

# EL USO DE LA ENERGIA SOLAR EN EL HABITAT. Hipótesis sobre los factores históricos de estímulo.

Elías Rosenfeld\*

IDEHAB, Instituto de Estudios del Habitat. Unidad de Investigación N°2.  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata,  
Calle 47 N° 162, C.C. 478, (1900) La Plata, Argentina.  
Fx. (021) 21 4705. EMail idehab@cespivm2.unlp.edu.ar.

## RESUMEN

Se pasa revista a la historia del uso de la energía solar en el habitat del mundo occidental, entre 500 aC. y 1941, con el objeto de explorar los factores de estímulo. Se toman los siguientes cortes históricos de los que se cuenta con información:

a. el diseño bioclimático de viviendas y ciudades de los griegos a partir del siglo V aC. y durante la época helenística; b. la arquitectura solar de los romanos entre los siglos I aC. y II; c. los aportes bioclimáticos de Rafael en el siglo XVI; d. la difusión del efecto invernadero y la iluminación natural en la edilicia de los siglos XVIII y XIX y e. el desarrollo de la tecnología de los calefones solares en EE.UU. entre 1891 y 1941.

Se exponen las condiciones de contexto que presumiblemente brindaron "ventanas de oportunidad" para la sustitución de las energías convencionales de cada época. Se presentan a discusión algunas hipótesis preliminares sobre la apertura y cierre de esos procesos.

## INTRODUCCION

En un trabajo anterior más extenso<sup>(1)</sup> se pasó revista a períodos clave de la historia del aprovechamiento de la energía solar para mejorar la habitabilidad en el habitat humano, desde los años 500 aC. hasta 1960, en el mundo occidental. Los cortes históricos de los que poseemos información como para comenzar un análisis fueron:

- a. el diseño bioclimático de los griegos, a partir del siglo V aC. y durante la época helenística;
- b. la arquitectura solar de los romanos entre los siglos I aC. y II;
- c. los aportes bioclimáticos de Rafael en el siglo XVI;
- d. las "cajas calientes" -precursoras de los colectores- desarrolladas por De Saussure y continuadores entre mediados del siglo XVIII y todo el XIX;
- e. la enorme difusión universal del efecto invernadero y la iluminación natural en la edilicia de los siglos XVIII y XIX;
- f. el desarrollo de los colectores planos y sus aplicaciones en el siglo XIX;

---

\* Investigador del CONICET.

g. la transformación de los colectores en tecnología de calefones solares en EE.UU entre 1891 y 1941.

h. los desarrollos de casas solares en EE.UU de Keck, LOF y en el MIT, entre 1932 y 1961, como esfuerzo sistemático de CyT.

En los casos a., b., c., e. y g., parecieran existir correspondencias entre las condiciones de contexto que posibilitaron "ventanas de oportunidad" y la verificada sustitución solar de las energías convencionales de cada época. Parece útil en consecuencia, exponer en esos casos, el contexto de economía energética y los desarrollos solares concretados en el habitat, a efectos de presentar a discusión algunas hipótesis preliminares sobre la apertura y cierre de esos procesos.

## 1. El diseño bioclimático de los griegos.

Los primeros escritos que dan cuenta del uso de la energía solar provienen de los griegos<sup>(2)</sup>. Ellos en principio no contaban con dispositivos específicos para acondicionar sus casas. Para generar calor usaban frecuentemente hornos a leña y braseros que consumían carbón vegetal.

Hacia el siglo V aC, la leña y el carbón se volvieron escasos. Se había consumido la mayor parte del suministro doméstico y empezaron a depender crecientemente de importaciones provenientes de Macedonia, Tracia, la región del Mar Negro, las costas de Asia Menor, Fenicia, Chipre y el Sur de la península Itálica. Se configuró algo así como una de las primeras crisis energéticas de las que se tenga memoria.

Y para la época helenística se difundió la ganancia y el control solar, principios básicos de lo que hoy denominamos diseño bioclimático. Hay que tener en cuenta que desde el siglo IV aC. se usaban diversos sistemas de espejos en relación con el fuego.

Esquilo (525-456 aC.), Jenofonte (430/425-352 aC.) y Aristóteles (384-322 aC.), refieren principios de uso en la arquitectura. Así por ejemplo, Jenofonte pone en boca de Sócrates: "...pues en las casas que miran a mediodía el Sol en el invierno se cuele entre los soportales, mas por el verano, al pasar por cima de nuestras cabezas y de los techos, proporciona sombra. Así ... habrá que construir más altas las partes que den al mediodía, para que el Sol invernal no halle estorbos, y más bajas las que den al septentrión para que no den contra ellas los vientos fríos"<sup>(3)</sup>.

Butti y Perlin<sup>(2)</sup> sintetizan los principios así: a. Las principales habitaciones se abrían al Sur (hemisferio Norte); b. La cara Norte cerrada a los vientos fríos; c. Para minimizar las ganancias en verano sombreado de la cara Sur mediante aleros.

Los ejemplos se referencian en los estudios realizados sobre las ruinas de Olinto, Delos, Priene, Colofón. Todo indica además que técnicas similares prevalecieron en forma extensa.

En Olinto (40°N). La casa típica (Fig. 1 y 2) era de forma rectangular: el muro Norte tenía pocas aberturas. Los ambientes ocupaban el ala Norte y abrían hacia un área de la cara Sur denominada "pastas", que se extendía de Este a Oeste a todo lo ancho del edificio. Su área central una columnata de 4m de profundidad, daba a un patio abierto.

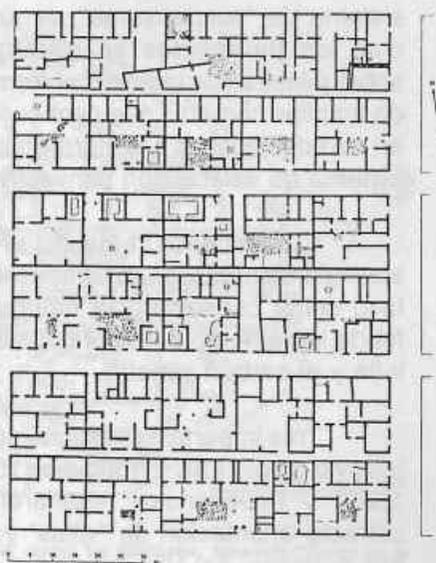


Figura 1. Tres "insulae" de la ampliación de Olinto. Benevolo, "Diseño de la ciudad" G.Gili, Mexico, 1978.

El sol en mediodía de invierno tenía una altitud de 26°30' lo que posibilitaba que la radiación directa penetrara desde el patio y las "pastas" hasta las habitaciones. Los pisos de tierra ayudaban a retener el calor. Los muros de adobe de 0,40/0,50 m de espesor, proveían una buena aislación. En verano el Sol tiene una elevación al mediodía de 73°30', cuando los aleros y los muros de adobe proveen sombreado y aislación respectivamente.

El plan urbanístico de Olinto, de trama ortogonal con avenidas Este-Oeste, garantizaba la máxima ganancia solar<sup>(4)</sup>. La forma de las casas y de la ciudad interactuaban entre sí: formas rectangulares, trama regular.

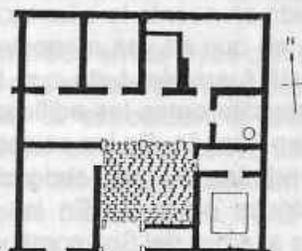


Figura 2. Planta de una casa de Olinto. Benevolo, "Diseño de la ciudad", G.Gili, Mexico, 1978.

En las excavaciones de Delos, Casa del Tridente por ejemplo, se encontraron otras formas de diseño solar siguiendo en general los principios que expuso Jenofonte. Se procuró por desniveles de techos o construyendo el ala Norte de dos niveles y la Sur de uno, que siempre los ambientes pudieran recibir ganancia solar en invierno.

## 2. La arquitectura solar de los romanos

Al igual que Grecia, Roma consumió sus recursos energéticos -principalmente leña- a mayor velocidad que su renovación. Para el año 100 a.C. se debió importar pino y otras especies desde lugares tan lejanos como la Caucasia.

El consumo continuó subiendo en relación directa con el incremento de la calidad de vida. Así durante el siglo I d.C. muchos ciudadanos disfrutaban de calefacción central. Los baños públicos demandaban asimismo grandes cantidades de combustible (Fig 3). Sus grandes hornos, llegaban hasta los 800°C. Para el siglo III d.C. había baños en toda Italia, 800 solamente en Roma. Los mayores admitían 2.000 usuarios simultáneos. En el siglo I a.C., C.Sergio Orate introdujo el

sistema de "suspensurae", según el cual los pavimentos se construían sobre pilastras de ladrillo, conformando amplias cámaras que continuaban en paredes huecas y conformaban un sistema de calefacción convectiva.

El descenso estable en el suministro doméstico de combustibles tuvo como consecuencia natural un fuerte incremento de los precios de la leña y el carbón vegetal.

Tres importantes arquitectos -- Vitruvio (Siglo I aC.), Palladio (1518-1580) y Faventinus-- resaltaron la correcta orientación de "villas" y baños públicos. Así Vitruvio decía:

"...los edificios particulares estarán bien dispuestos si desde el principio se ha tenido en cuenta la orientación y el clima en que se van a construir; porque está fuera de duda que habrán de ser diferentes las edificaciones que se hagan en Egipto que las que se efectúen en España. En los países septentrionales, se han de hacer las habitaciones abovedadas, lo más abrigadas posible, no abiertas, sino orientadas a los puntos cálidos del cielo. En las regiones meridionales, al contrario, por estar expuestas al ardor del Sol, como ya de por sí los edificios padecen los efectos del calor, se deben hacer con grandes huecos y con la orientación a la tramontana o el aquilón."



Figura 3. Baños centrales en Ostia. Las cinco cámaras de baño dan al sur. Benevolo, "Diseño de la ciudad", G Gil, Mexico, 1978.

Las estrategias de acondicionamiento, eran: a. Las habitaciones primariamente usadas en invierno y las áreas de baño debían orientarse al Sur o S.O.; b. Optimizar la exposición solar de toda la estructura; c. El uso de vidrio como trampa de calor, efecto invernadero; d. El uso de diversos métodos de acumulación de calor.

Respecto al efecto invernadero, en las ruinas de los baños públicos de Ostia fueron encontradas evidencias del uso de vidrios, durante o después del período Imperial, siglo I dC. La mayoría de los baños tenían la fachada Sur vidriada. Los marcos de las ventanas de los baños centrales de Pompeya cubrían un vano de 1 x 3 m. Según Séneca la acumulación de calor adentro -a causa del vidriado- "asaba" a los bañistas.

También los usaron en las casas. Plinio el Joven<sup>(2)</sup> alardeaba que colocándolos sólo en la fachada Sur, le permitían coleccionar el calor solar e incrementar su intensidad en su cuarto favorito de invierno. Las excavaciones de Pompeya, Herculano y otros sitios, verifican que durante el período Imperial por lo menos estaban vidriadas las ventanas de las casas opulentas. También construye-

ron invernáculos para cultivar vegetales y plantas exóticas. La **acumulación de calor solar** en los edificios se realizaba en los pisos. Los comedores con fachada Sur tenían pisos especialmente contruidos para absorber y almacenar la energía solar.

Se utilizaba el siguiente procedimiento: 1. Excavación hasta 0,60 m y apisonado; 2. Vertido de ripio o fragmentos quebrados de alfarería; 3. Vertido de trozos sólidos de ceniza que se apisonaban; 4. Una capa de arena oscura mezclada con cenizas y cal de 0,15 m de espesor, logrando una superficie oscura, buena absorbidora; 6. Nivelado.

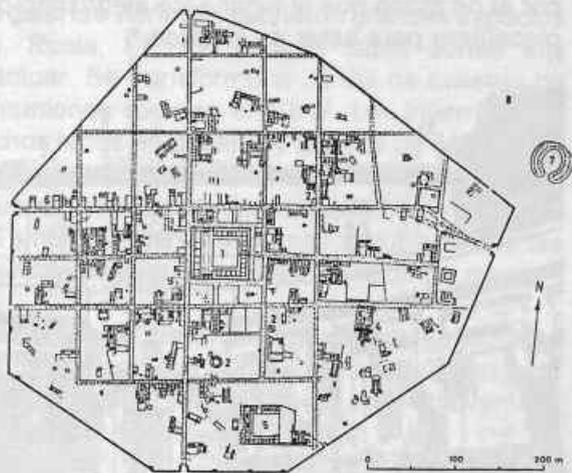


Figura 4. Planta de la ciudad de Silchester. Benevolo, "Diseño de la ciudad", G.Gill, Mexico, 1978.

En cuanto al **derecho al Sol** estaba contemplado en las leyes como parte de los derechos de los ciudadanos. Hacia el siglo II dC. se convirtió en delito civil para cualquiera, emplazar objetos que obstruyeran la exposición al Sol de una estructura que lo necesitara. La calefacción solar se había convertido en una práctica tan común que requería la protección del derecho romano. En el diseño urbano los romanos también utilizaron principios bioclimáticos. Toda la trama circulatoria se orientaba Norte-Sur, Este-Oeste (Fig 4).

### 3. Los aportes bioclimáticos de Rafael.

En la bibliografía hemos encontrado un caso bioclimático posterior a los romanos a comienzos del S. XVI y en concordancia --una vez más-- con una crisis energética<sup>(5)</sup>.

Se trata de la Villa Madama, diseñada por Rafael (1483-1527) y construida cerca de Roma. Fue concebida para captar ocho vientos y el Sol en su recorrido a través de una envolvente curva que se puede apreciar en las (Fig 5 y 6). Según una carta del autor: "el patio circular está contornado por ventanas vidriadas, las que, hora por hora desde el naciente Sol hasta su ocaso, serán tocadas y traspasadas

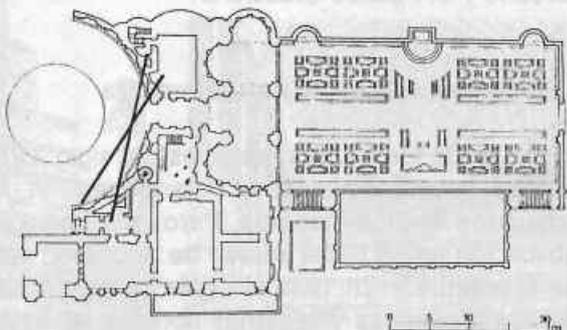


Figura 5. Villa Madama, Rafael. Planta de Greenwood. Peter Murray. "Arquitectura del Renacimiento". Viscontea. Buenos Aires. 1982.

por él de modo que el lugar será alegrísimo por el continuo sol (...) y sumamente placentero para estar en invierno."



Figura 6. Villa Madama, Rafael. Vista desde el patio. De A.Fanchiotti et al, 1983.

En Villa Madama, a las estrategias bioclimáticas romanas se agrega un avance: la idea de la asimetría del Sol respecto a la temperatura diaria. En consecuencia orienta las ventanas de la loggia  $15^\circ$  hacia el Este según el eje Este-Oeste. Y maneja el aventanamiento y los muros de modo de tener una posición asimétrica respecto al eje murario; una mayor exposición al este, una menor al S.O. y a la vez proteger las ventanas del este del fastidioso Sol de Occidente.

Como resultado la ganancia directa y el calentamiento de los ambientes que dan a la loggia, transmiten su beneficio a través de las escaleras a las habitaciones superiores y la masa muraria de las salas adyacentes.

Rafael realizó otras obras del mismo tipo, notoriamente las viviendas del Vaticano y el Palacio Bresciano.

#### 4. El efecto invernadero se universaliza

Desde los últimos decenios del siglo XVII el vidrio fue usado para realizar grandes aventanamientos y "orangeries". A los inicios del siglo XVIII fueron numerosos los invernaderos. Pero ésta tipología sólo se difundió después de la publicación en 1809 del tratado de Anderson sobre invernaderos calefaccionados que él patentó<sup>(6)</sup>. En 1818 el inglés Loudon construyó techos experimentales con costillas arqueadas y ventanas abribles, el sistema más sencillo de acondicionamiento.

Sobre el camino así abierto, Joseph Paxton, aplicando rigurosamente los principios de Loudon, realizó en Chatsworth (1834), un invernadero, que tenía guías para ventanas corredizas. Esta construcción fue parte de una serie realizada en el lugar para el Duque de Devonshire.

En los años que siguieron las galerías vidriadas cubrieron grandes espacios y pasajes peatonales en Europa, Rusia, EE.UU. y otros lados donde sus arquitectos e ingenieros pudieron actuar. Se transformó el Jardín de invierno de París de invernadero en lugar de reuniones sociales en 1847. Los invernaderos climatizados se convirtieron en muchos lados en pasajes y lugares de encuentro. Se introdujeron en los edificios públicos y en los de actividad comercial que se construyeron en respuesta a las nuevas necesidades metropolitanas: mercados cubiertos, estaciones y depósitos. También llegaron a los patios cubiertos de las viviendas y sobre los espacios de circulación vertical de los edificios en altura.

En todos los casos la necesidad común era el acondicionamiento lumínico y térmico de espacios cuya gran magnitud desafiaba la capacidad de respuesta de la tecnología disponible, así como su racionalidad energética. Se abrió una ventana de oportunidad para el acondicionamiento natural.

Las grandes exposiciones, de la producción en gran escala, respuesta a las exigencias de exhibición tecnológica, implicaron demandas de prefabricación, normalización y estandarización. El conjunto hierro-vidrio se impuso por: su ligereza, su transportabilidad, modularidad, montaje, y capacidad de cubrir grandes luces con máxima iluminación natural. Las consecuencias no fueron siempre favorables: "la calefacción sistemática de los edificios favoreció la adopción de aventenamientos amplios que en principio enfriaban los ambientes y por otra parte eran tanto necesarias en las ciudades llenas de humo y en el clima nórdico, de escasa luminosidad" (Sir B.Fletcher).

Como ejemplo de la problemática que involucraron éstos edificios referimos brevemente algunos detalles del comportamiento del palacio de Cristal, una obra paradigmática de éste tipo<sup>(7)</sup>. (Fig 7).

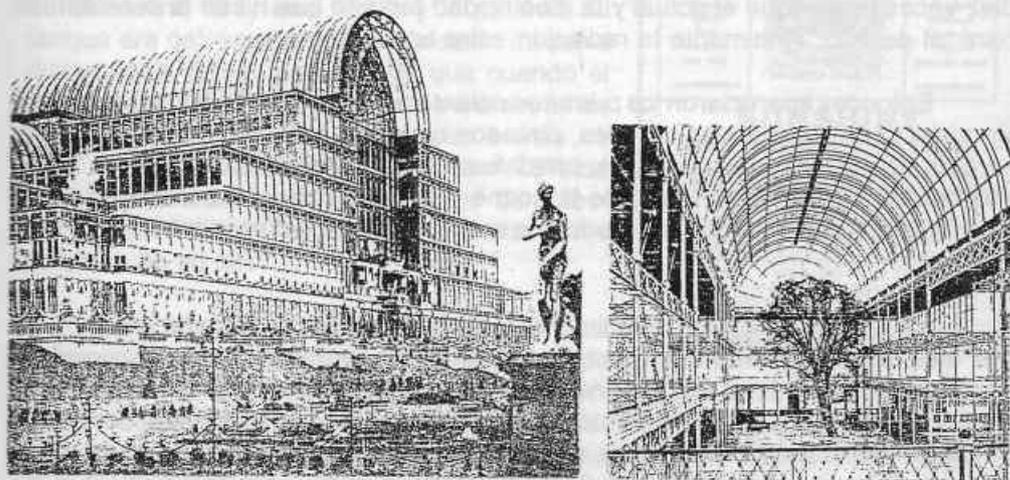


Figura 7. Palacio de Cristal, Londres, 1851. V.Bacigalupi, C.Benedetti, "Progetto ed energia", 1980.

La envolvente total era de cerca de 93.000 m<sup>2</sup> de cristal, y presentó un problema de acondicionamiento climático de una escala sin precedentes. No obstante, las condiciones ambientales deseables se mantuvieron similares a la de

los invernaderos curvilíneos de Loudon en lo referente a ganancia solar y movimiento del aire. La ventilación se realizaba por persianas ajustables. Sin embargo la acumulación de calor constituyó un problema para el cual el Ingeniero de Ferrocarriles Charles Fox encargado de los detalles estructurales, no pudo encontrar una adecuada solución. El uso de toldos de lona para sombrear la cubierta no pudo considerarse como parte integrante del sistema y muchos expositores optaron por protegerse con baldaquinos de tela.

## 5. Cómo los colectores se transformaron en tecnología solar.

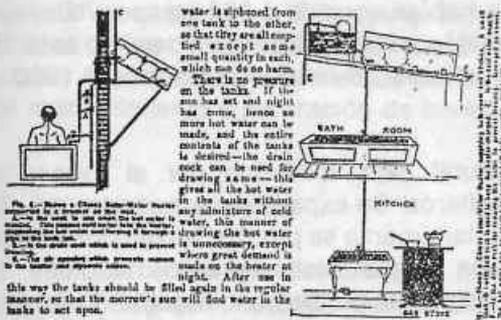
Para que los colectores solares, se convirtieran en productos industriales con presencia en el mercado --tecnología-- se necesitaron condiciones de contexto especiales.

La oportunidad ocurrió en el Sur de California en las últimas décadas del siglo XIX. En las áreas rurales y en los pequeños poblados, donde vivía la mayoría de la población, el combustible era escaso; no había gas ni electricidad. Calentar agua no era tarea sencilla y se realizaba en pesados recipientes sobre la cocina. Era usual sólo bañarse los sábados a la noche. En las ciudades con red de agua de presión constante se utilizaban dispositivos de serpentín y tanque adosados a la cocina. Sin aislación la reserva se utilizaba totalmente o se enfriaba en una hora. Durante el verano el calor de las cocinas era insoportable y la mayoría prescindía del agua caliente. El gas estaba disponible sólo en las grandes ciudades, manufacturado por quemado de carbón y distribuido por red. Tenía la mitad de la capacidad calorífica del natural y no era de quemado limpio. El calentador a gas común, quemador-tanque, hervía y no era seguro. Además calentar agua era caro; el carbón se importaba y valía el doble del promedio nacional; el gas tenía un valor diez veces mayor que el actual y la electricidad tan alto que no se la consideraba para tal destino. Finalmente la radiación solar era abundante.

Entonces aparecieron los primeros calentadores solares de agua con tanque sin aislación. Eran simples tanques, pintados de negro. Para el final de la tarde, en días claros, calmos y calientes, brindaban 30 l a 40° C, suficientes para dos o tres duchas. Se enfriaban durante la noche y eran de recuperación lenta, por la baja relación área-volumen, de modo que recién había algo disponible después del mediodía.

Clarence M. Kemp de Baltimore, mejoró la eficiencia introduciéndolos en una caja de pino, aislada con fieltro y cubierta con vidrio. Armó un conjunto de cuatro tanques de hierro fuertemente galvanizado, pintados negro mate, adosados e interconectados. Llamó al invento "Climax" y lo patentó el 28 de abril de 1891<sup>(2)</sup> <sup>(8)</sup>. De 30 l de capacidad usual, se colocaba en techos o paredes, inclinado y con los tanques horizontales (Fig 8). Costaba 25 dólares equivalentes a u\$s 175 de 1978. Hacia 1900 se habían vendido 1.600 en el Sur de California.

Para 1898 Frank Walker inventó un calefón solar superior al Climax en varios aspectos: tenía la salida de agua caliente en la parte superior y la entrada en la inferior; estaba conectado a un sistema convencional auxiliar, el costo



### THE CLIMAX SOLAR-WATER HEATER

Can be used in some states throughout the entire year, in others from the 1st of April until the end of October; in the northernmost states from May 1st until October 1st.

During the early Spring and late Fall months, when the temperature during the day has been over the freezing point, the heater water has been over 100 degrees, the difference shown by the heater is from 10 to 100° degrees greater than the temperature for the day.

The water at times almost boils.

| No. | Size.                | Capacity. | Weight.  | Price.  |
|-----|----------------------|-----------|----------|---------|
| 1   | 3' x 4 1/2' x 1 1/2' | 37 gals.  | 125 lbs. | \$27.00 |
| 1A  | 3' x 4 1/2' x 2 1/2' | 60 "      | 203 "    | 45.00   |
| 2   | 3' x 5 1/2' x 1 1/2' | 55 "      | 193 "    | 40.00   |
| 2A  | 3' x 5 1/2' x 2 1/2' | 100 "     | 375 "    | 70.00   |
| 3   | 3' x 6' x 2 1/2'     | 170 "     | 450 "    | 115.00  |
| 3A  | 3' x 7' x 2 1/2'     | 300 "     | 750 "    | 210.00  |
| 4   | 4' x 6' x 2 1/2'     | 370 "     | 790 "    | 210.00  |
| 4A  | 6' x 6' x 2 1/2'     | 700 "     | 1200 "   | 340.00  |

**Discount Per Cent.**

We will make no order any other heater.

On Cloudy Days the Climax Solar-Water Heater absorbs very much additional heat.

**CLARENCE M. KEMP, BALTIMORE, MD.**

Figura 8. Fragmento del folleto del Climax: instalación, modelos, precios. De K. Butti y J. Perlin, 1978.

incluida la instalación era de menos de 50 dólares, 340 de los de 1977; mayor que el Climax N° 1 pero con más ventajas.

En 1905 Charles Haskell, dueño de los derechos del Climax, introdujo uno mejorando fundamentalmente la rapidez de recuperación. Sin embargo el tanque se seguía enfriando en los días extremos y nublados --menos que en el Climax N° 1-- pero lo suficiente para que no se pudiera lavar ropa por la mañana temprano. Además una válvula flotante solía fallar. A pesar de todo, cientos de CLimax-Walker se vendieron entre 1904 y 1910.

William J. Bailey en 1909 solucionó el problema del almacenamiento dividiendo el equipo en colector y tanque, era lo que hoy denominamos calefón solar de colector plano. Lo denominó "Day and Night" y lo patentó. El tanque era galvanizado y con aislación de tierra diatomácea. Bailey garantizaba que cuando el Sol cesaba de brillar el tanque no perdía más de 0,5°C por hora. Proveía agua solar a más de 60°C durante nueve meses, esto es el 75% de la demanda a un costo de u\$s 33/m² de colector, u\$s 135 de 1978. Un precio similar a los actuales de su tipo.

En 1913 la compañía de Bailey casi desapareció con motivo de un período helado desastroso. El agua se congelaba en los colectores y los equipos se destruían. Bailey desarrolló un sistema de circuito cerrado que denominó "calefón solar anticongelante", usando una mezcla agua-alcohol. Servía adicionalmente para circular agua destilada en las zonas con aguas duras. Más tarde y debido a problemas de electrólisis modificó el sistema envainando el circuito en el tanque. (Fig 9).

**"What so Rare as a Cloudy Day in Arizona"**

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p><b>HOT WATER</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Summer</li> <li>Winter</li> <li>Spring</li> <li>Fall</li> <li>without</li> <li>Gas Bills</li> </ul> |  | <p><b>FOR THE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Boys' Club</li> <li>Garage</li> <li>Residence</li> <li>Apartment</li> <li>Hotel</li> <li>Business Block</li> </ul> |
|--|--|---|

**SUNSHINE**  
Like Salvation is Free!

and  
Every Arizona home should take advantage of it by installing a  
**"Day and Night" Solar Heater**

because

- It can't stop working, while the sun shines
- It can't get out of fix, explode, or start a fire.
- It not only heats your water,
- It **KEEPS IT HOT** in a storage boiler.

Will it really work?

Thousands of satisfied users think so.  
Let us give you prices and full information.

Write

**Southwestern Solar Heater Co.**

218 HART Bldg. of Ariz. Bldg. P. O. Box 1208  
PHOENIX, ARIZONA.

Figura 9. Aviso de "Day and Night" en una revista de Arizona. De K. Butti y J. Perlin, 1978.

La compañía se expandió al Norte de California, las islas de Hawaii, Arizona y más lejos. Para el fin de la I Guerra se habían vendido 4.000 equipos. "Day and Night" se convirtió en sinónimo de calefón solar --empresa líder-- y sacó del mercado a los fabricantes de equipos solares de tanque incluido. En 1920 se produjo un pico de ventas: 1.000 equipos.

Entonces el precio del gas natural bajó, motivado por el exceso de producción de nuevos yacimientos petrolíferos. Se expandieron las redes de gas, cubriendo áreas no servidas. Complementariamente se produjo la concurrencia del desarrollo de los equipos termotanques a gas similares a los actuales. La combinación de ambos factores hundió las ventas de "Day and Night": 350 equipos en 1926 y sólo 40 durante 1930. Cuando cerró en 1941 había vendido un total de 7.000 calefones.

En California, Bailey vendió en 1923 sus diseños patentados a H.M. Carruthers, un contratista y empresario de Florida, quien formó la "Solar Water Heater Company de Miami. Allí los costos energéticos --principalmente electricidad-- posibilitaban una amortización solar en dos años. En menos de dos años también, la compañía se convirtió en una de las siete firmas constructoras más grandes de Miami. Y colapsó con el fin del "boom" de la construcción en 1926 que la arrastró. Volvió a abrir sus puertas en 1932 con un producto modificado. Reemplazó a la madera que se deterioraba con la humedad de la región por un equipo enteramente galvanizado. Era además más compacto y eficiente y se mejoró la inclinación de colección. Siguió mejoras en la aislación y reemplazo de las cañerías galvanizadas por cobre. Durante 1932-34, estimulado por los créditos federales, los equipos solares se volvieron competitivos. En 1938 estaban en el mercado diez firmas grandes. Con la competencia bajó la calidad y se fabricaron equipos infradimensionados. El gobierno estableció estándares industriales para los equipos involucrados en los programas de FHA, Federal Housing Authority.

Para 1941 había en Miami tantos calefones solares como eléctricos. Y estaban duplicando el ritmo de instalación. Las estimaciones sobre la cantidad de equipos instalados entre 1935-41 varían entre 15.000 y más de 30.000. Más de 5.000 sistemas solares fueron colocados en hoteles, departamentos, escuelas, hospitales, fábricas. Más de 3.000 tenían una acumulación de 9,5 m<sup>3</sup>. El gobierno federal asumió que el agua caliente solar podía bajar los gastos operativos y realizó grandes instalaciones para sí, para los planes de vivienda y para una base gigante de la aviación naval. Cuando se declaró la II Guerra Mundial el gobierno congeló los usos civiles del cobre y paralizó abruptamente a la industrial solar.

Luego de la guerra muchas firmas volvieron al mercado. Para los inicios de los años cincuenta las ventas declinaron. El nuevo y ampliado equipamiento electrodoméstico demandaba prestaciones que excedían a los equipos solares de preguerra. Se introdujeron resistencias auxiliares controladas eléctricamente por termostato para los equipos nuevos y las instalaciones existentes.

Los sistemas debían fundamentalmente proveer suficiente cantidad de agua caliente sin otras consideraciones. Los tanques galvanizados comenzaron a tener pérdidas de agua y calor por acción electrolítica entre los colectores de cobre y su

material. Esto se incrementaba por las altas presiones y temperaturas de régimen. Los daños en los áticos destruyeron la reputación de confiabilidad de lo solar. Para finales de los cincuenta estaban fuera de precio, por incrementos en la mano de obra y en el precio del cobre que se había triplicado. La industria quedó relegada al mantenimiento y reparación de los equipos existentes.

## 6. Algunas conclusiones

Como resultado del recorrido histórico realizado creemos útil presentar a discusión algunas hipótesis que funcionan como invariantes y conclusiones del proceso de sustitución:

a. La energía solar penetró en algunos mercados energéticos en condiciones de crisis de los factores energéticos del paradigma tecno-económico dominante<sup>(9)</sup>. Se produjo una ventana de oportunidad, porque en líneas generales se cumplían en la dinámica de la estructura de costos relativos -por un período relativamente largo- las condiciones señaladas en la teoría<sup>(9)</sup>: 1. bajo y decreciente costo; 2. disponibilidad aparentemente ilimitada; 3. potencial ubicuidad y capacidad reconocida de que a través de un conjunto de tecnologías se logre reducir costos de capital y trabajo y 4. cambio cualitativo de los productos.

b. Salió del mercado cuando algunas de esas condiciones cesaron en correspondencia con la emergencia de otro paradigma.

c. Siguiendo los conceptos de<sup>(9)</sup> en las condiciones de predominio del paradigma tecno-económico petrolero en el hábitat, la energía solar y no convencionales conexas, pueden ingresar a una ventana de oportunidad, si:

- el umbral de precios relativos se acerca al determinado por el petróleo;
- las ventajas técnicas relativas se incrementan;
- sus productos encarnan los principios del nuevo paradigma emergente: la microelectrónica y las nuevas tecnologías de información y comunicación.

d. Evidentemente, las condiciones arriba enumeradas aún no se cumplen en la actualidad en forma extensa y difundida.

**RECONOCIMIENTOS:** Se agradecen los comentarios y críticas del Dr. Jorge Myers en historia de la ciencia y la colaboración de la Sta. Irene Martini en la búsqueda de información.

## REFERENCIAS.

1. E.Rosenfeld, "El uso de la energía solar en el hábitat del hombre en el mundo occidental (500 aC.-1960)", CEA, UBA, Buenos Aires, 1993.
2. K.Butti y J.Perlin, "The history of terrestrial uses of solar energy", en J.F.Kreider y F.Kreith, "Solar energy handbook", McGraw-Hill, 1981.

3. Jenofonte, "Recuerdos de Sócrates", Libro III, Salvat, 1971.
4. D.M.Robinson y J.W.Graham. "excavations at Olynthus", John Hopkings Press, Baltimore, 1983.
5. "Rafaello bioclimatico e la crisi energetica del 500". A.Fanchiotti et al, "L Architettura", N°8/9, ago-set 1983.
6. A.Fanchiotti et al. "L Architettura del vetro nell Ottocento", en "L Architettura" N°8/9, ago-set 1983.
7. K.Frampton. "Historia crítica de la arquitectura moderna". G.Gili, Barcelona, 1987.
8. K.Butti y J.Perlin "Solar water heaters in California, 1891-1930", en "Soft.tech", Penguin, 1978.
9. Pérez, C. y L. Soete, "Catching up in technology: Entry barriers and windows of opportunity", en G.Dosiet al. (eds.), "Technical change and economic theory", Printer, Londres y New York, 1988.