

e. n. adaro



TRATAMIENTO DE LOS CARBONES SUCIOS DE LA  
ZONA DE BELMEZ-ESPIEL

Dirección General de Minas e  
Industrias de la Construcción

Julio, 1980

empresa nacional adaro de  
investigaciones mineras, s.a.  
enadimsa

50365

TITULO	<u>TRATAMIENTO DE LOS CARBONES SUCIOS DE LA</u> <u>ZONA DE BELMEZ-ESPIEL</u>
CLIENTE	Dirección General de Minas e Industrias de la Construcción
FECHA	Julio, 1980

Referencia: D0/61/002

Departamento: Mineralurgia

## I N D I C E

	<u>Págs.</u>
1.- INTRODUCCION .....	1
2.- ORIGEN Y DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS .....	4
2.1.- MUESTRA TOMADA EN EL POZO ESPIEL .....	6
2.2.- MUESTRAS TOMADAS EN LA MINA SAN ANTONIO .....	8
3.- TRABAJOS REALIZADOS .....	13
3.1.- ANALISIS GRANULOMETRICOS .....	15
3.2.- ENSAYOS DENSIMETRICOS .....	16
3.3.- ESTUDIO DE VIABILIDAD .....	17
4.- RESULTADOS DE LA SEPARACION POR TAMAÑOS .....	18
4.1.- EL CARBON BRUTO RECIBIDO .....	19
4.2.- EL CARBON BRUTO DESPUES DE LA TRITURACION A 25 mm .....	23
4.3.- POSIBILIDADES DE ESTRIO MANUAL .....	28
4.4.- CONCLUSIONES DERIVADAS DEL ESTUDIO DE LA DIS- TRIBUCION DEL CARBON POR TAMAÑOS .....	29
5.- LAVABILIDAD .....	32
5.1.- POZO ESPIEL (Muestra M-492) .....	33
5.2.- MINA SAN ANTONIO (Muestra M-485. Capas C-1, - C-4, C-5 y C-6 .....	40
5.3.- MINA SAN ANTONIO (Muestra M-484, Capas C-2 y C-3) .....	46
6.- POSIBILIDADES TECNOLOGICAS .....	54
7.- CONSIDERACIONES ECONOMICAS .....	59
7.1.- CALCULO DEL VALOR DERIVADO DE LA TONELADA BRU- TA .....	60
7.2.- VALOR AÑADIDO .....	63

	<u>Págs.</u>
8.- INVERSIONES .....	67
8.1.- MAQUINARIA Y EQUIPOS .....	71
8.2.- INVERSIONES TOTALES .....	73
9.- AMORTIZACIONES .....	75
10.- COSTOS OPERACIONALES .....	80
10.1.- DATOS DE BASE .....	80
10.2.- MANO DE OBRA .....	81
10.3.- CONSUMO DE ENERGIA .....	82
10.4.- SUMINISTROS .....	83
10.5.- CONSERVACION .....	84
10.6.- RESUMEN DEL COSTO OPERACIONAL .....	85
11.- RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	89

1.- INTRODUCCION

El presente trabajo se integra en el "Programa a medio plazo para la Cuenca del Guadiato" que, a su vez, forma parte de los estudios conducentes al "Desarrollo de la producción carbonera".

Su objetivo fundamental es determinar el tratamiento más adecuado que se debe dar a los carbones sucios de la zona Belmez-Espiel, para su utilización en centrales térmicas.

Los estudios se efectuaron con 3 muestras de carbón bruto, pretendiendo recoger en ellas la problemática de estos carbones. Una de las muestras procede del Pozo Espiel, de ENCASUR; y las otras dos son de la mina San Antonio, explotada por la PROMOTORA DE MINAS DE CARBON, en la zona antes mencionada.

En primer lugar, se procedió a la homogeneización y análisis granulométrico de cada una de las muestras en cuestión, con el fin de ver si había la posibilidad de aprovechar o eliminar directamente alguna determinada fracción granulométrica.

Después, se llevaron a cabo los ensayos densimétricos necesarios para definir las características de lavado de cada muestra y obtener los índices de lavabilidad correspondientes.

Por último, en base a los rendimientos ponderales previ  
sibles, se han apuntado las consideraciones económicas que per  
miten apreciar la conveniencia de lavar o no, estos carbones.

2.- ORIGEN Y DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS

La toma de muestras para este trabajo se realizó con personal del departamento de Ingeniería de Proyectos de ENADIMSA.

La pretensión de haber logrado muestras bien representativas queda satisfecha por la coincidencia de los resultados con los de otros estudios efectuados años atrás; concretamente, con los de la mina Aurora, situada a la salida de Belmez hacia Espiel. Sus curvas de lavabilidad coinciden, prácticamente, con las de los carbones de la mina San Antonio que más adelante se presentan.

La muestra del Pozo Espiel, por el contrario, difiere sensiblemente de las anteriores, como en realidad corresponde a los carbones próximos a dicha población. Su comportamiento frente a los procesos de lavado, sin llegar a ser bueno, es mejor que el de los referidos anteriormente.

Seguidamente se describe la procedencia y la metodología seguida en la toma de estas muestras.

## 2.1.- MUESTRA TOMADA EN EL POZO ESPIEL

El Pozo Espiel pertenece a la Empresa Nacional Carbonífera del Sur (ENCASUR). Este pozo utiliza, para la extracción, vagonetas de 750 litros, con un peso medio de carbón bruto de 730 Kg/vagoneta.

Para tomar una muestra representativa del carbón extraído de este pozo, se pensó apartar una vagoneta de cada 8 que salieran del pozo a lo largo de 2 días. Esto suponía un total de 20 vagonetas por día. Sin embargo, en la práctica hubo que alterar la cadencia del modo siguiente:

El primer día, se apartaron 19 vagonetas, empezando con una de cada 8 que salían del pozo hasta llegar a tener 15 vagonetas apartadas. En ese momento, teniendo conocimiento de que faltaba poco para terminar la extracción, se cambió la cadencia apartando una vagoneta de cada 6.

Al día siguiente se apartaron 20 vagonetas, con esta última cadencia.

Los motivos del cambio de cadencia fueron los siguientes:

- Reducción en el tiempo y número de vagonetas extraídas a causa de reparaciones en el pozo.
- Necesidad de que las vagonetas apartadas procediesen, alternativamente, de cada una de las dos jaulas del pozo, con el fin de que correspondiesen a trenes y, por tanto, frentes distintos. Hay que notar a este respecto, que cada jaula lleva 2 vagonetas. Por lo que, la cadencia dividida por 2 debe ser un número impar, ( $6/2 = 3$ ).

La cantidad de muestras, tomada en dos días fué la siguiente:

- 1 <sup>er</sup> día:	19 vagonetas x 730 Kgs =	13.870 Kgs
- 2 <sup>o</sup> día:	<u>20 vagonetas x 730 Kgs =</u>	<u>14.600 Kgs</u>
TOTAL	39 vagonetas	28.470 Kgs

Las vagonetas apartadas se fueron volcando en una tolva con capacidad para unas 20 ó 25 vagonetas; y, puesto que esta tolva se utiliza normalmente para la piedra, se procedió a su limpieza antes de empezar a volcar las vagonetas de muestra de cada día.

La muestra tomada el primer día se sacó de la tolva y se transportó con un camión hasta una explanada previamente limpia y preparada a tal efecto. Aquí se apiló formando un montón. Igual se hizo con la muestra del segundo día, apilándola junto a la del primer día.

Seguidamente, se procedió a la obtención de una muestra representativa de unas 6 ó 7 toneladas, operando de la manera siguiente:

- Homogeneización de la muestra mezclando reiteradamente, con ayuda de una pala cargadora, los dos montones para formar uno solo.
- Una vez formado el primer montón único, se volvió a dar una nueva vuelta a dicho montón para asegurar bien su completa homogeneización.
- La pila cónica así formada se rebajó y extendió en forma circular para proceder a su cuarteo, apartando el carbón de dos sectores opuestos.

- Con los dos sectores que quedaron se volvió a formar un nuevo montón cónico, repitiendo a continuación las operaciones del cuarteo.

De esta manera el volúmen de muestra se redujo a la cuarta parte.

a) Primer cuarteo:  $28.470 \text{ Kgs}/2 = 14.235 \text{ Kgs}$

b) Segundo cuarteo:  $14.235 \text{ Kgs}/2 = 7.117 \text{ Kgs}$

Esta última fracción se envió al Centro de Investigación de ENADIMSA, en Madrid.

En lo sucesivo, su número de referencia será el M-492.

## 2.2.- MUESTRAS TOMADAS EN LA MINA SAN ANTONIO

La mina San Antonio pertenece a la Promotora de Minas de Carbón ( PMC) y se encuentra ubicada en la zona Bélmez-Espiel.

En esta mina se explotan, a cielo abierto, 6 capas de carbón numeradas de la C-1 a la C-6, con calidades de bruto comprendidas entre el 40 y el 60% de cenizas.

Había que tomar dos muestras de unas 6 toneladas, cada una, en el parque de mezcla y almacenamiento situado junto a la explotación, donde se deposita y prepara el carbón antes de enviarlo a la Central Térmica.

Una de las muestras debía corresponder a las capas que superasen el 50% de cenizas y la otra, a las que no llegasen al 50% de cenizas.

Según información obtenida de los técnicos de la PMC, la calidad y la producción de cada una de las capas en explotación es como sigue:

a) Capas con más del 50% en cenizas

C-1 cuya proporción es del	24%
C-4 cuya proporción es del	8%
C-5 cuya proporción es del	54%
C-6 cuya proporción es del	14%
TOTAL	<u>100%</u>

b) Capas con menos del 50% en cenizas

C-2 cuya proporción es del	53%
C-3 cuya proporción es del	47%
TOTAL	<u>100%</u>

En el momento en que se pensó tomar las muestras el carbón apilado en el parque era el siguiente:

- El carbón de las capas C-1, C-3 y C-6 estaba apilado en montones separados, con 150 a 200 toneladas cada uno.
- El carbón de las capas C-4 y C-5 estaba apilado en un solo montón ya mezclado en las proporciones correspondientes.
- De la capa C-2 no había nada almacenado, por lo que fué preciso esperar a que lo extrajesen de la mina.

Todo el carbón apilado en el parque estaba preparado para su envío a la Central Térmica habiéndolo pasado por la fase denominada "molienda". Esta consiste en desmenuzar el carbón con la pa

la cargadora; bien pisándolo repetidamente con las ruedas; o también aplastándolo con la cuchara. Una vez realizada esta operación, se mezcla el material desmenuzado y se apila en un solo montón. El proceso se repite con el carbón de cada capa.

La toma de muestras y la homogeneización de las mismas se llevó a cabo con la ayuda de la pala cargadora. Se calculó previamente la capacidad de la cuchara, estableciendo el peso de un número determinado de cucharas, cargadas sobre camión y pesadas en la báscula de la Central Térmica. De esta manera se llegó a establecer una capacidad media de cuchara de 1.500 Kgs.

El sistema seguido para la toma de muestras fué el siguiente.

De cada montón apilado en el parque se tomó una muestra preliminar, con un peso varias veces superior al necesario para la muestra final. La cantidad tomada de cada montón se hizo de acuerdo con el tamaño del montón y la granulometría del carbón. Se tomaron varias cucharadas en diferentes puntos de la periferia del montón, y otras tantas profundizando más en éste. La muestra así tomada se amontonó y homogeneizó bien dándole tres volteos con la pala.

De la muestra preliminar de cada capa se tomó, después, la cantidad necesaria para formar la muestra definitiva, con arreglo a la proporción en que interviene dicha capa en el conjunto de la explotación. Esto se realizó tomando 10 ó 12 porciones de diversos puntos de cada montón hasta llegar a reunir la cantidad deseada.

Una vez formada la muestra definitiva con las proporciones adecuadas de cada capa, se procedió a su homogeneización dándole 3 volteos con la pala y dejándola apilada y lista para su expedición en camión al Centro de Investigación de ENADIMSA, en Madrid.

Se actuó de igual forma con el montón que contenía la mezcla de las capas C-4 y C-5, tomando de él la cantidad correspondiente al conjunto de ambas capas.

Para obtener la muestra preliminar de la capa C-2, hubo que esperar hasta haber reunido unas 180 toneladas (8 camiones) de carbón procedente de dicha capa. Este material fué previamente desmenuzado, al igual que los demás, y homogeneizado antes de someterlo a la toma de la muestra preliminar.

El número de cucharas y el peso aproximado que se tomó para cada muestra, se recogen en los Cuadros I y II.

CUADRO I - Muestra de las capas con más del 50% de cenizas

<u>Capas</u>	<u>Producción</u>	<u>Toneladas</u> <u>apiladas</u>	<u>Muestra preliminar</u>		<u>Muestra definitiva</u>	
	<u>%</u>		<u>Cucharadas</u>	<u>Toneladas</u>	<u>Cucharadas</u>	<u>Toneladas</u>
C-4	24	200	12	18	~1,6	~2,4
C-4+C-5	62	140	8	12	~4,1	~6,2
C-6	14	200	12	18	~1,0	~1,4
Conjunto	100	540	32	48	~6,7	~10,0

CUADRO II - Muestra de las capas con menos del 50% de cenizas

<u>Capas</u>	<u>Producción</u>	<u>Toneladas</u> <u>apiladas</u>	<u>Muestra preliminar</u>		<u>Muestra definitiva</u>	
	<u>%</u>		<u>Cucharadas</u>	<u>Toneladas</u>	<u>Cucharadas</u>	<u>Toneladas</u>
C-2	53	200	16	24	~3,5	~5,3
C-3	47	180	14	21	~3,1	~4,7
Conjunto	100	380	30	45	~6,6	~10,0

A la muestra de las capas con más del 50% en cenizas se le asignó la referencia M-485.

La muestra de las capas con menos del 50% en cenizas se registró con la referencia M-484.

3.- TRABAJOS REALIZADOS

Los estudios efectuados se pueden agrupar en 3 temas concretos:

- a) Distribución del carbón por tamaños
- b) Lavabilidad
- c) Consideraciones técnico-económicas

En primer lugar, se procedió al análisis granulométrico de cada una de las muestras recibidas, con el fin de establecer la distribución del carbón por tamaños. Esto permite ver si en ellas existe alguna determinada fracción granulométrica que pueda ser aprovechada o descartada directamente, sin otro tratamiento que el de la clasificación volumétrica.

En esta misma línea, complementado la clasificación por tamaños, cuando a simple vista se ha delatado la posibilidad de establecer un estrío de carbón o pizarra, se ha investigado la incidencia de esta operación.

La segunda etapa de este trabajo consistió en determinar las características de lavabilidad de cada una de las muestras y trazar las curvas correspondientes. Esto ha permitido establecer órdenes de magnitud en cuanto a las dificultades de la vado de estos carbones. Todo ello, por supuesto, sin perder de vista su proyectado aprovechamiento como carbón térmico.

Por último, para definir si conviene o no lavar estos carbones, se han expuesto algunas consideraciones de orden técnico-económico que, aún siendo de carácter muy elemental, sirven para aclarar esta cuestión.

### 3.1.- ANALISIS GRANULOMETRICOS

El método operatorio seguido con cada una de las muestras estudiadas es el siguiente:

- Homogeneización y cuarteo
- Toma de muestras representativa para el análisis granulométrico.
- Clasificación del todo-uno en categorías:  
>80; 80-50; 50-25; 25-15; 15-10; 10-5; 5-0,5; y < 0,5 mm
- Análisis cuantitativo del contenido en cenizas de cada una de las categorías granulométricas mencionadas.

Teniendo en cuenta que el tamaño aceptado en la Central Térmica es menor de 25 mm, se procedió a la trituración a dicho tamaño, repitiendo el estudio de la distribución granulométrica del carbón en las categorías: 25-10; 10-0,5; y 0,5 mm, resultantes. Así pues, los trabajos para determinar la distribución del carbón por tamaños, fueron complementados con las siguientes operaciones:

- Toma de muestra representativa para la trituración a menor de 25 mm.
- Separación del menor de 25 mm primario, para evitar su trituración y por tanto, la producción excesiva de finos.
- Trituración de la fracción mayor de 25 mm.

- Homogeneización, cuarteo y toma de muestra representativa para análisis granulométrico.
- Clasificación en seco de las categorías: 25-10; y <10 - milímetros.
- Clasificación en húmedo de las categorías: 25-10; 10-0,5 y <0,5 mm.
- Análisis cuantitativo del contenido en cenizas de cada una de estas categorías.

Es interesante notar que el análisis granulométrico del carbón bruto, después de su trituración a menor de 25 mm, se ha realizado en seco y en húmedo. Esto obedece a que las calidades de los productos resultantes no son las mismas si se clasifica en húmedo o si se clasifica en seco.

### 3.2.- ENSAYOS DENSIMETRICOS

Con arreglo al resultado de los análisis granulométricos realizados con cada una de las muestras, se procedió al estudio densimétrico de las mismas. Este trabajo se realizó con el todo-uno después de la trituración a 25 mm, sobre las categorías: 25-10; y 10-0,5 mm de cada muestra, por separado. Se utilizaron densidades de partición de: 2,2; 1,9; 1,7; y 1,5. Cada una de las 5 fracciones densimétricas resultantes se analizaron cuantitativamente por su contenido en cenizas.

Con estos datos se trazaron las curvas de lavabilidad correspondientes y se determinaron los índices preconizadores de una mayor o menor dificultad de lavado.

### 3.3.- ESTUDIO DE VIABILIDAD

Finalmente, a la luz de las consideraciones técnicas y económicas pertinentes se examinaron los resultados obtenidos para decidir en cuanto al tratamiento más adecuado que se debe aplicar a estos carbones.

4.- RESULTADOS DE LA SEPARACION POR TAMAÑOS

Con el fin de comparar el comportamiento de cada muestra con el de las demás y facilitar el estudio de la problemática del tratamiento de estos carbones, en su conjunto, los resultados obtenidos se agruparán, a continuación por operaciones y no por muestras.

#### 4.1.- EL CARBON BRUTO RECIBIDO

El análisis granulométrico del todo-uno de cada una de las muestras, antes de su trituración a menor de 25 mm, se refleja en los Cuadros III, IV y V. Esta operación se ha realizado en seco.

CUADRO III - Análisis granulométrico de la muestra del Pozo Es  
piel (M-492)

Categorías en mm.	Peso, %		Ley en cenizas, %		Distr. C+M.V., %	
	Fracc.	Acumulado	Fracc.	Acumulado	Fracc.	Acumulado
> 80	2,6	2,6	67,49	67,49	1,7	1,7
80-50	4,5	7,1	71,81	69,73	2,6	4,3
50-25	7,8	14,9	63,34	66,34	5,9	10,2
25-15	4,3	19,2	55,83	63,90	3,9	14,1
15-10	9,8	29,0	50,52	59,32	10,0	24,1
10-0,5	54,3	83,3	47,26	51,49	58,9	83,0
<0,5	16,7	100,0	50,58	51,37	17,0	100,0
TODO-UNO	100,0		51,37		100,0	
>25 mm	14,9		66,34		10,2	
< 25 mm	85,1		48,71		89,8	
TODO-UNO	100,0		51,37		100,0	

### Observaciones

- El efecto de la rotura diferencial del carbón se hace patente en la mayor proporción de cenizas contenidas en las categorías mayores de 25 mm.
- La ley de esta fracción (66,34% en cenizas) está muy por encima de la admitida por las Centrales Térmicas.
- Por el contrario, la ley de la fracción menor de 25 mm, está dentro del límite del 50% en cenizas, impuesto por la Central.

En este carbón, por consiguiente, bastaría un simple cribado del bruto a 25 mm para obtener una fracción importante (del orden del 85% en peso) como producto vendible, para la Central Térmica recuperando, en él casi el 90% del carbón más la materia volátil (C + M.V.) contenidos en el bruto. El rendimiento energético es muy satisfactorio en este caso.

CUADRO IV - Análisis granulométrico de la muestra de la Mina San Antonio (M-485) con más del 50% en cenizas

Categorías en mm.	Peso, %		Ley en cenizas, %		Distr. C.M.V., %	
	Fracc.	Acumulado	Fracc.	Acumulado	Fracc.	Acumulado
> 80	9,4	9,4	59,73	59,73	8,5	8,5
80-50	6,7	16,1	55,20	57,75	6,8	15,3
50-25	10,2	26,3	55,82	57,09	10,2	25,5
25-15	8,2	34,5	59,24	57,56	7,5	33,0
15-10	7,8	42,3	58,09	57,65	7,4	40,4
10-0,5	44,3	86,6	53,55	55,53	46,2	86,6
<0,5	13,4	100,0	55,69	55,58	13,4	100,0
TODOS-UNO	100,0		55,58		100,0	
> 25 mm	26,3		57,09		25,5	
<25 mm	73,7		55,05		74,5	
TODOS-UNO	100,0		55,58		100,0	

Observaciones

- El efecto de rotura diferencial entre carbón y pizarra no se evidencia en este carbón tan claramente como en el anterior. Esto se debe a la fina imbricación del carbón y la pizarra, es decir: a la ausencia de carbón liberado, a tamaños relativamente gruesos.
- Como consecuencia, no hay posibilidad de separar una fracción directamente aprovechable como carbón térmico.

CUADRO V - Análisis granulométrico de la muestra de la Mina San Antonio (M-484) con menos del 50% en cenizas (teóricamente)

Categorías en mm.	Peso, %		Ley en cenizas, %		Distr. C+M.V., %	
	Fracc.	Acumulado	Fracc.	Acumulado	Fracc.	Acumulado
> 80	2,6	2,6	60,66	60,66	2,1	2,1
80-50	7,0	9,6	52,74	54,89	6,9	9,0
50-25	13,4	23,0	53,21	53,91	13,1	22,1
25-15	10,9	33,9	52,04	53,31	10,9	33,0
15-10	10,4	44,3	53,51	53,36	10,1	43,1
10-5	11,1	55,4	54,57	53,60	10,5	53,6
5-0,5	31,3	86,7	48,58	51,79	33,6	87,2
< 0,5	13,3	100,0	53,72	52,03	12,8	100,0
TODOS-UNO	100,0		52,03		100,0	
> 5 mm	55,4		54,57		53,6	
< 5 mm	44,6		50,11		46,4	
TODOS-UNO	100,0		52,03		100,0	

### Observaciones

- Aunque algo menos sucia que la muestra anterior, contiene más del 50% en cenizas y, por tanto, no corresponde a la calidad prevista. Esto indica que el límite del 50% en cenizas es un tanto crítico e imprevisible en este yacimiento.
- Sin embargo, la rotura diferencial de carbón y pizarra se evidencia algo más que en la muestra anterior; de tal manera que la fracción 5-0,5 mm, tiene una ley en cenizas similar a la de la categoría menor de 25 mm del Pozo Espiel.
- Si a esta fracción (5-0,5 mm) se le añade lo menor de 0,5 mm, todavía se obtiene un producto menor de 5 mm., prácticamente aceptable como carbón térmico.

Por consiguiente, al igual que en el caso del Pozo Espiel, bastaría con un simple cribado (esta vez a 5 mm) para conseguir una fracción comercializable.

Sin embargo, los rendimientos obtenidos resultan bajos tanto en peso, como en carbón más materia volátil.

#### 4.2.- EL CARBON BRUTO DESPUES DE LA TRITURACION A 25 mm

Ahora bien, teniendo en cuenta que el tamaño máximo admitido por las Centrales Térmicas es el de 25 mm, se procedió a la trituración de la fracción mayor de ese tamaño, en cada una de las muestras. Con ello, se pretende incrementar la liberación del carbón y facilitar su lavado cuando llegue el momento.

El análisis granulométrico del todo-uno después de la trituración de la fracción mayor de 25 mm, es el que se refleja en los Cuadros VI, VIII y X, cribando en seco; y en los Cuadros - VII, IX y XI, cribando en húmedo. En el primer caso sólo se ha utilizado la malla de 10 mm; mientras que, en el segundo, la - operación se ha efectuado sobre 10 mm y sobre 0,5 mm, por consi- derar que estas son técnicas industrialmente aplicables.

CUADRO VI - Muestra del Pozo Espiel (M-492) después de la tritu- ración a 25 mm, clasificada en seco.

<u>Categorías en mm.</u>	<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Ley en volátiles, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
25-10	22,3	58,02	19,81	19,3
<10	77,7	49,47	21,17	80,7
TODO-UNO	100,0	51,37	20,87	100,0

CUADRO VII - Muestra del Pozo Espiel (M-492) después de la tri- turación a 25 mm; clasificada en húmedo.

<u>Categorías en mm.</u>	<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Ley en volátiles, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
25-10	16,2	59,69	19,26	13,5
10-0,5	51,9	44,59	22,49	59,7
<0,5	31,9	59,40	18,30	26,8
TODO-UNO	100,0	51,76	20,63	100,0
> 10	16,2	59,69	19,26	13,5
< 10	83,8	50,22	20,89	86,5
TODO-UNO	100,0	51,76	20,63	100,0
> 0,5	68,1	48,18	21,72	73,2
< 0,5	31,9	59,40	18,30	26,8
TODO-UNO	100,0	51,76	20,63	100,0

### Observaciones

- Tanto si se criba en seco, como si se criba en húmedo, la categoría menor de 10 mm constituye un producto comercializable.
- La fracción menor de 0,5 mm contiene mucha arcilla. Su ley casi alcanza el 60% en cenizas.
- Por este motivo, la fracción mayor de 0,5 mm resulta comercializable.

A pesar de todo esto, el máximo rendimiento que hasta ahora se apunta para el carbón del Pozo Espiel es el que se obtiene sin triturar: cribando el todo-uno recibido, a 25 mm, y comercializando lo menor de dicho tamaño. El rendimiento ponderal en este caso es del orden del 85% y la ley en cenizas queda ampliamente por debajo del 50%; mientras que el rendimiento energético se aproxima mucho al 90%.

CUADRO VIII - Muestra de la Mina San Antonio (M-485) con más del 50% en cenizas; después de la trituración a 25 mm; clasificada en seco

<u>Categorías en mm.</u>	<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Ley en volátiles, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
25-10	22,4	54,51	21,31	23,0
<10	77,6	55,96	20,30	77,0
TODO-UNO	100,0	55,63	20,52	100,0

CUADRO IX - Muestra de la Mina San Antonio (M-485) con más del 50% en cenizas; después de la trituración a 25 mm, clasificada en húmedo.

<u>Categorías en mm.</u>	<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Ley en volátiles, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
25-10	20,5	51,84	21,90	22,0
10-0,5	59,3	54,34	20,73	60,2
<0,5	20,2	60,35	19,19	17,8
TUDO-UNO	100,0	55,04	20,65	100,0

Observaciones

- No hay posibilidad de separar una fracción directamente aprovechable.

CUADRO X - Muestra de la Mina San Antonio (M-484) con, teóricamente, menos del 50% en cenizas; después de la trituración a 25 mm; clasificado en seco

<u>Categorías en mm.</u>	<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Ley en volátiles, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
25-10	21,7	53,50	21,47	21,2
<10	78,3	51,97	21,13	78,8
TUDO-UNO	100,0	52,30	21,20	100,0

CUADRO XI - Muestra de la Mina San Antonio (M-484) con, teóricamente, menos del 50% en cenizas; después de la trituración a 25 mm; clasificada en húmedo.

<u>Categorías en mm.</u>	<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Ley en volátiles, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
25-10	19,4	49,66	22,74	20,6
10-0,5	51,7	49,33	21,97	55,4
<0,5	28,9	60,62	14,75	24,0
TODO-UNO	100,0	52,62	20,03	100,0
> 0,5	71,1	49,41	22,18	76,0
<0,5	28,9	60,62	14,75	24,0
TODO-UNO	100,0	52,62	20,03	100,0

Observaciones

- Es preciso cribar en húmedo si se desea obtener una fracción comercializable.
- La categoría mayor de 0,5 mm (clasificada en húmedo) constituye un producto vendible, que representa el 71% , en peso, del todo-uno, y recupera el 76% del carbón más materia volátil.

La trituración en este caso resulta interesante porque eleva el rendimiento del producto directamente aprovechable, desde el 44 al 71%; mejorando, al mismo tiempo, su calidad.

#### 4.3.- POSIBILIDADES DE ESTRIO MANUAL

Sólo en el caso de la muestra procedente del Pozo Espiel, el examen macroscópico del todo-uno delató la posibilidad de mejorar su calidad mediante el estrío manual de los fragmentos - gruesos de pizarra. Esta operación suele llevarse a cabo eficazmente sobre las fracciones mayores de 50 mm.

Por ello, se ensayó el estrío manual de la pizarra sobre las categorías: mayor de 80 mm y 80-50 mm de la muestra inicial del Pozo Espiel. Los resultados obtenidos se reflejan en los Cuadros XII y XIII, respectivamente.

CUADRO XII - Estrío manual de la categoría >80 mm

<u>Productos</u>	<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
Pizarra	46,4	83,60	23,4
Carbón	53,6	53,57	76,6
TOTAL	100,0	67,49	100,0

CUADRO XIII - Estrío manual de la categoría 80-50 mm

<u>Productos</u>	<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
Pizarra	45,2	80,84	30,7
Carbón	54,8	64,39	69,3
TOTAL	100,0	71,81	100,0

### Observaciones

- La pizarra eliminada, constituye un auténtico estéril - (más del 80% en cenizas).
- No obstante la eliminación de dicho estéril, el producto realmente queda aún demasiado alto en cenizas.

Sin embargo, si se considera la incidencia del estrío sobre el conjunto del carbón bruto inicial el resultado es interesante, según se refleja en el Cuadro XIV.

Es evidente que, con una mínima eliminación de estéril, se logra rebajar la ley en cenizas del resto a cifras prácticamente comercializables.

CUADRO XIV - Incidencia del estrío de la pizarra gruesa en la ley del producto restante.

<u>Productos</u>	<u>Peso, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
<u>Pizarras</u>			
>80 mm	1,2	83,60	0,4
80-50 mm	2,0	80,84	0,8
TOTAL	3,2	82,09	1,2
<u>Resto</u>	<u>96,8</u>	<u>50,35</u>	<u>98,8</u>
<u>Bruto</u>	100,0	51,37	100,0

#### 4.4.- CONCLUSIONES DERIVADAS DEL ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DEL CARBON POR TAMAÑOS

Sin entrar aún en las posibilidades de lavado, la distribución por tamaños del carbón y las pizarras, contenidos -

en el bruto extraído del Pozo Espiel y de la Mina San Antonio, permiten entrever ciertas posibilidades de preparación para su entrega a la Central Térmica. Estas son las siguientes:

A) POZO ESPIEL

- a) - Cribado del bruto (en seco) a 25 mm y entrega - del menor de dicho tamaño
- b) - Estrío manual de la pizarra mayor de 50 mm con tenida en el bruto y entrega del producto res tante.

B) MINA SAN ANTONIO. CAPAS C-1, C-4, C-5 y C-6 (con más del 50% en cenizas)

No se puede entregar ninguna fracción directamente, a resultas de una clasificación por tamaños.

C) MINA SAN ANTONIO. CAPAS C-2 y C-3 (con menos del 50% en cenizas)

Puesto que no siempre estas capas dan carbones con me nos del 50% en cenizas, como medida de precaución, se puede aplicar el siguiente tratamiento:

- a) - Trituración del bruto a menor de 25 mm; cribado en húmedo a 0,5 mm; y, entrega del mayor de di cho tamaño.

Los resultados de los diversos tratamientos propuestos - se cuantifican, desde un punto de vista puramente técnico, en los Cuadros XV, XVI y XVII.

CUADRO XV - Pozo Espiel. Cribado en seco a 25 mm

<u>Productos</u>	<u>Peso, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
Carbón	85,5	48,71	89,8
Estéril	14,9	66,34	10,2
TODO-UNO	100,0	51,37	100,0

CUADRO XVI - Pozo Espiel. Estrío manual de pizarra

<u>Productos</u>	<u>Peso, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
Carbón	96,8	50,35	98,8
Estéril	3,2	82,09	1,2
TODO-UNO	100,0	51,37	100,0

CUADRO XVII - Mina San Antonio. Capas C-2 y C-3. Trituración a 25 mm y cribado a 0,5 mm.

<u>Productos</u>	<u>Peso, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
Carbón	71,1	49,41	76,0
Estéril	28,9	60,62	24,0
TODO-UNO	100,0	52,62	100,0

No obstante, estas posibilidades, es indudable que el máximo aprovechamiento energético se obtendría en estos casos - mezclando el bruto con carbones de mejor calidad.

5.- LAVABILIDAD

El examen microscópico de las muestras recibidas augura - grandes dificultades de lavado. Sin embargo, se ha querido cuantificar este extremo y plasmar en cifras concretas la mayor o menor dificultad de lavado, en cada caso.

Como es lógico, se ha comenzado por el análisis densimétrico, para después trazar las curvas de lavabilidad y determinar los coeficientes de dificultad de lavado en  $\pm 0,10$  de densidad.

Los ensayos densimétricos se realizaron sobre las categorías 25-10 y 10-0,5 mm, después de la trituración del bruto a menor de 25 mm.

Seguidamente, se detallan los resultados obtenidos con cada una de las muestras.

#### 5.1.- POZO ESPIEL (Muestra M-492)

Esta es la muestra que mejores condiciones de lavabilidad ofrece. No hay que olvidar que es la única que dió lugar a un pequeño estrío manual de la pizarra gruesa. Esto quiere decir - que exhibía cierto grado de liberación, cuando menos de la pizarra, a tamaños relativamente gruesos.

En los cuadros XVIII y XIX, se detallan los resultados del análisis densimétrico realizado con cada una de las categorías - 25-10 y 10-0,5 mm. Sus datos constituyen coordenadas de las curvas de lavabilidad correspondientes. Estas se representan gráficamente en las figuras 1 y 2.

En las figuras 1 y 2, la curva V representa el índice de dificultad de lavado, basado en variaciones de densidad  $\pm 0,1$ . - Los valores de esta curva se interpretan de la manera siguiente:

<u>Valores de la ordenada</u>	<u>Significado</u>
0-7	Lavado fácil
7-10	Moderadamente difícil
10-15	Difícil
15-20	Muy difícil
20-25	Excesivamente difícil
> 25	Formidablemente difícil

Ahora bien, si se consultan las curvas de las figuras 1 y 2, el lavado a la densidad 2,2 de ambas categorías resulta ser "formidablemente difícil".

Esto quiere decir que los rendimientos ponderales previstos no son de fiar y pueden variar sustancialmente, lo que se deberá tener muy en cuenta en el estudio económico.

Sin embargo, desde un punto de vista puramente teórico, - se puede decir que el carbón del Pozo Espiel ofrece dos alternativas:

- a) Lavar ambas categorías 25-10 y 10-0,5 mm; o bien,
- b) Lavar únicamente la categoría 25-10 mm

CUADRO XVIII - Análisis densimétrico del 25-10 mm del Pozo Espiel, después de la trituración a 25 mm

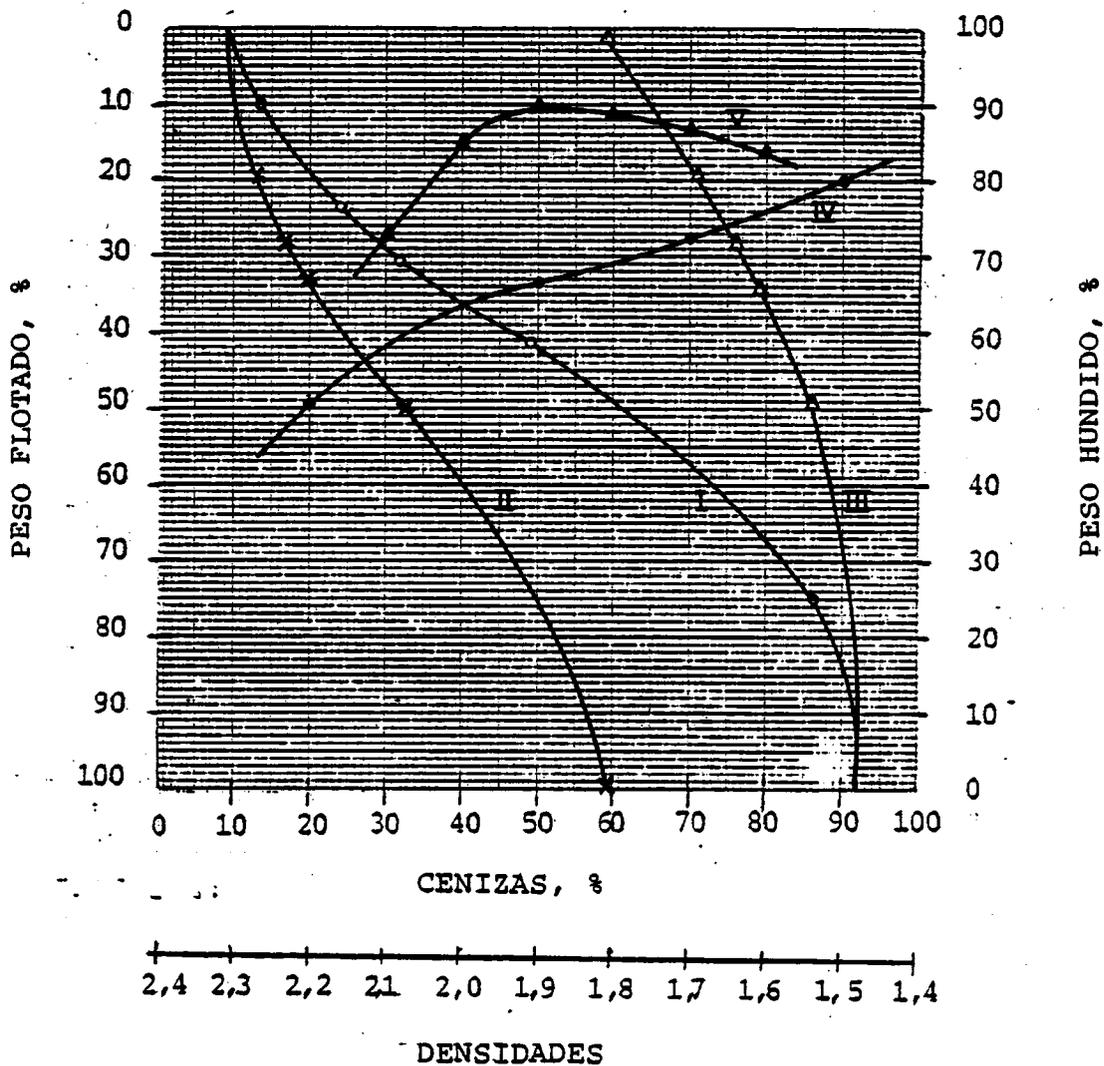
<u>Densidades</u>	<u>Pesos, %</u>		<u>FLOTADO</u>				<u>HUNDIDO</u>	
	<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>		<u>Distribución</u>		<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>
			<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>	<u>C + M.V., %</u>			
					<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>		
-	-	-	-	-	-	-	100,0	59,40
< 1,5	19,7	19,7	13,63	13,63	41,9	41,9	80,3	70,63
1,5-1,7	7,9	27,6	24,73	16,81	14,6	56,5	72,4	75,66
1,7-1,9	5,7	33,3	32,64	19,52	9,5	66,0	66,7	79,35
1,9-2,2	16,3	49,6	58,96	32,48	16,5	82,5	50,4	85,91
> 2,2	50,4	100,0	85,91	59,40	17,5	100,0	-	-
TODO-UNO	100,0		59,40		100,0			

Observaciones

- El lavado de esta fracción a densidad 2,2 permite recuperar prácticamente el 50% en peso, con buena ley para la térmica (32,48% en cenizas) aprovechando el 82,5% del valor energético contenido.

MUESTRA N° 492

CATEGORIA: 25 - 10 mm.



- o I - Curva de cenizas elementales
- x II - Curva de carbón lavado
- Δ III - Curva de estériles
- IV - Curva de densidades
- ▲ V -  $\pm 0,1$  Densidad (Dificultad de lavado)

FIG. 1 - Curvas de lavabilidad del 25-10 mm del Pozo Espiel, después de la trituration a 25 mm.

CUADRO XIX - Análisis densimétrico del 10-0,5 mm del Pozo Espiel, después de la trituración a 25 mm.

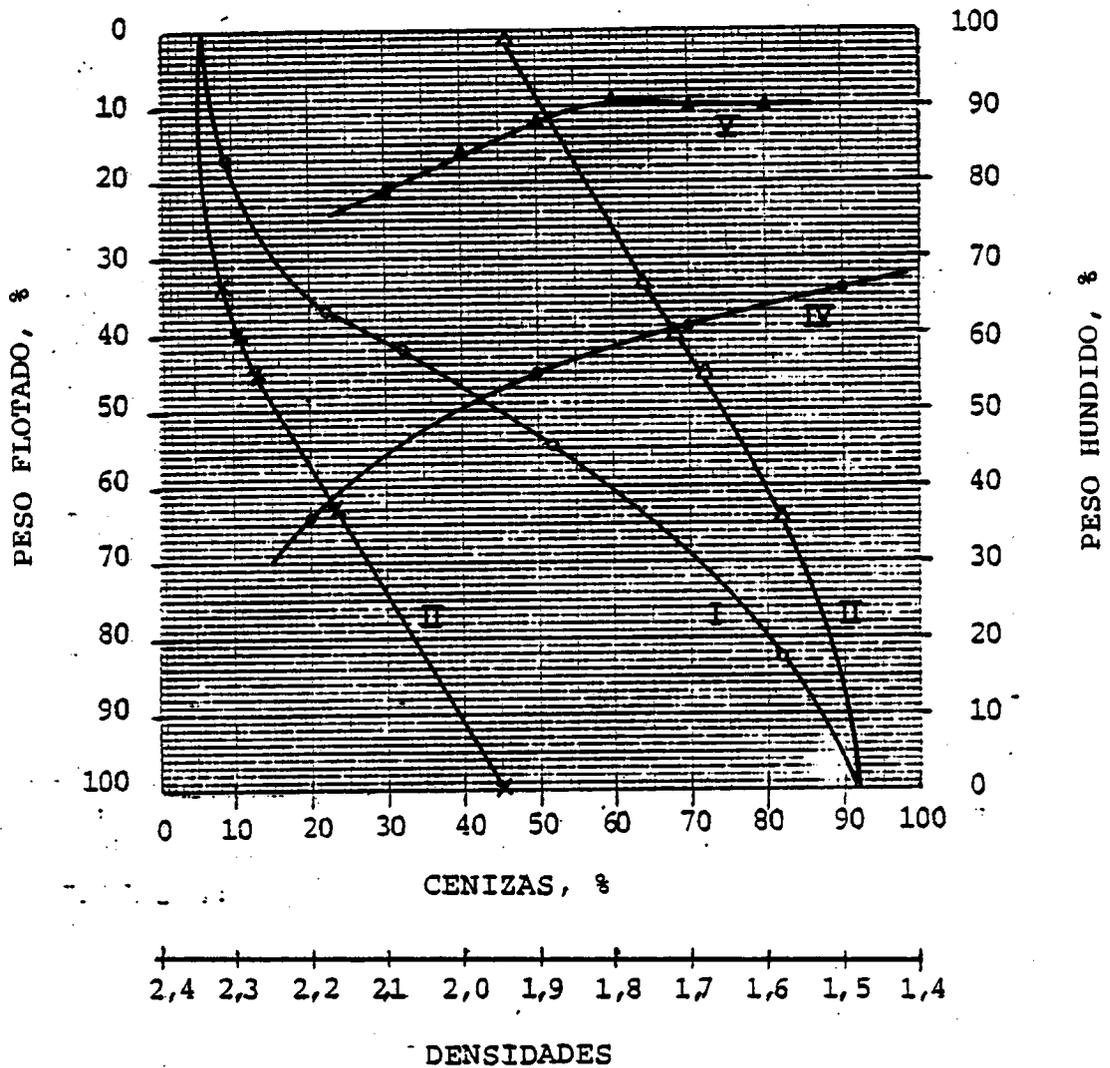
<u>Densidades</u>	<u>Pesos, %</u>		<u>FLOTADO</u>				<u>HUNDIDO</u>	
	<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>		<u>Distribución C + M.V., %</u>		<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>
			<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>	<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>		
-	-	-	-	-	-	-	100,0	45,51
<1,5	33,6	33,6	8,92	8,92	56,2	56,2	66,4	64,01
1,5-1,7	6,1	39,7	22,78	11,05	8,6	64,8	60,3	68,17
1,7-1,9	5,6	45,3	32,09	13,65	7,0	71,8	54,7	71,88
1,9-2,2	18,4	63,7	51,67	24,63	16,3	88,1	36,3	82,15
> 2,2	36,3	100,0	82,15	45,51	11,9	100,0	-	-
TODOS-UNO	100,0		45,51		100,0			

Observaciones

- Esta fracción no precisaba haberse lavado, pues su ley en cenizas está por debajo del máximo admitido por la térmica.
- Sin embargo, su comportamiento frente al lavado, es aún mejor que el de la categoría 25-10 mm comentada en el cuadro anterior. Destaca la mayor liberación del carbón.
- Cortando a densidad 2,2, se puede recuperar el 64% en peso, con ley del 25% en cenizas (demasiado buena para la térmica) al propio tiempo que se aprovecha el 88% del contenido energético.

MUESTRA N° 492

CATEGORIA: 10 - 0,5 mm.



- o I - Curva de cenizas elementales
- x II - Curva de carbón lavado
- △ III - Curva de estériles
- IV - Curva de densidades
- ▲ V - ± 0,1 Densidad (Dificultad de lavado)

FIG. 2 - Curvas de lavabilidad del 10-0,5 mm del Pozo Espiel, después de la trituration a 25 mm.

En el primer caso, se consigue la máxima calidad de carbón vendible; mientras que, con el segundo sistema, se obtiene el máximo rendimiento compatible con el lavado.

En los Cuadros XX y XXI se reflejan los resultados correspondientes a cada caso.

CUADRO XX - Resultados previsibles para el Pozo Espiel, lavando ambas categorías 25-10 mm y 10-0,5 mm.

<u>Productos</u>	<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
<u>Carbón</u>			
Granos	8,0	32,48	11,3
Menudos	33,1	24,63	52,2
Finos	31,9	59,40	27,1
TOTAL TERMICO	73,0	40,68	90,6
<u>Pizarra</u>			
Granos	8,2	85,91	2,4
Menudos	18,8	82,15	7,0
TOTAL ESTERIL	27,0	83,29	9,4
TODO-UNO	100,0	52,19	100,0

Observaciones

- La calidad del térmico es muy buena para lo que se pretende.
- La calidad del estéril también es muy satisfactoria.
- Los rendimientos no son de fiar por la dificultad de lavado.

CUADRO XXI - Resultados previsibles para el Pozo Espiel, lavando únicamente la categoría 25-10 mm.

<u>Productos</u>	<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
<u>Carbón</u>			
Granos	8,0	32,48	11,3
Menudos	51,9	44,59	59,5
Finos	31,9	59,40	26,8
TOTAL TERMICO	91,8	48,68	97,6
<u>Pizarra</u>			
Granos	8,2	85,91	2,4
TODO-UNO	100,0	51,73	100,0

Observaciones

- La ley en cenizas del carbón térmico obtenido en este último caso queda bien dentro del límite admisible, al mismo tiempo que el rendimiento peso, y el rendimiento energético, se mantienen muy elevados.
- Estos resultados solo son comparables con los del estrío manual de la pizarra gruesa. Pero, en el caso del estrío la ley en cenizas del térmico rebasa ligeramente el límite establecido. Sus rendimientos, sin embargo, son más fiables.

5.2.- MINA SAN ANTONIO (Muestra M-485. Capas C-1, C-4, C-5 y C-6

Estas son las capas que arrojan leyes superiores al 50% en cenizas y que, a simple vista ofrecen peores condiciones de

lavabilidad. Sus análisis granulométricos, antes y después de la trituración a 25 mm, parecen apoyar esta predicción.

Sin embargo, los Cuadros XXII y XXIII, relativos al análisis densimétrico de las categorías 25-10 mm y 10-0,5 mm, respectivamente, demuestra la posibilidad de alcanzar resultados aparentemente interesantes, al menos desde el punto de vista técnico. Las figuras 3 y 4 reproducen gráficamente estos resultados.

Sin embargo, consultando las curvas de las figuras 3 y 4 se confirma que las dificultades de lavado a densidad 2,2 son aún mucho mayores que con el material del Pozo Espiel; llegándose a alcanzar índices de 50 y 40, en las categorías 25-10 y 10-0,5 mm, respectivamente. Esto quiere decir que habrá grandes dificultades para mantener los rendimientos previstos; dato a considerar en el estudio económico.

A pesar de ello, en este caso y desde un punto de vista puramente tecnológico, existe la posibilidad de obtener carbón térmico (con menos del 50% en cenizas y buen rendimiento) mediante el lavado de ambas categorías 25-10 y 10-0,5 mm. En el Cuadro XXIV se pueden apreciar los resultados previsibles según este proceso.

Si sólo se lavan los granos, no hay posibilidad de alcanzar productos vendibles con buenos rendimientos.

CUADRO XXII - Análisis densimétrico del 25-10 mm de las capas C-1, C-4, C-5 y C-6 de la Mina San Antonio, después de la trituración a 25 mm.

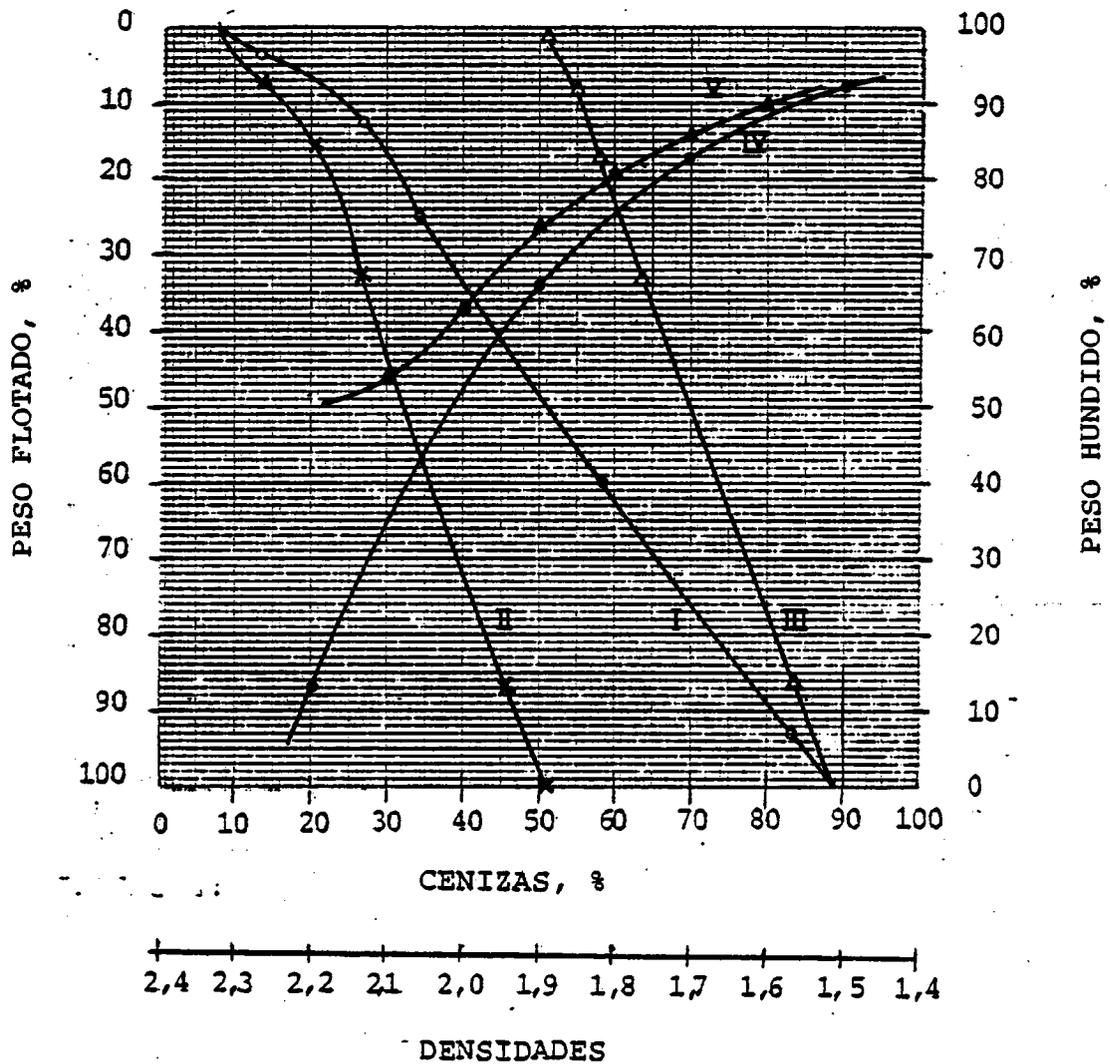
<u>Densidades</u>	<u>Pesos, %</u>		<u>FLOTADO</u>				<u>HUNDIDO</u>	
	<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>		<u>Distribución C + M.V., %</u>		<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>
			<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>	<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>		
-	-	-	-	-	-	-	100,0	51,57
< 1,5	7,6	7,6	13,54	13,54	13,6	13,6	92,4	54,71
1,5-1,7	8,8	16,4	26,92	20,72	13,3	26,9	83,6	57,63
1,7-1,9	16,5	32,9	34,61	27,69	22,3	49,2	67,1	63,27
1,9-2,2	53,1	86,0	58,07	46,45	45,9	95,1	14,0	83,08
> 2,2	14,0	100,0	83,08	51,57	4,9	100,0	-	-
TODO-UNO	100,0		51,57		100,0			

Observaciones

- Lavando esta categoría a densidad 2,2, se recupera el 86% en peso, con ley aceptable para la térmica (46,45% en cenizas) y se aprovecha el 95% del contenido energético.

MUESTRA N° 485

CATEGORIA: 25 - 10 mm.



- I - Curva de cenizas elementales
- × II - Curva de carbón lavado
- △ III - Curva de estériles
- IV - Curva de densidades
- ▲ V -  $\pm 0,1$  Densidad (Dificultad de lavado)

FIG. 3 - Curvas de lavabilidad del 25-10 mm de las capas C-1, C-4, C-5 y C-6 de la Mina San Antonio, después de la trituración a 25 mm.

CUADRO XXIII - Análisis densimétrico del 10-0,5 mm de las capas C-1, C-4, C-5 y C-6 de la Mina San Antonio, después de la trituración a 25 mm.

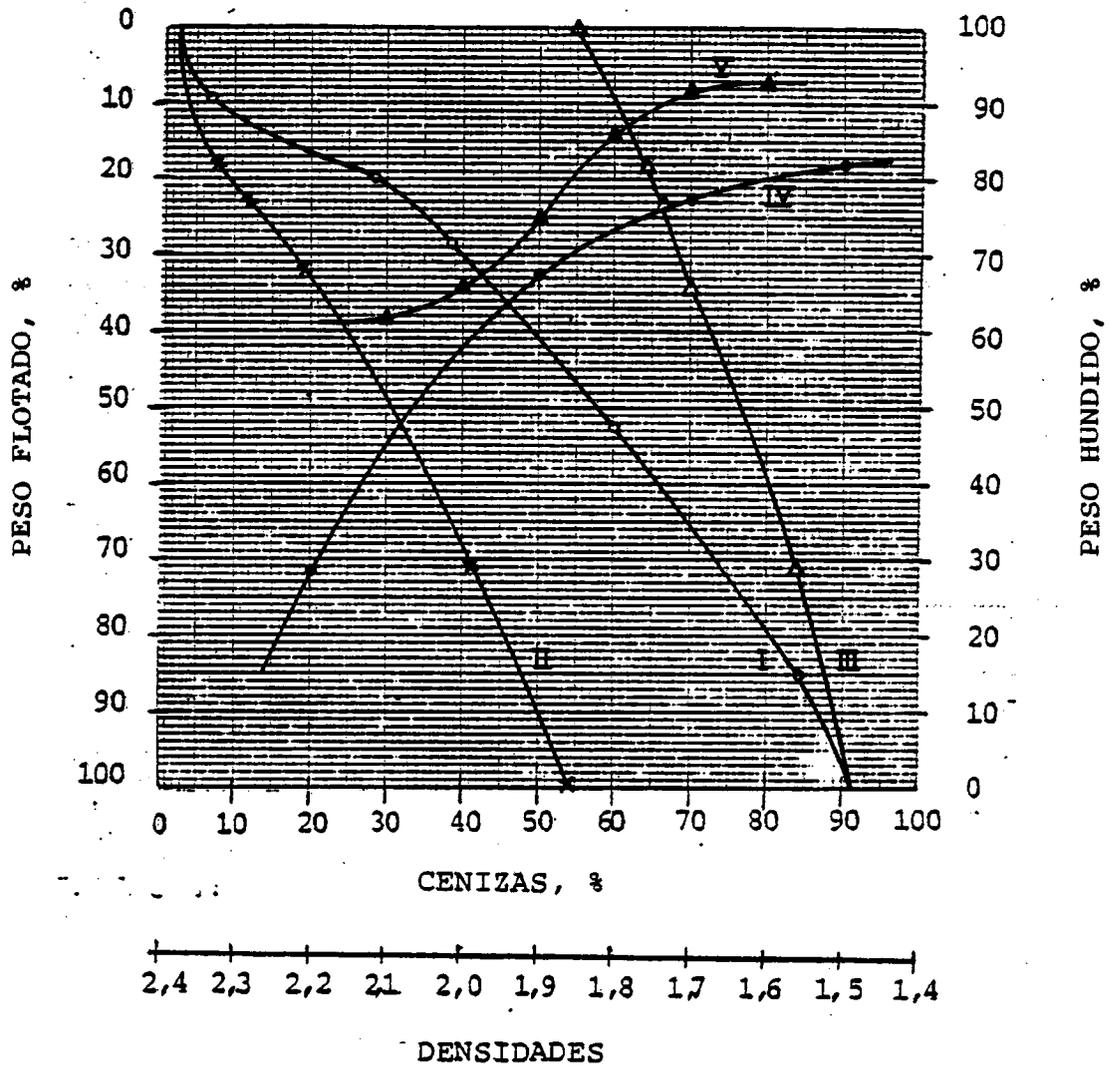
<u>Densidades</u>	<u>FLOTADO</u>						<u>HUNDIDO</u>	
	<u>Pesos, %</u>		<u>Ley en cenizas, %</u>		<u>Distribución C + M.V., %</u>		<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>
	<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>	<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>	<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>		
-	-	-	-	-	-	-	100,0	53,76
< 1,5	18,0	18,0	6,98	6,98	36,18	36,18	92,0	64,00
1,5-1,7	4,7	22,7	28,01	11,31	7,31	43,49	77,3	66,18
1,7-1,9	9,8	32,5	38,15	19,40	13,10	56,59	67,5	70,25
1,9-2,2	38,5	71,0	59,87	41,38	33,38	89,97	29,0	83,99
> 2,2	29,0	100,0	83,99	53,76	10,03	100,00	-	-
TODO-UNO	100,0		53,76		100,00			

Observaciones

- Lavando a la densidad 2,2 se obtiene un producto perfectamente adecuado para la térmica (con 41,38% en cenizas) y se alcanza un buen rendimiento peso.
- La ley en cenizas (83,99%) del estéril es también muy satisfactoria
- Sin embargo, los rendimientos (energéticos), no son tan buenos como en la categoría 25-10 mm. Hay menos carbón en los menudos.

MUESTRA N° 485

CATEGORIA: 10-0,5 mm.



- o I - Curva de cenizas elementales
- x II - Curva de carbón lavado
- △ III - Curva de estériles
- IV - Curva de densidades
- ▲ V - ± 0,1 Densidad (Dificultad de lavado)

FIG. 4 - Curvas de lavabilidad del 10-0,5 mm de las capas C-1 C-4, C-5 y C-6 de la Mina San Antonio, después de la trituración a 25 mm.

CUADRO XXIV - Resultados previsibles para las capas C-1, C-4, C-5 y C-6 de la Mina San Antonio, lavando ambas categorías 25-10 mm y 10-0,5 mm.

<u>Productos</u>	<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
<u>Carbón</u>			
Granos	17,6	46,45	20,8
Menudos	42,1	41,38	54,3
Finos	20,2	60,35	17,7
TOTAL TERMICO	79,9	47,29	92,8
<u>Pizarra</u>			
Granos	2,9	83,08	1,1
Menudos	17,2	83,99	6,1
TOTAL ESTERIL	20,1	83,86	7,2
TODO-UNO	100,0	54,64	100,0

Observaciones

- La calidad del térmico resultante queda aún dentro del límite establecido, manteniendo un margen prudencial.
- Los rendimientos son muy buenos, pero, no son de fiar, según se deduce de las "formidables dificultades" de lavado.
- El estéril queda bien limpio

5.3.- MINA SAN ANTONIO (Muestra M-484. Capas C-2 y C-3).

Estas capas son menos malas que las anteriores (C-1, C-4, C-5 y C-6) pero no siempre acusan menos del 50% en cenizas. La

muestra recibida analizó más del 52% en cenizas. Por esta razón, también se han estudiado sus posibilidades de lavado.

Los Cuadros XXV y XXVI recogen las cifras relativas al análisis densimétrico efectuado con cada una de las categorías 25-10 mm y 10-0,5 mm, después de la trituración del todo-uno a 25 mm.

Las figuras 5 y 6 representan gráficamente esos resultados.

Si se consultan las curvas de lavabilidad de las figuras 5 y 6, se observa que difieren mucho entre sí. Las características de la fig. 5 guardan relación con todas las anteriores, particularmente en lo que se refiere a las curvas IV y V de densidades y dificultad de lavado, respectivamente.

Por el contrario, las curvas IV y V de la Fig. 6, discrepan totalmente de las precedentes. Los índices de dificultad de lavado mejoran muy decididamente a partir de la densidad 1,8, llegando a señalar un "lavado fácil" (índice menor de 7) a la densidad 2,2.

No obstante la extrañeza que este fenómeno produce, siguiendo la tónica marcada en las muestras anteriores, se pueden leer en la Fig. 6 los datos correspondientes a la obtención de un carbón lavado al 40% de cenizas, independientemente de la densidad a la que habría que trabajar para conseguirlo. Así se logran establecer las cifras siguientes:

- Rendimiento peso: 80%
- Ley en cenizas del estéril: 83,5%

En estas condiciones, el lavado de ambas categorías 25-10 y 10-0,5 mm de las capas C-2 y C-3 de la Mina San Antonio dan lugar a las previsiones que se detallan en el Cuadro XXVII.

CUADRO XXV - Análisis densimétrico del 25-10 mm de las capas C-2 y C-3 de la Mina San Antonio, después de la trituración a 25 mm.

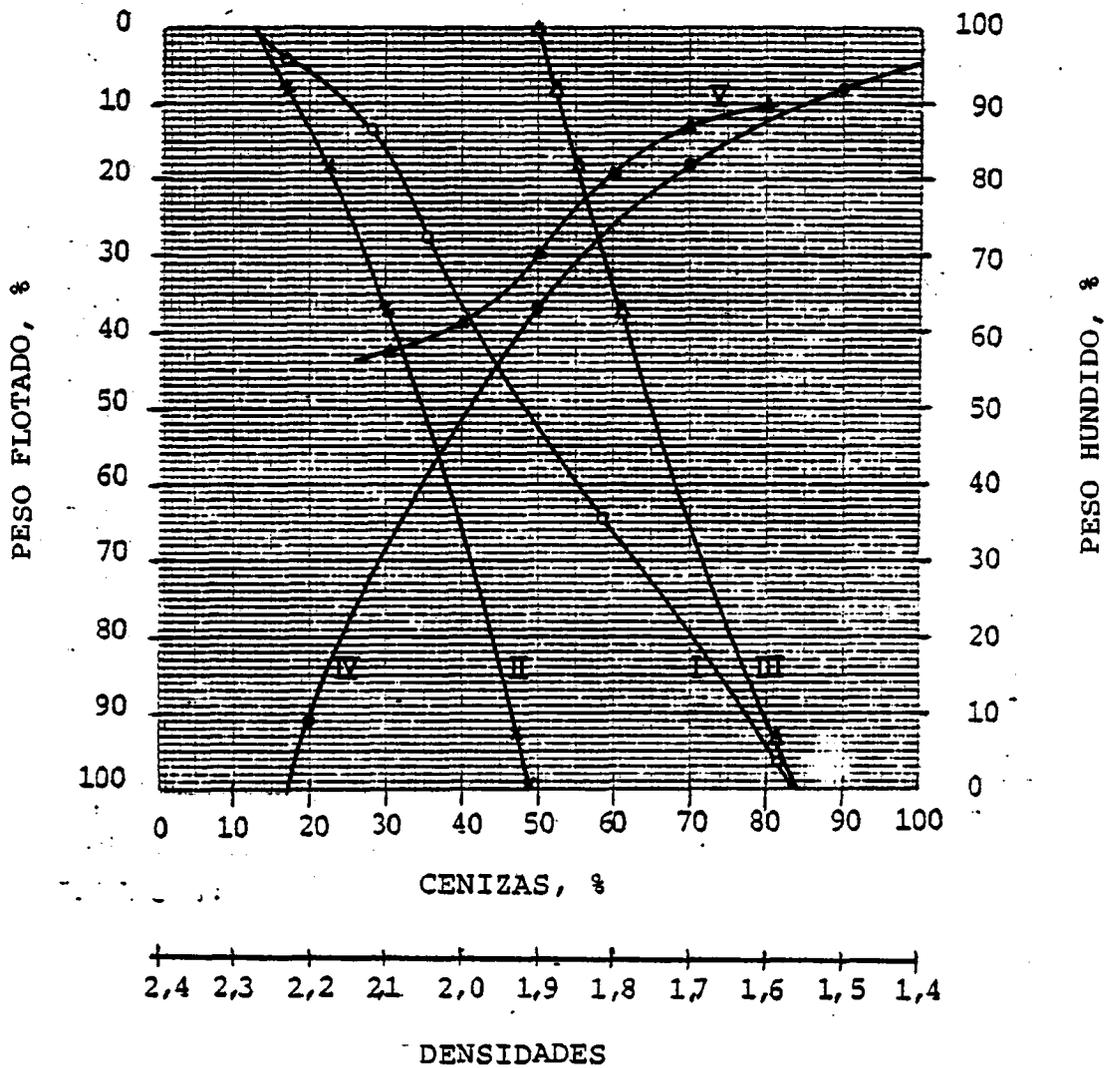
<u>Densidades</u>	<u>Pesos, %</u>		<u>FLOTADO</u>				<u>HUNDIDO</u>	
	<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>		<u>Distribución C + M.V., %</u>		<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>
			<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>	<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>		
-	-	-	-	-	-	-	100,0	49,99
< 1,5	7,9	7,9	17,65	17,65	13,0	13,0	92,1	52,78
1,5-1,7	10,7	18,6	27,67	23,39	15,5	28,5	81,4	56,07
1,7-1,9	17,9	36,5	36,12	29,65	22,9	51,4	63,5	61,70
1,9-2,2	55,8	92,3	58,88	47,32	45,9	97,3	7,7	82,26
> 2,2	7,7	100,0	82,26	49,99	2,7	100,0		
TODO-UNO	100,0		49,99		100,0			

Observaciones

- Esta fracción está justo en el límite impuesto por la Central. No precisaría, por tanto, ser lavada; al menos teóricamente.
- Si se lava a densidad 2,2 se asegura su aceptación por parte de la Central (47,32% en cenizas) y se obtienen excelentes rendimientos.
- El estéril, como es natural, queda muy limpio.

MUESTRA N° 484

CATEGORIA: 25 - 10 mm.



- o I - Curva de cenizas elementales
- x II - Curva de carbón lavado
- Δ III - Curva de estériles
- IV - Curva de densidades
- ▲ V - ± 0,1 Densidad (Dificultad de lavado)

FIG. 5 - Curvas de lavabilidad del 25-10 mm de las capas C-2 y C-3 de la Mina San Antonio, después de la trituración a 25 mm.

CUADRO XXVI - Análisis densimétrico del 10-0,5 mm de las capas C-2 y C-3 de la Mina San Antonio, después de la trituración a 25 mm.

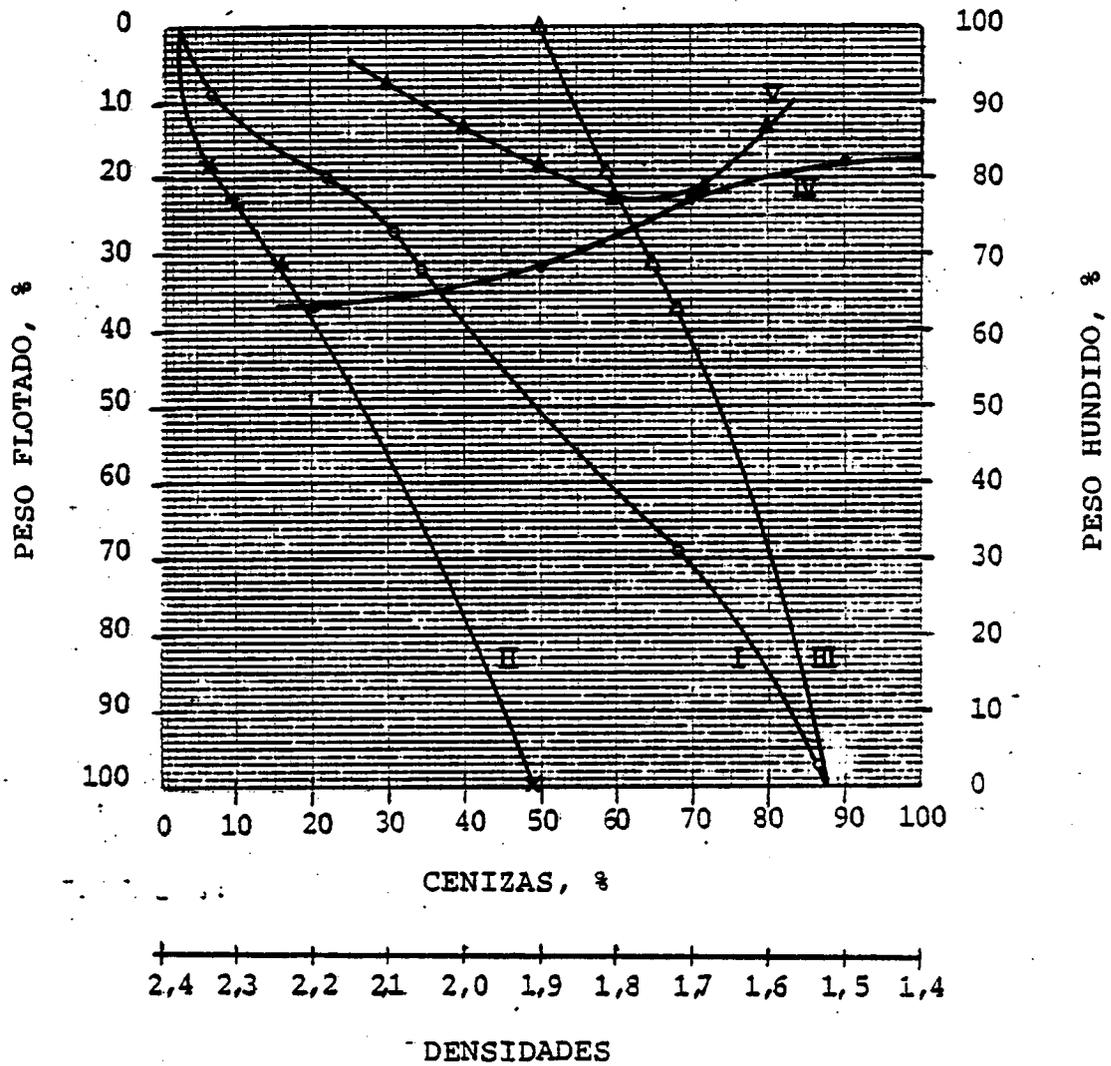
<u>Densidades</u>	<u>Pesos, %</u>		<u>FLOTADO</u>				<u>HUNDIDO</u>	
	<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>		<u>Distribución C + M.V., %</u>		<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>
			<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>	<u>Fracción</u>	<u>Acumulado</u>		
-	-	-	-	-	-	-	100,0	49,83
< 1,5	17,7	17,7	7,01	7,01	32,8	32,8	82,3	59,07
1,5-1,7	5,1	22,8	22,50	10,42	7,9	40,7	77,2	61,49
1,7-1,9	8,1	30,9	31,41	15,91	11,1	51,8	69,1	65,02
1,9-2,2	6,7	37,6	34,31	19,18	8,8	60,6	62,4	68,30
> 2,2	62,4	100,0	68,30	49,83	39,4	100,0	-	-
<u>TODO-UNO</u>	<u>100,0</u>		<u>49,83</u>		<u>100,0</u>			

Observaciones

- Esta fracción parece contener una pizarra mucho más densa que las anteriores. Se precisa haber trabajado a densidades superiores a 2,2 lo que resulta muy extraño teniendo en cuenta que pertenece a las mismas capas que la fracción anterior.
- El corte a densidad 2,2 proporciona un carbón exageradamente limpio para lo que se persigue.
- Los residuos quedan con mucha menos cenizas que en los casos anteriores.
- Como es natural, los rendimientos son muy bajos.

MUESTRA N° 484

CATEGORIA: 10 - 0,5 mm.



- o I - Curva de cenizas elementales
- x II - Curva de carbón lavado
- △ III - Curva de estériles
- IV - Curva de densidades
- ▲ V - ± 0,1 Densidad (Dificultad de lavado)

FIG. 6.- Curvas de lavabilidad del 10-0,5 mm de las capas C-2 y C-3 de la Mina San Antonio, después de la trituration a 25 mm

En este caso, al igual que en el de las capas C-1, C-4, - C-5 y C-6, no hay interés en lavar únicamente los gruesos, pues to que no se alcanzaría la calidad deseada.

CUADRO XXVII - Resultados previsibles para las capas C-2 y C-3 de la Mina San Antonio, lavando ambas categorías 25-10 y 10-0,5 mm.

<u>Productos</u>	<u>Pesos, %</u>	<u>Ley en cenizas, %</u>	<u>Distribución C + M.V., %</u>
<u>Carbón</u>			
Gruesos	17,9	47,32	19,8
Menudos	41,4	40,00	52,1
Finos	28,9	60,62	23,8
TOTAL TERMICOS	88,2	48,24	95,7
<u>Pizarra</u>			
Gruesos	1,5	82,26	0,6
Menudos	10,3	83,00	3,7
TOTAL ESTERIL	11,8	82,90	4,3
TODO-UNO	100,0	52,33	100,0

Observaciones

- La calidad del térmico queda asegurada.
- La calidad del estéril es muy satisfactoria
- Los rendimientos son muy buenos, pero exigen atención por la dificultad de lavado que se observa en los gruesos y las anomalías que se han producido en los menudos.

6.- POSIBILIDADES TECNOLOGICAS

## 6.- POSIBILIDADES TECNOLOGICAS

Para resumir, desde el punto de vista tecnológico, las posibilidades de tratamiento que han ido surgiendo en el transcurso de los ensayos granulométricos y densimétricos efectuados con las muestras del Pozo Espiel (M-492) y de la Mina San Antonio (M-485, capas C-1, C-4, C-5 y C-6) y (M-484, capas C-2 y C-3) se ha preparado el Cuadro XXVIII. En él se relacionan los procesos que han permitido alcanzar productos vendibles y los parámetros que los rodean, así como los resultados numéricos obtenidos.

En el caso del Pozo Espiel es evidente que los máximos rendimientos ponderales y aprovechamiento del valor energético contenido se consiguen con:

- a) El estrío manual de la pizarra (>50 mm)
- b) El lavado de granos (25-10 mm)

La calidad del carbón obtenido como consecuencia del estrío manual de la pizarra, rebasa ligeramente el límite del 50% en cenizas, impuesto por las centrales térmicas. Por otra parte, cuando las cifras son tan marginales, no es posible garantizar que siempre se estará del lado positivo. Por consiguiente esta situación exige disponer de algún otro sistema del que se pueda echar mano para garantizar la colocación de este carbón en el mercado. Una salvación sería la de mezclarlo con -

otros carbones de mejor calidad. Otra alternativa sería cribar a 25 mm y eliminar lo mayor de 25 mm. Con este último sistema (primero reseñado en el Cuadro XXVIII) se pierde rendimiento - pero se logra asegurar una calidad aceptable.

El lavado de granos asegura la calidad y el aprovechamiento energético pero, es un proceso relativamente costoso, tanto desde el punto de vista de la explotación como de primera instalación.

En el caso de la Mina San Antonio, solo el lavado de granos y menudos permite obtener un buen aprovechamiento energético, compatible con una calidad que asegure su aceptación en el mercado. Esta situación es particularmente inalterable - en el caso de las capas C-1, C-4, C-5 y C-6, en las que ningún sistema de cribado permite alcanzar cantidades vendibles.

Cuando se trata de las capas C-2 y C-3 cabe la posibilidad de que, por sí solas, ostenten leyes inferiores al 50% de cenizas; pero, esto no siempre es así como lo señala la muestra recibida. El cribado en seco a 5 mm y el cribado en húmedo a 0,5 mm son alternativas poco atractivas, en este caso, por su bajo rendimiento.

Para carbones como éstos, si el lavado de granos y menudos resulta económicamente prohibitivo, la única alternativa eficaz sería la mezcla con otros carbones de mejor calidad. Este método garantiza el máximo aprovechamiento del valor energético, argumento contundente frente a la crisis actual de la energía.

A este respecto, conviene precisar que el lavado también asegura un excelente aprovechamiento del valor energético. Con

él se consiguen los estériles de más alto contenido en cenizas.

En lo que al lavado se refiere, se han efectuado determinaciones de rendimientos orgánicos y, en todo momento, a pesar de las dificultades de lavado de estos carbones, las cifras obtenidas han sido muy elevadas, lavando entre el 45 y el 50% en cenizas. Por esta razón, no se ha considerado necesario a nivel de este trabajo, rectificar los rendimientos teóricos obtenidos. Si más adelante se decidiese profundizar más en las posibilidades de lavado, es evidente que habría que hacer intervenir dicho rendimiento orgánico, para cuantificar con una mayor precisión el rendimiento económico.

CUADRO XXVIII. POSIBILIDADES DE TRATAMIENTO ESTUDIADAS

MUESTRA NUM.	GRADO DE TRITURACION	TRATAMIENTO APLICADO	RESULTADOS OBTENIDOS		
			Peso %	Cenizas %	Rend. C + M.V. %
<u>Pozo Espiel</u>					
M - 492	80 mm	Cribado seco a 25 mm	85,1	48,71	89,8
"	25 mm	" " " 10 mm	77,7	49,47	80,7
"	25 mm	" húmedo a 10 mm	83,8	50,22	86,5
"	25 mm	" " " 0,5 mm	68,1	48,18	73,2
"	80 mm	Estrío de pizarra	96,8	50,35	98,8
"	25 mm	Lavado de granos	91,8	48,68	97,6
"	25 mm	" " " y menudos	73,0	40,68	90,6
<u>Mina S. Antonio</u>					
M - 485	25 mm	" " " "	79,9	47,29	92,8
M - 484	80 mm	Cribado seco a 5 mm	44,6	50,11	46,4
"	25 mm	" húmedo a 0,5 mm	71,1	49,41	76,0
"	25 mm	Lavado granos y menudos	88,2	48,24	95,7

7.- CONSIDERACIONES ECONOMICAS

## 7.- CONSIDERACIONES ECONOMICAS

Los estudios tecnológicos, por sí solos, no son suficientes para alentar o disuadir en la elección de un proyecto o en la modificación de un proceso. Es preciso relacionarlos , al propio tiempo, con algunas consideraciones económicas que permitan proyectar una visión realista del conjunto. Solo mediante un equilibrado examen técnico y económico de la cuestión es como, por lo general, se puede llegar a aceptar o re-chazar un proyecto industrial cualquiera.

Por esta razón, los estudios tecnológicos cuyos resultados se resumieron en el Cuadro XXVIII, se complementarán en el presente capítulo con algunas elementales, pero oportunas, consideraciones económicas. Como es lógico, después de este examen, sólo se conservarán en pie aquellas alternativas que prometan ser rentables.

En primer lugar, se determinará el valor añadido correspondiente al producto obtenido en cada caso, en relación con el valor del bruto extraído de la mina. Para ello, se partirá de la fórmula inicial del precio de venta sobre parque de la central.

Después, en aquellos casos en que el valor añadido sea positivo, se seguirá con un estudio del precio de coste de tratamiento y las amortizaciones necesarias. Sólo aquellos siste

mas que proporcionen un beneficio después de haber descontado las dos partidas anteriores, merecerán ser considerados como - alternativas de solución en la problemática de la comercialización de estos carbones.

#### 7.1.- CALCULO DEL VALOR DERIVADO DE LA TONELADA BRUTA

El cálculo del valor de la tonelada se hará aplicando la fórmula oficial de venta sobre parque de la central. Dicha fórmula se expresa de la manera siguiente:

$$P = \frac{P_0}{1.000} \left[ 1.000 + 7 (V-20) + 20 (25-C) \frac{88-H}{78} \right] \quad (1)$$

en la que:

P = Precio de venta de la tonelada puesta en el parque de la central, en pesetas

P<sub>0</sub> = Precio base, en pesetas por tonelada puesta en el parque - de la central para un carbón con 20% de volátiles, 25% de cenizas, y 10% de humedad.

V = Ley en volátiles, por ciento, sobre muestra seca

C = Ley en cenizas, por ciento, sobre muestra seca.

H = Contenido en humedad, por ciento, sobre carbón entregado

En el caso del carbón lavado, deberá intervenir también el rendimiento ponderal obtenido. Basándose en el carbón bruto seco, este rendimiento se expresa así:

$$R = \frac{C_e - C_b}{C_e - C_c} \quad (2)$$

Siendo:

R = Rendimiento ponderal del producto enriquecido (sobre carbón bruto seco)

Cb = Ley en cenizas, por ciento, del carbón bruto

Cc = Ley en cenizas, por ciento del carbón enriquecido, seco

Ce = Ley en cenizas, por ciento, del estéril, seco

Ahora bien, considerando la humedad del carbón lavado, entregado en el parque de la central, la fórmula del rendimiento ponderal sobre carbón bruto seco se convierte en:

$$R_h = R + Q \quad (3)$$

donde:

$R_h$  = Rendimiento ponderal húmedo

R = Rendimiento ponderal seco

Q = Cantidad de agua contenida en el carbón enriquecido, por tonelada de bruto seco.

Pero;

$$Q = \frac{(R + Q) Hc}{100} \rightarrow Q = \frac{R \cdot Hc}{100 - Hc} \quad (4)$$

donde:

Hc = Contenido de humedad, por ciento, sobre carbón enriquecido y entregado en la central.

Combinando las ecuaciones (2), (3) y (4) se obtiene:

$$R_h = \frac{C_e - C_b}{C_e - C_c} \cdot \frac{100}{100 - H_c} \quad (5)$$

Por ahora, sólo se ha considerado que se parte de la tonelada bruta seca. Pero, si se tiene en cuenta la humedad del bruto, su peso seco por tonelada es de:

$$B_s = \frac{100 - H_b}{100}$$

Siendo:

$B_s$  = Peso seco de una tonelada de bruto húmedo

$H_b$  = Contenido de humedad, por ciento, del bruto.

y, el rendimiento ponderal húmedo obtenido de la tonelada bruta húmeda será:

$$R_b = \frac{100 - H_b}{100} R_h$$

Sustituyendo en esta última ecuación el valor de  $R_h$  obtenido de la ecuación (5) se llega a la expresión:

$$R_b = \frac{C_e - C_b}{C_e - C_c} \cdot \frac{100 - H_b}{100 - H_c} \quad (6)$$

Si se entregase el carbón sin lavar, bastaría considerar su humedad, cenizas y volátiles en la fórmula de entrega sobre el parque de la central.

Por último, si se quiere calcular el valor de la tonelada a pie de lavadero, se deben tener en cuenta los gastos ocasionados desde la salida del lavadero hasta la recepción en la central, fundamentalmente, el transporte. Llamando "T" a estos

gastos y aplicando el rendimiento ponderal del lavado, el valor obtenido a pie de lavadero por tonelada de bruto húmedo - tratada, se representa de la manera siguiente:

$$P_c = \frac{C_e - C_b}{C_e - C_c} \cdot \frac{100 - H_b}{100 - H_c} \left\{ \frac{P_o}{1000} \left[ 1000 + 7(V_c - 20) + 20(25 - C_c) \right] \frac{18 - H_c}{78} - T \right\} \quad (7)$$

Esta expresión puede simplificarse teniendo en cuenta que, en el transcurso de estos estudios se ha podido comprobar que el contenido en materia volátil de los carbones lavados o enriquecidos (con leyes comprendidas entre el 47 y 50% en cenizas) es prácticamente igual al del carbón bruto, es decir: - 21,50% sobre producto seco. Introduciendo esta cifra y el valor actual de  $P_o = 4.434$  pts en (7) se obtiene:

$$P_c = \frac{C_e - C_b}{C_e - C_c} \cdot \frac{100 - H_b}{100 - H_c} (7.556,224280 - 100,049312 C_c - 85,866185 H_c + 1,136924 C_c H_c - T)$$

Si se entregase el bruto, sin lavar, bastaría considerar únicamente la expresión dentro del paréntesis. Así pues, llamando  $P_b$  al valor de la tonelada bruta, a pie de lavadero, se tiene:

$$P_b = 7.556,224280 - 100,049312 C_b - 85,866185 H_b + 1,136924 C_b H_b - T.$$

## 7.2.- VALOR AÑADIDO

Por definición, el valor añadido es la diferencia entre el valor de la tonelada bruta y el que se obtendría de esa misma tonelada una vez lavada y enriquecida. No se tienen en cuen

ta los costos de tratamiento, ni las amortizaciones y se expresa de la manera siguiente:

$$Va = Pc - Pb \quad (8)$$

siendo:

Va = Valor añadido a la tonelada de bruto

Pc = Valor obtenido de la tonelada de bruto

Pb = Valor de la tonelada de bruto

Estas expresiones se cotizan a pie de lavadero.

Los datos de base que se han de emplear para el cálculo del valor añadido a la tonelada de bruto, son los siguientes:

	<u>Pozo Espiel</u>	<u>Mina San Antonio</u>	
		<u>C-1-4-5-6</u>	<u>C-2-3</u>
- Carbón bruto:			
Cenizas % (Cb) .....	51,37	55,06	52,03
Volátiles, % (Vb) .....	21,50	21,50	21,50
Humedad, % (Hb) .....	12,50	12,50	12,50
Valor, pts/t (Pb) .....	2.073,41	1.756,67	2.016,76
- Carbón lavado:			
Volátiles % (Vc) .....	21,50	21,50	21,50
Humedad % (granos) ....	12,00	12,00	12,00
"   " (menudos) ...	16,00	16,00	16,00
"   " (finos) .....	26,00	26,00	26,00
- Transporte, pts/t (T) ..	90,--	180,--	180,--

Con estos datos y los rendimientos peso y cenizas del producto lavado o enriquecido, que figuran en el Cuadro XXVIII se confecciona el Cuadro XXIX, en el que se dan los valores añadidos a la tonelada de carbón bruto.

Es evidente que solo se alcanzan auténticos valores añadidos en el estrío de la pizarra del Pozo Espiel y en los procesos de lavado preconizados para ambas minas. Los márgenes obtenidos, sin embargo, son tan reducidos que no cubrirán, en ningún caso, las amortizaciones y los costes de tratamiento.

Para ilustrar mejor este hecho, se han efectuado estimaciones relativas a las posibles inversiones y a los costes operacionales correspondientes a cada una de las alternativas que se han venido contemplando en los cuadros XXVIII y XXIX. Los capítulos que siguen se ocupan de esta cuestión.

CUADRO XXIX.- VALORES AÑADIDOS SEGUN LAS VARIANTES DE TRATAMIENTO ESTUDIADAS

Muestra núm.	Tratamiento aplicado	Grado de trituración	Tamaño vendible	VALOR A LA TONELADA BRUTA		
				Inicial	Tratada	Añadido
<u>Pozo Espiel</u>						
M - 492	Cribado seco a 25 mm	80 mm	<25 mm	1.983,41	1.882,19	-101,22
"	" " " 10 mm	25 mm	<10 mm	1.983,41	1.667,83	-315,58
"	" húmedo a 10 mm	25 mm	<10 mm	1.983,41	1.988,77	-256,55
"	" " " 0,5 mm	25 mm	>0,5 mm	1.983,41	1.585,34	-398,07
"	Estrío de la pizarra	80 mm	<80 mm	1.983,41	2.004,70	21,29
"	Lavado de granos	25 mm	<25 mm	1.983,41	1.994,74	11,33
"	Lavado de granos y menudos	25 mm	<25 mm	1.983,41	2.074,13	90,72
<u>Mina S. Antonio</u>						
M - 485	Lavado de granos y menudos	25 mm	<25 mm	1.576,67	1.760,20	183,53
M - 484	Cribado seco a 5 mm	80 mm	< 5 mm	1.836,76	892,70	-944,06
"	Cribado húmedo a 0,5 mm	25 mm	>0,5 mm	1.836,76	1.447,63	-389,13
"	Lavado de granos y menudos	25 mm	<25 mm	1.836,76	1.865,96	29,20

8.- INVERSIONES

## 8.- INVERSIONES

Para definir, en una primera aproximación, la envergadura de las inversiones es preciso establecer los datos de base de la proyectada explotación.

En primer lugar, se desea conocer la capacidad de la planta de tratamiento. Esta se determinará de la manera siguiente:

	<u>Pozo Espiel</u>	<u>Mina S. Antonio</u>
Producción bruta anual .....	125.000 t	250.000 t
Días laborables al año .....	300 d	300 d
Capacidad tratamiento/día .....	417 t	834 t
Número de relevos .....	1 r	2 r
Horas de trabajo/día .....	8 h	16 h
Coefic. aprovechamiento .....	87,5 %	87,5 %
Horas efectivas/día .....	7 h	14 h
Capacidad efectiva/hr .....	60 t	60 t
Capacidad de diseño/hr .....	70 t	70 t

Ahora bien, como la planta consta de varias secciones, cada una de ellas deberá dimensionarse con arreglo al máximo tonelaje horario que podría llegar a ellas; dependiendo, por supuesto, de las variaciones granulométricas de la alimentación a la planta. Para ello, hay que consultar la distribución gra

nulométrica de las muestras recibidas, según el Cuadro XXX.

CUADRO XXX.- DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DEL TONELAJE HORARIO A TRATAR

CATEGORIAS	POZO ESPIEL		MINA SAÑ ANTONIO			
	%	t/hr	C-1-4-5-6		C-2-3	
			%	t/hr	%	t/hr
25 - 10 mm	16,2	11,3	20,5	14,4	19,4	13,6
10 - 0,5 mm	51,9	36,4	59,3	41,5	51,7	36,2
<0,5 mm	31,9	22,3	20,2	14,1	28,9	20,2
TOTALES	100,0	70,0	100,0	70,0	100,0	70,0

Por lo tanto, las capacidades de diseño para cada sección de la planta deberán ser de:

- Granos .....	15 t/hr
- Menudos .....	42 "
- Finos .....	23 "
Total .....	<u>80 t/hr</u>

La suma, 80 t/h, es superior a la capacidad de diseño - de 70 t/hr, prevista para la planta, pero esto es inevitable si se quiere hacer frente a las fluctuaciones de tonelaje que se pueden presentar en cada sección. La capacidad práctica se mantiene, sin embargo, para estos carbones, en las 70 t/hr, - puesto que la distribución por categorías no puede ser la máxima, simultáneamente, en todas ellas. El "cuello de botella" se

encontrará unas veces en una sección y otras veces en otra, según sea la procedencia del carbón bruto a tratar.

Profundizando un poco más, las operaciones unitarias a realizar serían las siguientes:

<u>Operaciones</u>	<u>Capacidades</u>	
	<u>Sin lavar</u>	<u>Lavando</u>
Cribado .....	70 t/hr	70 t/hr
Trituración .....	22 "	22 "
Lavado de granos .....	-	15 "
Lavado de menudos .....	-	42 "
Centrifugado .....	57 t/h	30 "
Filtración .....	-	23 "

Con estos datos, se ha estimado y valorado la maquinaria y los equipos necesarios; calculando las inversiones totales de la instalación, por el método de los tantos por ciento.

Por último, para facilitar el acoplamiento de los datos a cada sistema de tratamiento previsto, se han agrupado aquellos en seis capítulos distintos:

- a) Trituración y cribado (en seco)
- b) Lavado de granos (tambor medios densos)
- c) Lavado de menudos (ciclón medios densos)
- d) Centrifugado (menudos)
- e) Tratamiento de finos (clasificación húmeda, espesado y filtrado)
- f) Servicios comunes (almacenamiento, captación de polvos, deposición de estériles, recirculación de aguas, control y vigilancia)

8.1.- MAQUINARIA Y EQUIPOS

<u>Designación</u>	<u>Tamaño o peso</u>	<u>Potencia C.V.</u>
a) <u>Trituración y cribado:</u>		
2 alimentadores vibrantes .....	2,0 t	5
1 criba vibrante 6' x 16' .....	2,0 t	20
1 molino triturador .....	10,0 t	40
1 cinta transp. (15 m x 650 mm) .....	4,5 t	10
1 cinta transp. (15 m x 500 mm) ....	3,5 t	5
1 electro-imán protector .....	-	-
1 polipasto .....	-	-
Total .....	22,0 t	80 = 59 Kw

Valor: 8.682.000 pts

b) Lavado de granos:

1 pretamizador .....	4' x 16'	20 (2x10)
1 tambor medios densos .....	6' x 6'	5,5
1 vibro agotador .....	4' x 16'	20 (2x10)
1 bomba medio denso .....	4"	30
1 bomba medio diluido .....	3"	7,5
1 separador magnético .....	800 x 600	2
1 densificador .....	-	2
1 bobina desmagnetizadora .....	-	2
2 cintas transp. (15 m x 500 mm) ...	-	10 (2x5)
1 bomba desclasificados .....	3"	7,5
1 bomba limpieza .....	2"	7,5
1 dispositivo de control .....	-	-
Compresor, polip., etc .....	-	-
Total .....		114,0=84 Kw

Valor: 19.865.000 pts

<u>Designación</u>	<u>Tamaño o peso</u>	<u>Potencia C.V.</u>
e) <u>Lavado de menudos:</u>		
1 pretamizador .....	8' x 16'	40 (2 x 20)
1 bomba alim. ciclón .....	6"	100
1 ciclón de Ni-Hard .....	24" Ø	-
1 reja curva de 0,8 mm .....	2 m	-
1 vibro agotador 0,75 mm .....	8' x 16'	40 (2 x 20)
1 bomba medio diluido .....	4"	25
1 separador magnético .....	800 x 1.600	3
1 densificador .....	48"	7,5
2 bobinas desmagnetizadoras ..	-	4
2 cintas transp. (15 m x 500 mm)	7 t	10 (2 x 5)
1 dispositivo de control .....	-	-
Polipasto y otros .....	-	-
Total .....		229,5 = 169

Valor: 29.622.000 pts

d) Centrifugado:

2 centrifugadoras .....	3 t	20 (2 x 10)
2 cintas transp. (15 m x 500 mm)	7 t	10 (2 x 5)
2 cintas transp. (17 m x 500 mm)	8 t	10 (2 x 5)
Total .....		40 = 30 Kw

Valor: 13.000.000 pts

<u>Designación</u>	<u>Tamaño o peso</u>	<u>Potencia C.V.</u>
e) <u>Tratamiento de finos:</u>		
2 hojas curvas 1 mm .....	-	-
2 vibrotamices agotadores ..	6' x 16'	60 (4 x 15)
1 espesador (hormigón) .....	60'Ø	5
1 bomba a diafragma .....	-	5,5
2 filtros de tambor .....	10' x 16'	19 (2 x 9,5)
2 bombas de vacío .....	-	150 (2 x 75)
2 compresores .....	-	30 (2 x 15)
1 bomba torque Flow .....	6"	75
1 cinta trans.(15 m x 500 mm)	3,5 t	5
1 " " (15 m x 650 mm)	4,5 t	5
2 bombas auxiliares .....	-	150
Total .....		<u>504,5 = 371 Kw</u>

Valor: 36.011.000 pts

f) Servicios comunes:

2 tolvas para 70 t (cada una)	-	-
2 tolvas para 40 t (cada una)	-	-
1 captador de polvos .....	-	-
1 báscula integratriz .....	-	-

Valor: 23.000.000 pts

8.2.- INVERSIONES TOTALES

Como ya se ha indicado más arriba, la inversión total de cada sección de la planta, se ha calculado en base al método de los tantos por ciento, a partir del valor de la máquina

ria y los equipos. Así se tiene:

<u>Secciones</u>	<u>Valor maquinaria en 10<sup>3</sup> ptas</u>	<u>Inversión total en 10<sup>3</sup> ptas</u>
a) Trituración y cribado	8.682	23.702
b) Lavado de granos ....	19.865	54.231
c) Lavado de menudos ...	29.622	80.868
d) Centrifugado .....	13.000	35.490
e) Tratamiento de finos	36.011	98.310
f) Servicios comunes ...	23.000	62.790
Totales .....	130.180	355.391

La repercusión sobre las variantes previstas en los cuadros XXVIII y XXIX son las siguientes:

<u>Sistemas de tratamiento</u>	<u>Inversiones en 10<sup>3</sup> ptas</u>
- Cribado seco (a + f) .....	86.492
- Cribado húmedo (a + e + f) .....	184.802
- Estrío de la pizarra (a + f) .....	86.492
- Lavado de granos (a + b + e + f) .....	239.033
- Lavado de granos y menudos (a + b + c + d + e + f)	355.391

9.- AMORTIZACIONES

## 9.- AMORTIZACIONES

Las amortizaciones se calculan en base a 10 años de explotación, sin intereses. En este caso hay que distinguir entre la planta que solo trabaja a un relevo (Pozo Espiel) y la que lo hace en dos relevos (Mina San Antonio).

Según el sistema de tratamiento empleado, las amortizaciones serán, en cada caso, las siguientes:

<u>Sistemas de tratamiento</u>	<u>Amortización pts/t.t</u>	
	<u>Pozo Espiel</u>	<u>Mina S.Antonio</u>
- Cribado en seco .....	69,20	34,60
- Cribado en húmedo .....	147,84	73,92
- Estrío de la pizarra .....	69,20	-
- Lavado de granos .....	191,22	-
- Lavado de granos y menudos	284,31	142,16

El simple examen de estas cifras demuestra que los valores añadidos obtenidos sobre el precio de venta de la tonelada bruta, salvo en el caso de la muestra M-485 (la más sucia) de la Mina San Antonio, no llegan a cubrir las correspondientes amortizaciones. En el cuadro XXXI se reflejan estas incidencias.

CUADRO XXXI. INCIDENCIA DE LAS AMORTIZACIONES SOBRE EL VALOR AÑADIDO

MUESTRA NUM.	TRATAMIENTO APLICADO	VALOR AÑADIDO ptas/t.b.	AMORTIZACION ptas/t.b.	RESULTADO ptas/t.b.
<u>Pozo Espiel:</u>				
M - 492	Estrío de la pizarra	21,29	69,20	- 47,91
"	Lavado de granos	11,33	191,22	-179,89
"	Lavado de granos y menudos	90,72	284,31	-193,59
<u>Mina San Antonio</u>				
M - 485	Lavado de granos y menudos	183,53	142,16	+ 41,37
M - 484	Lavado de granos y menudos	29,20	142,16	-112,96

Aunque se hubiese proyectado una planta más pequeña, para reducir las amortizaciones trabajando a dos relevos en el caso del Pozo Espiel, tampoco se lograrían cubrir dichas amortizaciones con los correspondientes valores añadidos.

No obstante esto, por si se considerase que no es preciso incurrir en las mencionadas inversiones, bien porque ya se dispone de la planta necesaria o por otras razones, se complementa el presente estudio con la estimación de los costos operacionales que se ofrecen a continuación.

10.- COSTOS OPERACIONALES

## 10.- COSTOS OPERACIONALES

Al igual que para cuantificar las inversiones, se precisan establecer unos datos de base para hacer lo propio con los costos operacionales. Los nuevos datos que se relacionan a continuación, no alteran en absoluto los ya establecidos anteriormente para el cálculo del valor añadido y de las inversiones, sino que, por el contrario, los complementan.

### 10.1.- DATOS DE BASE

- Costo jornal medio .....	3.509 pts
- Precio del Kwh .....	3 pts
- Consumo energía/potencia instalada .....	0,65
- Costo anual materiales conservación en función del valor de la maquinaria .....	4 %
- Precio del floculante .....	520 pts/kg
- Precio de la magnetita .....	7 "
- Precio del ferrosilicio .....	74 "
- Costo del agua .....	30 pts/m <sup>3</sup>
- Transporte Pozo Espiel-Central térmica .....	90 pts/t
- Transporte Mina San Antonio- Central térmica .	180 "

En el costo de agua se incluye la amortización de las inversiones necesarias para la captación, almacenamiento y re circulación. Su desglose es el siguiente:

- Coste operacional .....	10 pts/m <sup>3</sup>
- Amortizaciones .....	20 "
Total .....	<u>30 pts/m<sup>3</sup></u>

#### 10.2.- MANO DE OBRA

La mano de obra que se indica a continuación corresponde a la marcha con dos relevos. Se puede decir, en primera instancia, que el precio de coste resultante por tonelada se mantendrá constante trabajando a un relevo, en el supuesto de que el personal en este caso se reducirá a la mitad.

	(a) <u>Trituración y cribado</u>	(b) <u>Lavado granos</u>	(c) <u>Lavado menudos</u>	(d) <u>Centri- fugado</u>	(e) <u>Tratam. finos</u>	(f) <u>Servicios comunes</u>
Alimentación .....	2	-	-	-	-	-
Trituración .....	2	-	-	-	-	-
Lavado .....	-	2	2	-	-	-
Bombeo .....	-	-	2	-	-	-
Centrifugado .....	-	-	-	2	-	-
Filtración .....	-	-	-	-	2	-
Almac. Estéril ....	-	-	-	-	2	-
Cargadero .....	-	-	-	-	-	2
Expedición .....	-	-	-	-	-	2
Varios .....	-	-	-	-	-	3
Laboratorios .....	-	-	-	-	-	2
Encargados .....	-	-	-	-	-	2
Jefe Planta .....	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>1</u>
	4	2	4	2	4	12
Costo pts/día ....	14.036	7.018	14.036	7.018	14.036	42.108
" pts/t.b. ...	16,83	8,42	16,83	8,42	16,83	50,49

Por lo tanto, el costo de la mano de obra total, correspondiente a las diversas variantes previstas es como sigue:

<u>Sistema de tratamiento</u>	<u>Mano de obra en ptas/t.b.</u>
- Cribado seco (a + f) .....	67,32
- Cribado húmedo (a + e + f) .....	84,15
- Estrío de la pizarra (a + f + 8,42)* .....	75,74
- Lavado de granos (a + b + e + f) .....	92,57
- Lavado de granos y menudos (a + b + c + d + e + f)	117,82

### 10.3.- CONSUMOS DE ENERGIA

Los consumos que aquí figuran se refieren a la marcha con dos relevos. Sin embargo, el consumo por tonelada bruta es el mismo si se trabaja con un solo relevo, por razones análogas a las de la mano de obra.

	<u>Trituración y cribado</u>	<u>Lavado granos</u>	<u>Lavado menudos</u>	<u>Centri fugado</u>	<u>Tratam. finos</u>	<u>Servicios comunes</u>
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Pot. inst. Kw	59	84	169	30	371	-
Consumo Kwh/día	614	874	1.758	317	3.858	200
Consumo Kwh/t.b.	0,74	1,05	2,11	0,37	4,63	0,24
Costo ptas/t.b.	2,22	3,15	6,33	1,11	13,89	0,72

Y, el costo de la energía en relación con las variantes previstas, es el siguiente:

---

(\*) Las 8,42 ptas/t bruta son las que corresponden a 2 personas para el estrío de la pizarra

<u>Sistemas de tratamiento</u>	<u>Costo energía en pts/t.b.</u>
- Cribado seco (a + f) .....	2,94
- Cribado húmedo (a + e + f) .....	16,83
- Estrío de la pizarra (a + f) .....	2,94
- Lavado de granos (a + b + e + f) .....	19,98
- Lavado de granos y menudos (a+b+c+d+e+f)	27,42

#### 10.4.- SUMINISTROS

En este apartado se relacionan los materiales distintos de los de conservación. El costo diario se calcula en base a los 2 relevos pero esto no afecta al costo por tonelada bruta tratada.

	<u>Trituración y cribado</u>	<u>Lavado granos</u>	<u>Lavado menudos</u>	<u>Centri fugado</u>	<u>Tratam. finos</u>	<u>Servicios comunes</u>
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Agua, m <sup>3</sup> /día ....	-	-	-	-	417	-
Magnetita, Kg/día	-	39	158	-	-	-
Ferrosil, "	-	39	105	-	-	-
Floculan., "	-	-	-	-	7,5	-
Costo, ptas/día	-	3.159	8.876	-	16.410	-
" , ptas/t.b.	-	3,79	10,64	-	19,68	-

Luego, el costo de los suministros (distintos a los de conservación) afectan a las variantes previstas del modo siguiente:

<u>Sistema de tratamiento</u>	<u>Suministros en ptas/t.b.</u>
- Cribado seco (a + f) .....	-
- Cribado húmedo (a + e + f) .....	19,68
- Estrío de la pizarra (a + f) .....	-
- Lavado de granos (a + b + e + f) .....	23,47
- Lavado de granos y menudos (a+b+c+d+e+f) .	34,11

#### 10.5.- CONSERVACION

Bajo esta designación se deben distinguir dos partidas:

- La mano de obra del taller
- Las piezas de recambio y otros materiales

	<u>Trituracion y cribado</u>	<u>Lavado granos</u>	<u>Lavado menudos</u>	<u>Centri fugado</u>	<u>Tratam. finos</u>	<u>Servicios comunes</u>
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
<u>Mano de obra:</u>						
Jornales/día	1	1	1	1	2	2
Costo, ptas/día	3.509	3.509	3.509	3.509	7.018	7.018
" , ptas/t.b.	4,21	4,21	4,21	4,21	8,41	8,41
<u>Materiales:</u>						
Costo, ptas/día	1.158	2.649	3.950	1.733	4.801	3.067
" , pts/t.b.	1,39	3,18	4,73	2,08	5,76	3,68
Total conserv.	5,60	7,39	8,94	6,29	14,17	12,09

Por lo que, el costo de la conservación en cada una de las variantes previstas, es como se indica a continuación:

<u>Sistema de tratamiento</u>	<u>Conservación en ptas/t.b.</u>
- Cribado seco (a + f) .....	17,69
- Cribado húmedo (a + e + f) .....	31,86
- Estrío de la pizarra (a + f) .....	17,69
- Lavado de granos (a + b + e + f) .....	39,25
- Lavado de granos y menudos (a + b + c + d + e + f) .	54,48

#### 10.6.- RESUMEN DEL COSTO OPERACIONAL

Por último, para resumir el costo operacional, se totalizan las partidas que se han venido estudiando en la forma siguiente:

	<u>Trituración y cribado</u> (a)	<u>Lavado granos</u> (b)	<u>Lavado menudos</u> (c)	<u>Centri fugado</u> (d)	<u>Tratam. finos</u> (e)	<u>Servicios comunes</u> (f)
Mano de obra ....	16,83	8,42	16,83	8,42	16,83	50,49
Energía .....	2,22	3,15	6,33	1,11	13,89	0,72
Suministros .....	-	3,79	10,64	-	19,68	-
Conservación ....	5,60	7,39	8,94	6,29	14,17	12,09
Total ....	24,65	22,75	42,74	15,82	64,57	63,30

Y, el costo operacional correspondiente a cada una de las variantes previstas en los cuadros XXVIII y XXIX, es el que sigue:

<u>Sistema de tratamiento</u>	<u>Costo operacional en ptas/t.b.</u>
- Cribado seco (a + f) .....	87,95
- Cribado húmedo (a + e + f) .....	152,52
- Estrío de la pizarra (a + f + 8,42) .....	96,37
- Lavado de granos (a + b + e + f) .....	175,27
- Lavado de granos y menudos (a+b+c+d+e+f)	233,83

Recordando la cifra de los valores añadidos se hace evidente, sin lugar a dudas, que es imposible cubrir con ellos los correspondientes costos operacionales. El cuadro XXXII así lo demuestra.

Finalmente, cabe objetar que si en lugar de haber proyectado el tratamiento con medios densos, se hubiese pensado en las cajas de lavado, los costos operacionales y las inversiones hubiesen sido menores.

Esto es cierto, pero tampoco se puede negar que aun suprimiendo por completo los gastos operacionales correspondientes a las secciones de lavado de granos y menudos propiamente dichos, tampoco se obtendrían resultados económicos que justifiquen el tratamiento. Pesan mucho más los costos de las operaciones complementarias y auxiliares.

Es evidente que la parte del costo operacional, imputable a la sección de lavado de granos, cifrada en 22,75 ptas por tonelada bruta, está muy lejos de poder cambiar de signo el resultado económico correspondiente, según figura en el cuadro XXXII, para el carbón del Pozo Espiel.

Si se tiene en cuenta, además, el costo operacional de

CUADRO XXXII. INCIDENCIA DE LOS COSTOS OPERACIONALES SOBRE EL VALOR AÑADIDO

MUESTRA NUM.	TRATAMIENTO APLICADO	VALOR AÑADIDO ptas/t.b.	COSTO OPERACIONAL ptas/t.b.	RESULTADO ptas/t.b.
<u>Pozo Espiel:</u>				
M - 492	Estrío de la pizarra	21,29	96,37	- 75,08
"	Lavado de granos	11,33	175,27	-163,94
"	Lavado de granos y menudos	90,72	233,83	-143,11
<u>Mina San Antonio:</u>				
M - 485	Lavado de granos y menudos	183,53	233,83	- 50,30
M - 484	Lavado de granos y menudos	29,20	233,83	-204,63

la sección de lavado de menudos, estimado en 42,74 ptas por tonelada bruta, el costo a deducir sería de 65,49 ptas por tonelada bruta, en el caso en que se laven ambas categorías. Esta cifra tampoco permite cambiar el signo negativo de los resultados del Cuadro XXXII, correspondientes al lavado de granos y menudos del Pozo Espiel y de la muestra M-484 (capas 2 y 3) de la Mina San Antonio. Sólo se conseguiría un resultado positivo en el caso de las capas 1, 4, 5 y 6 (muestra M-485) de esta última mina. Pero este resultado, 15,19 ptas por tonelada bruta, es del todo insuficiente para afrontar las pérdidas de rendimiento ocasionadas por la mayor imperfección de las cajas, su costo operacional y las amortizaciones, por pequeñas que éstas sean.

## 11.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

Los estudios efectuados con las tres muestras recibidas de los carbones sucios de la zona de Belmez-Espiel demuestran, muy a las claras, las dificultades de lavado y enriquecimiento que ofrecen desde el punto de vista tecnológico.

Desde el punto de vista económico, se ha demostrado que estas operaciones son inviables. Se pueden lograr pequeños valores añadidos a la tonelada de carbón bruto extraído de la mina, pero éstos son del todo insuficientes para afrontar los gastos de tratamiento y las amortizaciones.

Sólo cabe pensar en la utilización de estos carbones mediante la mezcla con otros de mejor calidad. De este modo, el aprovechamiento de su contenido energético es máximo, asegurando, al mismo tiempo, su aceptación en el mercado.