



SINGULARIDADES HELIOENERGETICAS DE LA COSTA
DEL NORTE DE CHILE

Prof. Carlos Espinosa y Prof. Orlayer Alcayaga

Investigadores de la Sección Energía Solar, Departamento de
Ciencias Físicas, Universidad del Norte, Antofagasta, Chile.

Marzo de 1974

R E S U M E N : Se destaca la singularidad de la radiación solar global total que incide sobre el litoral del norte de Chile. El territorio interior del mismo desierto de Atacama difiere notablemente de la costa. En cuanto a radiación nocturna acontece lo mismo. Parecen dos territorios de planetas diferentes. Históricamente hablando, el imperio de los Incas se acondicionó de acuerdo a estos fenómenos geofísicos. Costó mucho a los europeos comprender por qué esta enorme organización social casi prescindió del océano y de la costa. El presente artículo trata de llamar la atención de los heliotécnicos chilenos que podrían estar pensando en un prototipo único para el norte del país en relación con calentadores solares de agua y otros artefactos que permitan economizar combustible. Ciudades como Arica, Pisagua, Iquique, Tocopilla, Mejillones, Antofagasta, Taltal, Chañaral y Caldera, a pesar de su abundante nubosidad, tienen nublados totales que no duran más de 48 horas continuadas. Ello, además del hecho tan conocido de que en verano la radiación solar es sólo el doble que en invierno, permite encontrar soluciones triviales al problema de la acumulación de la energía térmica, con ventajas económicas apreciables.

En la Tabla I podemos cotejar los diferentes valores de la radiación solar g l o b a l t o t a l medidos en conocidos centros urbanos y observatorios que cuentan con experiencia científica digna de confianza; por la brevedad im puesta a este artículo, omitimos otros que, por su rigor estadístico, merecen ser también mencionados.

Los valores medidos para el puerto de Antofagasta son bastante representativos de todo el litoral del norte del país y, presumiblemente, del litoral del sur peruano, a juzgar por las conocidas estadísticas de nubosidad suministradas por los heliofanógrafos diseminados por las Oficinas dependientes de la Organización Meteorológica Mundial.

Pero queremos advertir a nuestros jóvenes colegas heliotécnicos que, para un eficiente sistema utilizador de energía solar en calentamiento de agua, no basta tomar en cuenta la radiación solar incidente -que es la que se presenta en la Ta-bla I - sino que además deberá considerarse la radiación llamada n o c t u r n a, que en ciudades como Calama o Chuquicamata pueden hacer fracasar grandes esperanzas de laboratorio. Otros aspectos poco advertidos en nuestras bibliografías heliotécnicas nacionales son: el viento, que en ciudades como Antofagasta es casi nulo; la temperatura de la red de agua potable, que en dicha ciudad jamás baja de 16 ni sube de 28 Grau

T a b l a I

PROMEDIOS DIARIOS DE LA RADIACION SOLAR GLOBAL TOTAL Y
CUOCIENTE ENTRE VALORES EXTREMOS DE VERANO E INVIERNO.

BIBLIO GRAFIA	L U G A R	PROMEDIO	VERANO	INVIERNO	V:I
		ANUAL			
		(Watt/metro cuadrado)			
3	Estocolmo	104	218	11	19,8
3	Londres (S.Kensington)	90	180	15	12,0
3	Teodosia (Crimea)	135	266	27	9,9
3	Tashkent (URSS)	136	262	28	9,4
3	Paris (Saint Maur)	132	237	31	7,6
3	Toronto	121	200	40	5,0
1	Valparaíso	168	288	61	4,7
1	Santiago de Chile	160	266	58	4,6
1	Buenos Aires	207	348	101	3,4
3	Washington	166	248	75	3,3
1	Mt. Stronlo (Australia)	206	309	99	3,1
3	Davos (Suiza)	173	254	85	3,0
1	El Paso (Texas)	267	359	159	2,3
2	Calama (Montezuma), Chile	339 *	449	230	2,2
4	Antofagasta (Nivel mar)	232	315	152	2,1
5	Of. "Alemania", Chile	300	448	228	2,0
3	Pasadena (California)	220	275	146	1,9
5	Est. Baquedano, Chile	296	431	233	1,8
1	Messina (Sud Africa)	246	304	176	1,7

* Este dato podría ser algo inferior a 339, pues nos hemos basado en registros hechos entre el 31 de Mayo de 1952 y el 1° de Mayo de 1953, es decir, faltando 29 días para completar un año. Sin embargo, el valor elegido (339 Watt/metro cuadrado) parece bastante probable al interpolar los valores que presenta la Smithsonian Institution entre abril y junio.

dos Celcius durante todo el año; el polvo, que por ausencia de lluvias hay que extraerlo periódicamente de los colectores; la crítica baja presión del agua potable de la red urbana, especialmente durante el verano en esta región del país; etc.

En la costa del Desierto de Atacama hay una característica que no se manifiesta a la luz de los datos mostrados en la Tabla I, que tiene importancia para el estudio económico del sistema termoacumulador del calentador solar de agua: los nublados t o t a l e s casi nunca perseveran más de 48 horas; y no es durante el invierno que existe la mayor probabilidad de cielos nublados, sino durante la primavera.

Respecto a la temperatura del aire, las máximas, en verano, son del orden de los 26 grados Celcius; y las mínimas, en invierno, son del orden de los 11 grados Celcius.

Un dato que resalta en la Tabla I es el que se refiere al cuociente $V:I = 2,1$ para la ciudad de Antofagasta. Ello significa que durante los días del verano la radiación solar es, aproximadamente, el doble que durante los días del invierno. En contraste, observemos que para Estocolmo este cuociente, $V:I$, vale 19,8; es decir, que en esta capital escandinava la radiación solar durante los días del verano es alrededor de 20 veces mayor que durante los días del invierno. En consecuencia, mientras en Estocolmo, Londres, París, New York, Pekín,

Moscú, Berlín, Tokio, Roma y otras metrópolis la acumulación de la excesiva energía solar del verano para atenuar los fríos invernales resultaría de un costo prohibitivo, en las ciudades de la costa del Desierto de Atacama la solución es trivial. Si observamos los valores de la radiación solar en el centro de Chile (Valparaíso, Santiago) y los comparamos con los del puerto de Antofagasta, sucede algo similar, aunque en grado menor. Al observar los datos que nos muestra la Tabla I de Calama, Oficina Salitrera "Alemania" y Estación "Baquedano", se constata que en el centro del Desierto de Atacama el valor $V:I$ vale, aproximadamente, 2, como en la costa; sin embargo, debido a la radiación nocturna, que en Calama alcanza valores del orden de - 200 Watt/metro cuadrado, hay que andarse con mucho cuidado si se quiere diseñar un prototipo único de calentador solar de agua para todo el norte de Chile. En este sentido, el litoral nortino es una zona privilegiada.

Nos atrevemos a pensar que muchos prejuicios negativos contra la utilización de la energía solar tienen su origen en el peso del prestigio de los grandes centros mundiales de decisión tecnológica, que, además de tener un $V:I$ muy alto, tienen un bajo promedio anual de energía solar.

Aun a riesgo de ser calificados de majaderos, hemos venido repitiendo estas ideas desde que se fundó la Universidad

del Norte, en 1957.

Nos hemos referido principalmente a los calentadores solares de agua, por ser su difusión (no su invención) más inminente; pero también podríamos extendernos en consideraciones referentes a la utilización de los fotodiodos, fotosíntesis en ciclos cerrados artificialmente, hornos solares, destiladores de agua, etc. Ello nos llevaría a sustraer demasiado tiempo a los concurrentes de este Seminario.

Un día invernal, el 5 de Julio de 1970, registramos el mínimo minimórum de que tenemos noticias en nuestra ciudad de Antofagasta: 150 Langleys (que equivalen a 73 Watt/m^2). Pero todos los días vecinos -inmediatamente antes e inmediatamente después de esa fecha- se recibió cantidades de energía solar equivalentes al doble y al triple. Esta característica puede generalizarse confiadamente a todo el litoral del norte chileno. Por ello es que, mientras en Valparaíso y otras ciudades del centro del país hay que proyectar sistemas duales, vale decir, sistemas compensados eléctricamente durante el invierno, en la costa del litoral norte de Chile (y también en la costa del sur de Perú) es suficiente un termoacumulador convencional. Un depósito de 200 litros de agua con temperatura del orden de 60 grados Celcius pierde sólo unos 5 grados durante una noche invernal antofagastina, si está ubicado en

el techo y aislado convenientemente. El viento, que produce efectos tan azarosos en ciudades como Valparaíso, aquí es monótonamente inocuo.

Nos parece ya escuchar comentarios vulgares con preguntas como: ¿para qué tanto análisis de una solución que atañe a sólo un 4 por ciento de la población de Chile?. También sería vulgar una respuesta sentimental regionalista. Aquí hay algo más profundo, que sale del marco de los heliocistas y que se enraíza en temas culturales: los recursos de energía constituyen la materia prima -verdaderamente prima- de la vida orgánica y de la actividad industrial. Pues bien, si no comenzamos hoy a ensayar en esta región tan favorecida por el recurso natural de la energía del sol, en el futuro continuaremos importando tecnología y petróleo extranjeros; y, así, continuaremos en la cómoda corriente moderna, que se ha ido adormeciendo en la abundancia mundial de depósitos fósiles de combustibles que, habiendo demorado millones de año en organizarse químicamente, están siendo gastados dilapidariamente. El hombre es libre de dilapidar, pero ¿lo es impunemente?. La energía atómica es un recurso al que difícilmente tenemos acceso económico los países de tecnología débil. Es curioso: países como USA, URSS, Japón, Francia, están invirtiendo grandes sumas en ensayar proyectos helioenergéticos.

En vista de las ideas expuestas, proponemos a los planificadores chilenos los siguientes principios, aplicables a la región costera del Desierto de Atacama, la cual puede considerarse, con toda propiedad, el Finis Terrae del abastecimiento de energía convencional:

1º, Es posible diseñar dos o tres prototipos de calentadores solares de agua, de rendimiento óptimo, para los puertos del norte de Chile, con todas las ventajas que trae consigo la fabricación en serie. pero es absolutamente necesario ensamblar los criterios arquitectónicos con los recientes avances heliotécnicos,

2º, No es adecuado diseñar un mismo prototipo para la región costera que para la pampa. En esta última hay una no despreciable cantidad de usuarios potenciales: en Chuquicamata, Calama, Copiapó, Vallenar, El Salvador, María Elena, Pedro de Valdivia, Victoria, etc.

3º, Es cierto que para los servicios de utilidad urbana, tales como electricidad, agua potable, combustibles, teléfonos, extracción de basuras, alcantarillado, mercado de alimentos, etc. conviene la centralización. En cambio, para conectar al servicio doméstico los colectores y acumuladores de agua calentada por el sol es indiferente aplicar criterios individualistas o comunitarios, porque cada techo es, en sí mismo,

una central de energía.

4º, Si actualmente se hiciese una encuesta para averiguar cuál es el promedio del consumo de energía destinada al calentamiento de agua por cada habitante, se obtendría un dato que, aplicado al artefacto solar, podría conducir a un prejuicio técnico. Porque normalmente los usuarios se duelen de las tarifas de electricidad, gas licuado, kerosene y otras fuentes de energía; mientras que, al saberse que es el sol la fuente, habrá pocos miramientos para procurarse agua caliente en grandes cantidades. Evidentemente, ello haría cambiar favorablemente muchos hábitos de aseo individual y familiar. En consecuencia, conviene darle más importancia al acumulador que al colector, en cuanto a tamaño se refiere. Por lo demás, las leyes de la termodinámica también aconsejan almacenar más bien grandes que pequeñas masas de agua si se pretende disminuir las pérdidas de energía térmica en estanques esféricos o cilíndricos. Para la ciudad de Antofagasta, por ejemplo, nos parece adecuado estimar un consumo diario, por cada habitante, de alrededor de 50 litros de agua a 50 grados Celcius para baño, cocina y lavado de la ropa. Lo que implica un colector de radiación solar de dimensiones aproximadas equivalente a $0,5 \text{ m}^2$ / persona; colector que se supone inclinado permanentemente a unos 45° con respecto al plano horizontal, mirando hacia el norte.

Una pequeña familia de 4 personas, en esta región, puede uede requerir un colector de más o menos 2 metros cuadrados, y un termoacumulador de agua de unos 200 litros de capacidad.

5°, Debido a las precarias condiciones en que se distribuye la presión del agua de la red urbana, especialmente durante los meses de verano, es recomendable diseñar un modelo de termosifón o de bombeo artificial que puede ser diferente a los modelos convencionales que nos muestran las bibliografías heliotécnicas extranjeras. Con el propósito de economizar petróleo, aunque sea hasta en los más mínimos detalles, se hace recomendable instalar un pequeño estanque adicional de agua, que suministre este líquido a una presión constante al artefacto solar, a cualquiera hora del día o de la noche. Un modelo que ha dado excelentes resultados en la India y en otros países incluye un delgado tubo superior de ventilación para eliminar las burbujas de aire y para reducir el costo del estanque acumulador, puesto que, en tales condiciones, no necesita ser de paredes gruesas y resistentes a las sobrepresiones.

F I N

B I B L I O G R A F I A

1. HIRSCHMANN, J. "Estado Actual de las Investigaciones Para Evaluar la Energía Solar en Chile". Revista SCIENTIA N° 117. Enero Marzo 1962. Valparaíso.
2. SMITHSONIAN INSTITUTION. Annals of the Astrophysical Observatory. Vol 7. Table 16 f. Washington 1954.
3. VASSY, E. "Le Rayonnement Solaire". Páginas 83-102 de la Revista Trimestral ACTA ELECTRONICA. Vol 3. N°2. Paris. 1959.
4. ESPINOSA, C. "La Ciudad de Antofagasta y su Energía Solar" Publicación interna. Departamento de Ciencias Físicas. Universidad del Norte. Antofagasta. 1971.
5. FRICK, G. y DESVIGNES, F. "Mesures Solarimétriques Effectuées dans le Nord du Chili". Páginas 155-166 de la Revista Trimestral ACTA ELECTRONICA. Vol 3. N°2 Paris. 1959.
6. ALCAYAGA, O., FOURNIER, J., TROMBE, F. (comunicaciones privadas)