

DG

DEPURACIÓN DE GASES

J. Ricardo Castro
Prodesa
Medioambiente, S.L.

A. Parravicini
Brofind, S.p.A.



Recuperación de energía en una instalación de depuración de gases

En una instalación de depuración de gases, los gases depurados emitidos por la chimenea contienen una energía calorífica que se puede recuperar. El presente artículo describe algunas formas de realizar esta recuperación, que se traduce en un ahorro energético de la instalación. Una de ellas es la producción de frigorías. Se describe un proceso de refrigeración de agua cuyo grupo refrigerador emplea sales de bromuro de litio, y del se ofrecen datos sobre su rendimiento.

EN LOS INICIOS DEL NACIMIENTO de la conciencia ecológica, a las instalaciones de depuración del aire se les exigía únicamente el cumplimiento de las normativas en cuanto a la consecución de los valores mínimos de contaminantes en las emisiones en chimenea.

Rápidamente se evidenció el problema de buscar soluciones para no incrementar los gastos de producción con nuevas cargas adicionales, ligadas a la gestión de las plantas de depuración. Los “jugadores” de este mercado nos implicamos, por tanto, en desarrollar optimizaciones de las tecnologías existentes con el fin de minimizar los consumos. En los últimos veinte años, con las instalaciones de depuración catalítica primero, con la llegada de la oxidación térmica regenerativa posteriormente, con el uso de materiales cerámicos especiales para la recuperación de calor, o con la introducción de nuevos procesos de recuperación de los contaminantes (todos ellos asistidos de la posibilidad de instalar también instalaciones de concentración aguas arriba), se han abierto nuevas fronteras y se ha garantizado, a una gran parte del mercado, el objetivo de la “auto-sostenibilidad” de la instalación.

EN EL CASO DE TRATAMIENTOS POR VÍA TÉRMICA, EL PROPIO CONTAMINANTE (COV) ES LA ÚNICA, O AL MENOS LA PRINCIPAL, FUENTE ENERGÉTICA UTILIZADA POR EL SISTEMA PARA MANTENER EL PROCESO DE DEPURACIÓN

El concepto de auto-sostenibilidad significa de hecho que:

- En el caso de tratamientos por vía térmica, el propio contaminante (COV) es la única, o al menos la principal, fuente energética utilizada por el sistema para mantener el proceso de depuración.
- En los casos de recuperación, el contaminante, gracias a su reutilización en el proceso productivo, permite una reducción de gastos (sobre la compra del disolvente nuevo) que garantiza la cobertura completa de los costes de depuración y crea un *pay back* positivo, tal que permite pagar la inversión.

Todo esto fue suficiente hasta ayer, pero hoy el mercado pide todavía más. La exigencia global de reducir las emisiones de CO₂, el aumento de los costes energéticos, la búsqueda de independencia respecto a las energías tradicionales, empuja a todas las empresas a repensar cada proceso productivo, en el intento de optimizar tanto el impacto sobre el medio ambiente como los costes de producción.

En los últimos años la colaboración Prodesa - Brofind se ha empeñado, por tanto, en proyectos de investigación y desarrollo, en cooperación con algunos de nuestros clientes, con el objeto de conjugar las soluciones ecológicas con las energéticas y productivas.

Independientemente de la calidad, edad y tipología de la instalación de depuración, hemos realizado múltiples intervenciones que nos han permitido conseguir el objetivo. A continuación describimos algunas de las posibilidades a modo informativo.

1

CLOSED LOOP

En múltiples casos el aire emitido por la chimenea de la instalación de depuración presenta todavía una cierta entalpía residual, demasiado baja para justificar una posterior recuperación indirecta, pero quizá adecuado para una recuperación directa. Sucede, de hecho, que en algunos repartos o en algunas de las zonas de producción se necesita aire caliente para procesos de secado, o post tratamiento... Ese aire puede obtenerse directamente de la chimenea y mezclarse convenientemente, gracias a nuestra *mixing room*, con aire ambiente, con el fin de obtener las condiciones óptimas de ejercicio. Obviamente, esta ventajosa oportunidad debe verificarse cuidadosamente, ya que el aire reciclado de la chimenea contiene una mínima cantidad de contaminantes y, por lo tanto, su utilización está limitada a las secciones de producción, donde no hay intervención presencial de los operadores. En algunos

casos (por ejemplo, en la industria de las cintas adhesivas), ha sido posible reciclar el 100% del aire tratado en la instalación de depuración, al ciclo productivo. Por tanto, el impacto ambiental se ha reducido a cero y lo costes de gestión se han reducido notablemente (el *pay back* con esta intervención puede ser menor de un año de ejercicio).

2

CALENTAMIENTO DE ACEITE TÉRMICO

Algunas líneas de producción utilizan aceite térmico como medio de calentamiento. En algunos casos hemos verificado y acordado con el cliente la posibilidad de sustituir el sistema de calentamiento existente (por ejemplo, con quemadores directos o indirectos) por un nuevo circuito de aceite térmico, consiguiendo un notable ahorro energético, pero también consiguiendo una regulación mejor de las temperaturas de proceso, gracias a la mayor versatilidad del nuevo circuito. En estos casos, evidentemente, resulta muy interesante poder recuperar el calor para calentar el circuito del aceite.

La dificultad inicial se planteaba por la baja temperatura de los gases emitidos por la instalación de depuración, sobre los cuales se pretende realizar la recuperación de energía. Dicha temperatura es habitualmente más baja que la de utilización del aceite (típicamente, 240 - 300°C). Resulta imprescindible, por tanto, estudiar un circuito de recuperación de calor que permita obtener la extracción de calorías directamente de la zona más caliente del proceso de depuración (la cámara de combustión) y no únicamente de la chimenea. Mediante una válvula especial refractaria podemos extraer aire a 800 - 900°C y modular la recuperación en función de la disponibilidad de calor en el proceso de depuración y del requerimiento del circuito de producción.

También es posible integrar el sistema de recuperación del calor una caldera dedicada que intervenga pa-



ra garantizar las necesidades de la línea de producción, incluso en ausencia de contaminantes (por ejemplo, durante la puesta en marcha). Esta solución permite la eliminación de la caldera auxiliar, concentrando tal función sobre la instalación de depuración.

3

STEAM BACK-RECUPERACIÓN DE VAPOR

Este proceso se aplica principalmente a las instalaciones de recuperación de disolventes con carbón activo, con regeneración a vapor.

Hemos optimizado el proceso con el fin de reducir el máximo posible el consumo de vapor, necesario para la regeneración del carbón activo, acelerando el *pay back* de la instalación. Y, además, hemos desarrollado un proceso de recuperación de la entalpía del vapor utilizado.

El calor residual del desorbato, a la salida de los filtros de carbón activo durante la fase de regeneración, se recupera precalentando el agua, que después, utilizando un eyector Venturi especial, alimentado con vapor, produce gratuitamente aproximadamente el 30% del vapor necesario para la aplicación. Se ha calculado que también este tipo de instalación presenta un *pay back* inferior al año y permite una sensible reducción en la producción de CO₂.

4

PRODUCCIÓN DE VAPOR

Donde ninguna recuperación es viable debido, por ejemplo, a la elevada acidez de los humos de combustión, provenientes de la destrucción de compuestos orgánicos clorados o bromados, hemos instalado una caldera de tubos para la producción de vapor. Esta tecnología permite trabajar (gracias a la temperatura de evaporación del agua a la presión de trabajo) en la zona de no agresividad de tales ácidos, produciendo vapor a media presión en condiciones de absoluta seguridad. En algunos casos tal vapor, en lugar de ser enviado a la red de distribución, es utilizado para precalentar los gases de combustión. El enfriamiento de los humos en la caldera convierte en más sencilla y menos onerosa la fase siguiente de post-tratamiento (*quench + scrubber*).

5

PRODUCCIÓN DE FRIGORÍAS

Es posible producir frigorías utilizando el calor emitido en el proceso de depuración del aire. Nuestra experiencia contempla la utilización de instalaciones con sales de litio que, a partir de agua caliente, vapor o directamente aire caliente, pueden almacenar calorías y convertir esa energía, por ejemplo, en agua fría a 7°C.

Tal aplicación es ideal en los procesos de combustión térmica de tipo recuperativa, donde la temperatura del aire depurado en chimenea está en el entorno de los 350 - 400°C. Este escenario es el que presenta mejor eficiencia y permite, por tanto, rápidos retornos de la inversión. Considerando como ejemplo una instalación media - pequeña de 25.000 Nm³/h, podremos recuperar en torno a 1.000 kWh en forma de agua refrigerada.

EN UNA INSTALACIÓN MEDIA-PEQUEÑA DE 25.000 Nm³/H, PODREMOS RECUPERAR EN TORNO A 1.000 kWh EN FORMA DE AGUA REFRIGERADA

5.1

Descripción del proceso

Se puede dividir el sistema en cuatro partes (Fig. 1):

A) Recuperación del calor de los gases calientes de chimenea mediante el calentamiento de un fluido que puede ser agua, aceite térmico o producción directa de vapor.

Con una temperatura de los gases en torno a 350°C es posible alimentar el grupo refrigerador directamente con los gases, sin pasar a través de un fluido intermedio.

B) Producción de agua refrigerada mediante un grupo refrigerador con sales de bromuro de litio gracias al calor suministrado por el fluido previamente calentado.

C) Eliminación del calor suministrado al adsorbente y del calor sustraído al agua refrigerada mediante un circuito de agua de enfriamiento y su correspondiente torre de evaporación.

D) Utilización de las frigorías producidas en el circuito del agua refrigerada.

5.2

Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento de grupos refrigeradores por absorción con sales de litio se muestra con más detalle en la figura 2.

El ciclo frigorífico de los grupos refrigeradores por absorción es posible por la fuerte afinidad entre el refrigerante (agua destilada) y el absorbente (sales de bromuro de litio).

El sistema consta de cuatro secciones:

- Evaporador
- Absorbedor
- Generador
- Condensador

■ Evaporador:

El efecto frigorífico es debido a la evaporación del refrigerante o bien del agua destilada gracias a una presión suficientemente baja, en torno a 1/100 de la presión atmosférica.

■ Absorbedor:

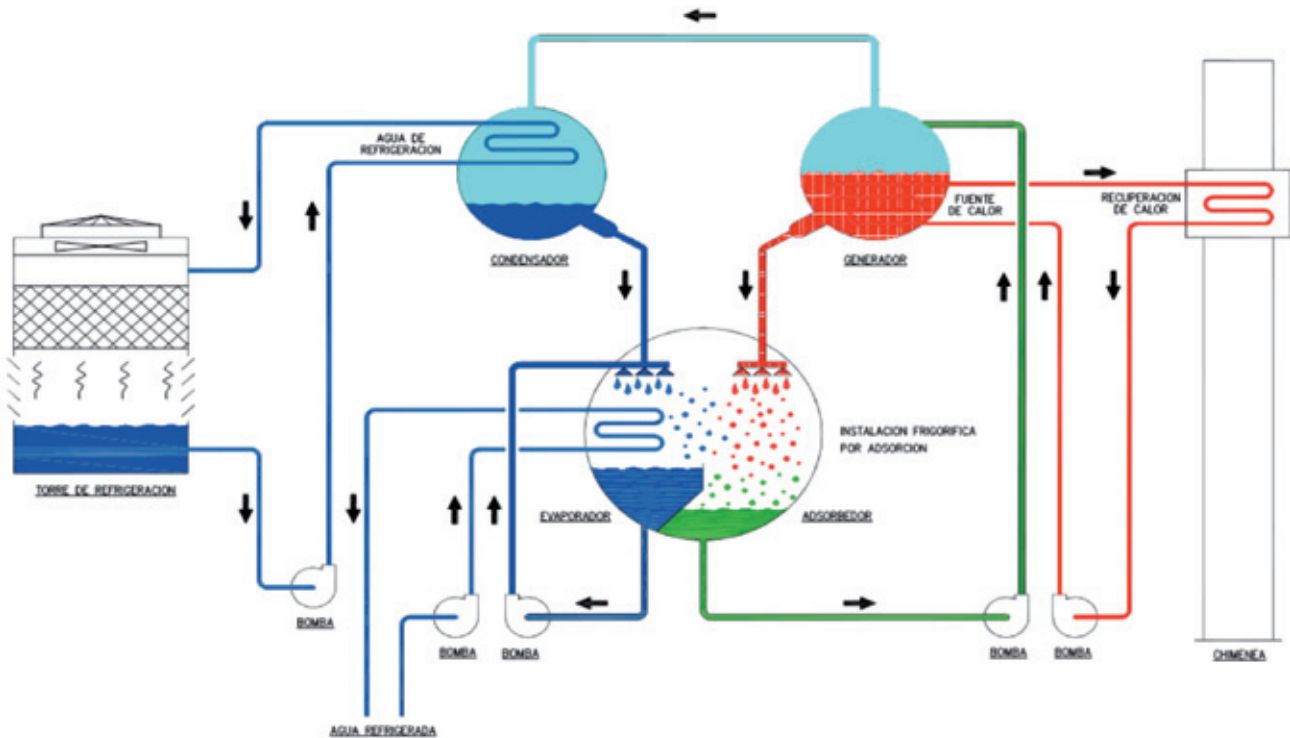
El nivel de vacío se mantiene gracias a la acción ejercida por el absorbedor, que absorbe y, por lo tanto, retira el vapor de agua.

■ Generador:

La solución diluida producida (agua + sales) se bombea en la zona generador, donde están en contacto con

Figura 1

Proceso de producción de frigorías utilizando el calor emitido en la depuración de gases



el intercambiador alimentado con el fluido caliente (agua caliente, agua sobrecalentada o vapor), llegando a la ebullición.

Se tiene, por tanto, la evaporación del agua destilada mientras la solución de sales vuelve a concentrarse y está de nuevo en disposición de absorber más agua en el evaporador.

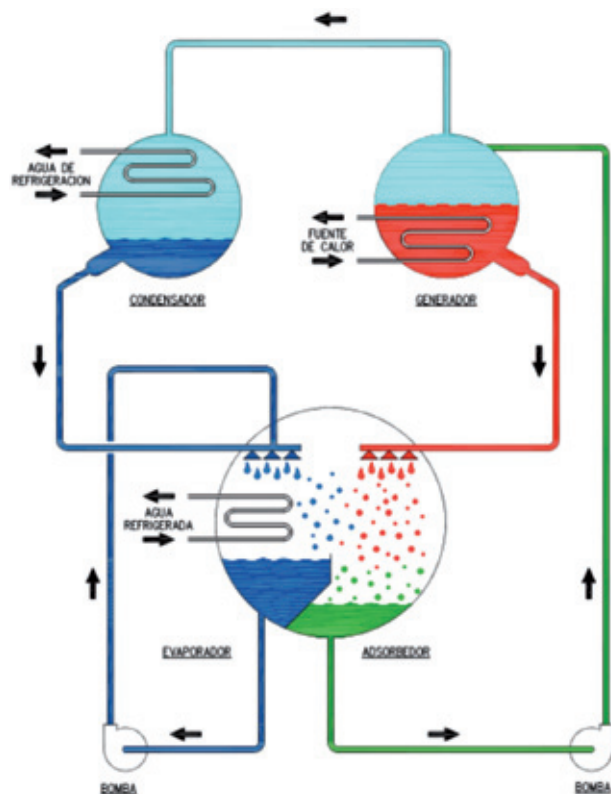
■ **Condensador:**

El vapor de agua producido pasa a la zona condensador, donde condensa estando en contacto con el intercambiador y cede el calor al agua de enfriamiento, que lo elimina en la torre de evaporación. En este punto, el refrigerante en estado líquido y la solución concentrada son enviados al evaporador y el proceso puede continuar.

Las prestaciones de un grupo de absorción se expresan mediante el parámetro COP (*Coefficient Of Performance*), definido como la relación entre la potencia frigorífica producida y la potencia térmica introducida. En función del tipo de potencia térmica (agua caliente, sobrecalentada o vapor), el COP varía en el rango 0,6-1,2.

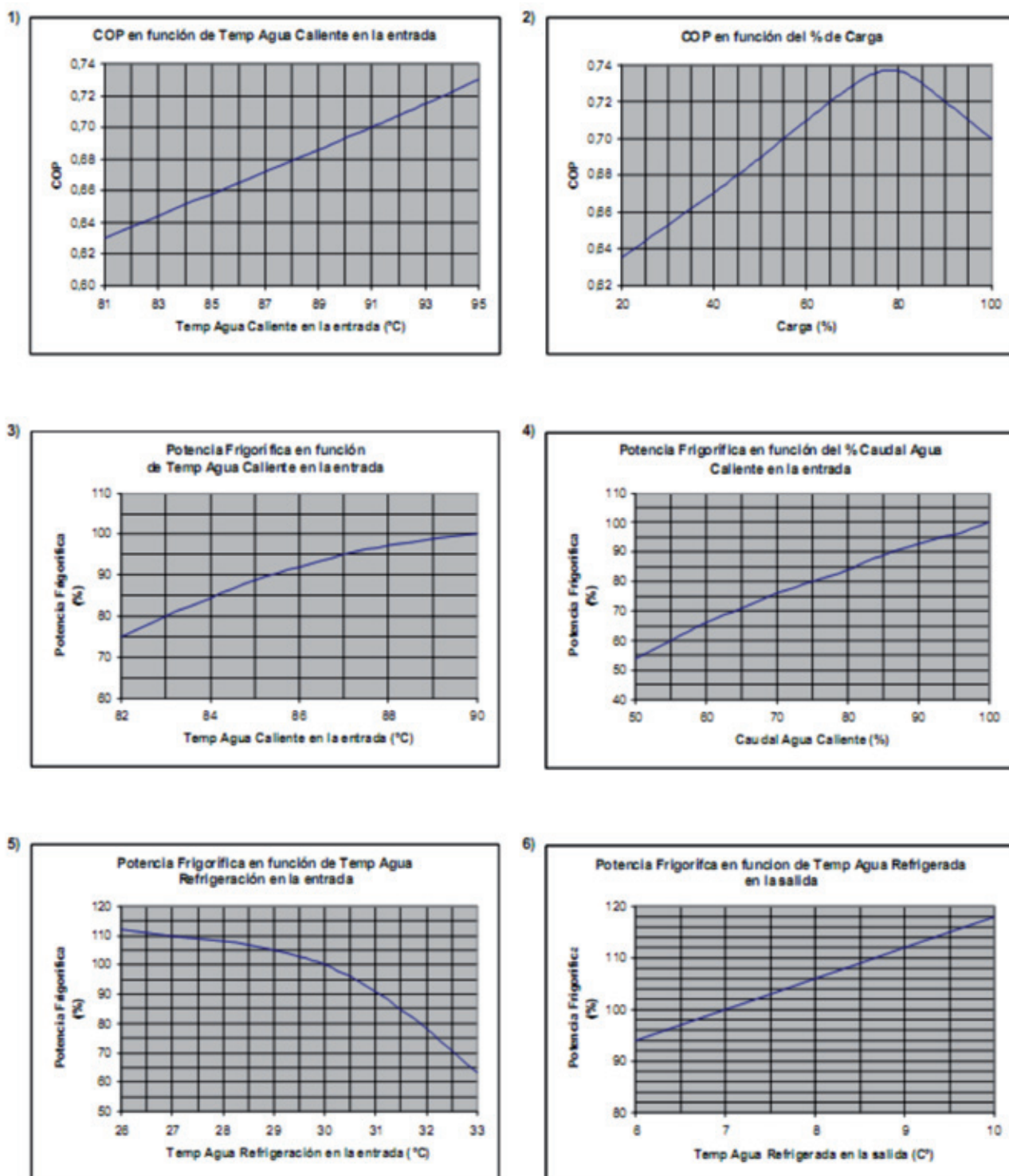
Figura 2

Esquema de funcionamiento de los grupos refrigeradores por absorción con sales de litio



LAS PRESTACIONES DE UN GRUPO DE ABSORCIÓN SE EXPRESAN MEDIANTE EL PARÁMETRO COP (COEFFICIENT OF PERFORMANCE)

Figura 3
Variaciones del COP o la capacidad de enfriamiento en función de los parámetros en juego



Las gráficas de la figura 3 muestran las variaciones del COP o la capacidad de enfriamiento en función de los parámetros en juego.

Este tipo de instalación permite, por lo tanto, utilizar las frigorías en el ciclo productivo o en el sistema de acondicionamiento gracias a las calorías recuperadas, que de otro modo acabarían dispersas en la atmósfera.

En el periodo de disminución de consumo de frigorías, por ejemplo en la estación invernal, resulta conveniente utilizar directamente las calorías recuperadas como calentamiento, mejorando de este modo *l pay back* del sistema.

Los datos recogidos sobre algunas de nuestras instalaciones confirman un ahorro energético tal que permite una amortización en un periodo de dos años. 