

## Aprovechamiento de lodos del alquitrán y del petróleo

### Problemas y tecnologías de tratamiento

A. Diener y G. Raouzeos  
List AG (Suiza)

#### 1. Introducción

Los lodos del alquitrán y del petróleo son unas pastas negras, pegajosas y malolientes. Normalmente, se componen de un 15-30% en peso de sólidos, de un 15-35% de componentes ligeros, medios y pesados, principalmente hidrocarburos, y de un 5-60% de agua.

Los materiales sólidos son carbón, ceniza, arena, piedras y otros productos inorgánicos. El origen de los componentes ligeros, medios y pesados está tanto en los procesos térmicos de separación, como en los procesos de rectificación que tienen lugar en las plantas carboquímicas y en las refinerías de petróleo. Los alquitranes y la brea proceden de los procesos de obtención de coque, pero también de las refinerías. La parte principal del agua se atribuye al almacenamiento, pero también a su mezcla con el lodo para el transporte de éste. Sólo una pequeña parte del agua podría considerarse como de reacción directa.

#### 2. ¿Por qué los lodos son tan problemáticos?

Los lodos del alquitrán y del petróleo son residuos que se generan durante el proceso de rectificación de materiales naturales. Podrían entenderse como el inevitable subproducto de la explotación de los recursos naturales. En ellos hay acumuladas sustancias tóxicas, como mercurio y benceno.

Considerables cantidades de tales residuos son depositadas o llevadas

a vertederos próximos al lugar donde se originan, en los cuales permanecen durante mucho tiempo.

Estos residuos de las industrias carboquímicas y de refino de petróleo crean fundamentalmente tres problemas:

- Olor desagradable, debido a los fenoles y cresoles que contienen.
- Liberación de componentes tóxicos, tales como mercurio y benceno.
- Contaminación del agua subterránea.

La práctica de depositar, llevar a vertedero o verter en pozos tales residuos tiene por lo menos 80 años de antigüedad. El impacto medioambiental es enorme. Aunque con retraso, se han establecido medidas de protección ambiental, y no es muy probable que se aprueben nuevas áreas de depósito, nuevos vertederos o nuevos pozos para vertido. Hoy en día, debido a la conciencia ecológica general, la legislación obliga a la regeneración de todas estas áreas.

#### 3. ¿Cómo tratar los lodos?

La selección de la tecnología de tratamiento de los lodos del alquitrán y del petróleo se basa en una serie de consideraciones que tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- El tipo, consistencia y composición de los lodos existentes en las áreas indicadas.
- Los nuevos residuos que se producen, que también necesitan tratarse.
- La posibilidad de recuperar, reciclar o reutilizar los materiales con-

*En las refinerías de petróleo, en las plantas de destilación del alquitrán de hulla y en las coquerías, así como en otros sectores industriales, se producen lodos malolientes. La composición de estos residuos depende de su origen y, por lo tanto, sus propiedades varían ampliamente. Cantidades considerables de estos lodos se acumulan en depósitos y vertederos, originando diversos problemas. Las soluciones a estos problemas pasan por el tratamiento y valorización de los lodos. El presente artículo describe varias alternativas para ello.*

tenidos en los lodos y residuos.

- La prevención de una contaminación secundaria debida a los compuestos tóxicos presentes.
- Las normas, especificaciones y directrices dadas por la legislación aplicable vigente.

Por lo general, tres son las alternativas principales a seleccionar:

- Incineración especial.
- Utilización como componentes de combustibles utilizados en las industrias de generación de energía.
- Separación y recuperación de materiales.

Dependiendo del proceso seleccionado, es posible utilizar los productos recuperados como materias primas en procesos comerciales o emplear los lodos como fuente de energía. Cualquiera de ellos podría ser un negocio lucrativo.

## 4. Comparación de tecnologías

El primer obstáculo que hay que salvar es cómo extraer los residuos de los depósitos, vertederos o pozos, y llevarlos a los lugares de tratamiento. Existen las siguientes posibilidades conocidas:

- Excavadora flotante, que incorpora una bomba especial para pasas espesas.
- Bomba de aspiración.
- Licuefacción directa mediante vapor.

Todas estas tecnologías transportan los residuos, en tuberías cerradas, desde el área donde está depositado hasta la planta de tratamiento. Si la concentración de componentes tóxicos es elevada, es necesario seleccionar la tecnología que proporcione un diseño cerrado desde el punto de extracción hasta el final del subsiguiente proceso de tratamiento.

En los apartados siguientes se describen y comentan tres procesos de tratamiento aplicados en la práctica.

## 5. Tratamiento de secado y conversión

La combinación del secado y la conversión térmica (Fig. 1) fue desarrollada para tratar térmicamente y convertir lodos del alquitrán y del petróleo (proceso Aicher de reciclado de lodos). Es un proceso continuo. El secado es la primera etapa y tiene lugar al vacío (aproximadamente 200 mbar). La aplicación de vacío tiene importancia desde el punto de vista de la seguridad, pero también permite el uso de fuentes de energía de baja temperatura, como vapor a baja presión o incluso agua caliente. Tales fuentes de energía se producen en las industrias de proceso con un coste notablemente bajo. El secado al vacío y las temperaturas moderadas aseguran un reducido contenido de contaminantes en los vapores generados en esta etapa.

La conversión térmica del material secado se lleva a cabo en una segunda etapa, que se conoce como pirólisis a baja temperatura. Esta operación tiene lugar a 400 °C en una atmósfera libre de oxígeno. El lodo seco se convierte en dos fases: la fase vapor y el residuo sólido final. La fase vapor está formada por aceite de conversión y agua. Ambas fases se condensan y separan por centrifugación. La fase sólida final se conoce como carbón de conversión (coque). Cuando éste se descarga del convertidor, se enfría y almacena en silos.

Mediante balances de materia y análisis de muestras se obtuvo que el 35 % en peso de la materia seca alimentada al convertidor se convierte en aceite de conversión y el 45 %, en carbón de conversión. El mercurio alimentado a la planta con los lodos resulta eliminado completamente de los productos de conversión. El 98,5 % del contenido de materia orgánica halogenada de los lodos se degrada, y los hidrocarburos aromáticos policíclicos contenidos se destruyen.

Los aceites así obtenidos cumplen todas las características de los aceites combustibles con bajo contenido de azufre, con la excepción del punto de inflamación. El carbón de conversión, con un contenido en carbono de aproximadamente un 30%, es un material combustible secundario reutilizable.

## 6. Mezcla para obtener combustibles

Los procesos de secado por contacto de lodos del alquitrán y del petróleo permiten la vaporización de componentes cuya presencia incluso impediría la manipulación y el procesamiento posterior. Debido al origen diverso de tales lodos, es posible la existencia de varios hidrocarburos. Además de aceites de bajo, medio y alto punto de ebullición, también hay aromáticos, como el benceno, el tolueno y los xilenos. La presencia de compuestos cancerígenos, como el benceno,

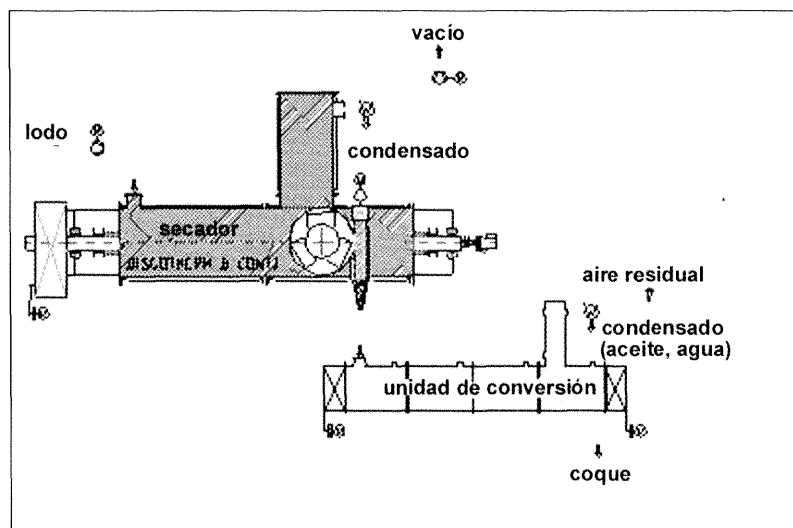


Figura 1.  
Esquema de una instalación de tratamiento por secado y conversión térmica

exige un procesamiento totalmente cerrado de tales lodos. Para prevenir una contaminación atmosférica secundaria, la extracción y transporte de estos lodos debe llevarse a cabo bajo condiciones cerradas. La separación de componentes como el benceno puede efectuarse por medio de una destilación por arrastre de vapor, lo que puede hacerse con el agua contenida en los lodos. A través de la evaporación del agua, el benceno y otros componentes fácilmente volátiles pueden vaporizarse también.

El secado tiene lugar a presión atmosférica a una temperatura de calefacción de aproximadamente 150°C (la instalación está formada por el mismo secador utilizado en el proceso anterior). En la primera parte del secador, el lodo pastoso y frío fundiría y, a continuación, se calentaría hasta la temperatura de ebullición del agua. Debido a la presencia de varios materiales inorgánicos y orgánicos, el agua herviría aproximadamente a 105°C. Cuando el 15% del agua contenida se ha evaporado, la cantidad de benceno y otros productos volátiles es de esperar que sea inferior a 100 ppm. El lodo deshidratado y libre de benceno, una vez enfriado a la temperatura ambiente, es un material neutro que podría tratarse posteriormente de una forma no cerrada. El lodo seco, debido a su alto poder calorífico de 22-30 MJ/kg, puede utilizarse solamente como combustible en unidades de combustión de aceite pesado, en unidades de gasificación y en plantas de cemento.

Las grandes centrales de producción de energía representan el uso óptimo de grandes cantidades de lodos pretratados. Estos lodos deberían mezclarse con el carbón para reducir su elevado poder calorífico y también para estabilizar el poder calorífico fluctuante del carbón. La mezcla es un combustible no tóxico, que se transporta bien y fácil de manipular. Así, mediante un secado por contacto, es posible transformar un residuo peligroso para el medio ambiente en un combustible valioso.

## 7. Fraccionamiento de mezclas de residuos

El secado por contacto discontinuo es adecuado, no sólo para la vaporización de componentes, sino también para el fraccionamiento de los lodos en diferentes cortes (Fig. 2). Los componentes destilan uno tras otro en función de la temperatura y presión (vacío) de operación en la cámara de proceso. Los componentes vaporizados condensan y se descargan como líquidos. Con esta alternativa, es posible separar cuantitativamente y extraer componentes como agua, hidrocarburos ligeros y pesados, mercurio, etc.

Las ventajas del secado por contacto discontinuo son:

- La posibilidad de tratar el lodo en el lugar de origen.
- La separación selectiva de componentes y su reciclado al proceso.
- La eliminación de los costes de disposición.

El fraccionamiento por vaporización selectiva en un secador de contacto es un proceso discontinuo. Este modo de operación da flexibilidad a la selección de las condiciones operativas adecuadas al corte correspondiente. Pero de-

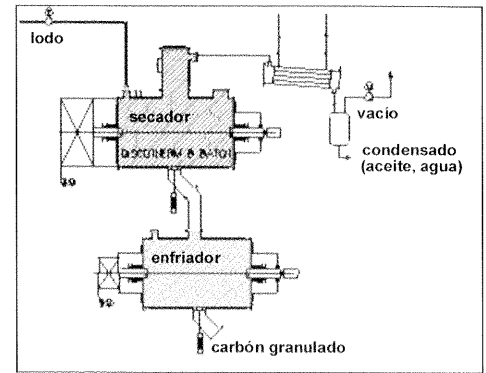
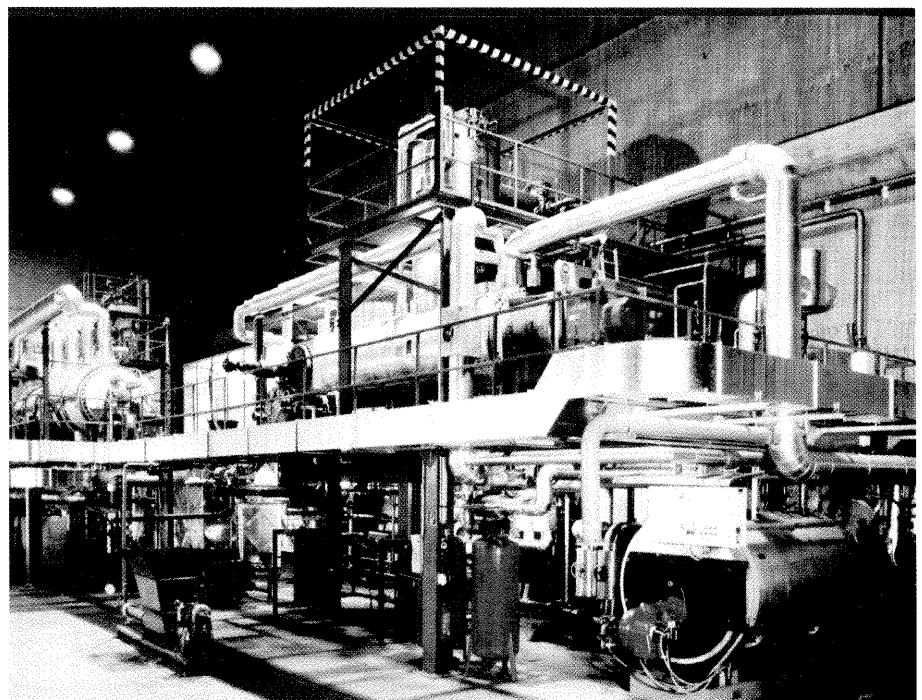


Figura 2. Esquema de una instalación de fraccionamiento por vaporización selectiva

vido a él, la capacidad máxima de procesamiento por unidad es de 8.000 t/año.

La vaporización del agua y de los componentes orgánicos ligeros empieza a presión atmosférica y a una temperatura de calefacción situada en el abanico de 250-300 °C. A medida que el contenido de agua decrece, la temperatura del lodo procesado se aumenta, a fin de que los aceites ligeros y medios también se vaporicen a presión atmosférica. Para destilar los componentes pesados, la presión de operación se disminuye mientras la temperatura del producto se incrementa gradualmente. Cuando el fraccionamiento está terminado, el residuo final en la cámara de proceso tendría una consistencia granular pulverulenta. Este polvo se vacía caliente en presencia de nitrógeno y se enfría en un recipiente

Planta de tratamiento por secado y conversión térmica



cerrado. Cuando la temperatura es de 60 °C, se descarga finalmente y se envía a la planta de energía, donde se mezcla con carbón y se utiliza como combustible.

## 8. ¿Qué requisitos previos debería reunir el secador?

La variedad de componentes contenidos en los lodos del alquitrán y del petróleo y sus propiedades requiere la selección de equipos de procesamiento que garanticen la seguridad de la operación, pero también la flexibilidad para tratar lodos diversos. Una peculiaridad de estos lodos es que, incluso cuando se ha vaporizado toda el agua contenida, el material residual presenta una consistencia pas-

tosa. Esta consistencia puede variar de fluido poco viscoso a altamente viscoso o incluso polvo granular, dependiendo de la composición y temperatura del residuo en la cámara de proceso del secador. Dado que no existe posibilidad de predecir el comportamiento y las características de fluencia del residuo durante el procesamiento, el secador seleccionado tiene que proporcionar seguridad y flexibilidad.

En detalle, el secador seleccionado debe reunir los siguientes requisitos previos:

- Diseño cerrado (sin emisión incontrolada, sin contaminación del agua subterránea).
- Secado por contacto (sin mezcla del medio de transferencia de calor y el producto).

- Autoinertización de vapores (seguridad frente a combustión y explosión).
- Diseño robusto (procesamiento de cuerpos sólidos extraños de un cierto tamaño sin dañar la unidad).
- Autolimpieza del área de transferencia de calor (alta evaporación específica a baja temperatura de calefacción, con prevención de formación de costras).
- Procesamiento de productos con características desconocidas (líquidos, pastas de elevada viscosidad).
- Flexibilidad de la tasa de producción sin cambiar la velocidad de rotación.
- Puesta en marcha y parada sin problemas cualquiera que sea la razón.