

Refrigeración solar doméstica

El resultado de este desarrollo consiste en una unidad climatizadora basada en el ciclo de absorción que no requiere de torre de refrigeración y viene a cubrir, debido a su pequeño tamaño y baja potencia, un concepto inexistente hasta el momento en instalaciones solares térmicas: la refrigeración solar doméstica.

ESTE artículo describe una tecnología que realmente acerca la limitación de funcionamiento práctico de los equipos de absorción, hasta los albores de los resultados ideales que marca la termodinámica con su primer y segundo principio. Esta tecnología se denomina absorción rotativa. A través de un detallado recuento de las partes fundamentales de las que consta el aparato de absorción desarrollado, y su funcionamiento, se pasa a exponer, con la ayuda de varios gráficos, la eficiencia alcanzada por la invención protagonista de esta ponencia, junto a algunos resultados de funcionamiento en simulaciones de instalaciones solares. El resultado de este desarrollo es un producto en pleno lanzamiento comercial, un aparato de absorción de 4.5 kW de frío, que no requiere de torre de refrigeración y viene a cubrir, debido a su pequeño tamaño y baja potencia, un concepto inexistente hasta el momento en instalaciones solares térmicas: la refrigeración solar doméstica.

La constante amenaza del cambio climático, secundada por no pocas manifestaciones de naturaleza experimental registrable, están suscitando distintos tipos de iniciativas orientadas a paliar esta amenaza. A tenor que la causa no es otra que la propia actividad humana y el gran consumo energético necesario para sustentarla, las medidas pasan por encontrar un punto de equilibrio que reduciendo las

emisiones de gases llamados “de efecto invernadero” no reduzca el consumo de forma que los indicadores de la economía global se vean afectados.

Este difícil equilibrio, más que orientar a consumir menos energía, está llevando a realizar propuestas que manteniendo el nivel de confort actual consuma menos combustibles fósiles, y por ende, menos emisiones de gases generadores del calentamiento de la atmósfera.

Una tendencia clave en estos días es el fomento de las energías renovables, y más en concreto de la energía solar. El uso del calor solar como “combustible” efectivamente redundaría en una reducción de las emisiones en tanto en cuanto puede dar el mismo servicio de confort en vez de usar electricidad o quemar gas para dar el mismo servicio. Esto es ya una realidad, de relativa extensión, en el servicio de suministro de Agua Caliente Sanitaria (ACS), apoyado además por distintos decretos y ordenanzas de obligado cumplimiento. La calefacción solar es también conocida, aunque de aplicación más limitada.

Lo que aún resulta novedad, e incluso chocante en algunos foros, es la refrigeración solar. Consiste en transformar el calor proveniente de los paneles solares térmicos en “frío” a través de algún ciclo termodinámico. La inclusión de la refrigeración solar llevaría a incrementar de forma sustancial el número de horas de utilización de

la instalación solar, y hablando en términos generales, el porcentaje de cobertura solar.

Es en torno a una innovadora propuesta en el campo de la refrigeración solar en lo que se centra la presente ponencia.

Antecedentes

El frío solar o el aire acondicionado proveniente del sol ha sido uno de los objetivos de los desarrollos e innovaciones de los equipos en el entorno del confort. Más como un deseo que como una realidad, diferentes hechos, técnicos en su mayoría, han evitado que esa ambición de alto beneficio medioambiental se haya plasmado en una solución de fácil ejecución comercial.

- En primer lugar, las tecnologías disponibles que transforman el calor en frío son escasas. En efecto, a día de hoy se puede hablar que tan sólo existen dos tecnologías, hablando en términos generalistas de divulgación, capaces de proveer frío a partir de calor: la absorción y la adsorción, incluyendo ésta los ciclos evaporativos y desecativos. También existe el ciclo eyector aunque ésta con un rendimiento no equiparable a los anteriores, y otros ciclos más sofisticados que no se mencionan para evitar extenderse demasiado.

- En segundo lugar, estas tecnologías tan sólo han alcanzado su madurez comercial en capacidades de potencia grandes, desde los 35 kW de frío hasta los Megavatios, sólo aptas para su aplicación en el sector industrial. Esta característica exige la utilización de extensas superficies de colectores solares capaces de energizar el ciclo de una manera eficiente. Ni qué decir, que este tipo de equipos estaba muy distanciado de cualquier óptica de instalación para el entorno residencial.

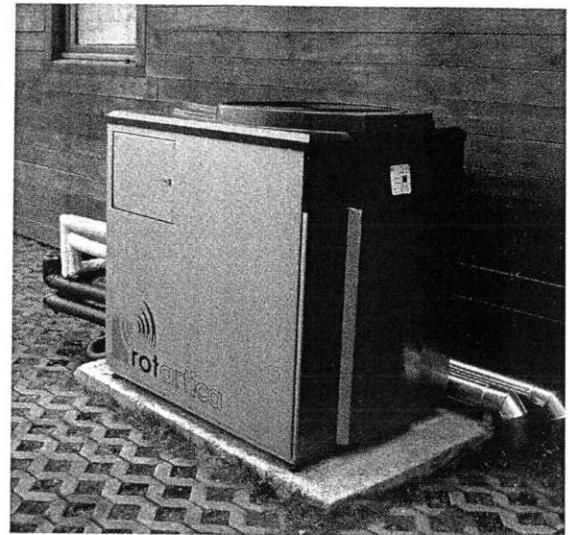
- Además, aunque no de menor importancia, otra razón que ha privado de la proliferación comercial de estos equipos es que carecen de

gradiente térmico suficiente, por lo que requieren utilizar torres de refrigeración para bajar la temperatura del foco caliente. La reciente historia de casos por enfermedad de legionelosis, y la exigente legislación en torno al mantenimiento preventivo de las torres de refrigeración ha convertido a estos elementos en unos equipos poco deseados por los usuarios, por un lado, y en una inversión de mantenimiento muy costoso, por otro.

- Las tecnologías referidas anteriormente son conocidas y con cierto grado de antigüedad. Sin embargo, no han sido desarrolladas ni desplegadas en toda su extensión. La razón principal ha sido la alta eficiencia y sobre todo el bajo coste logrado por los equipos eléctricos de aire acondicionado, que han librado de toda posible competencia accionada por otra energía alternativa. Este aplastante predominio de los equipos eléctricos son los que entre otros, están provocando un preocupante incremento sostenido del consumo eléctrico en España, con todos los problemas ligados de concentración de picos de demanda, o emisiones de CO₂. Pero sobre todo, más que ser causante directo de toda esta problemática, acusación para nada lícita en el caso de muchos compresores de muy alta eficiencia energética, lo que este predominio del equipo eléctrico ha inhibido en gran medida ha sido el desarrollo de tecnologías de activación alternativa, por ser tecnologías no competitivas económicamente con este maduro producto de producción masiva.

El cúmulo de coincidencia de estos factores ha evitado en gran medida la consecución de esa aparente pero agradable paradoja llamada "refrigeración solar".

Afortunadamente, siempre existen alternativas y nuevas iniciativas, que por distintas razones ofrecen al final soluciones distintas a las ya existentes. En este sentido, la proliferación y divulgación de la ener-



Aparato de absorción de simple efecto.

gía solar térmica han catapultado una nueva serie de desarrollos orientados a producir frío en base al calor solar. Este es el caso de la tecnología desarrollada descrita en este artículo.

Innovación: nuevo enfoque en absorción

Se ha desarrollado una tecnología de absorción, a partir de una tecnología licenciada y heredada de Interotex, que presenta unas características diferenciales e innovadoras que se describen de forma esquemática a continuación:

En primer lugar se trata de un aparato de absorción de pequeña potencia de frío (5-10 kW) lo que le confiere en sí un diferencial neto respecto al estado del arte de equipos de absorción de bromuro de litio y agua. Este diferencial permite visualizar la refrigeración solar con una perspectiva apropiada para el mercado residencial. Esta opción ha sido hasta la actualidad totalmente inédita, en cuanto los equipos de absorción han estado limitados sólo para grandes potencias, empezando en los 35 kW de frío y hasta los megawattios.

Por otro lado, es un ciclo de absorción de simple efecto de alta eficiencia ($COPT_{\text{térmico}} = 0,7$), respondiendo a un ajuste eficiente al límite de ciclo termodinámico de simple efecto.

La siguiente ventaja, o novedad respecto al estado del arte, es que no precisa torre de refrigeración. Presenta la peculiaridad que el ciclo entero gira con el fin de intensificarlo y aumentar el rendimiento siendo el efecto más notorio en el rendimiento es que permite utilizar el aparato sin conectarlo a una torre de refrigeración, aún siendo un ciclo estándar de Litio Bromuro y Agua. La eficiencia no sólo en transmisión de calor, sino especialmente, en la transferencia de masa, permite completar el ciclo termodinámico de absorción sin perder grado en lo que a concentración de

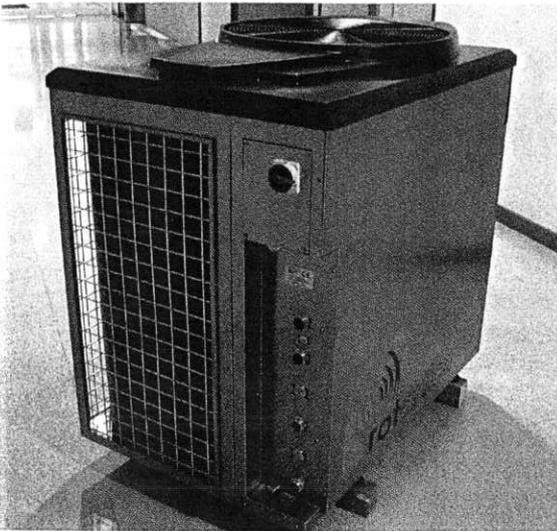
refrigerante (o sal) se refiere, permitiendo así un gradiente térmico entre los focos frío y caliente (evaporador y condensador) más elevado de lo normal. Esta diferencia, aún utilizando la torre de refrigeración resultaría notoria, subiendo la capacidad y COP de la máquina notablemente incluso a condiciones ambiente exigentes (40-45 °C ambiente). No obstante, dada la sensibilidad del público en general a los temas asociados a la legionelosis, y sus asociaciones a torres de refrigeración en algunos de estos focos, ha desencadenado optar por la opción de remarcar la no necesidad de torre de refrigeración, aún con el inconveniente de que la potencia suministrada sea inferior.

Por lo demás va activado térmicamente con el calor proveniente de colectores solares, pudiendo ser tanto planos como tubos de vacío. La temperatura de activación va desde los 70 °C a los 120 °C. En este sentido el límite de la temperatura de activación se ha fijado en los 120 °C, puesto que no aporta un diferencial en potencia de frío suministrada.

Estas singularidades expuestas en el funcionamiento de esta tecnología de simple efecto de bromuro de litio son atribuidas en gran medida, entre otras, a la rotación de todo el sistema de absorción. Esta rotación infiere una serie de ventajas que redundan en el buen rendimiento global del sistema, tal y como ya se ha descrito en la introducción de este apartado.

Son dos, principalmente, los efectos destacados del giro del ciclo de absorción:

- El buen mojado de los intercambiadores, tanto los de calor, evaporador, como los de calor y masa, generador y absorbedor, lo que revierte en el incremento de ambos coeficientes de transferencia de calor y masa.
- La película de líquido de mojado de esos intercambiadores es extremadamente delgada, del or-



Unidad de absorción exterior.

den de micras de espesor, lo cual facilita la transmisión de calor de las películas de líquido al medio líquido de transporte de calor (agua o agua glicolada).

Descripción del sistema

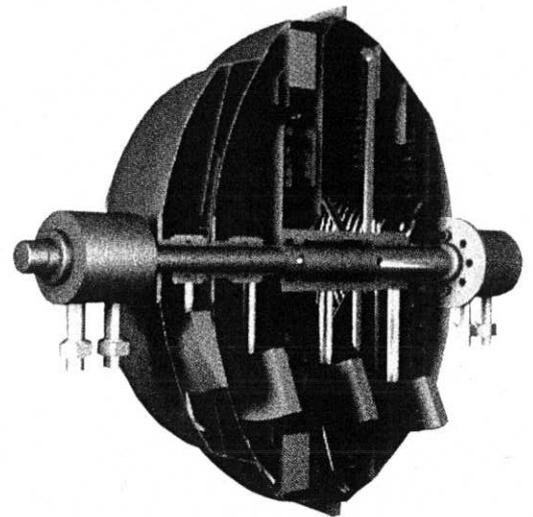
La unidad se halla construida entre dos casquetes soldados. Dentro de ellos acontece todo el ciclo de absorción. Para ello se disponen los elementos esenciales del ciclo, en una configuración que permite su construcción por procesos industrializables:

- El generador es un intercambiador de tubo en forma de espiral. Por el interior fluye el fluido térmico del circuito solar, que aporta el calor captado en los paneles dentro del ciclo. Por el exterior, el tubo es mojado con solución rica en refrigerante, que es liberado en forma de vapor tras captar el calor del fluido térmico.
- El condensador es otro intercambiador tubular en forma de espiral. En el exterior ese refrigerante vaporizado en el generador es condensado, siendo recogido el refrigerante líquido en un abrevadero circular con drenaje al tubo de refrigerante, que se dirige al evaporador.
- El absorbedor, nuevamente, es un intercambiador tubular en forma de espiras, por cuyo exterior se moja con solución pobre en refrigerante, y por cuyo interior, fluye el fluido (agua o agua glicolada) del circuito de disipación de calor, o de aprovechamiento de calor. Este fluido recorre secuencialmente ambos intercambiadores, absorbedor y condensador, recogiendo el calor desprendido en ambos procesos y enviándolo al sumidero de calor.
- El evaporador es similar al resto de intercambiadores, razón que permite uniformizar formatos y buscar optimización de costes de producción por estandarización y volumen. El refrigerante líquido recogido es expandido a baja

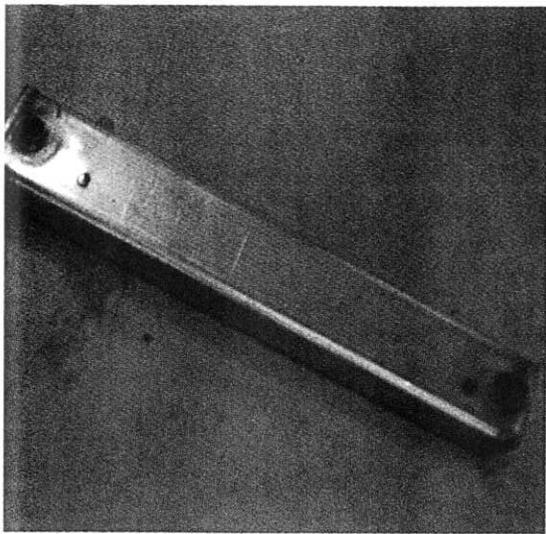
presión en el abrevadero del evaporador. Allí, a menor presión y temperatura, el líquido es distribuido por el exterior del intercambiador donde se evapora con el calor cedido por el fluido que retorna del circuito frío, que fluye por el interior del tubo.

Hasta aquí se han detallado los elementos comunes de los ciclos de absorción de simple efecto. Existen otros dos tipos de componentes comunes en los ciclos de absorción, que por su diferenciación de solución se especifican aparte. Se trata de los intercambiadores de solución y las bombas de solución.

- Los intercambiadores de solución cumplen la función de ser economizadores de ciclo termodinámico. Su fundamento consiste en cruzar los caudales de solución pobre en refrigerante que viaja del generador al absorbedor con el caudal de solución rica en refrigerante que circula en sentido inverso. Este cruce se hace sin mezclar líquidos, con membranas divisoras, y en contracorriente para maximizar el intercambio de calor. Por razones fundamentadas en minimizar la corrosión, se realizó un planteamiento de realizar un intercambiador de placas de sólo acero inoxidable. El estado del arte del momento no ofrecía ningún modelo comercial disponible por lo que se optó por desarrollar uno propio. El fruto de este desarrollo es un intercambiador de placas optimizado para los caudales y temperaturas del ciclo de absorción, siguiendo criterios de intercambio de calor, que no tiene otro material que acero inoxidable. Este intercambiador incluso, desempeña su función dentro de una unidad de doble efecto sin torre de refrigeración, lo que eleva las temperaturas del generador hasta los 180 °C, sin merma de funciones ni problemas de corrosión. Este extremo ha llegado a ser verificado de forma experimental en máquinas de doble efecto accionadas con llama directa, y dentro de las propias



Corte transversal de la versión de doble efecto.



Intercambiador placas (51 x 26 x 297).

máquinas de simple efecto accionadas térmicamente.

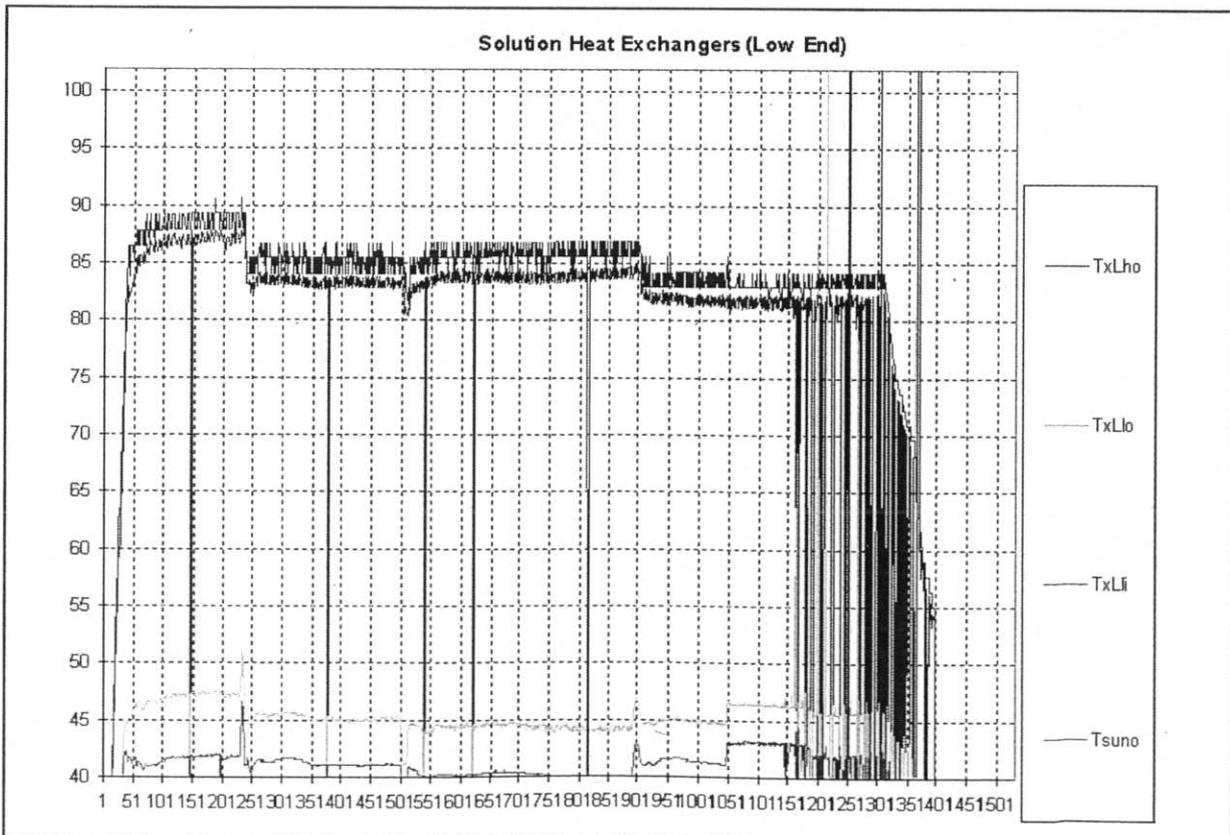
• El otro elemento común en absorción pero al que se le ha dado una solución netamente diferencial es a la bomba de la solución. La bomba consiste simplemente en un tubo de pitot que cuelga solidariamente a un contrapeso de un rodamiento colocado en el eje del aparato. El bombeo se realiza gracias a la presión estática que es capaz de desarrollar el líquido que gira solidario al aparato cuando se encuentra con el tubo de pitot estático y perpendicular al fluido². Las velocidades relativas entre la solución de bromuro de litio y agua que gira con la máquina a su velocidad de rotación, entre 260 y 500 rpm, proporcionan suficiente capacidad de bombeo que permiten sobreponer hasta presiones diferenciales de 2 bares. El consumo de este bombeo es el asociado al propio giro de la unidad. En la unidad solar este consumo eléctrico es de 240 Wa-

tios, y son suficientes para mantener girando todo el ciclo y proporcionar el bombeo de solución, e incluso de refrigerante.

Todos estos elementos, como ya se ha citado, son elementos comunes a los ciclos de absorción, pero en el caso presentado tienen una peculiaridad manifiesta para adaptarse a su condición rotativa.

Un elemento más específico del sistema de absorción rotativo presentado es el colector y distribuidor de agua de circuito cerrado. En efecto, se dan tres desafíos técnicos para dar solución a estos elementos en un ambiente rotativo, que no suponen tal en un entorno estático:

- Hay que transferir los fluidos de los circuitos cerrados de un entorno rotativo a un entorno estático.
- En una unidad de refrigeración solar estos circuitos son tres.
- En el lado del generador la temperatura puede llegar a ser elevada (hasta 120 °C).



Temperaturas en los extremos del intercambiador de placas en funcionamiento real en la unidad de refrigeración solar.

Estos 3 condicionantes han dado el suficiente calibre para que la solución técnica tenga su dificultad. En términos generales, se está hablando de una junta rotativa de fluidos conocida ya comercialmente, aunque con unos condicionantes, los citados anteriormente, que incitan a dar con una solución específica. Se realizó y ejecutó un diseño de junta rotativa para 4 circuitos, ida e impulsión de los circuitos de agua fría y caliente, con buenos resultados experimentales:

- No se registraron fugas internas entre circuitos que incidieran en el decremento del rendimiento, o más específicamente, en el decremento del salto térmico disponible.
- La fricción del conjunto hidráulico rotativo es extremadamente baja por lo que su consumo parásito de electricidad es residual.
- El sistema absorbe las mínimas vibraciones que surgen de la rotación sin incidir de forma alguna en el mal funcionamiento del sistema.

Los buenos resultados del conjunto hidráulico rotativo para distribuir el agua de los circuitos "aguas abajo" para suministrar el frío y el calor a la vivienda, animaron a buscar una solución para el conjunto hidráulico del lado solar, para que pueda distribuir el calor de los colectores solares, estáticos, al generador del sistema de absorción, rotativo.

El nuevo diseño permitió obtener una solución que cumpliendo las funciones y especificaciones citadas anteriormente, permite además distribuir fluidos a temperaturas altas (posibilidad de llegar a temperaturas superiores a los 130 °C), con un alto valor añadido: este componente no requiere mantenimiento ni lubricación a lo largo de su vida de funcionamiento.

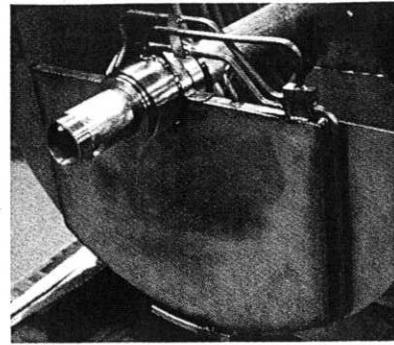
Todos estos componentes descritos son ensamblados en el conjunto que configuran la unidad generadora.

Resultados

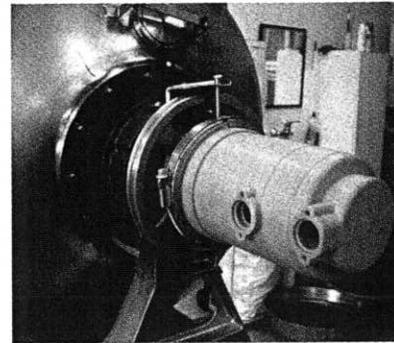
Una vez realizado el ensamble y realizados los controles de calidad oportunos, como test de fugas al vacío, test de fugas, equilibrado y carga de solución, la unidad se introduce en la cabina de test donde la unidad fabricada es caracterizada completamente desde el ángulo termodinámico. Allí se extraen las curvas de funcionamiento del sistema y se comprueba que los resultados atienden al modelo matemático diseñado al efecto.

Este modelo matemático está realizado mediante el programa Vis-Sim, y por él se definen todos los procesos termodinámicos definidos por las propiedades físicas del fluido, y por las propiedades de transferencia de calor y masa de los distintos intercambiadores construidos, en base a cálculos teóricos³, y corregidas con las medidas realizadas en bancos de pruebas.

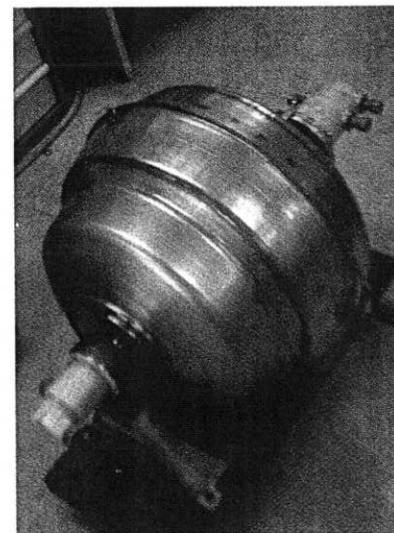
No obstante, estos valores son actualizados con las medidas experimentales extraídas del sistema de monitorización de las cabinas de control final. De estas cabinas, se tiene opción de obtener en tiempo real temperaturas del interior, tales como temperaturas del evaporador, generador, absorbedor y condensador entre otras, lo cual permite introducir estas mismas temperaturas en el modelo matemático, obteniendo así valores reales de coeficientes globales de transmisión de los distintos intercambiadores, valores UA para simplificar. Esta medida permite que el modelo sea real y permita identificar y dimensionar las pérdidas termodinámicas respecto al modelo teórico. Así, se contabilizan de forma experimental, las pérdidas por conducción de calor a través de las carcasas, las pérdidas por el efecto "flashing" de la solución al llegar a una cámara para ajustarse a las condiciones de equilibrio, y otras menores. De esta forma, se han conseguido identificar a lo largo de la historia del proyecto, distintas pérdidas de rendi-



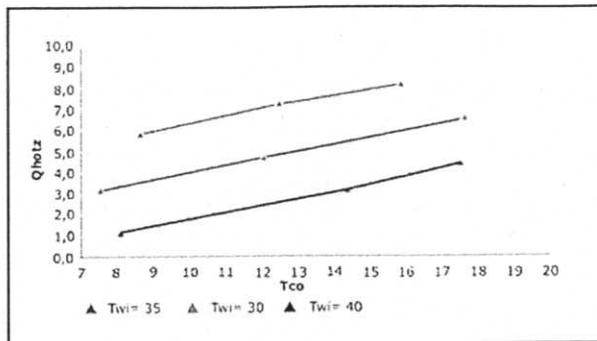
Conjunto bomba evaporador.



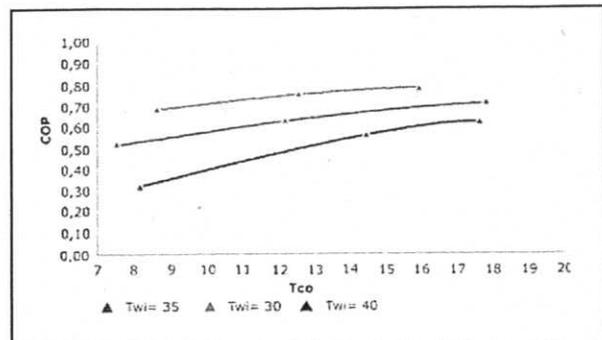
Colector y distribuidor de los circuitos de agua fría y caliente.



Unidad generadora solar.



Qhotz = Potencia enfriamiento (kW)
Twi = Temperatura retorno circuito caliente.



COP = kW frío/kW solar
Tco = Temperatura impulsión circuito frío.

miento en principio no justificadas frente al modelo teórico. Una vez localizadas, se han ido diseñando soluciones según los casos que una vez incorporadas han permitido llegar a los rendimientos y capacidades logrados experimentalmente en la actualidad.

Con objeto de no redundar con prosa, lo que a todos efectos es claro en gráficas, se adjuntan, las curvas de funcionamiento tanto en frío como en calor del rendimiento (COP, Coeficient Of Performance) y de las potencias para distintas temperaturas de retorno del agua caliente, y distintas temperaturas de salida de agua fría. Para evitar complejidad en la interpretación de estas gráficas se fija la temperatura de impulsión del circuito solar (proveniente de los paneles solares térmicos) a 90 °C.

Incrementando la temperatura del suministro de calor del circuito solar hay campo para incrementar la potencia significativamente. No obstante, en este punto de desarrollo se ha optado por acoplarse a una temperatura de accionamiento asequible y energéticamente coherente para paneles solares planos, con el fin de ampliar el espectro de aplicación.

En la actualidad se está trabajando en la sintonización de la unidad para que sea actuada por temperaturas mayores (Instalaciones de tubos de vacío o campos sobredimensionados de paneles planos) maximizando así la poten-

cia de frío, pudiendo llegar a duplicar ésta.

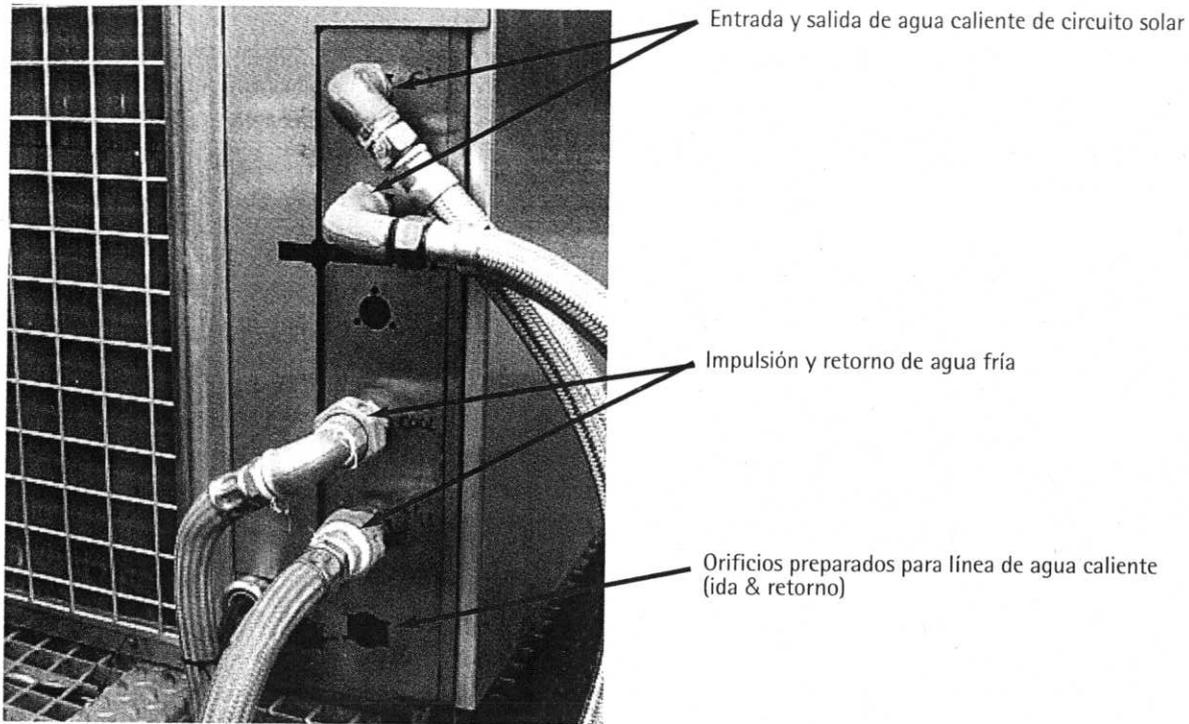
Presentación de producto

Aún teniendo la tecnología resuelta con una propuesta válida para cubrir las necesidades de un incipiente mercado solar es necesario realizar una propuesta de producto listo para instalar. A la unidad generadora, que es la que contiene toda la tecnología diferencial, habría que añadir los elementos que permiten hablar de un producto finalizado. Es en esta fase de configuración de producto donde se ha mantenido el enfoque de los usos y medios de instalación del entorno de los distintos sectores: en especial del frío hidrónico y el solar.

Con esta perspectiva, y con la visión de proporcionar simplicidad y versatilidad de instalación, se ha realizado una propuesta de producto basada en principio en una configuración 4 tubos para maximizar la flexibilidad de instalación y posibilidad de aprovechamiento del calor residual.

Como se puede apreciar en la imagen se ha diseñado el aparato para que la instalación del aparato sea sencilla y acorde a criterios ya usados en el sector de la instalación.

Por otro lado, se ha realizado un trabajo importante en lo que al control de unidad se refiere. Con objeto de buscar la estabilidad y calidad de la respuesta se ha optado desde el inicio por un control



Conexiones hidráulicas del aparato de refrigeración solar.

electrónico. Este elemento permite controlar la unidad desde un punto de vista de preservar la seguridad tanto de los manipuladores como del equipo en sí. Así tiene sistemas de autoprotección que previenen que el equipo desemboque en situación de la cristalización de la sal en su interior de forma automática. Por otro lado también previene de posibles daños al equipo por posibles realizaciones defectuosas de la instalación o transitorios de funcionamiento (caídas repentinas de caudal, variaciones bruscas de temperatura) no atribuibles en principio a una causa prevista.

Aunque la potencialidad del control es considerablemente mayor (pudiendo actuar válvulas y bombas exteriores, tanto aguas arriba como abajo) se ha preferido que éste actúe únicamente sobre lo concerniente a la seguridad y funcionamiento del propio aparato con el fin de proporcionar una mayor flexibilidad y sencillez a la instalación final, evitando complejidades en la instalación eléctrica.

El control es fácilmente operable, con un teclado de membrana claro y sencillo que hace las veces de portamandos. Este control puede a su vez trabajar dentro de otro control más general de la instalación, permitiendo operar en instalaciones solares ya realizadas con su propio control.

Instalación solar: simulaciones

Este aparato es adaptable a instalaciones solares ya existentes, por lo que supone una innovación en sí misma que permite visualizar su implantación comercial. El grado de ahorro energético o emisiones de CO₂ a la atmósfera lo dará en definitiva el dimensionado del global de la instalación solar. La parte no cubierta por energía solar será complementada con gas, por ejemplo, a través del apoyo de una caldera.

En estos momentos en los que la energía solar se está presentando al mercado como una opción seria, con el añadido de proporcionar un importante potencial en el decremento de CO₂ generado, la idea de



Control de mandos del aparato de refrigeración solar.

soluciones que permitan ver el confort integral proveniente de la energía solar, como el expuesto, suponen un activo de valor medioambiental incalculable.

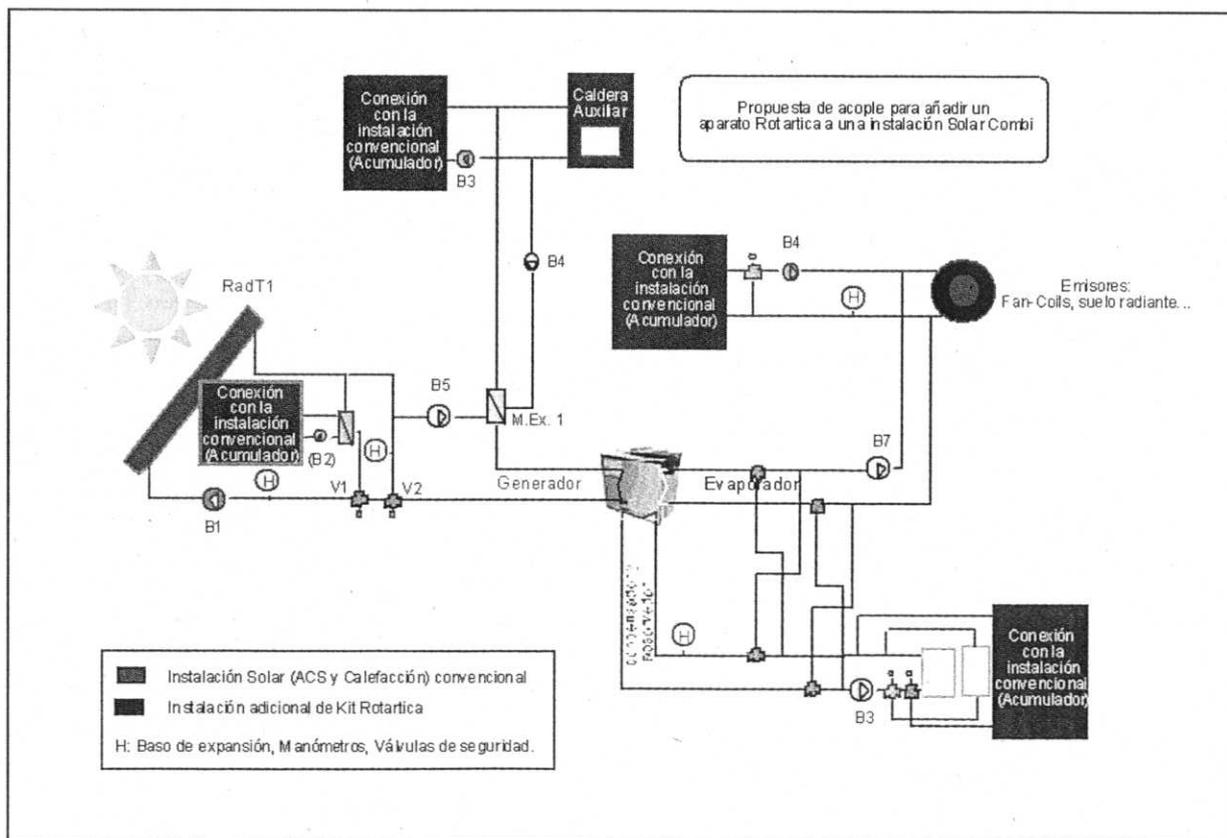
No obstante, la refrigeración solar sufre de ser novedad aún entre las distintas ingenierías e instaladoras. Esto confiere cierta diversidad a la hora de implantar algunos criterios de ingeniería en la instalación, y más, al considerar que no se trata de instalaciones industriales sino de instalaciones domésticas.

Debido a esta variedad de criterios, se ha optado por alinearse en principio a recomendaciones de quienes pueden ser considerados como una referencia en este sector, el Fraunhofer Institute. Aún así, debido a la novedad y a la disparidad de climas, los criterios y recomendaciones no son siempre adecuados para todos los casos.

Con vistas a proponer soluciones, se ha integrado también el servicio de asesoría como una posibi-

lidad en la oferta. Este servicio se concreta en forma de 'propuestas' de instalaciones recomendadas, por su eficiencia energética, medida como fracción solar de utilización energética de la instalación, y por su sencillez y posibilidad de aplicación en distintos casos, independientemente del clima. Tal propuesta puede ser como la que se presenta, en la que se permite una forma de enganche a instalaciones solares 'combi', para ACS y calefacción, proporcionando así refrigeración solar a dicha instalación ya realizada.

Se han realizado simulaciones dinámicas con el programa TRNSYS, simulando el equipo en funcionamiento para suministrar el confort en una casa unifamiliar de 200 m² en dos plantas. Se han simulado variaciones sobre los climas, los metros cuadrados de panel, tipo de panel (vacío o plano) y por último, el tipo de emisor de confort, fancoil o suelo radiante. Las fracciones so-



Propuesta de adaptación del equipo de refrigeración solar a una instalación combi (ACS + calefacción) solar ya existente.

lares obtenidas se refieren al tanto por ciento de la energía proveniente del sol utilizada para proveer el confort acorde a criterios ASHRAE⁴.

Una conclusión resultante de estas simulaciones es que efectivamente el aire acondicionado es suministrado en fase con la carga térmica doméstica, lo cual permite reducir los picos de demanda de una forma considerable sin sacrificar para ello la variable del confort. Esta ventaja permite dimensionar las necesidades de frío de una vivienda de una forma moderada, sobre la base de una línea media de carga térmica, y no sobre los picos de demanda, como es el caso de dimensionamiento con equipos eléctricos de aire acondicionado. El equipo de absorción va restando la carga según se va generando. En definitiva, y como ejemplo ilustrativo, un aparato de refrigeración solar eficiente (COP 0,7) de 5 kW de capacidad es capaz de proporcionar el confort térmico en verano a una casa unifamiliar de 200 m² en un clima como el de Madrid.

Conclusiones

Con esta ponencia se ha pretendido dar una visión global, y detallada hasta lo que la extensión lo permite, sobre una solución de refrigeración solar de pequeña potencia (4,5 kW) en plena fase de lanzamiento comercial. Al contrario de lo habitual en estos casos, se ha optado por presentar realidades ya realizadas y contrastadas experimentalmente, junto con los resultados medidos en laboratorio, en vez de recurrir a modelos teóricos. Esta re-

Colector solar plano

	Cobertura solar	Refrigeración	ACS	Calefacción
Madrid	15 m ²	40%	80%	26%
	20 m ²	61%	83%	31%
	25 m ²	72%	85%	34%
	30 m ²	80%	86%	38%

Colector solar de tubo de vacío

	Cobertura solar	Refrigeración	ACS	Calefacción
Madrid	15 m ²	69%	83%	31%
	20 m ²	84%	85%	37%
	25 m ²	94%	87%	42%

alidad muestra el acercamiento de la posibilidad del aire acondicionado solar al entorno residencial, por la reducida potencia ofertada y la ausencia del requerimiento de torre de refrigeración, incluso en climas cálidos como los de países mediterráneos. En definitiva, pretende dar un paso más en las propuestas que abogan por la materialización definitiva en el mercado de esa aparente y bella paradoja llamada refrigeración solar, desde un enfoque netamente innovador de la propia tecnología de absorción, produciendo frío de forma eficiente partiendo del mismo calor solar.

Xabier Gorritxategi
Rotartica, S.A.

(Año 2005)

Bibliografía:

- Wimolsiri PRIDASAWAS, Per LUNDQVIST, "Technical options for a solar driven cooling system" Royal Institute of Technology, Stockholm
- 2 R. Lorton, K. Gilchrist, R.J. Green, "Development and operation of a high performance 10kW absorption chiller", Proceedings of the International Sorption Heat Pump Conference ISPHC Munich'99
- 3 W.M. Kays and A.L. London, "Compact Heat Exchangers" Third Edition 1998
- 4 ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS
- 5 Alan J. Chapman, "Transmisión de calor" 1968
- 6 Rogers & Mayhew, "Engineering Thermodynamics Work & Heat Transfer" 1996
- 7 Hans-Martin Henning (Ed.), "Solar-Assisted Air-Conditioning in Buildings" SpringerWienNewYork 2004.