

662.66.004.14 = 60

611 - 54

carbones pobres

posible utilización de los productos carboníferos de baja calidad en la preparación de la materia prima

A. FOLLIOU
Doctor Ingeniero

DEFINICION

Bajo la denominación de «COMBUSTIBLES POBRES» comprenderemos todas las materias que contengan un cierto porcentaje de carbono libre o combinado, pero insuficiente, sin embargo, para permitir su utilización en los hogares industriales clásicos, a consecuencia de los inconvenientes que las impurezas arrastran tanto desde el punto de vista de funcionamiento como de los precios de coste.

Antes de la última guerra 1939-1945 se utilizaban muy poco —y sólo en casos muy particulares— los carbones que contenían más de 25 % de cenizas.

La Industria del Cemento misma, que pasa, sin embargo, por poder absorber combustibles de segunda calidad, consumía frecuentemente unos finos que no contenían más de 15 % de materias inertes.

Había para esto varias razones:

1.º) En esta época, el carbón no era un producto raro, y conformándose con quemar finos que ya se consideraban como sub-productos inutilizables en otra parte, los precios de la caloría eran bastante asequibles.

2.º) La Industria del Cemento estaba todavía en sus comienzos, y sus técnicas estaban poco avanzadas. El tratamiento de las primeras materias y de los combustibles estaban muy simplificados, a menudo debido a la falta de material apropiado, y el control era también bastante rudimentario.

Es por esto por lo que se prefería un carbón regular de bastante buena calidad,

con objeto de no ampliar las dificultades que acometían entonces al fabricante de cemento.

La penuria de combustibles que comenzó con el principio de la guerra, no hizo más que agravarse luego, obligando, poco a poco, a los Poderes Públicos y a los cementeros, a distribuir y a aceptar, respectivamente, carbones cada vez más ricos en cenizas.

Las fábricas de cemento, por su parte, buscaron, además de sus cupos de carbón, otras fuentes de calorías, recurriendo a antiguas minas puestas de nuevo en actividad y que proporcionaban a veces materias que contenían más de 50 % de cenizas.

De esta manera es como se aprendió a conocer la enorme influencia de las cenizas, en calidad y en cantidad, sobre la marcha de los hornos, por una parte, y sobre la calidad del clínker obtenido, por la otra.

Poco a poco cada fábrica se equipó para mezclar mejor unos carbones de origen tan diferente (hasta 15 calidades para una fábrica), con objeto de molerlos mejor, para homogeneizarlos mejor y, finalmente, para utilizarlos mejor en la tobera.

Al finalizar la última guerra, la mayoría de las industrias cementeras francesas trabajaban normalmente con unas mezclas que contenían un 30 % de cenizas.

Las industrias cementeras francesas, por otra parte, habían logrado modificar, poco más o menos, su mezcla cruda a fin de compensar regularmente la aportación arcillosa de las cenizas. Y su funcionamiento, sin ser

muy favorable, permitía obtener clínker correcto y trabajar en unas condiciones económicas aceptables.

Esta situación, sin embargo, ocasionaba grandes complicaciones en el comportamiento de los hornos y no permitía alcanzar producciones muy elevadas, debido a los incidentes suplementarios que aparecían en cuanto se quería forzar el rendimiento de los hornos:

- Calidad inferior de los clínkeres.
- Formación de anillos o a la inversa.
- Pérdida de costra de los hornos—Desgaste prematurado de los ladrillos.

Pero el punto de ahogo era debido principalmente al hecho de que las instalaciones de tratamiento de los carbones, concebidas para carbones de 7.000 calorías, no podían secar y moler un tonelaje equivalente de combustible sucio, de mucho contenido de cenizas, duro de moler y de un P. C. frecuentemente inferior a 5.000 calorías.

Pero tan pronto como cesó la penuria de combustibles y se pudo lograr el calentamiento de los hornos con Mazut, las fábricas volvieron a tomar, poco a poco, la costumbre de recurrir a unos combustibles más nobles y sin consumir, sin embargo, más que productos de segunda clase tales como finos, residuos de lavado, «Schlammes», etcétera..., que son, por otra parte, fácilmente utilizables en nuestra industria cuando las fábricas se hallan bien equipadas de material de manutención y de tratamiento.

Actualmente, la penuria de energía calorífica no ha desaparecido. Los precios de coste de la caloría en incesante progresión obligan a los industriales, en general, y a los cementeros, en particular, a estudiar de nuevo las economías que podrían obtenerse para la utilización de las calorías abandonadas hasta ahora, pero ofrecidas a mejores precios.

Por otra parte, han sido creadas instalaciones modernas para utilizar mejor las calorías. En todos los países se manifiesta una tendencia hasta la cocción por vía seca, con objeto de reducir más el consumo unitario.

Pero las economías de calorías pueden ser perseguidas paralelamente sobre los dos caminos. Aquí vamos a examinar, de una manera más precisa, la utilización «DE LOS COMBUSTIBLES POBRES».

Utilización de los combustibles pobres

Acabamos de ver que la falta de combustibles había hecho que los cementeros trataran de satisfacer una parte de sus necesidades con unos combustibles de segunda e, incluso, de tercera calidad, los cuales, mezclándolos en ciertas proporciones con carbones, habían logrado mantener la actividad de sus fábricas y satisfacer, casi por completo, las necesidades de la clientela.

Pero también hemos visto que no se podía ir demasiado lejos por este camino, si no queríamos vernos obligados a reducir muy sensiblemente la producción de los hornos y de aceptar una calidad de clínker poco compatible con las necesidades actuales.

Quedaba por consiguiente, abordar otro método de utilización de los combustibles pobres. Este era el de incorporarlos al crudo, esperando que el carbono o, por lo menos, una fracción de éste, se utilizaría efectivamente en el proceso de la cocción, permitiendo una economía de los combustibles más nobles (carbones buenos o fuel) inyectados por la tobera.

Esta idea permitiría, por lo menos, considerar la utilización de numerosos desperdicios, industriales o mineros, de muy poco contenido de material combustible.

En realidad esta idea no era nueva. Había ya sido expuesta en 1920 (patente entregada a la «Cie Nelle du Boulonnais»); pero, sin duda, la puesta en práctica no había sido brillante, pues había quedado casi abandonada, excepto cuando la Naturaleza la imponía como en algunas fábricas (Valdonne), donde unas venas de carbón se hallaban contenidas en las materias primas. Pero a decir verdad no eran muy útiles, porque perturbaban, por sus irregularidades, la dosificación de las materias crudas y también la marcha de los hornos.

Se debía temer igualmente que la adición de materias carbonosas en el crudo y, en particular, en la pasta, modificase las cualidades físicas de ésta y, sobre todo, provocase la coagulación en los recipientes de pasta.

Por estas causas, los primeros ensayos se realizaron con mucha timidez; pero, con sorpresa general, las adiciones de residuos

carbonosos en lugar de espesar las pastas, por el contrario las fluidificaban la mayoría de las veces (excepto si contenían demasiada cantidad de cal o de álcalis).

Los ensayos no fueron sino más dudosos.

No obstante, la idea progresó. Algunas fábricas llegaron a añadir regularmente a su crudo, bien escorias de origen diferente o bien cenizas de calderas de Centrales que contenían con las antiguas instalaciones hasta 40 % de carbono.

Estas escorias no coagulaban la pasta. En cambio, obstruían fácilmente las rejillas de los molinos de pasta, las bombas, los fondos de los recipientes, y se les acusaba, no sin razón, de provocar la formación de anillos en los hornos.

La calidad de los clínkeres no ha ganado continuamente. Las escorias o residuos de Centrales, que no eran todavía las cenizas volantes de las Unidades modernas, calentadas con carbón pulverizado, se seguirán utilizando siempre con mucha precaución y en pequeñas dosis.

Desde hace algunos años, bajo la presión de los factores económicos y también después de resultados alentadores, el empleo intenso de los residuos carbonosos ha llegado a ser regla general en ciertas fábricas en las que constituyen una de las condiciones de su marcha económica (Tablas V y VI).

El precio de la caloría ha aumentado rápidamente pasando, en algunos meses, de 1,00 Fr. a 1,40 Fr./termia.

En estas condiciones, toda economía de combustible será bien recibida, sea por el perfeccionamiento de las instalaciones o sea por la utilización masiva de combustibles pobres pero baratos.

Clasificación de los combustibles pobres

Si la primera cualidad que debe tener un combustible pobre es la de contener un cierto porcentaje mínimo de carbono, bajo una forma cualquiera, su segunda cualidad deberá ser su bajo precio.

Y, finalmente, su tercera e importante cualidad será la de estar en las proximidades de la fábrica que lo utilice: en este caso, la fábrica de cemento.

Se comprenderá, por consiguiente, que no se puedan emplear eficazmente los «Combustibles Pobres» más que si el precio de coste de la caloría realmente utilizada en el horno de cemento es verdaderamente económico, es decir, si es muy netamente inferior al de la caloría que se puede obtener de los combustibles industriales tales como el carbón y el fuel.

Los combustibles pobres están, en efecto, cargados de materias inertes, tales como cenizas y agua. Los gastos de manutención, de transporte y de tratamiento deben ser de los más reducidos, con objeto de que el precio final de la caloría esté en competencia con relación al de las calorías tradicionales.

Por otra parte, la introducción de materias extrañas en las primeras materias de la fabricación del cemento no deben ser susceptibles de deteriorar las cualidades de éstas.

Y, por último, es preciso que estos residuos carbonosos puedan ser tratados en las instalaciones de las fábricas de cemento clásicas, sin transformación importante de éstas.

Mediante estas restricciones, y refiriéndose a los ensayos efectuados en Francia durante estos últimos años, los principales residuos carbonosos que se pueden utilizar en las fábricas de cemento por mezcla al crudo son los siguientes:

- 1) — *Residuos de minas:*
 - Montículos de arena y escorias-esquistos.
 - Residuos de cribado y de lavado de la hulla.
- 2) — *Residuos de hogares industriales:*
 - Cenizas y escorias.
- 3) — *Residuos de centrales térmicas modernas:*
 - Cenizas volantes u hollín (secos o húmedos).
- 4) — *Residuos diversos:*
 - Se encuentran, en efecto, especialmente alrededor de las grandes ciudades, sobre todo en los grandes depósitos de residuos caseros que se han transformado en el transcurso de los años y que, a veces, contienen hasta 40 % de materias combustibles utilizables.

A continuación, damos algunos análisis inmediatos de estos diversos tipos de materias y más adelante tratamos la composición de sus cenizas (Tablas I y II).

El análisis inmediato demuestra particularmente las diferencias de proporción de agua que existen de un producto a otro y que dependen, esencialmente, del estado de división del producto.

Es evidente que la proporción de agua juega un papel importante sobre el precio de coste de la caloría.

Se verá también que los residuos ensayados hasta ahora contienen todos menos de 75 % de materias inertes.

Es posible que, según las condiciones locales, se puedan aceptar proporciones superiores; pero, debido a ello, la rentabilidad de la operación sería seguramente menos clara.

Los análisis de las cenizas dan todos, poco más o menos, resultados análogos a los de las materias arcillosas utilizadas en la industria del cemento con un índice silícico pequeño y, en cambio, una relación Aluminio/Oxido de Hierro bastante fuerte.

Resulta de ello que la adición de estos materiales a los productos habituales de cantera no puede serles nefasta, sino que, al contrario, se podrá encontrar en esto un correctivo útil a la composición, a menudo demasiado silíceo, o insuficientemente rico en alúmina, de ciertas canteras (Tabla III).

Condiciones de empleo particulares para cada categoría de combustibles pobres

Es evidente que cualquiera que sea el sub-producto empleado, su adición al crudo deberá ser dosificada perfectamente para no perturbar la marcha de los hornos y, por consiguiente, será bueno prever a veces una homogeneización previa del producto con eliminación de todos los cuerpos extraños demasiado duros o demasiado voluminosos e incompatibles con los aparatos de las fábricas de cemento.

Es frecuente, en efecto, el encontrar en estos materiales, que hasta ahora han sido considerados como residuos inutilizables, toda clase de objetos: bloques de hormi-

gón, trozos de madera, chatarra, neumáticos, etc..., los cuales se han echado dentro sin selección.

En general esta eliminación se hace en el transcurso de la recuperación y del transporte a la fábrica de cemento.

La homogeneización del lote de sub-productos carbonosos tiene por objeto el regularizar la composición de la materia en casos de que proviniese de orígenes diversos o simplemente de montones dispersos.

Generalmente, se tiene interés en no recurrir al empleo de residuos carbonosos más que cuando se dispone de una fuente importante ya almacenada como los montículos de minas o los depósitos de hollines de centrales, o menos de tener asegurado un abastecimiento regular a partir de éstas.

De esta manera, se puede contar con poder tratar durante un largo período materiales suficientemente regulares en composición para nuestra industria.

Veamos cada producto por separado:

1) — Residuos de minas:

Residuos de cribado.

Recuperación de desechos.

Si se quiere explotar una tierra carbonosa, es interesante que ésta no sea demasiado vieja, para que la materia carbonosa no haya tenido tiempo de destruirse por combustión espontánea.

Con objeto de llevar el tamaño de los trozos a unas dimensiones utilizables en los molinos de crudo, este tipo de residuo deberá sufrir un cribado o un triturado.

Los granos obtenidos de esta forma retienen en general poco agua (4 a 5 %) y es fácil distribuirlos a la entrada de los molinos por un procedimiento cualquiera: emparrillado, cinta transportadora, etc.

El molido, por el contrario, es bastante difícil y no es raro que salgan del molino gruesos granos de esquistos sin moler.

La pasta así obtenida es más grosera que cuando no se añaden estos esquistos.

Hay que vigilar cuidadosamente esta característica, porque pueden derivarse de ella, sobre todo si se quiere reemplazar toda la arcilla por esquistos, dificultades de cocción y la obtención de clínkeres expansivos.

La pasta que contiene esquistos es muy flúida y, seguramente, es posible fabricar, con buenas calizas, pastas con 30 % de agua que sean fáciles de bombear.

Las pastas que contienen esquistos dan, al parecer, mucho polvo a la salida de los hornos y conviene tener buenos filtros para retenerlos.

2) — Residuos de hogares industriales:

Se trata, en general, de una mezcla de cenizas y de escorias que se mojó al salir de los hogares y que ha estado más o menos tiempo almacenada.

La mezcla es, en general, heterogénea; la proporción de cenizas, variable; la escoria se encuentra en trozos más o menos gruesos, y la riqueza en carbono es, según los trozos, esencialmente variable.

El producto debe ser triturado muy a menudo para poderlo añadir y moler normalmente.

Que la dosificación para la alimentación del molino se efectúe más o menos bien depende de que la mezcla sea granulosa, o, por el contrario, pegajosa, como consecuencia de la elevada proporción de cenizas húmedas.

La distribución deberá hacerse, en este caso, preferentemente, con un distribuidor de cinta o de láminas.

La materia de pastas relativamente finas, a condición de que las rejillas de los molinos no dejen pasar elementos gruesos que hayan resistido a la acción de los agentes molturadores.

La pasta es menos flúida que con los esquistos, pero, sin embargo, menos viscosa que con la mayoría de las arcillas plásticas.

El contenido en aguas de la pasta así obtenida puede descender a 35 % y todavía más.

No hay dificultades especiales en la cocción que parece estar facilitada por la adición de escoria, pero se debe temer una tendencia a la formación de anillos a la entrada en la zona de cocción.

La formación de costra en la zona de cocción está favorecida por la presencia de las escorias.

3) — Residuos de centrales térmicas modernas:

Se encuentran residuos bajo la forma seca «Cenizas Volantes», interesantes desde algunos puntos de vista porque son secas, pero, en cambio, difíciles de transportar.

Se han regado frecuentemente estas cenizas para captarlas y enviarlas luego a recipientes de decantación, de donde se pueden retirar después del reposo y de la eliminación del exceso de agua, pero siguen conteniendo todavía de 30 a 40 % de humedad.

Este polvo mojado, que llamamos *hollín*, puede ser transportado fácilmente sobre camiones de caja basculante, para facilitar su manejo.

La ventaja de los hollines o de las cenizas volantes es que son bastantes regulares en cuanto a calidad (aunque no en proporción de carbono) y que ya están molidos.

Casi se podría, por tanto, añadirlos a la salida del molino de pasta e incorporarlos simplemente por mezcla.

Hemos preferido introducirlos a la entrada del molino, ya que esto permite incorporarlos bien a la caliza y hacer que el crudo sea más homogéneo.

La adición de hollines o de cenizas volantes no espesa la pasta, por lo menos con los que se encuentran en la región parisina.

Podría suceder distintamente con cenizas calizas y parcialmente descarbonatadas, como las obtenidas con los lignitos de Provenza.

Con los hollines se obtiene fácilmente una pasta fina y el rendimiento del molino se ve aumentado fuertemente.

Si el origen de los hollines es único y la caliza es regular se obtiene una pasta de características muy estables, lo cual es muy interesante para la marcha de la fabricación.

La adición de hollines en dosis elevada (suficiente para saturar la caliza) da, por el contrario, pastas poco silíceas y ricas en alúmina y en Fe_2O_3 .

Esto es lo que parece explicar la tendencia que tienen los hollines de provocar la obstrucción de los hornos.

La cocción se efectúa fácilmente, el clín-

ker es más bien de granulometría gruesa y bastante duro de moler por estar parcialmente fundido.

La calidad del cemento obtenido es excelente.

La adición de cenizas volantes puede hacerse con cualquier clase de distribuidor de polvo. Pero para los hollines húmedos, sólo el distribuidor de banda de caucho o de paletas metálicas nos ha dado buenos resultados.

4) —Residuos diversos:

Igualmente hemos tenido la ocasión de experimentar residuos de desperdicios caseros muy descompuestos.

La proporción de carbono era muy interesante, puesto que alcanzan de 30 a 40 %.

Ha habido que cribar las materias con malla de 15 mm de luz para eliminar los objetos más heterogéneos.

Las más grandes contrariedades han sido halladas en el molido, como consecuencia de la presencia de pequeñas chatarras (clavos, tachuelas, etc...), y de restos orgánicos de caucho, corcho o madera.

El conjunto se amalgamaba y llegaba a obstruir todas las aberturas de las rejillas de los molinos.

Observaciones

Conviene anotar que la mayoría de estos «Combustibles Pobres» podrían ser tratados por vía seca y, por consiguiente, se podrían añadir a un polvo calizo de manera que se obtenga un crudo seco conveniente al procedimiento de cocción por vía seca.

Unos ensayos de granulación de cenizas volantes y de caliza han dado, en efecto, excelentes resultados.

CONCLUSIONES

La experiencia de varios años de marcha industrial nos ha permitido comprobar

que se podía reemplazar una parte, y hasta toda la arcilla necesaria para la fabricación del cemento portland, por cantidades equivalentes de residuos carbonosos que hemos llamado «COMBUSTIBLES POBRES» (esquistos, hollines, cenizas volantes, escorias, residuos industriales y mineros).

Mediante ciertas precauciones de empleo, estos productos de baja calidad no sólo no aportan contrariedades suplementarias en la fabricación, sino que, por el contrario,

— por disminución del contenido en agua de la pasta,

— por la aportación de calorías en potencia que se recuperan en parte,

procuran una economía apreciable en calorías caras (cuadros V y VI).

Estas materias presentan, por lo tanto, un interés económico verdadero, tanto desde el punto de vista industrial como desde el punto de vista nacional.

Su utilización puede permitir suspender la explotación de las canteras de arcilla, a menudo de naturaleza muy heterogénea y de extracción difícil y costosa.

Permite deshacerse al mismo tiempo de residuos industriales y mineros que estorban y que, de otra manera, son inutilizables.

Los clínkeres fabricados con este procedimiento son, en general, ricos en alúmina y, por consiguiente, proporcionan cementos de resistencias iniciales elevadas. Su composición y su calidad son muy regulares.

Sin embargo, esta riqueza en alúmina y en fundente se traduce a veces en la formación de anillos en los hornos.

Esto se puede remediar añadiendo al crudo arena finamente molida.

La formación de costra en el zona de cocción es, en general, excelente, y se mejora así mucho la duración de los refractarios.

Y, finalmente, la producción de los hornos puede aumentar en la mayoría de los casos debido a la disminución del agua en la pasta.

TABLA N.º I

COMBUSTIBLES POBRES — ANÁLISIS INMEDIATO TIPO

DESIGNACIÓN	Humedad	Cenizas (Cruco seco)	Carbono fijo	Materias volátiles	TOTAL Materias Combustibles	OBSERVACIONES
Cenizas volantes húmedas (hollines Gennevilliers) . . .	20 a 40 %	75,—	22,—	3,—	25,—	Composición bastante regular.
Cenizas volantes húmedas (hollines de Creil)	12 a 15 %	88,5	9,0	2,5	11,5	Composición regular.
Cagafierros	10 a 15 %	65,—	32,0	3,0	35,—	Composición irregular.
Desechos de minas (esquis- tos magros).	4 a 5 %	75,—	21,0	4,0	25,—	Composición muy regular.
Desechos caseros (después de varios años de almace- nado)	19,—	60,—	31,5	8,5	40,—	Sobre producto tamizado por malla de 10 mm de luz, bastante variable.

TABLA N.º II

COMBUSTIBLES — COMPOSICIÓN DE LAS CENIZAS (DEDUCIDO EL CARBONO)

DESIGNACIÓN	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Pérdida al fuego	Alcalis	TOTAL	Módulo silíceo	Al ₂ O ₃ — Fe ₂ O ₃
Hollines del Norte	51,7	28,9	8,6	6,95	1,45	1,30			99,35	1,38	3,36
Hollines de Porcheville	48,7	29,45	11,85	5,45	2,4	0,95	1,05		99,85	1,2	2,5
Hollines de Gennevilliers	49,1	31,0	9,55	3,15	2,7	0,65			96,15	1,21	3,24
Esquistos magros del Norte	58,4	29,3	5,2	1,35	1,55	0,35		3,6	99,6	1,65	5,65
	53,0	31,3	5,45	1,90	1,05					1,4	5,75
Cagafierro	50,75	27,10	13,0	6,40	2,00	0,50	0,25		100,00	1,27	2,10
	47,3	26,4	11,2	8,7	2,00	0,9			1,5	97,9	1,26

TABLA N.º III

COMBUSTIBLES POBRES — UTILIZACIÓN EN MEZCLA CON EL CRUDO

	% de agua en la pasta	Contenido CO ₂ Ca	Arena	SiO ₂	MgO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₂	CO ₂	M.V	C Carb.	CaO libre	$\frac{S}{A+F}$	$\frac{A}{F}$
Pasta arcillosa	39,75	78,5		14,0	3,0	2,0	43,9	0,1	—		36,5	0		2,8	1,5
Clínker Corr. (Cocción con carbón)				23,5	5,0	3,0	66,8	0,5	0,1		1,1			2,94	1,67
Pasta de arcilla y caga- fierros	36,1	71,05		13,2	4,45	2,15	40,5	0,75	0,30	31,0	3,1	4,2		2,0	2,07
Clínker Corr. (Cocción con carbón)			0,2	21,25	6,95	3,75	65,4	1,20	0,30	0,30	0,30		0,2	1,98	1,85
Pasta con esquistos	32,5	75,9		13,7	3,90	1,55	42,50	0,7	0,4		34,2	2,9		2,55	2,30
Clínker Corr. (Cocción con carbón)			0,25	22,40	6,45	2,70	66,60	1,10		0,2	0,2		1,80	2,45	2,39
Pasta con hollines.	35,0	75,2		13,7	4,4	2,10	42,0	0,8			34,7	2,2		2,11	2,10
Clínker Corr. (Cocción con carbón)			0,15	21,05	7,1	3,7	65,85	1,35	0,1	0,3	0,25		1,10	1,95	1,91

TABLA N.º IV
COMBUSTIBLES POBRES
CONDICIONES PRÁCTICAS DE UTILIZACIÓN

Fases del tratamiento	Derechos de minas (Esquistos)	Cenizas y cagaferros	Hollines o cenizas volantes	Derechos diversos
Preparación	Selección grosera Trituración a 0,40 mm	Selección grosera Trituración a 0,40 mm Homogeneización	Decantación de barras de centrales	Selección cribado
Transporte	Por cualquier medio	Por cualquier medio	Vehículo estanco para cenizas volantes secas	Por cualquier medio
Distribución	Cualquier tipo de distribuidor	Con preferencia, distribuidor de cinta	Cinta para hollines húmedos Rosca sin fin para cenizas secas	Con preferencia, cinta
Horno	Marcha desahogada Horno irregular, buena costra Sin anillos	Buena marcha durante varios días Mucha costra, tendiendo a curarse	Marcha bastante fácil y regular El horno se encostra mucho y se obstruye a veces	Variable
Cocción	Cocción correcta, pero clínker con tendencia a la expansión si los esquistos están mal molidos	Buena cocción Clínker bastante duro Excelente calidad	Cocción fácil Tendencia a formar bolas Clínker duro de moler, pero de excelente calidad	Variable

TABLA N.º V

COMBUSTIBLES POBRES — UTILIZACIÓN EN MEZCLA CON EL CRUDO

RESULTADOS CALORÍFICOS

NATURALEZA DEL ENSAYO	Calorías aportadas en la luzería (por kg clinker)	Calorías aportadas por el combustible en el crudo	Total de calorías (por kg. clinker)	OBSERVACIONES
Pasta arcillosa	1.800		1.800	
a			a	
1942	2.000		2.000	Antes del alargamiento de los hornos Hornos alargados
1956	1.650		1.650	
Pasta arcillosa y con cagaferro	990	560	1.550	Contenido en carbono del crudo: 4,2
Pasta de esquisto de desecho de minas Noviembre 1956	1.319	384	1.703	Contenido en carbono del crudo: 2,9
Pasta de hollín de Centrales Marzo 1958	1.370	283	1.653	Contenido en carbono del crudo: 2,2

NOTA.—Sólo una parte de las calorías aportadas por el crudo son recuperables.
Su bajo precio las hace, no obstante, siempre económicas.

TABLA N.º VI

COMBUSTIBLES POBRES — UTILIZACIÓN EN MEZCLA CON EL CRUDO

RESULTADOS ECONÓMICOS

RESULTADOS GLOBALES	Marcha con arcilla	Marcha con hollines y esquistos	ECONOMÍAS REALIZADAS CON HOLLÍN Y ESQUISTOS
PASTA: contenido en agua	40 %	35 %	Valor de la caloría (Fuel) 1,40 fr
CONSUMO CALORÍFICO:	1.650	1.350	Economía en calorías nobles (Fuel) 300 cal
por kg de clínker			Economía por t de clínker 420 fr
Calorías en la tubería			Economía valor arcilla 128 fr
PRODUCCIÓN DE LOS HORNOS:	700 t	800 t	Gastos evitados por t de clínker 548 fr
por t de clínker por 24 hr			COMBUSTIBLES POBRES — Precios límites
ARCILLA:			Cantidad necesaria por t de crudo seco 150 kg
Valor en t de clínker	128 fr		» » » t de clínker 240 kg
Título CO ₂ Ca 20 %			Precio límite máximo aceptable:
Proporción en crudo seco 20 %			en seco $\frac{548}{240} \times 1.000 = 2.280$ fr/t
Valor de la t 400 fr			en húmedo $\frac{2.280 \times (100 - 25)}{100} = 1.715$ fr./t
Cantidad por t clínker 320 kg			(con 25 % agua)