



# PROYECTOS SOLARES EN TIERRAS TROPICALES

## RESUMEN

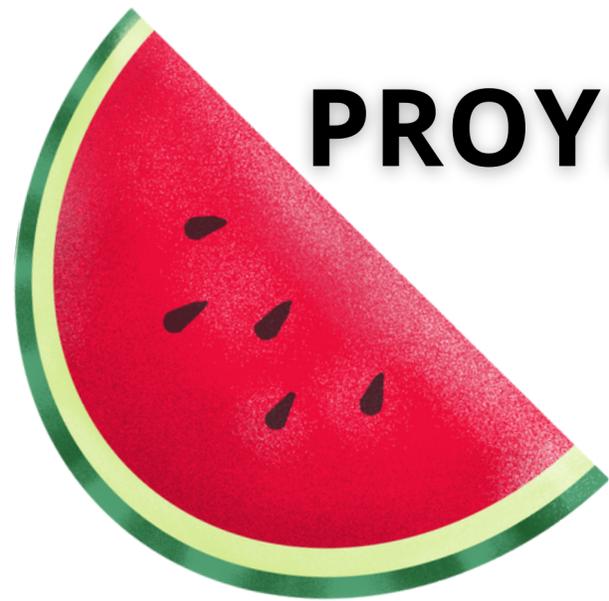
José Luis Fernández Zayas y Norberto Chargoy del Valle

Se presentan argumentos para ilustrar la necesidad de nuevos proyectos solares que satisfagan las necesidades de un país como México. Para ello, se definen las características más sobresalientes del mercado mexicano no atendido todavía, en buena parte, derivadas del clima tropical.

Después de identificar las diferencias significativas en el mercado mexicano en comparación con el mercado de energía solar de los países ricos, se ilustran dos proyectos específicamente desarrollados para nuestras características climáticas.

Al final se concluye con algunas reflexiones que orientan al lector hacia nuevas tecnologías y nuevos emprendimientos más orientados a las características climáticas de México y de países con afinidades a estas.





# PROYECTOS SOLARES EN TIERRAS TROPICALES

## INTRODUCCIÓN

El concepto de proyectos solares en países tropicales debe estar enfocado en identificar en estos países, como México, las características que los distinguen de las tierras no tropicales.

En el caso de los proyectos solares, cabe recordar que la mayor parte de sus esfuerzos de desarrollo, al menos durante los últimos cien años, se evalúa de manera acorde a las disciplinas científicas de los países ricos.

El impacto de las prácticas de evaluación científica en las perspectivas de proyectos solares se analiza a continuación. Por lo tanto, se pondrá más énfasis en los aspectos climáticos y socioeconómicos que distinguen los proyectos solares en los países tropicales de los proyectos del mundo rico.

También se señalará la influencia de las costumbres de evaluación del trabajo científico durante el último medio siglo en la evolución de las tecnologías solares en México y más ampliamente, en otros países en desarrollo con climas ambientales y sociales similares.

En última instancia, se reconoce la influencia fundamental de los mercados en los sistemas solares.



# ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Los principales proyectos solares se originaron en México en la primera mitad de la década de los setenta, cuando el gobierno implementó algunas medidas de promoción, fundamentalmente en las universidades públicas.

La ESIME desarrolló una verdadera fábrica de paneles fotovoltaicos que ha incluido todo, desde el crecimiento de cristales hasta la puesta a punto de los paneles en regiones remotas, donde se instrumentó la telesecundaria.

Poco tiempo después, algunas entidades de la UNAM ensayaron diversos proyectos termosolares. Estos ensayos, y la tentación de los estímulos, provocó el surgimiento de otras universidades, tanto en el valle de México como en diversas regiones del país.

Así nacieron importantes corrientes de pensamiento, tales como la arquitectura bioclimática. Algunos promotores de la nueva tecnología decidieron unirse y eventualmente formaron la ANES.

El gobierno alemán patrocinó diversos estudios en México bajo el Proyecto Sontlán, y algunos de los investigadores mexicanos más adelantados, junto con el gobierno mexicano, desempeñaron funciones importantes en la desalación solar de agua de mar.

Naturalmente, las explicaciones teóricas de los fenómenos implicados surgieron de la literatura científica de la época, donde destaca la primera aportación de John Duffie [1].

El mercado del conocimiento justificó la invitación a Duffie y su joven colaborador Bill Beckman para dar un curso en México, durante el cual se exponía la conveniencia de uniformar los sistemas de ecuaciones en unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI).

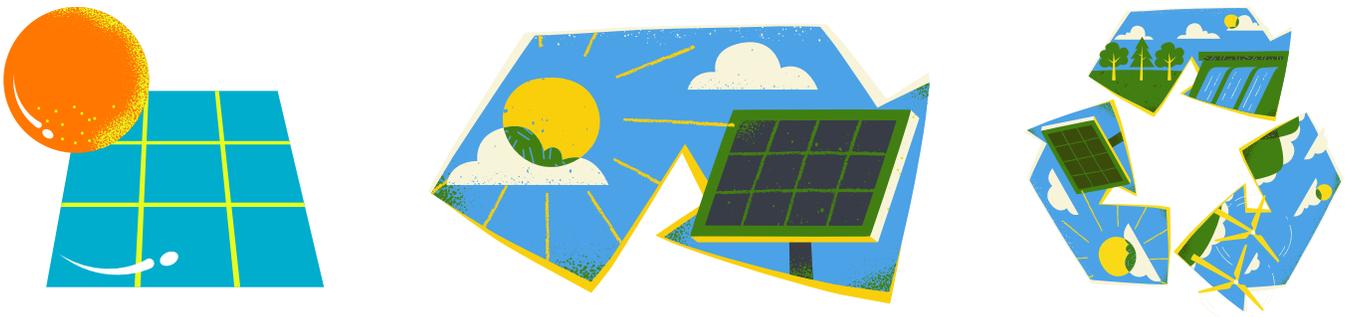
Con la creación del CONACYT y posteriormente del SNI, maduró la práctica de evaluar el trabajo científico. Para sobrevivir, muchas



## ANTECEDENTES HISTÓRICOS (CONT...)

profesiones no científicas se sumaron a esta experiencia y, por supuesto, también lo hizo la ingeniería. Así, hoy se considera que la ingeniería mexicana de primer nivel es aquella que se publica en revistas internacionales de factor de impacto alto y cuartil bajo. La práctica de la ingeniería solar no podía escapar, por lo que muchas de sus aportaciones quedaron enterradas en revistas en inglés, y solo unas pocas se orientaron hacia atender las necesidades de México.

Más bien, pocas aportaciones trascienden al medio socioeconómico. Se mantuvieron algunas disciplinas, como la ingeniería civil en general y algunas pocas ingenierías de otras denominaciones.



Se entiende de esta forma que el enfoque de evaluación científica favorable haya conducido a que gran parte de la contribución mexicana al campo de la energía solar está determinada, o al menos orientada, por la práctica de cada una de estas disciplinas en el mundo desarrollado.

Entonces se puede explicar por qué, desde el primer diseño del primer calentador solar de agua mexicano, es muy similar a los calentadores solares que ya existían en otras partes del mundo industrializado. Nunca nos preguntamos por qué la elección de la tubería satisface las necesidades de alta presión hidráulica de las redes de distribución de Norteamérica y Europa, aunque México, el país donde reina el tanque de agua o tinaco, generalmente no ejerce más presión hidrostática en sus calentadores que la presión de una atmósfera.



# MERCADOS DIFERENCIADOS POR EL CLIMA

Los autores han mantenido estrechas relaciones de trabajo con diversos actores de la energía solar en La Paz, BCS, durante más de cuarenta años, y siempre nos ha sorprendido el bajo número de calentadores solares en el noroeste mexicano.

La mejor explicación de esta falta de mercado la ha formulado el Dr. Miguel Ángel Porta Gándara [2], quien comprobó que el agua caliente para el baño se emplea solo medio año, en los meses más fríos, pues en los otros meses las personas prefieren bañarse con el agua municipal, que suele estar razonablemente tibia. Investigaciones posteriores mostraron que la mala calidad del agua municipal, causada por la sobreexplotación del acuífero, contiene diversos metales y algunas sales.

Al calentarse dicha agua en un calentador solar se vuelve altamente corrosiva, y los procesos comunes para prevenir daños por corrosión, tales como el uso de ánodos de sacrificio, son poco eficaces. Los captadores solares hechos de tubos de cobre se destruyen en menos de un año. Surge así el calentador solar de plástico que, además, es terriblemente barato.

También recientemente, el segundo autor de este artículo se preguntó si podríamos hacer que el calentador solar termosifónico actuara más bien como enfriador de agua.



De manera simétrica a la falta de un mercado de agua solar doméstico en el verano, en La Paz, se detecta la necesidad del agua fría para enfriar habitaciones.

Afortunadamente, debido a las exigencias tecnológicas de varios países de clima tropical, han aumentado las investigaciones en recubrimientos “selectivos”, o sea, que tengan una absorción superficial a la radiación solar que es distinta de la emitancia en el rango infrarrojo.

Hay mucha experiencia en el campo de las superficies selectivas, que maximizan la absorción de los rayos solares, pero minimizan la emisión de radiación infrarroja.

De esta forma se obtienen superficies que pueden alcanzar temperaturas muy altas, lo que es muy útil, por ejemplo, en los fríos inviernos del norte de Europa.

También se están desarrollando superficies que hacen lo contrario: emiten muy eficazmente la radiación térmica y absorben muy modestamente la radiación solar.

Los modelos matemáticos actualmente disponibles revelan que la utilización de estas últimas superficies permite la emisión de radiación infrarroja hacia el cielo, que en las zonas de interés suele tener poca humedad, así que los flujos de energía de enfriamiento pueden rebasar con mucho los flujos solares de calentamiento.



Así, al observar las diferencias de clima, surgen nuevas oportunidades para el desarrollo de termosifones, ahora para el enfriamiento.

Esta propuesta se presenta brevemente en la siguiente sección.

Ambas propuestas, la del calentador solar de plástico y la del enfriador por radiación, cuentan con respaldo experimental que confirma los respectivos modelos matemáticos que han sido publicados en sendas revistas de amplia circulación internacional y arbitraje estricto.

## CALENTADOR SOLAR DE PLÁSTICO

El calentador solar desarrollado por Porta [2] consiste en un serpentín de PVC de alta temperatura (CPVC) colocado dentro de una caja de madera provista de un vidrio en la cara superior, como se muestra en la Fig 1.

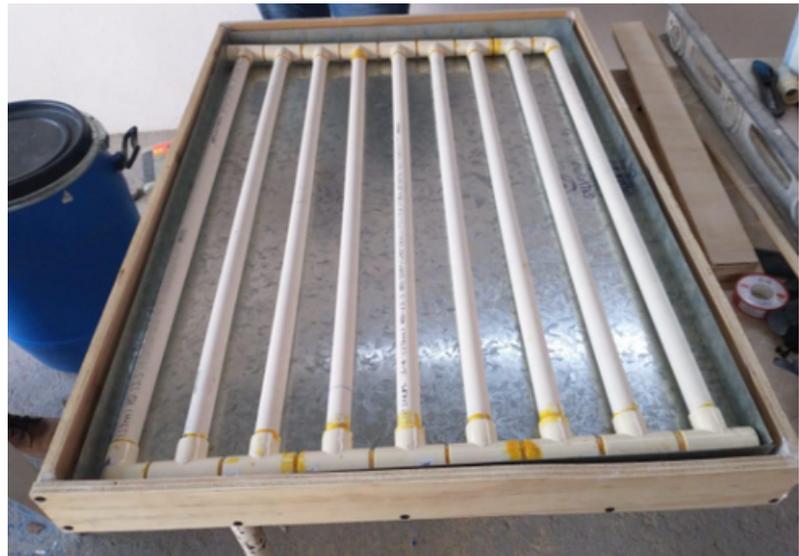


Fig 1. Captador solar de plástico CPVC. Los tubos y la placa metálica en la parte inferior están pintados de negro mate. Luego se añade la cubierta de vidrio.

Las tuberías restantes para instrumentar el termosifón, así como el tanque de almacenamiento, también estaban hechas de material plástico.

Se estudia cómo evitar que el captador supere la temperatura de diseño recomendada ( $90^{\circ}\text{C}$ ), que se puede alcanzar si el sistema solar se deja abandonado al aire libre durante el verano y pierde la refrigeración del agua circulante. La garantía de que esta eventualidad no sucederá la proporciona el diseño pasivo. En [3] se publican aspectos más formales de la construcción de este aparato, junto con la discusión de su modelación matemática.

# ENFRIADOR TERMOSIFÓNICO POR RADIACIÓN

En la Fig. 2 se muestra la idea general de cómo funciona este aparato. A diferencia del calentador solar de agua convencional, que requiere que el tanque térmico se coloque más arriba de la salida del calentador solar, el radiador solar requiere que el dissipador de calor se disponga más arriba del tanque térmico.

Se sustituye el concepto de “tanque térmico” por el de “viga de enfriamiento”, de manera que los tubos contenedores de líquido que conforman dicha viga se encuentren dentro de la habitación a refrigerar.

Este cambio de posiciones se ilustra en la Fig. 2. Algunos detalles de la modelación matemática y la validación experimental del modelo teórico se publicaron en [4]. Hay que recordar que la

capacidad de almacenamiento de agua es igual a la que, en su caso, tendrían los tubos de la viga de enfriamiento.

Al colocar el radiador sobre el techo de la habitación, y conectarlo a modo de termosifón con el “tanque” dentro de esa habitación, se garantiza que el sistema funcionará satisfactoriamente día y noche debido a la circulación natural.

Se sabe que es posible que, en noches despejadas en el noroeste mexicano, el radiador alcance temperaturas inferiores a 0°C, por lo que se recomienda usar, como líquido de trabajo, una solución de agua y alcohol, tal como el *etilenglicol*. Se espera que algunos usuarios deseen cancelar el efecto enfriador en invierno, para lo cual el circuito termosifónico debe estar equipado con una válvula de paso.

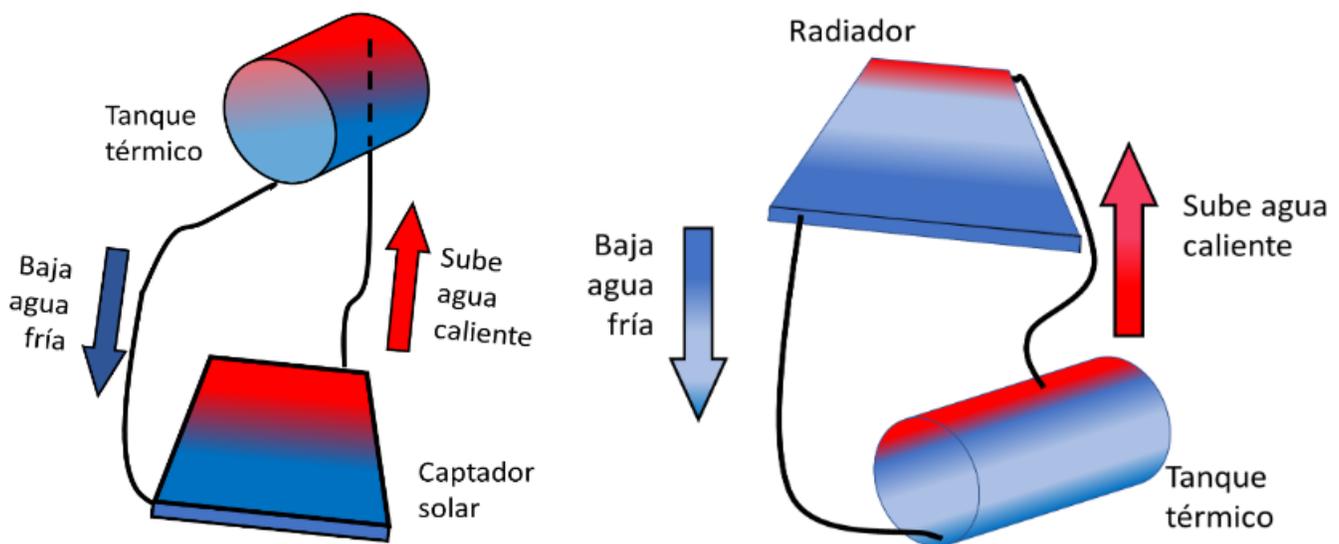


Fig 2. Izquierda: calentador solar de agua. Derecha: radiador térmico enfriador. El tanque de este último se sustituye por los tubos enfriadores de la viga de enfriamiento.

# CONCLUSIONES

Este trabajo enfatiza la oportunidad de capitalizar las ventajas climáticas y culturales de México, que difieren de las que se encuentran en los países ricos de Norteamérica y Europa, para desarrollar nuevas tecnologías de aprovechamiento de la energía solar.

Estas diferencias podrían dar lugar a aplicaciones importantes como por ejemplo la nueva arquitectura bioclimática, la urbanización sostenible y la agricultura urbana.

Se argumenta que estas nuevas oportunidades pueden ofrecer caminos originales y viables, que también estén orientados a satisfacer necesidades reales de la sociedad mexicana.

Se espera que este razonamiento ilumine los esfuerzos de las nuevas generaciones orientadas en el desarrollo sostenible.

MÉXICO



# BIBLIOGRAFIA

[1]. J.A. Duffie, W.A. Beckman, Solar Energy Thermal Processes, Wiley-Interscience, United States (1974)

[2]. M.A.Porta-Gándara, CIBNOR Engineering Group, La Paz, BCS, comunicación privada (2022)

[3]. M.A. Porta-Gándara, J.L. Fernández-Zayas, J.F. Villa-Medina, N. Chargoy del Valle, Low thermal conductivity solar domestic water heater. Case Studies in Thermal Engineering 40 (2022) 102527

[4]. M.A. Porta-Gándara, J.L. Fernández-Zayas, N. Chargoy del Valle, Thermosiphon radiation capacity modelling for the cooling of dwellings, Case Studies in Thermal Engineering 21 (2020) 100724.

