

## CAPÍTULO 4: RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el proyecto se han estudiado los diferentes sistemas de producción de frío y los sistemas de energía solar a baja y media temperatura, analizando especialmente los diferentes tipos de captadores solares en función del nivel de temperatura de trabajo.

Dentro de los sistemas de producción de frío se ha prestado especial atención a los sistemas que consumen energía térmica en lugar de energía eléctrica como los sistemas de compresión mecánica, con objeto de estudiar el acoplamiento de los sistemas de energía solar térmica a los sistemas de producción de frío.

De las diferentes opciones posibles, el proyecto se ha centrado en el estudio de los sistemas de producción de frío por energía solar y máquinas de adsorción, desarrollando en el capítulo 3 los principios físicos del proceso de adsorción/desorción, los fluidos de trabajo más usuales, el funcionamiento de las máquinas de adsorción así como un análisis comparativo con otros sistemas como las máquinas de absorción. El trabajo se ha completado con un análisis de los equipos existentes en el mercado de diferentes fabricantes y de las instalaciones más representativas, extrayendo los parámetros de funcionamiento y de diseño más representativos.

Como conclusiones del proyecto se pueden resaltar las siguientes:

### - **Comparación con otros sistemas:**

1. Los equipos de adsorción tienen en general un COP inferior al de otros sistemas pero es menos sensible a la disminución de la temperatura del fluido caliente. Su COP nominal se mueve entre 0.5 - 0.65 mientras que una máquina de absorción puede llegar a 0.8 y un sistema de compresión mecánica tiene un rendimiento muy superior (por encima de la unidad). A baja temperatura sin embargo, presenta un mejor COP que los sistemas de absorción.
2. A diferencia de los sistemas de absorción, los equipos de adsorción pueden trabajar en un amplio rango de temperaturas, desde los 50 °C hasta los 500 °C.
3. Es una tecnología limpia, sencilla y no cuenta con partes mecánicas lo que facilita el mantenimiento de la máquina.
4. Tienen menores costes de mantenimiento por no usar sustancias corrosivas como la máquina de absorción.

5. No presenta problemas de corrosión debido a los fluidos de trabajo usados (adsorbente/adsorbato) como ocurre en la absorción, y es menos sensible a golpes y a la posición de la instalación.
6. La máquina de adsorción tiene un tamaño y un peso superior que la de absorción (de 2 – 4 veces) con los inconvenientes que ello implica.

## - **Fabricantes**

1. El número de fabricantes es muy reducido, lo que pone de manifiesto que esta tecnología se encuentra aún en fase de desarrollo. Se han localizado 3 fabricantes en Alemania, 2 en Japón y un fabricante en EEUU.
2. Como fluidos de trabajo, casi todos los fabricantes utilizan el par *gel de sílice / agua* mientras que sólo uno se decide por el par *zeolita / agua*.
3. La potencia de las máquinas está comprendida entre 8 y 1.200 kW. Los fabricantes alemanes ofertan máquinas de adsorción de potencia pequeña (8 – 15 kW), a excepción de GBU que tiene modelos de potencia superior a 400 kW, para uso en viviendas, oficinas o pequeña industria. Los fabricantes japoneses o norteamericanos ofertan máquinas de mucha potencia para grandes industrias en general (10 – 1.200 kW).
4. El COP de las máquinas de adsorción es muy parecido en todos los fabricantes, encontrándose entre 0,5 y 0,65. No existe por tanto una mejora en el rendimiento de la máquina al aumentar la potencia frigorífica de la misma.

## - **Instalaciones**

1. Las instalaciones existentes se encuentran fundamentalmente en Europa y en EEUU.
2. La mayor parte de las instalaciones se encuentran en el sector edificación o en el sector servicios. En EEUU las instalaciones se encuentran en el sector industrial.
3. La potencia de las máquinas instaladas se encuentran entre 2 y 20 kW en el sector viviendas y hasta varios cientos de kW en el sector servicios.
4. No existen en la literatura muchos datos medidos de instalaciones. El COP real de las instalaciones se encuentra entre 0,35 y 0,50.

5. La relación superficie de captadores solares/kW de potencia de la máquina se encuentra entre 3 – 5 m<sup>2</sup>/kW, con un porcentaje de demanda cubierta entre el 30 y el 70 %.

## - **Desarrollo futuro**

La tecnología de refrigeración por adsorción todavía se encuentra poco desarrollada y, si bien es verdad que hay actualmente una compañía japonesa (NISHIYODO) y tres alemanas (GBU, INVENSOR y SOR TECH) productoras de enfriadoras de adsorción a nivel comercial, un porcentaje todavía alto de las máquinas analizadas se encuentran en laboratorio a nivel de prototipos.

El alto costo inicial de estos equipos, el gran área de captador específico que requiere (el área del captador solar instalado por unidad de capacidad de refrigeración instalada), la falta de subvenciones y el desconocimiento general sobre esta tecnología, suponen trabas para que la adsorción se comiencen implantar en gran cantidad de países que disfrutan de muchas horas de sol al año [16].

En muchas situaciones hay espacio suficiente para instalar en el techo captadores solares, siendo los sistemas integrados con energía solar capaces de suministrar calefacción y refrigeración, además de suministrar agua caliente.

Con respecto a la tecnología de frío solar, ya sea con la tecnología de la absorción o adsorción, con el tiempo sus sistemas serán optimizados y sus costes se reducirán. Y además cuenta con la ventaja de que en las horas centrales del día que es cuando mayor necesidad de refrigera, es cuando más incide la radiación solar sobre los captadores y, por tanto, hay mayor producción de energía.

El costo de las enfriadoras se espera que disminuya como resultado de la fabricación a gran escala. Si ahora el coste es aproximadamente de 5.000 €/kW se espera que pueda llegar a unos 3.000 €/kW aproximadamente en poco tiempo e incluso reducirse más a medio plazo.

A pesar de los inconvenientes, es una tecnología con un futuro prometedor debido a que puede funcionar a baja temperatura sin penalizar su COP, a que es una tecnología muy robusta con poco mantenimiento y sin refrigerantes corrosivos ni nocivos para el medio ambiente. Puede ser la mejor solución en aplicaciones de refrigeración con poca potencia, donde su rendimiento y prestaciones son superiores al resto.