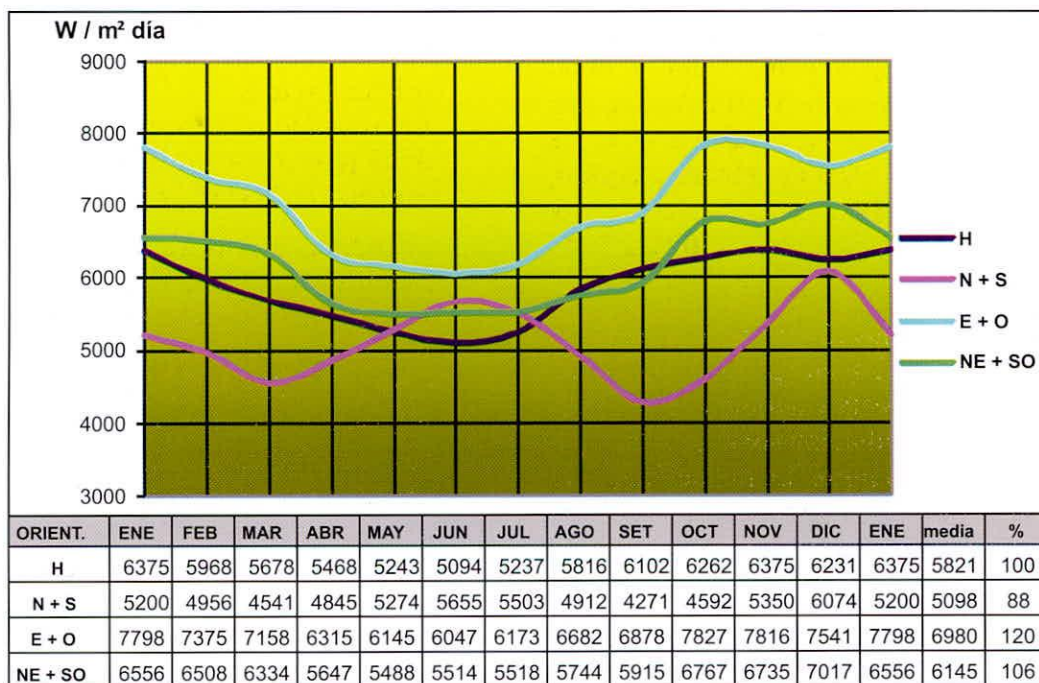


Figura 2. Radiación global (Go) sumadas: Norte + Sur, Este + Oeste, Noreste + Suroeste en W/m^2 día.

DISCUSIÓN

En el periodo 2007 a 2010 de la tabla 2, se observa que los meses más fríos son junio, julio y agosto, los que están entre 13,3 a 13,6°C, los más calientes son los meses de febrero, marzo y octubre entre 14,9 y 15°C. El resto de meses está entre 14,3 a 14,6°C. Existe mayor número de horas de sol durante los meses de mayo a setiembre entre 8 a 9.4 horas y en consecuencia mayor cantidad de radiación directa; el menor número de horas de sol diario se registra en los meses de febrero, marzo y diciembre, los cuales están entre 5,6 y 5,8 horas; por lo tanto en esos meses, existe una mayor cantidad de radiación difusa sobre Huaraz.

La temperatura promedio durante el año es de 14,4°C con una desviación estándar pequeña de 0,58; por lo tanto, la temperatura es casi constante durante el año y el clima de Huaraz no se encuentra en el confort térmico adecuado. La mediana de 14,4°C es casi similar al promedio de 14,3.

En la tabla 3, durante el periodo 2007 a 2010 se obtiene un valor medio diario anual de radiación horizontal 5821 W/m²día con rangos variables de 5094 a 6375 W/m²día, que está dentro del valor calculado por el SENAMHI (2003, 11) de rangos entre 5500 a 6000 w/m²día, con una media de 5750 W/m²día. Los meses que tienen menor radiación solar se encuentran en el período de febrero a agosto, entre 5094 a 5968 W/m² día, siendo los más bajos mayo, junio y julio entre 5094 a 5242 W/m² día.

En la tabla 4, la radiación difusa es menor en los meses de mayo a agosto; por lo tanto, tienen mayor radiación directa y también son los días que tienen menos radiación solar debido a que el sol se aleja más al norte. La radiación global horizontal (Goh) representa el 59,4% de la horizontal extraterrestre (Ho). Si la media de la radiación horizontal terrestre (Goh) representa el 100% (5821 W/m²°C), entonces, se descompone anualmente en directa al 61% y la difusa al 49%, pero desde mayo a agosto sólo la difusa es 25% aproximadamente. El coeficiente de incidencia de la radiación difusa

(Hd) de la correlación de Liu y Jordan de $Hd = 1,30903 - 4.0273 \cdot Goh + 5.541 \cdot Goh^2 - 3.108 \cdot Goh^3$, se aproxima bastante al porcentaje de la heliofanía indicada en la tabla 2 que procede de la relación $Hd = 0,594 \cdot Ho$. Teniendo en cuenta, que en el caso de Huaraz, por estar cerca al Ecuador Terrestre, existe la posibilidad de soleamiento por dos frentes en las edificaciones, se analizó la suma de la radiación solar incidente en dos frentes opuestos que se muestra en la figura 2, dando como resultado que la mejor orientación es la ubicada el Este + Oeste, la cual supera a la horizontal en el 119,9%, seguida por la ubicada en la vertical Noreste + Suroeste con 105,6%; siendo la más baja la suma de las radiaciones Norte más Sur con apenas 88,6% de la horizontal.

CONCLUSIONES

1. La radiación solar recibida en paramentos verticales es directamente proporcional a la radiación horizontal anual recibida en la ciudad de Huaraz, con respecto a la radiación horizontal que tiene un promedio anual diario de 5821 W/m²h°C (100%), los paramentos verticales orientados al Norte reciben 2872 (49,3%), los orientados al Sur el 2225 (38,0%), los orientados al Este u Oeste el 3490 (60%), los orientados al Noreste o Noroeste el 3665 (63%) y los orientados al Sureste y Suroeste el 2481 (42,6%).
2. Los paramentos verticales que reciben más radiación solar para calentar viviendas en Huaraz son los orientados al Noreste y Noroeste, seguidos por un pequeño margen de diferencia los orientados al Este u Oeste; pero, si una edificación orienta sus dos fachadas, una al Este y la otra al Oeste tiene mejor captación de energía solar que cuando una fachada se orienta al Noreste y la otra al Suroeste o cuando se orienta al Noroeste y Sureste. La orientación Norte-Sur no es la más ventajosa, ya que en la fachada Sur debe evitarse abrir ventanas pero no al Norte.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Manfred Horn, docente principal de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería por su apoyo desinteresado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bedoya, César, y Javier Neyla. 1986. Acondicionamiento y energía solar en la arquitectura. Madrid: Editorial Graficinfo.

Chauliaguet, Charles, Peter Baratcaba, y Joseph Batellier. 1995. La energía solar en la edificación. 3ª ed. Barcelona: Editores Técnicos Asociados.

De Francisco, Adolfo Castillo. 1989. Energía solar, diseño y dimensionamiento de instalaciones. Córdoba: Publicaciones del Monte de Piedad y Caja de Ahorro.

De Juana, José S., Adolfo De Francisco, Jesús Fernández, Florentino Santos, Miguel Herrero, y Manuel Macías. 2002. Energías renovables para el desarrollo. Madrid: Ediciones Paraninfo.

Heras, María C., Luis Zarzalejo, María San Isidro, Helena Granados, María Jiménez, Juan Travesí, Antonio Ferrer, y Ana Claver. 1999. Energía solar en la edificación. Madrid: Editorial Ciemat.

SENAMHI. 2003. Atlas de energía solar del Perú. Lima: SENAMHI.

Tharmaratnan, K., Lim Rao, y M. Mattar. 1989. Environment factors in the design of building fenestration. London: University of Singapore.

Correspondencia:

Mag. Miguel Ronald Corrales Picardo.

Dirección: Jr. Las Retamas 251, Independencia - Huaraz.

Correo electrónico: Micorpi@yahoo.com.