

# GENERALIDADES SOBRE LAVADO DE CARBONES

Por R. SANCHEZ DELGADO, Químico de la Empresa Nacional Calvo Sotelo.

**Finalidad e importancia.**—Generalmente, el carbón debè someterse a diversos procedimientos de elaboración antes de ser empleado en los correspondientes procesos industriales.

Ocupa lugar preferente, por su importancia, el llamado lavado de carbones, con el que pueden lograrse dos finalidades distintas: a) Separación del carbón en fracciones con distinto contenido en cenizas; y b) Clasificación del mismo atendiendo a sus constituyentes macroscópicos.

El fraccionamiento del carbón en varias partes con distinto contenido en cenizas contribuye de un modo eficazísimo a su revalorización, ya que en algunos procesos industriales no es obstáculo el empleo del carbón con elevado porcentaje de cenizas, mientras que en otros es fundamental la reducción del mismo a un mínimo.

Con la eliminación por lavado de gran parte de la materia mineral origen de las cenizas, se logra una separación del azufre existente en forma de sulfato o piritita, pernicioso en cualquiera de los ulteriores procesos a que se someta el carbón; por otra parte, dicha eliminación de cenizas lleva siempre consigo la correspondiente economía en los gastos por transporte y aumento del poder calorífico.

Varias son las operaciones industriales que frecuentemente exigen un previo lavado de la materia prima. Nos limitaremos a citar las ventajas de esta operación en unos casos, la necesidad en otros, cuando el carbón se destina a la obtención de combustibles líquidos.

Se ha comprobado experimentalmente que en la destilación del carbón a B. T., además de mejorar la calidad del coque y alquitrán, los rendimientos de este último aumentan a medida que el porcentaje de cenizas disminuye (1). En el caso de someter a la hidrogenación el alquitrán obtenido en la destilación, la proporción de hidrógeno necesaria para efectuar dicha operación, es tanto menor cuanto más reducido sea el porcentaje de azufre contenido en el mismo, teniendo esto doble interés por ser el hidrógeno una de las cargas económicas más pesadas de este proceso. Finalmente, en la hidrogenación directa de carbonés el contenido en cenizas no debe exceder del 1-2 por 100 en hullas y de un 5 por 100 aproximadamente en lignitos.

Además de la separación del carbón en fracciones con distinto porcentaje en cenizas, puede conseguirse también un fraccionamiento grueso, pero que no por eso deja de ser a veces utilísimo con arreglo a sus constituyentes macroscópicos de distinta densidad, que crece en el orden: vitreno, durenó y furenó. La importancia de esta separación radica en que el carbón con elevado contenido en vitreno es apropiado para la

coquización; en durenó, para la destilación, y en furenó, para la combustión del carbón en polvo (2).

**Métodos de fraccionamiento.**—Como un estudio de los procesos industriales más importantes se saldría de los límites de un trabajo como el que nos ocupa, vamos a limitarnos a hacer un ligero estudio de alguno de ellos, teniendo en cuenta la siguiente clasificación: tratamiento por vía húmeda y tratamiento por vía seca.

Por su escasa rentabilidad, nos limitamos a citar los modernos estudios de Hock, Engelfried y A. Jäppelt sobre el arrastre de las cenizas por medio de ácidos (3).

## FRACCIONAMIENTO DEL CARBON POR VIA HUMEDA

**Flotación.**—Esta operación se realiza en disoluciones acuosas, agitadas mecánicamente, a las que se adiciona un reactivo apropiado; el polvo de carbón sobrenada tanto más fácilmente cuanto menor sea su densidad, lo que permite una separación del mismo en fracciones con distinto contenido en cenizas.

El agua debe reunir ciertas características físicas y químicas, siendo las más importantes que no contengan sustancia orgánica ni en general compuestos que puedan reaccionar con el reactivo a emplear. Entre la cantidad de carbón y líquido debe existir una relación que debe determinarse experimentalmente y que oscila entre 200 y 300 gramos-litro, siendo tanto mayor la cantidad de líquido necesaria cuanto más fino sea el polvo de carbón.

Los reactivos tienen por objeto: unos, facilitar la adherencia del agua al carbón; otros, la formación de espuma, efectos ambos que favorecen la flotación del producto; corrientemente se emplean reactivos que participan de las dos características y que al mismo tiempo son productos baratos procedentes de la destilación del carbón, como: aceites de antraceno, naftalina, creosota, etc.

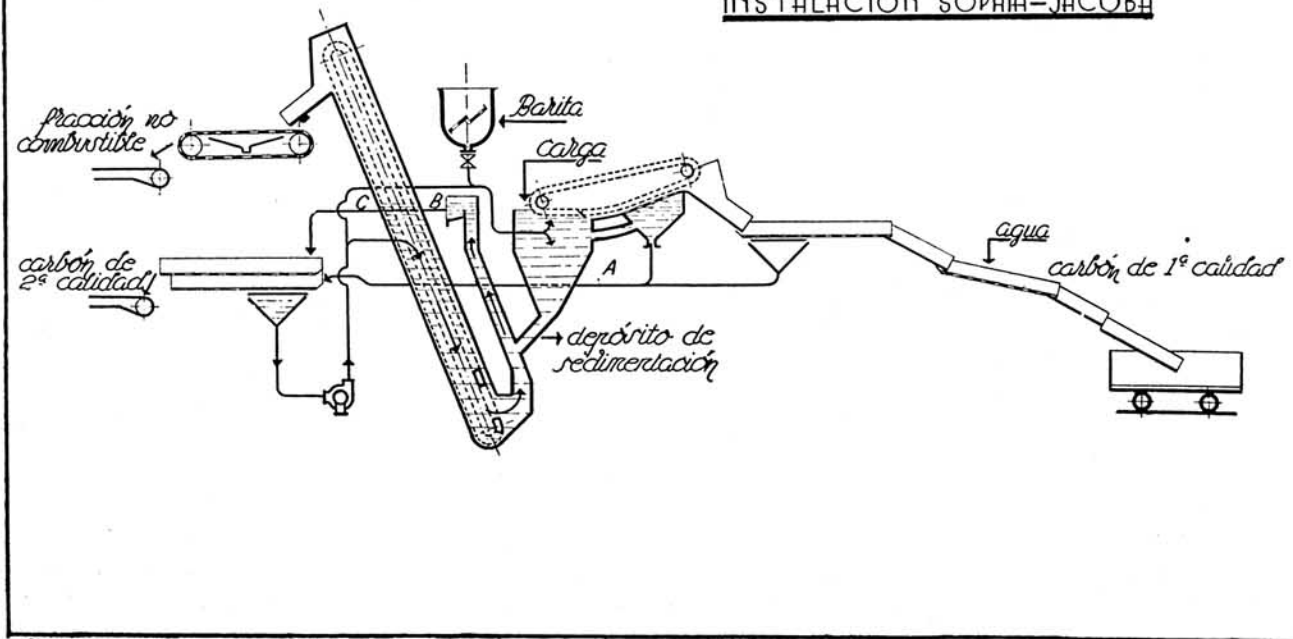
La cantidad de reactivo a emplear oscila entre 0,3 y 2 kilogramos por tonelada de materia prima.

Las dimensiones del carbón no deben exceder de 2,5 milímetros en las instalaciones provistas de agitador mecánico, y de 0,5 milímetros en las que la agitación se hace con aire (4).

Por este procedimiento puede fraccionarse solamente polvo de carbón, ya que un triturado previo no resulta en general económico.

**Fraccionamiento del carbón por inmersión en líquidos densos.**—La composición de los medios densos que nos sirven para fraccionar el carbón por este procedi-

INSTALACIÓN SOPHIA-JACOBA



miento, es variadísima. Adoptaremos la siguiente clasificación: a) Mezclas de líquidos orgánicos. b) Disoluciones de sales inorgánicas. c) Suspensión de sales insolubles finamente pulverizadas.

Las mezclas de líquidos orgánicos insustituibles en los ensayos de laboratorio no encuentran aceptación en la industria por el elevado precio de estos compuestos.

Recientemente ha dado a conocer en América la Empresa "E. du Pont de Nemours & Co." unas instalaciones en las que se trabaja con estas mezclas (5). Sin embargo, no hay que pensar que un proceso de este género resulte por ahora económico en España.

Las disoluciones de sales, como cloruro de cinc, cálcico, etc., con densidades de 1,4-1,9, resulta más baratas que las anteriores, y de hecho hay en funcionamiento instalaciones de este tipo; no obstante, y debido especialmente al consumo de calor necesario para recuperar el producto impregnado en el carbón lavado, han perdido interés aun en las naciones que cuentan con instalaciones de este género.

Finalmente, las instalaciones que trabajan con suspensiones de minerales, tales como  $SO_4 Ba$ ,  $Fe_2 O_3$ ,  $Fe_3 O_4$ , etc., han adquirido gran importancia por tratarse de productos naturales, baratos y capaces de formar suspensiones con elevado peso específico.

Las instalaciones Sophia-Jacoba (6) trabajan con suspensiones de  $SO_4 Ba$ , a las que se añaden pequeñas cantidades de arcilla, pudiendo emplearse carbón desde 4 a 80 milímetros.

Parte de la suspensión se prepara de tal modo, que en un depósito se separe el carbón de peso específico 1,4 y menor con pequeño contenido en cenizas (menor de 3 por 100); en otro, el de un peso específico comprendido entre 1,4 y 1,5, y en un tercero, la parte no combustible.

En el esquema número 1 puede verse esta instalación.

FRACCIONAMIENTO DEL CARBÓN POR VIA SECA

**Procedimiento electrostático.**—Aunque sólo sea someramente vamos a hablar de este procedimiento, pues si bien es verdad que aún no ha adquirido desarrollo industrial, es de esperar lo tenga en fecha próxima, a juzgar por los buenos resultados obtenidos en instalaciones semiindustriales (7).

El fundamento del mismo consiste en hacer pasar el polvo del carbón por una cámara donde se desarrolla una elevada tensión (15.000-40.000 voltios); en virtud de las distintas propiedades eléctricas del polvo de carbón propiamente dicho y del que va unido a diversos compuestos de naturaleza mineral, son separados estos últimos al lado de los electrodos, mientras que el primero queda a mayor distancia de los mismos.

El producto debe secarse antes del proceso, hasta que su contenido en agua no exceda del 1-1,5 por 100.

Las dimensiones del carbón no deben exceder de 1-2 milímetros.

En la tabla número 1 pueden verse los resultados obtenidos con carbones procedentes de distintas minas alemanas:

TABLA I

TANTO POR CIENTO DE AZUFRE TOTAL			TANTO POR CIENTO DE AZUFRE DE PIRITA		
Producto	Carbón lavado	Residuo	Producto	Carbón lavado	Residuo
1,65	0,95	6,55	0,65	0,05	4,95
1,00	0,90	1,10	0,35	0,15	0,60
1,35	1,10	2,20	0,30	0,15	1,40
1,20	1,05	2,05	0,40	"	"
3,00	2,61	3,90	"	"	"
2,45	0,80	4,50	1,70	0,10	3,70

Octubre 1944

**Concentración neumática.** — Los concentradores neumáticos se fundan en la distinta velocidad que adquieren las fracciones de distinta densidad del producto a tratar en el seno del aire.

Un estudio completo de los distintos procesos de concentración neumática puede verse en el libro del señor Sánchez Arboledas, "Preparación mecánica en seco de los carbones".

Vamos a hacer una ligera descripción de uno de dichos procesos: el de Munford-Moodie, que aunque hoy día su empleo ha quedado limitado al despolvorado previo de carbón, nos aclara mejor que otro cualquiera los principios básicos de la teoría que nos ocupa.

El producto cae de una tolva a un disco giratorio que lo proyecta sobre un anillo. Una corriente de aire que penetra por la parte inferior asciende entre el disco y el anillo, arrastrando las pequeñas partículas y menos pesadas a un recipiente exterior, mientras que las grandes y pesadas son arrastradas a otro recipiente exterior. (Esquema núm. 2.)

Los métodos de concentración neumática tienen algunas ventajas sobre los de fraccionamiento por vía húmeda, aunque también es verdad que a veces es preferible el empleo de estos últimos. Con los primeros se obtienen productos secos, evitando los "sohlams", reduciendo los gastos de transporte y aumentando el rendimiento del horno; pero, sin embargo, no se pueden aplicar a carbones húmedos y exigen la mayor parte un despolvorado y cribado previos, éste último entre límites bastante próximos.

**ANALISIS DE LAVADO DE CARBONES**

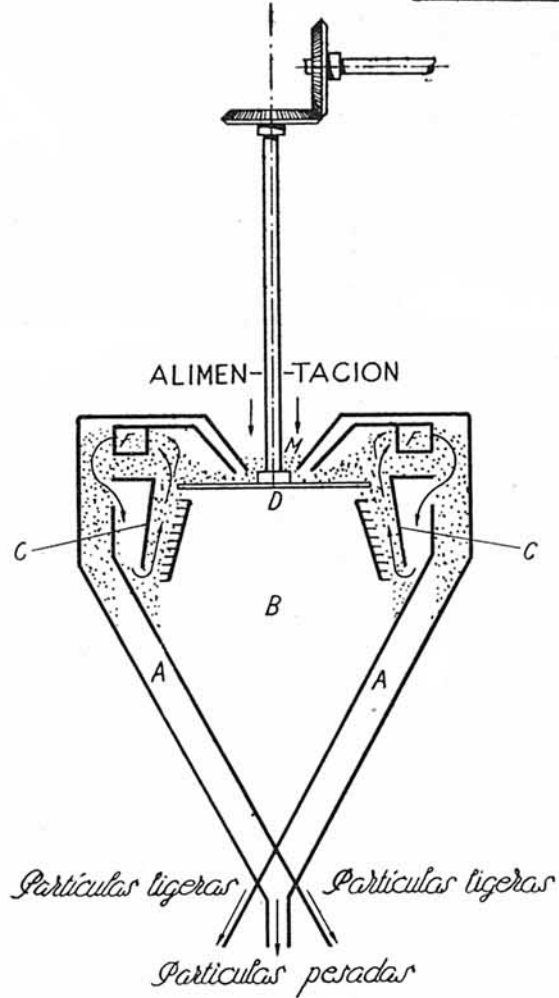
Con el análisis de lavado de carbones se determina la cantidad y calidad de las fracciones que puedan obtenerse en el proceso industrial, y con ello, las posibilidades de preparación.

Describiremos tres procedimientos, muy corrientes en laboratorios de este género: Ensayo de inmersión-flotación, de sedimentación y de flotación.

**Ensayo de inmersión-flotación.**—El carbón se fracciona en seis o siete partes de distinto peso específico con ayuda de líquidos o mezcla de líquidos que tenga distinta densidad.

Al añadir el carbón a uno de estos líquidos, la parte menos densa que éstos flota, y la más densa cae al fondo. Variando la densidad del líquido por adición de otro compuesto más denso, podremos fraccionar nuevamente en dos la parte separada en el fondo.

El análisis se hace en un recipiente donde va un cilindro con fondo de malla; en el primero se introduce el líquido, y en el segundo el carbón; la parte que flota es separada, formando la fracción primera.



Se saca el cilindro del recipiente, separando el polvo que queda en este último para añadirlo a la fracción siguiente. Se vuelve a colocar el cilindro en el recipiente y se añade un nuevo líquido o mezcla de mayor intensidad que la anterior, repitiendo la operación hasta haber obtenido seis o siete fracciones aproximadamente. Con cada una de ellas se hace una determinación de cenizas para construir la curva correspondiente.

Los líquidos a emplear deben reunir las siguientes condiciones:

1. No han de atacar o disolver a partes constituyentes del carbón (1).
2. Deben ser miscibles entre sí.
3. Han de mojar bien el producto.

Se emplean frecuentemente:

Xilol .....	0,85	peso específico.
Benzol .....	0,87	" "
Tetracloruro de carbono .....	1,60	" "
Tribromuro de metilo .....	2,90	" "
Tetrabromoetano .....	2,93	" "

(1) Aunque los productos indicados disuelven ya en frío pequeñas cantidades del bitumen contenido en el carbón, pueden despreciarse especialmente si se opera con la suficiente rapidez. Si se trata de un carbón muy rico en bitumen, juzga conveniente el empleo del ensayo por sedimentación.

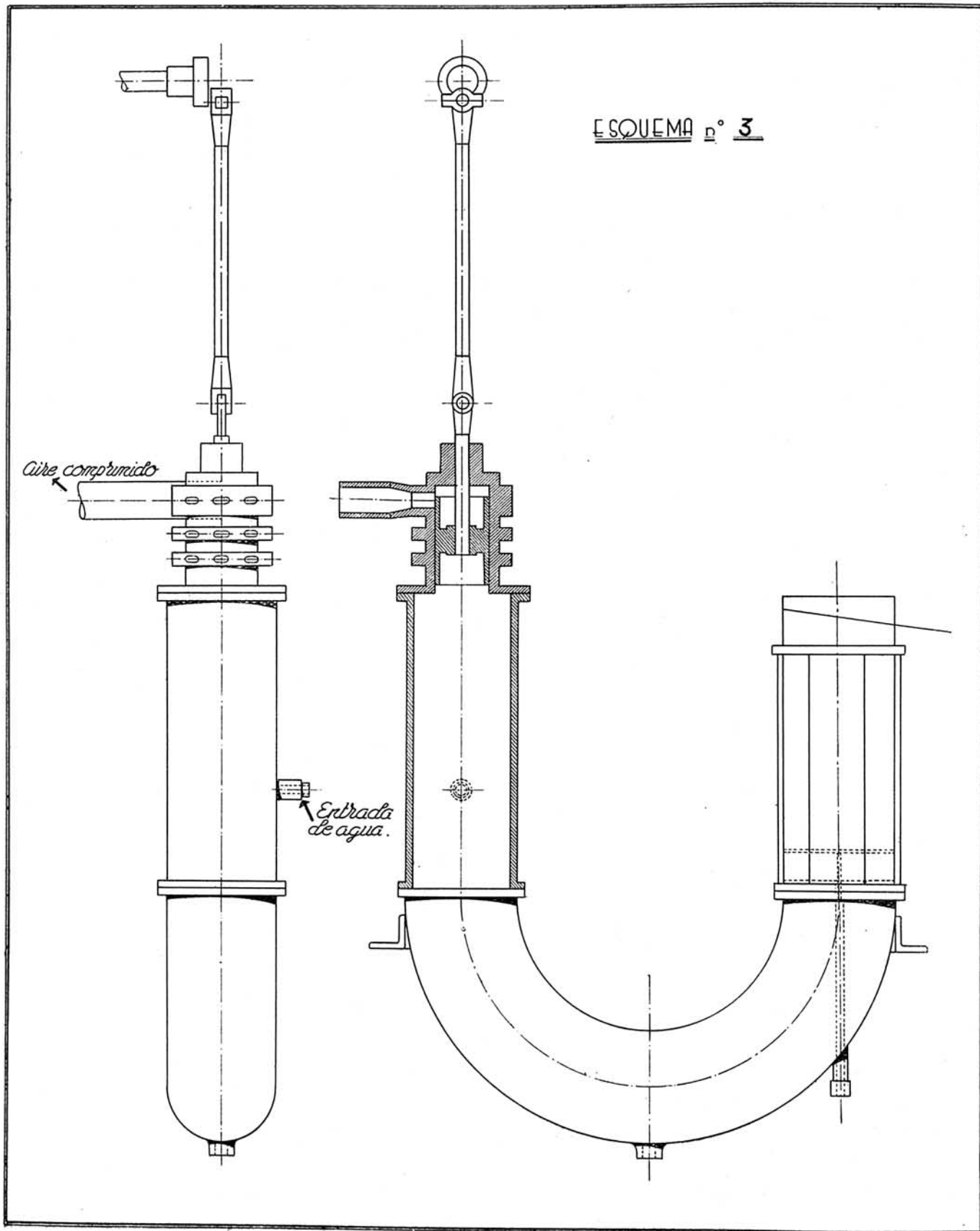
Estos líquidos son miscibles entre sí, pudiendo, por tanto, obtenerse mezclas con densidades comprendidas entre 0,85 y 2,93.

Ultimamente se han propuesto aparatos especiales para verificar este análisis con mayor comodidad y exactitud (8).

**Ensayo de sedimentación.**—En la máquina de sedimentación (esquema núm. 3) se imprime al carbón un

movimiento ascendente, mediante una columna de agua movida por un compresor, dejándolo caer por su propio peso. En esta forma se logra una ordenación del producto con arreglo a su densidad.

A cada una de las seis o siete fracciones separadas, se le hace la correspondiente determinación de cenizas; los valores obtenidos son siempre algo menores, debido a que el carbón tiene sales solubles en el agua que desaparecen al efectuar el ensayo.



Octubre 1944

**Ensayo de flotación.**—Los principios en que se funda este ensayo de laboratorio, son exactamente los mismos ya indicados en el proceso industrial.

Las dimensiones del carbón objeto de ensayo no deben ser mayores de 1,5 milímetros.

Los reactivos que más corrientemente se emplean son: cresol, gasoil, fenol, aceite de naftalina, aceite de antraceno, petróleo, etc.

La operación se lleva a cabo en aparato provisto de un depósito, donde antes de echar el carbón se añade cierta cantidad de agua (por cada kilogramo de producto, dos litros de agua aproximadamente); a continuación se inyecta aire a presión y se añade con un cuentagotas el reactivo elegido.

El carbón que flota va separándose por fracciones, a las que se determina el porcentaje de cenizas.

En las condiciones de la operación actúan los factores siguientes (9):

1. Proporción de reactivo.
2. Cantidad de género con que se opera.
3. Clase de reactivo.
4. Proporción de agua empleada.
5. Tamaño del carbón.

**Curvas de lavabilidad.** — Con los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio se construyen las llamadas curvas de lavabilidad, que nos indican en qué forma están repartidas las cenizas del carbón.

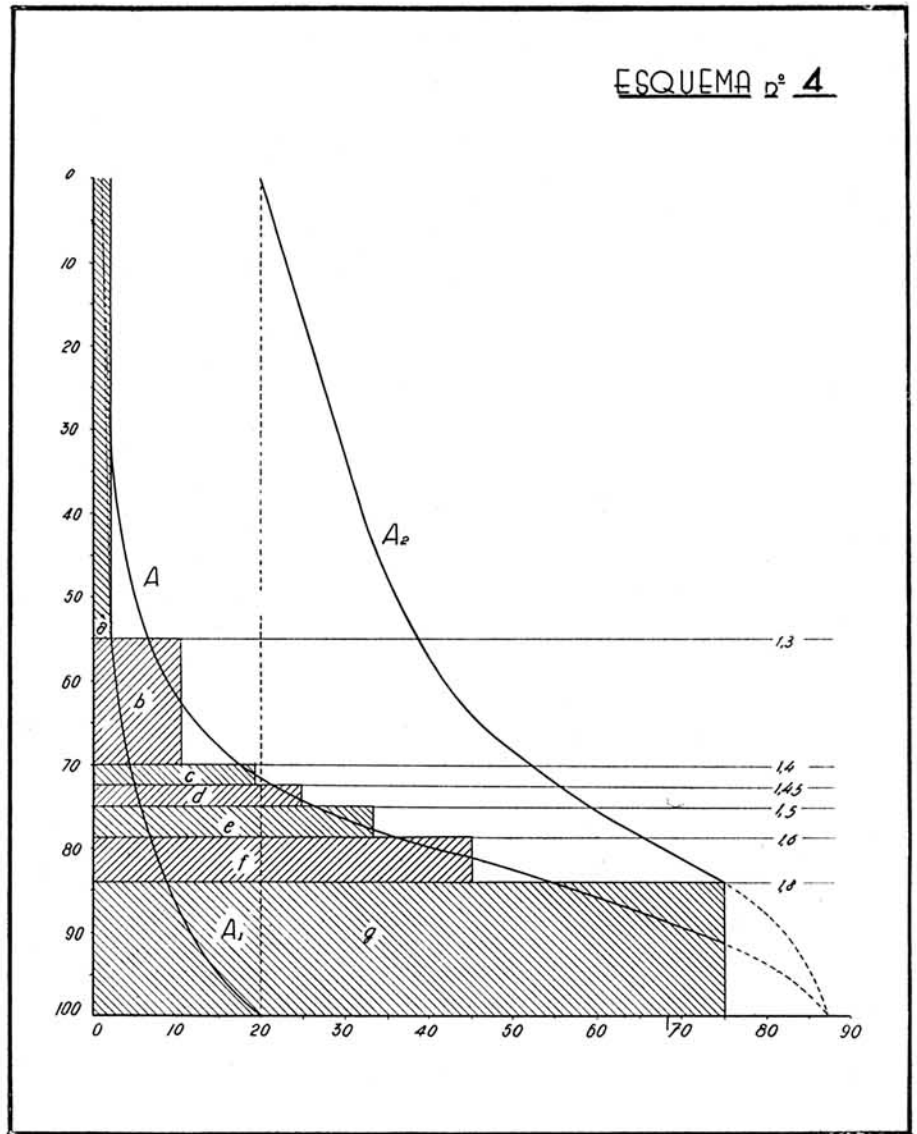
Cuanto menos uniforme sea dicha repartición, tanto más fácil será el lavado del mismo.

Podemos trazar las curvas de lavabilidad correspondientes a los datos de la tabla número 2, obtenidos en un ensayo de flotación-inmersión. La primera se construye formando los paralelogramos *a, b, c, d, e, f, g*, y tomando los valores medios de los lados paralelos a la ordenada, esta curva sirve para construir las  $A_1$  y  $A_2$ , que nos indican el contenido medio en cenizas del carbón y de la parte no combustible, respectivamente.

TABLA II

Peso específico	Peso por ciento	Cenizas por ciento
1,3	54,7	2,58
1,3 -1,4	14,1	10,50
1,4 -1,45	3,4	18,90
1,45-1,5	2,6	24,44
1,5 -1,8	3,7	31,64
1,8	5,2	45,40
»	16,3	74,74

Como fácilmente puede verse, el carbón de, por ejemplo, 1,5 y menor, asciende a un 74,8 por 100, con 5,59 por 100 de cenizas, quedando el 8,9 por 100 de ca-



lidad inferior y el 16,3 por 100 de parte no combustible, que contiene 74,74 por 100 de cenizas.

Se trata, por tanto, de un carbón susceptible de ser lavado con rendimientos plenamente satisfactorios.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Hock u. Engelfried: "Über der Einfluss des Aschengehaltes von Braunkohlen auf die Extraktions u. Schwelausbeuten." Braunkohlen, 1938. 11.
- (2) Mayer u. Schranz: "Flotation", p. 486. Verlag von S. Hirzel in Leipzig, 1931.
- Pertierra: "Estudios acerca de Hulleras de Turón." Combustibles. 1941. 2.
- (3) A. Jappelt: "Beitrag zur frage der Entschug von Braunkohlenschwätkoks." Braunkohle, 1943. 18/19; 20/21.
- Hock u. Engelfried: "Über der Einfluss des Aschengehaltes von Braunkohlen auf die Extraktion u. Schwelamsbeuten." Braunkohlen, 1938. 11.
- (4) Mayer u. Schranz: "Flotation", p. 497.
- (5) E. Trümpelman: "Neue Wege bei der Kohlenaufbereitung in Swerflüssigkeiten." Glückauf, 1943. 47/48; 49/50.
- (6) Groppe: "Steinkohlensaufbereitung mit Schwerflüssigkeiten nach dem Verfahren Sophia-Jacoba. Glückauf, 1934. 70.
- (7) L. Kühlwein: "Versuche zur elektrostatischen Aufbereitung von Kohlenstaub." Glückauf, 1941. 5.
- (8) Pertierra: "Nuevo aparato para ensayos de flotación de carbonos." Anales del Instituto de Química aplicada de la Universidad de Oviedo, 1941.
- F. Schulte: "Doppelgefass für die Sinkund Schwimanalyse von Kohlen-Brennstoff." Chemie. 1942. 23.
- (9) J. Sánchez Arboledas: "Proyecto de un lavadero de carbón." Tomo I, p. 132.