

C. N. E. A. Biblioteca

ARCHIVO PUBLICACIONES

Nº

AÑO

1982

# Retención de sulfuro de hidrógeno en aire con carbón activado o impregnado

por Juan R. Collet y Marcelo A. Molinari\*

## INTRODUCCION

En ciertas áreas de la Planta Experimental de Agua Pesada, actualmente en construcción en Atucha, Pcia. de Bs. As., deberá disponerse de sistemas de retención de sulfuro de hidrógeno, que podría aparecer habitualmente o en forma accidental en la atmósfera de determinados recintos, cuyo volumen de aire es limitado (locales especiales, gabinetes para equipos o instrumental, campanas, etc).

Para este fin, se hizo un estudio de las propiedades de adsorción de diversos carbones activados nacionales e importados y de su aplicación en sistemas de retención. Se determinaron propiedades que permitiesen clasificarlos en función de su comportamiento como adsorbentes, por ejemplo eficiencia de retención, capacidad de adsorción y calor desprendido en la reacción, así como otros parámetros (humedad, densidad, resistencia fluidodinámica, etc.), relacionadas con su aplicación práctica en filtros de retención.

Finalmente, sobre la base de los datos obtenidos, se desarrolló un método de impregnación con solución de hidróxido de sodio para uniformar y mejorar las propiedades de distintos productos comerciales.

### 1. CAPACIDAD DE ADSORCION

La capacidad (s) se define como la masa de sulfuro de hidrógeno adsorbida por 100 g de carbón a temperatura ambiente, en condiciones de saturación con una presión de sulfuro de hidrógeno puro de 1 atm.

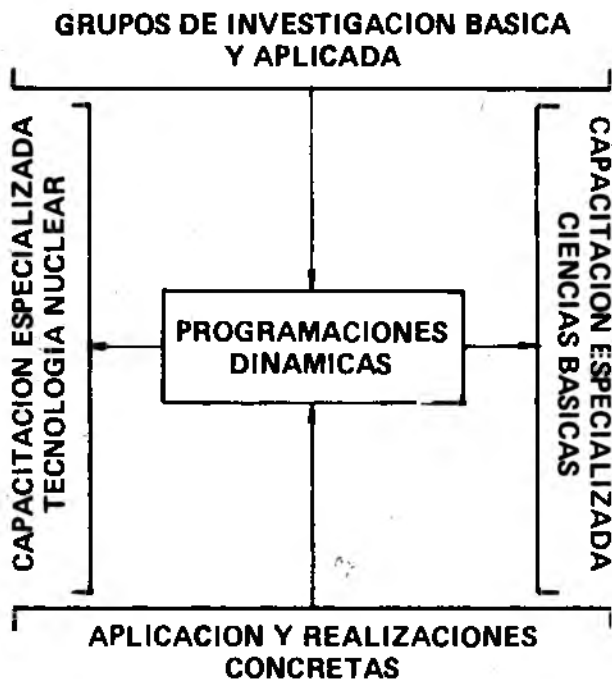
Esta propiedad es conveniente para comparar en principio distintos materiales.

Los valores obtenidos, que se resumen en la Tabla I, oscilan entre 4,1 y 15,4 g/100 g. Se puede observar una amplia variación no solo entre los varios tipos de carbón activados estudiados, sino también entre distintas partidas del mismo material. Esto último se debe a una producción

Departamento Química - Gerencia de Procesos Químicos -  
Comisión Nacional de Energía Atómica.

tico, sobre Metodología y Aplicación de Radioisótopos, para el uso en investigación clínica y diagnóstico y un Curso sobre "Dosimetría en Radioterapia" para terapéutica médica.

Además de estos Cursos, el postulante deberá cumplimentar, como se señaló más arriba, un cierto tiempo de práctica hospitalaria que varía según la aplicación para la cual se solicita el permiso.



Con esta indicación en el centro de nuestro diagrama, queremos explicitar que CNEA actualizó permanentemente los programas de los cursos dictados para la capacitación y desarrollo de los recursos humanos.

Lo hizo en función de las actividades que fue desarrollando y de las necesidades que de las mismas se dedujeron.

Una prueba clara de esta afirmación es la fig. 3 relativa a la formación de metalurgistas.

Lo es también la programación de cursos de iniciación a Centrales Nucleares, dictados en el centro de capacitación vecina a la Central Nuclear en Atucha, a través de los cuales se formó, con programaciones de posgrado profesionales y técnicos necesarios para la operación de la Central.

Esta programación, desde 1974 se dicta anualmente, fue adecuándose para formar al personal requerido para las diversas etapas de la Central Nuclear en Embalse.

Se completó con el dictado del Módulo 12 sobre Centrales de Agua Pesada. Cursos de Madrid: "Cursos sobre planificación, desarrollo y construcción de centrales nucleares (1978)" y "Cur-

so de Tecnología Nuclear (1976-77)."

Y el curso dictado por CIEN: "Curso Latinoamericano de Ingeniería Nuclear orientado a la capacitación básica para la implementación de programas nucleoelectrónicos (1978)."

Otro ejemplo es la incorporación de la Carrera de Ingeniería Nuclear en el Instituto Balseiro al decidirse el plan nuclear que prevé la construcción de cuatro centrales nucleares más.

El último cambio notorio introducido en la programación es la complementación de las programaciones técnicas con programas de desarrollo gerencial. En efecto, los programas actuales de la carrera de Ingeniería, salvo algunas excepciones, como la de Ingeniería Industrial, no incluyen tales temas y para salvar esa carencia, desde 1981 los programas técnicos se complementan, con la colaboración del Instituto para el Desarrollo de Empresarios en la Argentina (IDEA), con un Curso para Jóvenes Profesionales que desarrolle las habilidades y de las herramientas para planificar, administrar y controlar recursos humanos, técnicos, económicos y financieros.

## CONCLUSION

Este análisis indica que CNEA ha podido integrar un plantel de 3500 profesionales y técnicos capacitados para las tareas de complejidad creciente que encaró a lo largo de sus treinta años de vida, gracias a una continua preocupación por:

- capacitar adecuadamente al personal ingresante;
- mantener grupos de investigación básica y aplicada que constituyen el basamento de la labor docente para la formación de profesionales creativos;
- completar todos sus cursos teóricos con algún tipo de entrenamiento en el trabajo, lo que permite evaluar la potencialidad y planificar las carreras de cada individuo en función de las necesidades reales de la institución;
- interactuar con el sistema educativo nacional;
- utilizar las facilidades de capacitación en el exterior para mantener al día a sus profesionales;
- colaborar con los organismos internacionales para desarrollar en el país actividades de capacitación abiertas a participantes extranjeros;
- interactuar con los sistemas productivo y sanitario del país para lograr el cumplimiento de las Normas de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear.

Tabla I		
CAPACIDAD DE ADSORCION		
Carbones	Origen	s
C <sub>1</sub>	vegetal	13,5
C <sub>2</sub>	"	11,8
C <sub>3</sub>	"	8,0
C <sub>4</sub>	"	13,7
C <sub>5</sub> partida A	"	15,1
C <sub>5</sub> " B	"	6,6
C <sub>5</sub> " C	"	6,0
C <sub>6</sub>	"	12,3
C <sub>7</sub>	huesos	1,2
C <sub>8</sub>	animal	4,1
C <sub>9</sub>	importado, impregnado	15,4
C <sub>10</sub>	"	13,4
C <sub>11</sub>	"	7,8

discontinua a partir de materias primas variables, con un método de difícil control.

## 2. EFICIENCIA DE ADSORCION

Se define la eficiencia ( $\epsilon$  %) del lecho adsorbente como la relación porcentual entre el sulfuro de hidrógeno retenido y el total que se hace pasar a través del lecho de carbón, no alcanzándose necesariamente condiciones de equilibrio.

La eficiencia depende del material adsorbente, de la geometría del lecho, de la carga específica, del caudal, de la temperatura del lecho, de la concentración del gas y del contenido de humedad.

A continuación se pasará a describir cómo influyen algunas de estas variables en el valor de la eficiencia, usando como ejemplo resultados típicos obtenidos para el carbón C<sub>1</sub>.

### 2.1. Relación entre la eficiencia y la carga específica de sulfuro de hidrógeno

(\*) Observar la diferencia con lo definido en 1, como capacidad del carbón (S), donde se trata de condiciones de equilibrio. La carga específica de un carbón, saturado con 1 atm de sulfuro de hidrógeno, es igual al valor de la capacidad.

Eficiencia vs carga específica

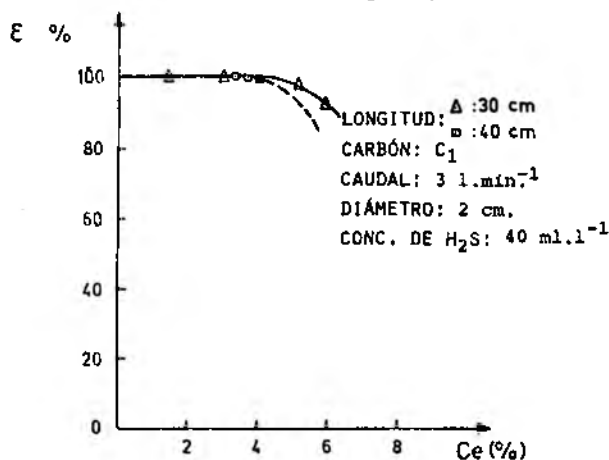


Figura 1

Se define la carga específica ( $C_e$ ) como la masa de sulfuro de hidrógeno expresada en gramos, adsorbida por 100 g de carbón, en determinadas condiciones (\*). En la Fig. 1 se muestra la variación de la eficiencia para dos lechos cilíndricos de longitudes distintas (30 y 40 cm).

Se observa que a partir de un cierto valor de  $C_e$ , la eficiencia empieza a disminuir, debido a la saturación de los sitios activos disponibles en el adsorbente.

La correlación de la carga específica con la eficiencia da una idea de la calidad del material en la adsorción dinámica.

### 2.2. Relación entre la eficiencia y la longitud del filtro

Se realizaron experiencias en lechos cilíndricos del mismo diámetro y longitud variable.

En la Fig. 2 se representan los datos obtenidos.

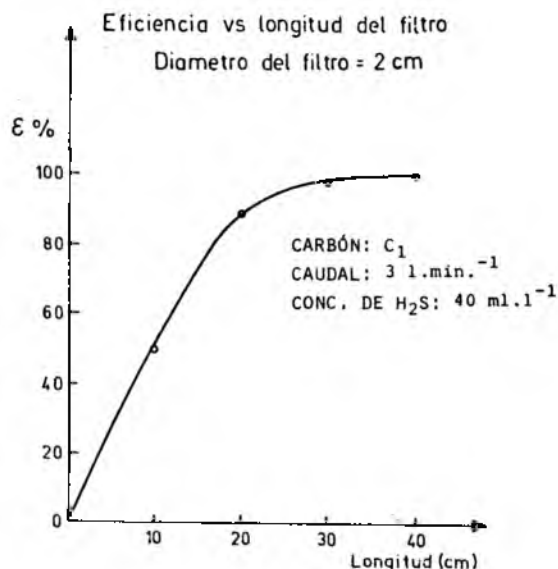


Figura 2

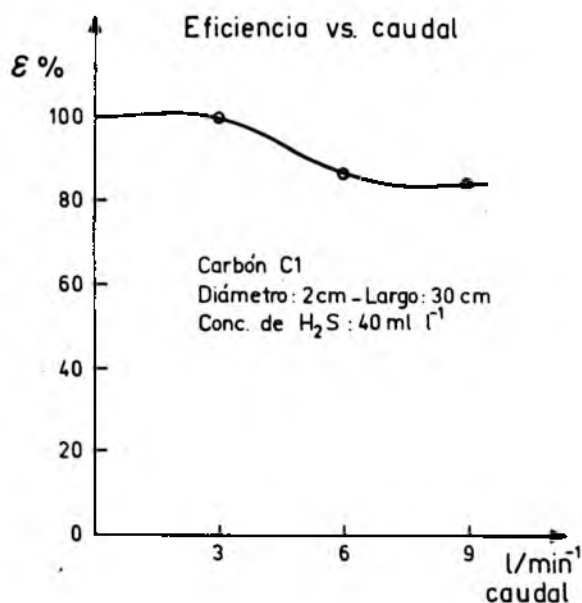


Figura 3  
 dos, observándose un comportamiento normal, con menor aumento de eficiencia al alcanzarse valores altos de longitud de lecho.

### 2.3. Relación entre la eficiencia y el caudal

Al variar el caudal se altera, en forma inversamente proporcional, el tiempo de residencia (\*) del gas, en un lecho de determinadas dimensiones.

En las experiencias realizadas, también variaba la concentración de sulfuro de hidrógeno en el aire portador.

La suma de estos dos efectos puede verse en el gráfico de la Fig. 3, que indica una reducción de eficiencia no muy marcada para una variación de caudal entre 3 y 9 l min<sup>-1</sup>.

### 3. CALOR DE REACCION EN EL FILTRO

Se realizaron mediciones de temperatura en función del tiempo, a lo largo de experiencias de adsorción dinámica y a distintas distancias desde la entrada del gas (h).

Los resultados pueden verse en la Fig. 4.

Se observa un rápido ascenso de temperatura en los primeros minutos de la experiencia hasta llegar a un máximo y luego un lento decaimiento al reducirse la velocidad de adsorción.

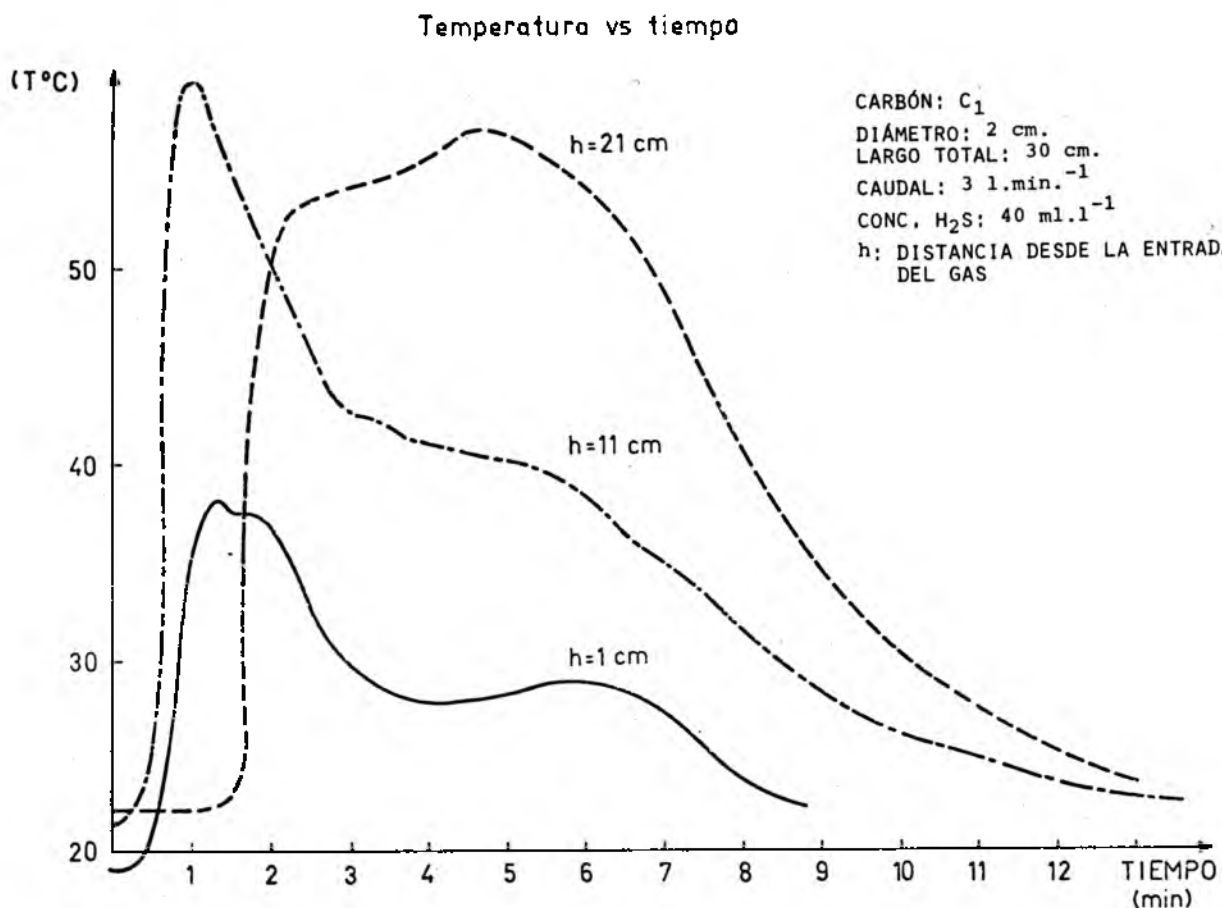


Figura 4

\* Definido como  $t = \frac{S \cdot \ell}{Q}$ , siendo S la sección,  $\ell$  la longitud y Q el caudal.

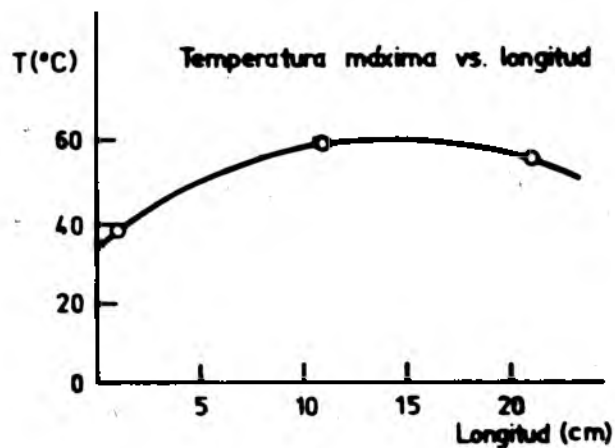


Figura 5

Para valores bajos de la distancia desde la entrada del filtro, puede verse una meseta, en la cual el sistema se mantiene aproximadamente estacionario, debido a que el calor producido por adsorción es igual al transferido al aire que circula.

En la Fig. 5 se representan los valores máximos de temperatura para distintas distancias (h). El máximo de esta curva se alcanza un poco más adelante del centro del lecho.

El calor no sólo es originado por la reacción de adsorción, sino también por una oxidación,

ya que tanto la temperatura alcanzada como la eficiencia disminuyen usando nitrógeno como gas portador.

En el caso de carbones de alta eficiencia, se pueden alcanzar temperaturas de ignición, con altas concentraciones de sulfuro de hidrógeno en aire y bajos caudales.

#### 4. ISOTERMAS DE ADSORCION

La cantidad relativa de sulfuro de hidrógeno adsorbida varía con la presión parcial de sulfuro de hidrógeno en la fase gaseosa y esta dependencia es descrita por funciones que se deducen de las teorías de la adsorción de gases sobre superficies sólidas.

Se estudió esta variación en distintos materiales a temperatura ambiente (25°C) verificándose que se cumple con bastante exactitud la ecuación conocida como "isoterma clásica de adsorción o de Freundlich."

$$S_p = K \cdot P^{1/\lambda}$$

siendo  $S_p$  la capacidad de adsorción a la presión  $P$  (cm Hg).

En la Fig. 6 se representan en gráfico logarítmico, los datos obtenidos para los distintos ma-

#### ISOTERMAS DE ADSORCION

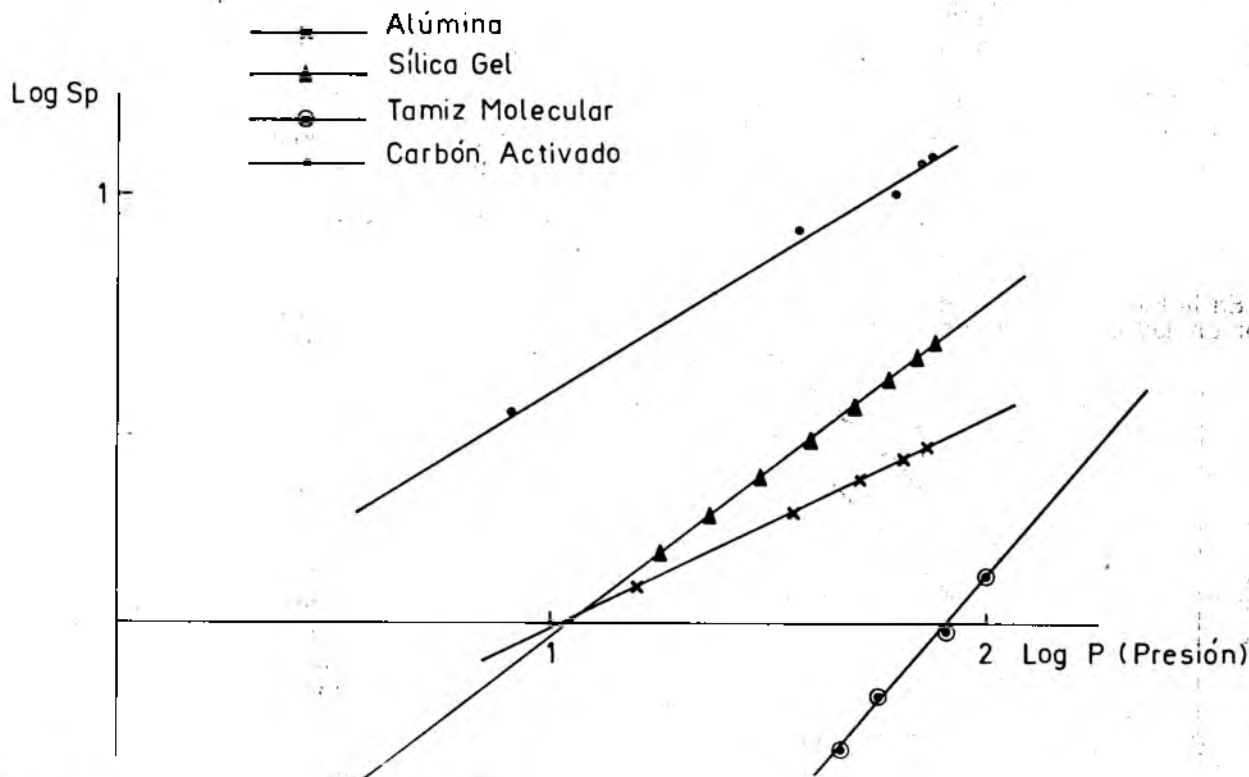


Figura 6

teriales ensayados, incluyéndose también datos de otros sólidos adsorbentes de uso común.

En todos los casos se obtuvieron factores de correlación mayores de 0,999, entre los datos experimentales y la isoterma de adsorción.

## 5. HUMEDAD

Los valores obtenidos oscilan entre 15,4 y 19%.

La influencia de esta propiedad se demostró mediante determinaciones de eficiencias para un mismo carbón seco y húmedo.

Se observó una mayor eficiencia en el carbón húmedo, lo que puede deberse a dos causas:

- i) El agua contenida absorbe calor durante su evaporación, disminuyendo la temperatura que se alcanza en el carbón seco.
- ii) La humedad ayuda a retener sulfuro de hidrógeno por disolución.

Experiencias con carbón seco y húmedo, con y sin refrigeración externa del lecho, indican que la causa principal es la citada en segundo término.

## 6. PROPIEDADES FISICAS

Para el diseño de un filtro es necesario conocer ciertas propiedades físicas generales del relleno, como ser la pérdida de carga por unidad de longitud, la densidad aparente y real del material y la granulometría.

A continuación se reseñarán brevemente los resultados obtenidos y la aplicación de cada uno de ellos.

### 6.1. Resistencia del relleno al flujo de gas (caída de presión o pérdida de carga)

En la Fig. 7 se representa la caída de presión por unidad de longitud de lecho ( $\Delta p/l$ ) en fun-

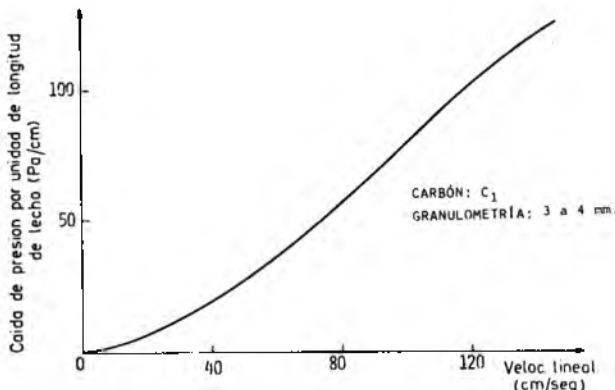


Figura 7

ción de la velocidad lineal ( $v_0$ ) del gas al pasar por el material adsorbente. Este dato es necesario para el diseño del lecho, así como para el cálculo del extractor.

Depende fundamentalmente de la granulometría del relleno y de su forma de empaquetamiento.

### 6.2. Densidad de los carbones

#### 6.2.1. Densidad aparente

Se define la densidad aparente como la relación entre la masa de carbón y el volumen total que ocupa. Esta propiedad física depende de la granulometría del material y del tipo de compactación.

En general los valores obtenidos tienen una dispersión del 5% para una granulometría de 3 a 4 mm, siendo indispensable aplicar normas reproducibles de compactación. Los resultados oscilan entre 0,30 y 0,49 g. cm<sup>-3</sup> para carbones vegetales, alcanzándose un valor de 0,66 gcm<sup>-3</sup> para carbón de huesos.

#### 6.2.2. Densidad en mercurio

Por este método se desplaza con mercurio el aire existente entre los granos del carbón. La tensión interfacial mercurio-carbón, impide la penetración del líquido en los poros y por lo tanto, el dato obtenido corresponde a la densidad promedio del grano.

Los datos obtenidos oscilar entre 0,53 y 0,62 g. cm<sup>-3</sup>, para distintos carbones vegetales.

## 7. MODIFICACION DE ADSORBENTES

Como se hizo notar en 1., se observó una gran variación de calidades, lo cual representa un problema crítico en la elección del material.

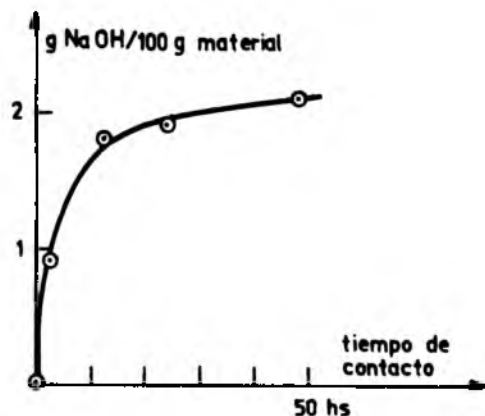
En consecuencia, se decidió impregnar carbones de baja calidad, con sustancias que mejoren y hagan más uniformes las propiedades de adsorción de estos materiales.

Entre las distintas posibilidades, se eligió impregnar con hidróxido de sodio, por razones de costo, de facilidad de ejecución y por comparación con carbones de procedencia extranjera de alta eficiencia.

### 7.1. Ensayo de las condiciones de impregnación.

Se estudió la influencia del tiempo y la temperatura de impregnación, la concentración de la solución de hidróxido de sodio, la forma de secado y lavado en el filtro, sobre la calidad del material obtenido, indicada principalmente por la eficiencia de retención y la carga específica. ( $\epsilon$  y  $C_E$ ).

#### 7.1.1. Tiempo de impregnación, lavado y forma de secado



### Proporción de NaOH adsorbido en función del tiempo de contacto

Figura 8

Se obtuvo la cantidad de hidróxido de sodio adsorbido por el carbón en función del tiempo, siguiendo la variación de la concentración de una solución de hidróxido de sodio en contacto con el material (ver Fig. 8).

Se observó que después de aproximadamente 20 h, la cantidad de hidróxido de sodio adsorbida aumentaba solo lentamente, pudiéndose adoptar un tiempo de contacto de 20 a 30 h.

El lavado con agua produce una pequeña disminución de eficiencia, sin alcanzar valores inaceptables.

El secado del carbón puede llevarse a cabo en estufa en 2 ó 3 h o al aire ambiente entre 72 y 120 h, dependiendo de la humedad del aire y su renovación en el recinto.

#### 7.1.2. Concentración de hidróxido de sodio y temperatura de impregnación

Tabla II			
Muestra	Conc. sol NaOH %	C <sub>e</sub> %	ε %
A10	10	8	100*
A2,5	2,5	7,6	94
A2	2	6,9	91
A1	1	6,0	57
A	—	2,2	40
B	—	7,1	91

\* Se observa alta temperatura y liberación de vapor.

Se obtuvieron en el laboratorio materiales preparados con distintas soluciones de hidróxido de sodio de concentración entre 0,1 y 10 % y se determinó su eficiencia. Los resultados se muestran en la Tabla II, comparándolos con un carbón "B" sin impregnar, de buena calidad.

Sobre la base de esos resultados, se adoptó una concentración de 2,5%.

Con mayor temperatura durante la impregnación, se obtiene un resultado similar al que se llega con soluciones más concentradas.

En el caso que nos ocupa se consideró más favorable operar a temperatura ambiente, por razones de simplicidad.

#### 7.2. Propiedades del carbón impregnado.

El mayor cambio observado respecto del carbón original consistió en el aumento de la eficiencia de retención (comparar muestra A con A-1 al A-10 en Tabla II).

La densidad en mercurio y la densidad aparente aumentó aproximadamente 5% con respecto al material original. El contenido de humedad y la resistencia al flujo de gas no sufrieron modificaciones.

Se realizaron también determinaciones de eficiencia en función del largo del lecho, del caudal del gas y de la carga específica obteniéndose curvas típicas, sin ningún tipo de desviación.

En contraste, se observó un aumento escaso o nulo de la capacidad de adsorción, a pesar del marcado incremento de la eficiencia. Es posible que el tratamiento no aumente el número de sitios activos, sino que se sustituyan centros de adsorción física por otros de quimisorción, con mayor fuerza de unión. Esto parece coincidir con los datos de superficie específica (método BET), en los que se observa una disminución de más de 30% respecto del carbón original.

### 8. CONCLUSIONES

Las propiedades de algunas partidas de carbones activados de origen nacional permiten su utilización en filtros de retención de sulfuro de hidrógeno en aire, pero resulta necesario su control previo debido a la falta de uniformidad observada.

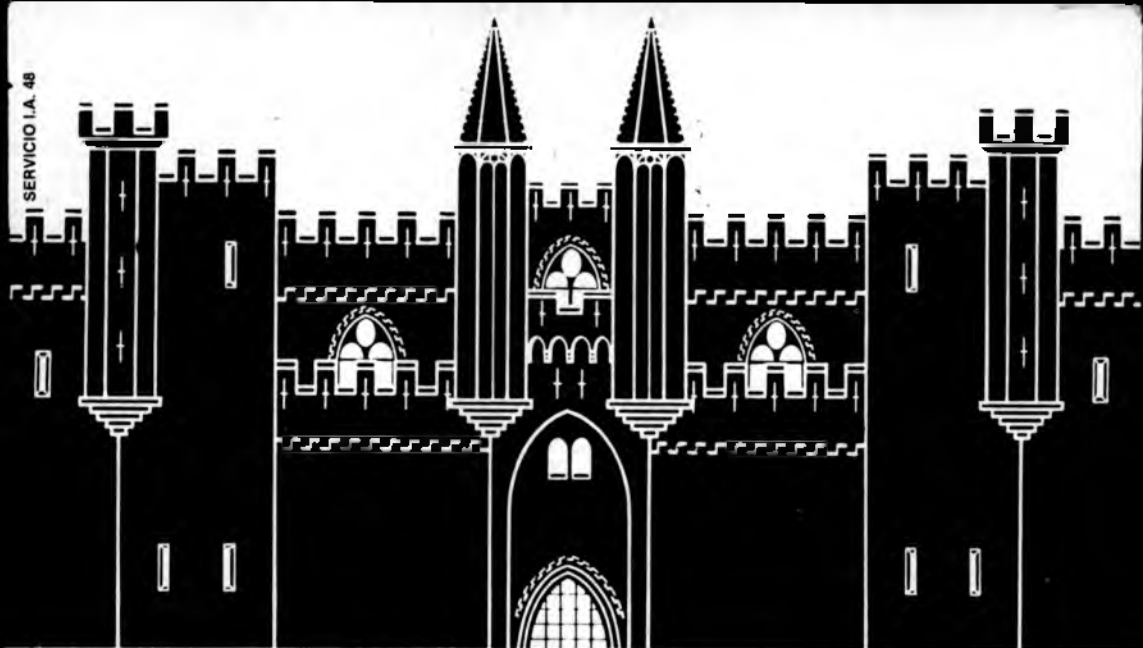
Otra solución satisfactoria consiste en la preparación de carbones impregnados, con la sencilla técnica descrita.

#### 9. BIBLIOGRAFIA

*Surface Chemistry. Theory and Applications.* J.J. BIKERMAN. Academic Press (1958).

*"Summary of the Carbon Absorption Method Data"*, F.M. MIDDLETON and A.A. ROSSEN. *Public Health Reports*, 71, 1125 (1956).

SERVICIO I.A. 47



# Había una vez...

Había una vez...

Esa era la forma clásica de iniciar los cuentos destinados a los niños. En ellos se hablaba de princesitas rubias y de castillos viejos, y de hermosos manebos llegados de muy lejos, al trote de corceles ligeros como el viento...

Pero esos niños hoy ya son hombres.

A esos hombres ya no es posible contarles cuentos.

Exigen realidades.

Calidad controlada.

Y muchos de esos hombres intervienen activamente en el comercio mundial, comprando, fabricando, vendiendo, prestando servicios o requiriéndolos...

Es decir, garantía, garantía de la garantía, riesgo cero. Seguridad total.

Hay una forma - una única forma - de satisfacer esa exigencia, de conquistar mercados exteriores, de mantenerlos, de acrecentarlos, de obtener los máximos galardones para los productos argentinos.

Si, Ud. lo ha pensado ya. Es la única.

Venga a IRAM. En el IRAM hallará asesoramiento para aplicar correctamente las normas nacionales o extranjeras que requieran sus actividades. Juntos estudiaremos las normas de emergencia que Ud. necesite si no se ajusta a sus necesidades ninguna de las 4.500 que tenemos en vigencia. Con Ud. incursionaremos en el Catálogo que incluye el parque normativo nacional, recorreremos América a través de las normas promulgadas por la Comisión Panamericana de Normas Técnicas, saltaremos a Europa o a cualesquiera de los restantes continentes mediante el lenguaje común que nos brindan todos los institutos normalizadores del mundo.

Venga a Relaciones Externas del IRAM. El IRAM es una entidad de bien público que colabora en el engrandecimiento del país brindando a sus hombres de empresa 45 años de experiencia.



Venga a Relaciones Externas del IRAM, Chile 1192, Teléfono 37-8364 - 1098 Bs. As.