

# Instalación para el ensayo de bombas de calor agua/aire

Hidalgo Mompeán, Fernando; García Cascáles, Jose Ramón; Illán Gómez, Fernando; Vera García, Francisco  
 Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos  
 Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales  
 Universidad Politécnica de Cartagena  
 E-mail: fernando.hidalgo@upct.es

***Resumen.** Debido a la creciente concienciación con la protección del medioambiente existe una tendencia a la utilización de refrigerantes naturales, como los hidrocarburos, los cuales por sus características precisan de un aumento en las medidas de seguridad en los sistemas de refrigeración. Una vía para la reducción de los potenciales riesgos es la minimización de la carga de refrigerante necesaria, por ejemplo, mediante la utilización de intercambiadores de microcanales. La instalación montada en la Universidad Politécnica de Cartagena permite el ensayo de bombas de calor agua/aire para el estudio de estos intercambiadores. Además, con los resultados obtenidos se pueden validar modelos utilizados por programas informáticos para el análisis de sistemas de refrigeración como paso previo a su construcción, como es el caso software IMST-ART desarrollado en la Universidad Politécnica de Valencia.*

## 1. Introducción y justificación

Durante los últimos años la legislación europea concerniente a los sistemas de refrigeración se ha endurecido paulatinamente a fin de mejorar la protección tanto de las personas como del medio ambiente.

La principal consecuencia ha sido la sustitución de los fluidos utilizados como refrigerantes durante los últimos veinte años por los llamados refrigerantes de cuarta generación, entre los que han suscitado gran interés los llamados refrigerantes naturales (hidrocarburos, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>O). Sin embargo, por su propia naturaleza, los sistemas de refrigeración no pueden quedar exentos de forma completa de fugas de refrigerante, por lo que para la utilización de algunos de ellos, como los hidrocarburos, es necesario realizar un trabajo previo destinado a minimizar la carga de refrigerante necesaria ya que de esta forma se reducen los potenciales daños personales, materiales y medioambientales ocasionados por una fuga de los mismos.

Dentro de las estrategias para la reducción de la carga de refrigerante, se encuentran el correcto dimensionado de las tuberías, la utilización de ciclos secundarios, la elección de un compresor adecuado y la instalación de intercambiadores de calor cuyo volumen interno sea reducido.

## 2. Objetivo de la investigación

El objetivo de la investigación es determinar el comportamiento de intercambiadores de minicanales comparándolos con intercambiadores convencionales de similares características constructivas y potencias.

Para ello, se ha diseñado y construido una instalación siguiendo la normativa nacional e internacional de

aplicación en el ámbito de la misma con el objetivo de poder ensayar bombas de calor agua/aire, lo que a efectos prácticos permite realizar ensayos de instalaciones similares en las que únicamente se cambian los intercambiadores de calor utilizados.

Por otra parte, los resultados obtenidos se emplearán para la validación del modelo de cálculo utilizado por el software IMST-ART desarrollado en la Universidad Politécnica de Valencia, el cual permite la simulación del comportamiento de una instalación de refrigeración a partir de las características de la misma: características de las tuberías, número de codos, tipo y características del compresor, tipo y características de los intercambiadores, elementos adicionales,...

## 3. Descripción de la instalación

La instalación gira en torno a un circuito de refrigerante para el ensayo de los intercambiadores. Para poder realizar los ensayos en unas condiciones óptimas a su alrededor se han montado tres circuitos auxiliares:

- Circuito de aire que permite mantener unas condiciones estables de temperatura ambiente y humedad en el interior de una cámara climática donde se aloja un intercambiador aire/refrigerante.
- Circuito de agua destinado a mantener unas temperaturas de entrada y salida de agua de un intercambiador agua/refrigerante.
- Circuito de agua destinado a acondicionar el aire que atraviesa el intercambiador aire/refrigerante para que pueda volver a la cámara climática en las mismas condiciones en las que se encuentra esta.

### 3.1. El circuito de refrigerante

El circuito de refrigerante responde al modelo clásico de los sistemas de refrigeración por compresión simple. Como elementos principales, consta de un compresor monofásico de 1,3 kW, un intercambiador de placas agua/refrigerante, un intercambiador de tubo aleteado aire/refrigerante y una válvula de expansión de tipo orificio. De manera adicional, se han instalado visores para detectar el estado de agregación del refrigerante, un filtro para evitar la propagación de impurezas por el sistema y un recipiente de líquido para mitigar las posibles oscilaciones en el intercambio de calor entre el aire y el refrigerante.

Por otra parte, la instalación se planteo para el ensayo de bombas de calor agua/aire, por lo que el sistema es totalmente reversible, disponiéndose de una válvula de cuatro vías que permite ensayar el equipo tanto para la producción de aire tanto caliente como frío.

En cuanto a las variables monitorizadas, se controlan todos los puntos clave para realizar un adecuado balance energético en el circuito. En los intercambiadores se mide la temperatura tanto a la entrada como a la salida, la presión absoluta a la entrada y la presión diferencial entre la entrada y la salida. En la válvula de expansión se miden a la entrada tanto la presión como la temperatura. En el compresor se mide presión y temperatura tanto a la entrada como a la salida, además de la tensión de alimentación y el consumo de potencias activa y reactiva durante la realización de los ensayos. Para la medida del caudal de refrigerante se utiliza un caudalímetro de tipo coriolis que permite medir el gasto másico con una elevada precisión.

Adicionalmente, se han instalado termopares para la medida de la temperatura del refrigerante en el intercambiador aire/refrigerante, de forma que se tiene un conocimiento más profundo del proceso de intercambio de calor que se está produciendo en el interior del mismo.

### 3.2. El circuito de aire

Consta de una cámara climática con un volumen aproximado de 30 m<sup>3</sup> donde el aire permanece en remanso a unas condiciones de temperatura y humedad estables y controladas de forma que el intercambiador aire/refrigerante se pueda probar de forma adecuada. Además cuenta con una Unidad de Tratamiento de Aire (UTA) para poder retornar el aire que atraviesa el intercambiador a la cámara climática en las mismas condiciones en las que se extrajo.

En el interior de la cámara climática se miden la presión absoluta y la humedad relativa del aire. La temperatura, atendiendo a normativa, se mide en seis puntos distribuidos por el interior de la cámara y

otros seis por el exterior, de forma que se dispone de la distribución de temperaturas en cualquier superficie de la cámara y se puede realizar un balance térmico preciso. En el intercambiador de calor se miden la presión diferencial entre su entrada y su salida y las temperaturas tanto a la entrada como a la salida, también siguiendo las pautas recogidas en la normativa. Adicionalmente se han instalado sensores de humedad relativa a la salida del intercambiador, la cual es de utilidad en los procesos de enfriamiento de aire. El caudal de aire se mide mediante un caudalímetro de tipo pitot.

### 3.3. Los circuitos de agua

La instalación requiere de dos focos térmicos para poder mantener unas condiciones estables en los intercambiadores de calor del circuito de refrigerante. El foco frío lo constituye una enfriadora de agua de 30 kW de potencia frigorífica que mantiene un depósito de 750 litros a temperaturas de en torno a 10 °C. El foco caliente lo conforman una resistencia instalada en un depósito de 750 litros y un calentador eléctrico de 50 litros que pueden proporcionar agua a más de 50 °C. Los depósitos están conectados tanto a la UTA como al intercambiador de agua/refrigerante siendo posible la alimentación con cualquiera de ellos a ambos elementos dependiendo del modo de funcionamiento de la bomba de calor. El agua es impulsada mediante bombas de hasta 4000 litros por hora.

Se toman medidas de temperatura en las entradas y salidas de los intercambiadores de calor (tanto el de la UTA como el de la bomba de calor) y en los depósitos. También se mide caída de presión en el agua al atravesar el intercambiador agua/refrigerante, además del caudal de agua que atraviesa cada uno de los intercambiadores de calor.

### 3.4. La adquisición de datos y el control

Del conjunto de la instalación se miden un total de 80 variables, las cuales son registradas por un datalogger y almacenadas en un ordenador mediante el software de National Instruments LabVIEW. Durante la realización de los ensayos se pueden controlar todas las variables en una interfaz gráfica por lo que es posible detectar problemas en el funcionamiento de la instalación y detenerla.

El control de todo el sistema se realiza mediante cinco PIDs que actúan sobre válvulas y variadores de frecuencia a fin de conseguir que el sistema mantenga unas condiciones estables durante un tiempo prolongado tal y como especifica la normativa de aplicación a este tipo de ensayos.

Finalmente, gracias al LabVIEW y una tarjeta de relés es posible operar la instalación de forma remota lo cual permite realizar ensayos desde cualquier lugar con acceso a internet, agilizándose de esta forma el avance de la investigación pues se pueden realizar

ensayos durante los fines de semana o precalentarse todo el sistema para poder comenzar a ensayar nada más llegar al laboratorio.

#### 4. Validación de IMST-ART

Uno de los objetivos de la investigación es la validación del software IMST-ART ya que al ser un software relativamente joven, aún es necesario contrastar los resultados obtenidos con mediciones en instalaciones reales.

Actualmente se ha modelado la instalación introduciendo las características de todos sus elementos, incluidas las tuberías, a fin de tener un modelo virtual análogo al sistema real. De esta forma se podrán comparar los resultados teóricos con los experimentales a medida que avance la investigación.

#### 5. Futuro a corto plazo

A corto plazo se deberán implementar una serie de mejoras en el control y en el funcionamiento de la instalación con el fin de ampliar el rango de temperaturas en el que se pueden realizar ensayos.

Durante los próximos meses se va a realizar una batería de ensayos con un intercambiador de tubo aleteado convencional y con uno de microcanales tras lo que se utilizarán los resultados tanto para realizar publicaciones como para intentar validar el modelo utilizado por IMST-ART.

El siguiente paso sería el ensayo con otros refrigerantes y valerse de la experiencia adquirida para abordar instalaciones más ambiciosas.

#### Referencias

- [1] Calm, J. M. (2008) The next generation of refrigerants – Historical review, considerations and outlook. *International Journal of Refrigeration*, vol. 31(7), 1123-1133. doi:10.1016/j.ijrefrig.2008.01.013.
- [2] Poggi F., Macchi-Tejeda, H, Leducq, D., Bontemps, A. (2008) Refrigerant charge in refrigeration systems and strategies of charge reduction. *International Journal of Refrigeration*, vol 31(3), 353-370. doi:10.1016/j.ijrefrig.2007.05.014.
- [3] UNE-EN 14511 (2008) Acondicionadores de aire, enfriadoras de líquido y bombas de calor con compresor accionado eléctricamente para la calefacción y la refrigeración de locales.
- [4] UNE-EN 327 (2003) Intercambiadores de calor. Aerocondensadores de convección forzada. Procedimiento de ensayo para determinar sus prestaciones.

- [5] UNE-EN 328 (2003) Intercambiadores de calor. Procedimiento de ensayo para determinar las prestaciones de los enfriadores por aire de convección forzada.