

REMOCIÓN DE CARBÓN INQUEMADO DE LAS CENIZAS VOLANTES PRODUCIDAS EN EL PROCESO DE COMBUSTIÓN DE CARBÓN

Leonardo Fabio Velásquez Vallejo, Javier Fernando De La Cruz Morales, Jhon Freddy Sánchez Morales & Mauricio Alberto Marín Laverde
Escuela de Procesos y Energía, Universidad Nacional de Colombia
fvelasq@unalmed.edu.co

Recibido para evaluación: 20 de Septiembre de 2007

Aceptación: 6 de Noviembre de 2007

Entrega de versión final: 23 de Noviembre de 2007

Resumen

El carbón inquemado presente en las cenizas volantes obtenida en los procesos de combustión de carbón, es el inconveniente principal para su utilización en la industria de la construcción. Este material normalmente tiene un tamaño de partícula mayor que el material mineral, por lo tanto se puede separar en un porcentaje considerable, obteniendo doble beneficio: la reutilización del inquemado como combustible o como precursor para la producción de carbón activado y la utilización del material mineral en la industria de la construcción ya que se le ha retirado la materia orgánica que imposibilita su utilización. En este trabajo se experimenta con una técnica de separación por tamizado para tres muestras de cenizas volantes obtenidas en diferentes empresas, se realizaron análisis granulométricos con mallas de la serie Tyler, se realizó los análisis próximos cortos al material retenido en cada malla para escoger una malla apropiada para la separación, posteriormente se separaron los inquemados con esta malla y se determinó el porcentaje de remoción de inquemados de la muestra.

Palabras Clave: Cenizas Volantes, Inquemados, Combustión, Tamizado.

Abstract

The coal inquemado in flying ashes obtained in the processes of coal combustion is the main disadvantage for its use in the industry of the construction. This material normally has a size of particle greater than the mineral material, therefore it is possible to be separated in a considerable percentage, obtaining double benefit: the reusability of inquemado like fuel or precursor for the activated charcoal production and the use of the mineral material in the industry of the construction since the organic matter has retired him that disables its use. In this work it is experienced with a sifted technique of separation by for three obtained flying ash samples with different technology (travelling Grill, pneumatic injection and overturning grill), were made grain sized analyses with meshes of a diameter of particle greater to 0,589 mm, the short analyses were made to them next to the retained material in each mesh and the inquemados percentage of removal was determined of. The technique was compared with other developing.

Keywords: Flying Ashes, Inquemados, Combustion, Sifted.

1. INTRODUCCIÓN

Las cenizas volantes constituyen el componente principal de los residuos que genera el uso del carbón como combustible. Se considera que anualmente se queman más de 830 millones de toneladas de carbón que generan unos 75 millones de toneladas de residuos de combustión formados principalmente por cenizas volantes que contienen carbón sin quemar (inquemados) [1, 2].

En Antioquia, según estudio realizado por el Centro de Investigaciones del Carbón en 1996 para 25 empresas consumidoras de carbón, el consumo anual de carbón es de 406.602 toneladas, del cual se obtienen 26.852 toneladas de cenizas volantes aproximadamente, con una cantidad de inquemados total de 4.852 toneladas (Ver Tabla 1) [3].

Tabla 1. Consumo de carbón, producción de cenizas volantes y porcentaje de inquemados para 25 empresas de Antioquia y zonas de influencia.

EMPRESAS	Consumo	Producción	Inquemados	
	Carbón	C.V.	(%)	(ton/año)
	(ton/año)	(ton/año)		
1 Alimentos Copelia	36	0,72	70,98	0,51
2 Coloidales S.A.	420	8,40	31,13	2,61
3 Creaciones M. Blanco	900	18,00	23,24	4,18
4 Hiestrosa y Cía.	960	19,20	33,09	6,35
5 Laboratorio Higietex	240	4,80	29,42	1,41
6 Lavandería los Trajes	600	12,00	16,69	2,00
7 Minerales Industriales	960	19,20	44,15	8,48
8 Súper de Alimentos	360	7,20	48,19	3,47
9 Tintorería y L. Espumar	480	9,60	47,66	4,58
10 Tintorería Mil Colores	558	11,16	41,84	4,67
11 Tintorería T.P.Q.	432	8,64	29,53	2,55
12 Bavaria (Manizales)	4320	86,40	23,56	20,36
13 Bavaria. (Pereira)	4800	96,00	41,06	39,42
14 Colombiana Kimberly	4320	86,40	12,19	10,53
15 Fatelares S.A.	1332	26,64	23,95	6,38
16 Lavamoda Ltda.	1704	34,08	27,75	9,46
17 Pasabocas Margarita	1440	28,80	22,30	6,42
18 Teñidos y Acabados	1680	33,60	24,78	8,33
19 Tintorería Servicolor	3600	72,00	29,53	21,26
20 Cervecería Unión S.A.	14160	283,20	19,20	54,37
21 Coltejer S.A.	204000	16320,00	23,49	3833,57
22 Fabricato S.A.	108000	8640,00	5,47	472,61
23 Gravetal S.A.	10260	205,20	23,23	47,67
24 Productos Familia	12240	244,80	14,34	35,10
25 Textiles Rionegro	28800	576,00	42,67	245,78
Total	406602	26852		4852

A pesar de la implementación de tecnología desarrollada para evitar, disminuir y controlar estas emisiones y poder cumplir con la reglamentación legal al respecto, la generación de este material sólido sigue provocando problemas de manejo y disposición, ya que si se acumulan, se convierten en una amenaza ambiental y un problema económico.

En los últimos años, las cenizas volantes han sido tema de investigación, ya sea como materia prima de diferentes productos o para dilucidar problemas industriales, como escorificaciones y fusiones parciales o totales, desde un punto de vista fisicoquímico y acorde con las condiciones donde se realizan los procesos térmicos [3].

El uso de las cenizas volantes puede contribuir al alivio del problema de disposición y en consecuencia acabar con el impacto ambiental que generan. Sin embargo el alto contenido de inquemados impide su utilización ya que las caracteriza como de baja calidad para uso en el ramo de la construcción [4].

La separación de los inquemados mejora la calidad de las cenizas lo cual facilita su utilización y además ofrece un residuo carbonoso que puede utilizarse como combustible o como precursor potencial para la producción de un carbón activado económico y competitivo en el mercado, ya que presenta beneficios energéticos y económicos.

Teniendo en cuenta lo anterior se ha planteado la necesidad de investigar acerca de la separación de los inquemados de las cenizas volantes producidas en la combustión del carbón.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Se recolectaron muestras de cenizas volantes provenientes de tres plantas de combustión de carbón

de empresas del área metropolitana de Medellín (aproximadamente 200 Kg. por empresa). Estas empresas son: Ladrillera San Cristóbal (E1), Gravetal S.A. (E2) y Cervecería Unión (E3). A las tres se le realizaron los análisis próximos cortos para determinar la cantidad de inquemados (ver Tabla 3.1).

Bajo la suposición de que el inquemado es un material de mayor tamaño que la ceniza, se pensó en separarlo por una técnica de tamizado; para lo cual se escogió un grupo de mallas de la serie Tyler, con un tamaño de abertura que abarcara los diámetros de las partículas presentes en las cenizas volantes.

Luego se procedió con cada muestra de la siguiente forma: se cuarteo lo suficiente para tomar un incremento representativo de aproximadamente 300 gr., se le realizó un análisis granulométrico con las mallas escogidas y al material retenido en cada malla se le realizaron análisis próximos cortos para observar la cantidad de inquemados que se retenía en cada malla (Ver las Tablas 3.2, 3.3 y 3.4).

Esto nos permitió escoger la malla que retenía la mayor cantidad de partículas inquemadas, la cual se utilizó posteriormente para separar la muestra total.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis corto para las cenizas. Se puede observar un porcentaje de Inquemados relativamente alto para las muestras E1 y E2. Estos se definen como la cantidad de materia volátil más carbono fijo presentes en las cenizas.

En las Tablas 3, 4 y 5 se observan las mallas de la serie Tyler escogidas para el análisis granulométrico de cada muestra de cenizas, con su respectivo diámetro de abertura, el porcentaje retenido, el acumulado, el análisis corto y el porcentaje de inquemados.

Tabla 2. Análisis próximos cortos para las tres muestras de cenizas volantes.

Muestra	H, [%]	Z, [%]	V, [%]	C, [%]	I, [%]
E1	6,3	43,1	13,6	37,0	50,6
E2	6,6	53,2	5,4	34,8	40,2
E3	2,3	78,6	7,3	11,9	19,2

H: Humedad Z: Cenizas V: Materia Volátil C: Carbono Fijo I: inquemados

Tabla 3. Granulometría y análisis próximos cortos para muestra E1.

Malla #	D _a , [mm]	R, [%]	A, [%]	H, [%]	Z, [%]	V, [%]	C, [%]	I, [%]
30	0,589	25,6	25,6	6,6	14,4	14,5	64,5	79,0
40	0,417	12,6	38,2	6,1	31,4	18,0	44,5	62,5
70	0,212	31,8	70,0	8,1	46,8	14,3	30,8	45,1
100	0,147	11,2	81,2	5,8	61,3	11,4	21,5	32,9
140	0,104	8,9	90,1	3,8	68,9	10,0	17,3	27,3
Colec.		9,9	100	2,8	77,0	9,1	11,1	20,2

D_a: Abertura
 Z: Cenizas
 R: Retenido
 V: Materia Volátil
 A: Acumulado
 C: Carbono Fijo
 H: Humedad
 I: inquemados

Tabla 4. Granulometría y análisis próximos cortos para muestra E2.

Malla #	D _a , [mm]	R, [%]	A, [%]	H, [%]	Z, [%]	V, [%]	C, [%]	I, [%]
40	0,417	25,3	25,3	8,1	16,2	6,1	69,6	75,7
60	0,295	16,6	41,9	6,8	35,1	5,3	52,8	58,1
100	0,147	17,6	59,5	6,4	54,9	5,4	33,3	38,7
120	0,124	4,1	63,6	6,2	71,8	5,8	16,2	22,0
140	0,104	7,6	71,2	5,7	79,3	5,5	9,5	15,0
Colec		28,8	100	5,5	85,5	4,8	4,2	9,0

D_a: Abertura
 Z: Cenizas
 R: Retenido
 V: Materia Volátil
 A: Acumulado
 C: Carbono Fijo
 H: Humedad
 I: inquemados

Tabla 5. Granulometría y análisis próximos cortos para muestra E3.

Malla #	D _a , [mm]	R, [%]	A, [%]	H, [%]	Z, [%]	V, [%]	C, [%]	I, [%]
40	0,417	5,3	5,3	9,0	12,2	6,2	72,6	78,8
60	0,295	6,8	12,1	7,9	27,5	6,5	58,1	64,6
100	0,147	13,1	25,2	3,2	67,9	5,8	23,1	28,9
120	0,124	8,6	33,8	1,8	81,8	5,9	10,5	16,4
140	0,104	7,0	40,8	1,6	88,4	7,3	2,7	10,0
Colec		59,3	100	1,0	91,0	8,0	0	8,0

D_a: Abertura
 Z: Cenizas
 R: Retenido
 V: Materia Volátil
 A: Acumulado
 C: Carbono Fijo
 H: Humedad
 I: inquemados

Para observar mejor el comportamiento granulométrico, de los análisis cortos y los inquemados se realizaron gráficos en función del tamaño de partícula (ver Figuras 1, 2 y 3):

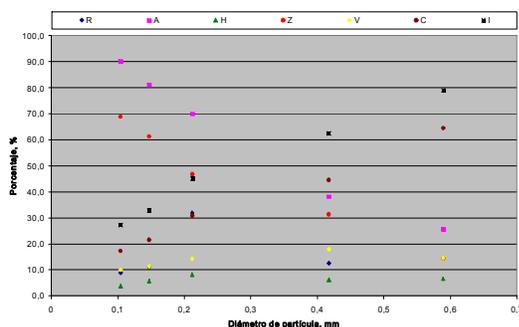


Figura 1. Análisis granulométrico y próximo corto en el retenido de cada malla, para la muestra E1.

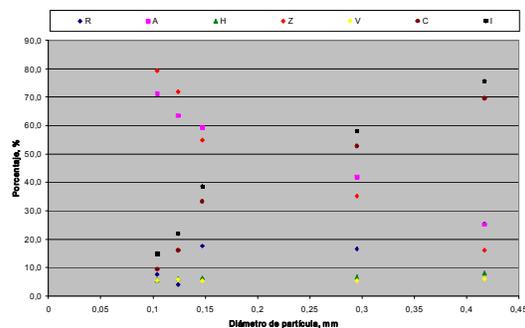


Figura 2. Análisis granulométrico y próximo corto en el retenido de cada malla, para la E2.

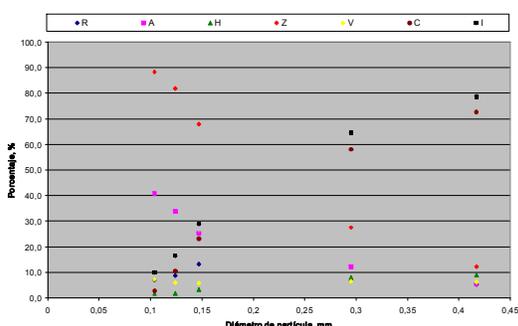


Figura 3. Análisis granulométrico y próximo corto en el retenido de cada malla, para la muestra E3.

De los gráficos se observa que el contenido de humedad y materia volátil, permanece casi constante con el tamaño de partícula, mientras hay una tendencia del carbono fijo y los inquemados a aumentar y de las cenizas a disminuir con el tamaño de partícula.

En general se puede afirmar que el contenido de inquemados aumenta notablemente con el tamaño de

partícula, y en consecuencia disminuye el contenido de cenizas, esto confirma la suposición que conllevo ha desarrollar esta investigación, por lo tanto se puede proceder a identificar una malla que permita recuperar la mayor cantidad de inquemados, o una malla que permita obtener unas cenizas que cumplan con la norma para utilización en la construcción, según sea el objetivo que se busca con la separación.

En nuestro caso el objetivo era recuperar los inquemados para posteriormente realizar ensayos de activación. Se escogió entonces la malla 70 que le corresponde una abertura de 0.212 mm para la muestra E1 y la malla 60 que le corresponde una abertura de 0.295 mm para las muestras E2 y E3, y así separar el inquemado de la muestra total recogida en cada empresa (200 kg. aproximadamente). El porcentaje de inquemados recuperados para cada muestra y las cenizas resultantes que pasan la malla escogida, con sus respectivos análisis próximos cortos, aparece en la Tabla 6 y 7 respectivamente.

Tabla 6. Inquemado recuperado (I.R.) y análisis próximo para cada muestra.

Muestra	M.S.	D _p mm	I.R.M.T. %	Análisis próximos cortos, %				I %
				H	Z	V	C	
E1	70	>0,212	70,0	7,2	32,2	15,0	45,6	60,0
E2	60	>0,295	41,9	7,6	23,7	5,8	63,0	68,8
E3	60	>0,295	12,1	8,4	20,8	6,4	64,5	70,9

Tabla 7. Ceniza residual y análisis próximo para cada muestra.

Muestra	M.S.	D _p mm	I.R.M.T. %	Análisis próximos cortos, %				I %
				H	Z	V	C	
E1	70	>0,212	30,0	4,2	68,5	10,3	16,9	27,3
E2	60	>0,295	58,1	2,2	63,0	2,3	32,5	34,8
E3	60	>0,295	87,9	4,1	72,9	3,2	19,8	23,0

4. CONCLUSIONES

La separación de carbón inquemado para las cenizas volantes producidas en los procesos de combustión de carbón, es factible técnicamente por la técnica de tamizado obteniéndose buenos porcentajes de recuperación.

Según la malla que se escoja para la separación, de las cenizas volantes se puede obtener como producto un inquemado al cual se le puede aprovechar su contenido

energético nuevamente en un proceso de combustión, o para utilizarlo como precursor en la producción de carbón activado [1,2]; o una ceniza con menos materia orgánica que se pueda utilizar en el ramo de la construcción.

AGRADECIMIENTOS

A los laboratorios de Operaciones Unitarias y Control, de Carbones y al de Termodinámica, todos pertenecientes a la Facultad de Minas.

REFERENCIAS

- [1] Maroto V, M. et al. 1999. Environmental benefits of producing adsorbents materials from unburned carbon. The Energy Institute and department of energy and geo- environmental engineering. The Pennsylvania State University. Home: www.flyash.info
- [2] Maroto V, M. et al. 2000. Use of unburned carbon in fly ash as precursor for development of activated carbon. The Energy Institute. The Pennsylvania State University. Home: www.flyash.info.
- [3] Centro de Investigaciones del Carbón, Universidad Nacional de Colombia, 1996.
- [4] Velásquez, L. y Cárdenas, C. 1996. Caracterización y posibles usos de las cenizas volantes del carbón. TDG. Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia.
- [5] Gray, McMahan L. et al. 2001. Physical cleaning of high carbon fly ash. National Energy Technology Laboratory, US Department of Energy.