

## **Trigeneración en la industria alimenticia**

**Juan Bassols, Colibri bv ([j.bassols@colibri-bv.com](mailto:j.bassols@colibri-bv.com))**

En las industrias alimenticia, química y petroquímica frecuentemente se instalan plantas de cogeneración con motores a gas o turbinas, para cubrir las demandas de vapor, agua caliente y energía eléctrica.

Para un buen aprovechamiento de dichas plantas es necesario tener una demanda constante de energía eléctrica y térmica. La demanda de energía eléctrica se regula vendiendo la energía sobrante a la red eléctrica, pero la energía térmica sobrante suele perderse.

La combinación de plantas de cogeneración con plantas de refrigeración por absorción permite usar toda la energía térmica producida para la refrigeración.

Mientras la demanda de vapor suele variar mucho, especialmente a bajas temperaturas, entre  $-15^{\circ}\text{C}$  y  $-55^{\circ}\text{C}$  la demanda de refrigeración suele ser bastante constante.

### **El proceso de refrigeración por absorción con amoníaco.**

Desde hace mas de cien años las plantas de refrigeración por absorción se están usando para la refrigeración a bajas temperaturas. Actualmente se usan los métodos mas modernos de diseño y construcción para realizar plantas de alta eficiencia, fiabilidad y bajos costes.

En una planta de refrigeración el refrigerante evapora a baja temperatura y presión en el evaporador. A continuación es transportado al circuito de alta presión donde condensa en el condensador. Las plantas de refrigeración por compresión usan un compresor para transportar el vapor de refrigerante del evaporador al condensador. En una planta de refrigeración por absorción (PRA) un circuito de solución cubre la función de compresor térmico. En vez de consumir energía eléctrica, este circuito consume energía térmica en forma de vapor, agua caliente o gases de escape.

Una PRA esta formada principalmente por intercambiadores de calor. La única componente con partes móviles es la bomba de solución. Por ello estas plantas prácticamente no tienen desgaste siendo de alta fiabilidad y reducidos gastos de mantenimiento. En sectores en que la fiabilidad es de importancia primordial, como es por ejemplo la liofilización de café a  $-55^{\circ}\text{C}$ , prácticamente solo se usan plantas de refrigeración por absorción.

### **Conexión de una PRA con la planta de cogeneración**

En una planta de trigeneración la PRA usa el calor producido en la cogeneración para la producción de frío. Por lo general se usa el calor de los gases de escape de los motores o de las turbinas. Hay diferentes formas para el aprovechamiento de dicha energía:

#### **Conexión mediante fluido intermedio**

Los gases de escape pasan por una caldera en el que producen vapor o agua caliente que a su vez se usa para la propulsión de la PRA. La ventaja de este sistema es que el vapor o agua caliente puede usarse simultáneamente para otras aplicaciones. Por ejemplo en empresas con grandes fluctuaciones en el consumo de vapor, la PRA puede consumir todos los excedentes de vapor. De esta forma la planta de cogeneración puede operarse a régimen constante aunque haya fluctuaciones en el consumo de vapor.

#### **Conexión directa**

Los gases de escape pueden usarse directamente para propulsar la PRA. Esta posibilidad es interesante cuando toda la energía térmica de la cogeneración esta destinada a la producción de frío. La principal ventaja de la conexión directa es la reducción de los costes de inversión y de mantenimiento por no tener un circuito de vapor adicional.

Para evitar pérdidas de carga y minimizar los costes la PRA debe de situarse próxima a los motores o a las turbinas. El desorbedor de la ARP esta diseñado como una caldera de vapor y puede ajustarse a las especificaciones de los motores o de las turbinas.

En ambos casos la PRA no influencia la cogeneración. La ARP no precisa un suministro constante de calor ni hay requisitos especiales para la puesta en marcha o parada de la planta. El control de la PRA es completamente automático y independiente de la cogeneración. En carga parcial únicamente parte de los gases de escape son enviados a la ARP y el resto es librado a la atmósfera.

### **Conexión de la PRA con el consumo de refrigeración**

Generalmente las PRAs se instalan en combinación con plantas de refrigeración por compresión eléctricas. La PRA en tal caso se diseña para la demanda de refrigeración básica mientras las demandas puntuales se

cubren con la planta eléctrica. Siempre que la planta de cogeneración no funcione en continuo o si la demanda de vapor es tal que en determinadas situaciones no hay vapor restante para la ARP, hará falta una instalación de una planta de refrigeración por compresión en paralelo.

En el caso de combinar una PRA con una planta de compresión, es importante que el diseño tenga en cuenta las diferentes características de ambas plantas. Aspectos a tener en cuenta son:

- El amoníaco de la PRA no debe mezclarse nunca con el de la planta de refrigeración por compresión ya que el amoníaco de dicha planta suele llevar pequeñas cantidades de aceite mientras que el de la PRA lleva algo de agua.
- Para realizar temperaturas de hasta  $-60^{\circ}\text{C}$ , una planta de compresión suele ser de múltiple etapa mientras que una PRA realiza dichas temperaturas en una sola etapa. Por ello como mas baja sea la temperatura de evaporación mayores las ventajas de las PRA en comparación con las plantas por compresión.
- El desescarche de los evaporadores únicamente puede realizarse con el gas caliente de la PRA si por los evaporadores siempre circula el amoníaco de la PRA.

### **Ejemplos de plantas de trigeneración con PRA**

#### **Trigeneración con turbina a gas en una fábrica de margarinas**

Una turbina de gas Ruston de 5 MW se instaló para cubrir las necesidades de energía eléctrica y vapor de una fábrica de margarinas en Rotterdam (NL). Después de una reestructuración de la fabricación se redujo el consumo de vapor considerablemente. Por ello se instaló una PRA de 1400 kW evaporando a  $-23^{\circ}\text{C}$ . La planta esta instalada en paralelo con 7 compresores de amoníaco con una capacidad de 500 kW por compresor. Para evitar que el amoníaco de ambas plantas se mezcle se instaló un evaporador/condensador en cascada en el que el amoníaco de la PRA evapora a  $-27^{\circ}\text{C}$  mientras que el de la compresión condensa a  $-23^{\circ}\text{C}$ .

La figura 1 muestra el diagrama de la instalación. La planta se diseño para integrarla en una sala de máquinas existente.

#### **Trigeneración con dos motores de gas en una fábrica de congelados de verduras.**

En una fábrica de congelados de verduras en Talavera de la Reina una planta de cogeneración con dos motores de gas y una potencia eléctrica de 4 MW suministra la energía térmica para la propulsión de la ARP. Los almacenes de conservación deben de mantenerse a  $-20^{\circ}\text{C}$ , para ello se instalaron evaporadores nuevos en los que el amoníaco de la ARP evapora directamente a  $-30^{\circ}\text{C}$ . Simultáneamente se producen unos 200 kW de agua a  $1^{\circ}\text{C}$  que se usa en el proceso y para aire acondicionado. La figura 2 muestra el diagrama de la instalación.

### **Trigeneración con tres motores de gas en una empresa láctea.**

En una empresa láctea en Burgos una planta de cogeneración con tres motores de gas y 9 MW eléctricos produce vapor del que una parte se usa para propulsar una PRA. La empresa precisa grandes cantidades de agua helada que se consumen irregularmente durante las 24 horas del día. Los motores por otra parte únicamente están en operación 16 horas diarias. Por ello se instaló una balsa de agua helada con almacenamiento de hielo en la que de día se almacena el frío producido por la PRA. La PRA evapora a  $-10^{\circ}\text{C}$ . Su regulación es por una parte función del espesor del hielo que determina la demanda actual de refrigeración, por otra parte depende del consumo de vapor en fábrica y de la disponibilidad de vapor para la PRA. El sistema de control anticipa las demandas puntuales de vapor y reduce el consumo de la PRA para que siempre haya vapor disponible para la producción. La figura 3 muestra el diagrama de la PRA conectada a la balsa de hielo.

### **Trigeneración con dos motores de gas en una empresa cárnica.**

En una empresa cárnica en Logroño dos motores de gas con una potencia eléctrica total de 9 MW producen agua caliente para la propulsión de una PRA. Dado que la empresa prácticamente no consume vapor, se decidió instalar un circuito de agua presurizada como fluido intermedio. La PRA tiene una potencia de 2500 kW evaporando a  $-18^{\circ}\text{C}$  y esta conectada mediante un sistema en cascada a la planta de refrigeración por compresión existente.

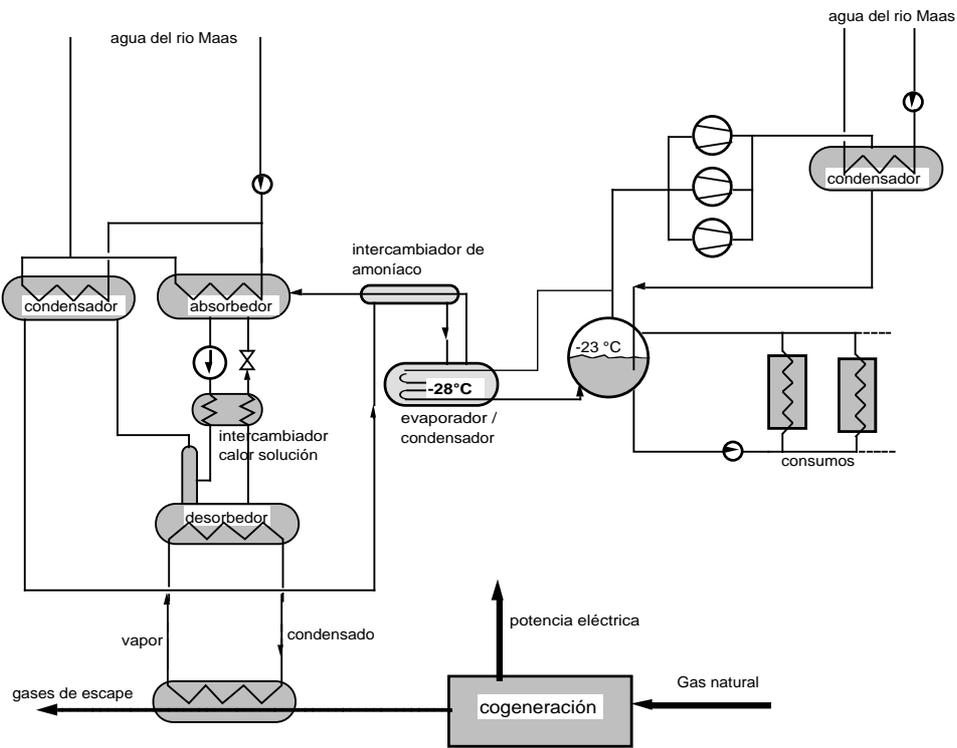


Figura 1: ARP en combinación con una planta de refrigeración por compresión

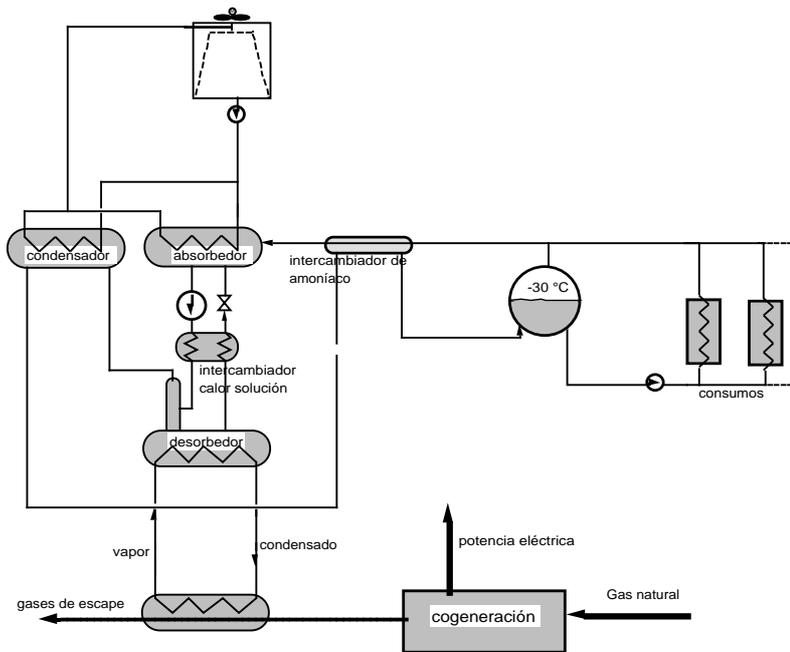


Figura 2: ARP con evaporación directa y circulación de amoniaco

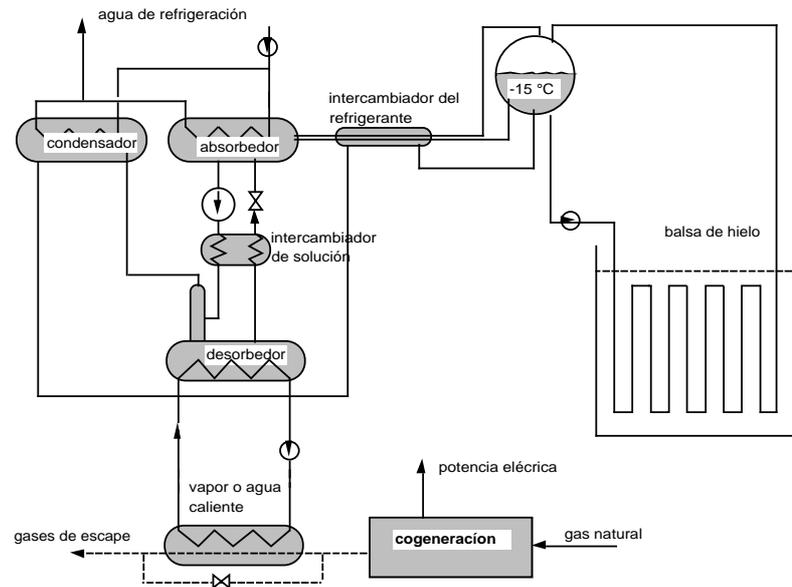


Figura 3: ARP en combinación con una balsa de hielo



ARP-C-14 instalada en una fábrica de margarinas en Rotterdam, 1400 kW a  $-23^{\circ}\text{C}$ .



ARP-M-10 instalada en una fábrica de congelados de verduras en Talavera de la Reina, 700 kW a  $-30^{\circ}\text{C}$ .



ARP-M-25 instalada en una empresa cárnica en Rioja, 2500 kW a  $-10^{\circ}\text{C}$ .



ARP-C-27 instalada en una refinería de petróleo en Alemania, 2700 kW a  $-30^{\circ}\text{C}$ .



ARP-S-2 instalada en una empresa cárnica en Holanda, 250 kW a  $-10^{\circ}\text{C}$ .