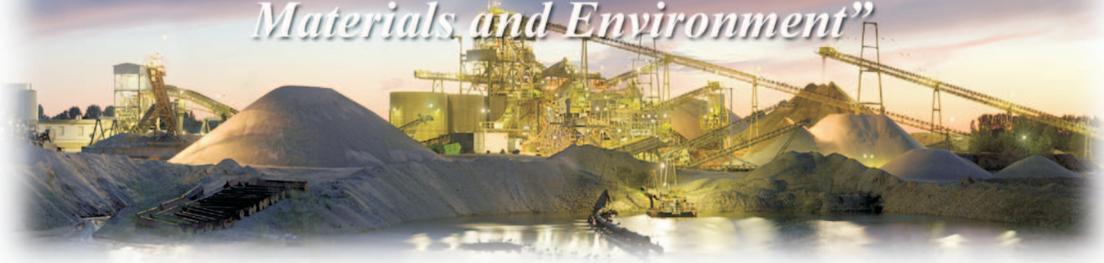




XIX International Conference on Extractive Metallurgy

*"Recent Developments in Metallurgy,
Materials and Environment"*



POSTER 4

CARACTERIZACIÓN Y SEPARACIÓN GRAVIMÉTRICA DE ARENAS DE CAOLÍN PROCEDENTE DE AGUA BLANCA DE ITURBIDE, HIDALGO (MÉXICO)

*Legorreta-García F., Olvera-Venegas P.N., Hernández-Cruz L.E., Vergara-Gómez E.,
Bolarín-Miró Ana M., Sánchez De Jesús F.*

ÁREA ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y MATERIALES, INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO
MAY 18-21, 2010

CARACTERIZACIÓN Y SEPARACIÓN GRAVIMÉTRICA DE ARENAS DE CAOLÍN PROCEDENTE DE AGUA BLANCA DE ITURBIDE, HIDALGO (MÉXICO)

LEGORRETA-GARCÍA F., OLVERA-VENEGAS P.N., HERNÁNDEZ-CRUZ L.E., VERGARA-GÓMEZ E., BOLARÍN-MIRÓ ANA M. Y SÁNCHEZ DE JESÚS F.

Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Mineral de la Reforma Hidalgo; C.P. 42184, México.
felegorreta@hotmail.com

ABSTRACT

In the present research it was carried out the characterization of kaolin wastes from the town of Agua Blanca in the State of Hidalgo (Mexico), with particles size between 525 and 38 micrometers. It was used X-ray Diffraction, Scanning Electron Microscopy, Chemical Analysis Inductively Coupled Plasma (ICP) and size distribution by sieve analysis. Similarly there was a gravimetric separation in a Wilfley shaking table, studying three parameters: table inclination, water flow drag and the strokes (rpm). The products obtained were analyzed chemically, obtaining Fe, Ti oxides and aluminum silicates.

Keywords: Kaolin, Si oxide, gravimetric separation.

RESUMEN

En la presente investigación se realizó la caracterización de los desechos de caolín provenientes del municipio de Agua Blanca de Iturbide en el Estado de Hidalgo (México), con partículas que oscilan entre 525 y 38 micrómetros. Para efectuar su caracterización se utilizaron los métodos de Difracción de Rayos X, Microscopía Electrónica de Barrido, Análisis Químico con Plasma Acoplado (ICP) y distribución de Análisis de tamaños por cribas. De igual manera se realizó una separación gravimétrica en mesa concentradora Wilfley, estudiando tres parámetros: el caudal del agua de dilución, la inclinación de la mesa y los golpes por minuto (RPM). Los productos obtenidos fueron analizados químicamente, obteniendo óxidos de Fe, Ti y silicatos de aluminio.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los países que tiene una gran cantidad de recursos minerales, sin menospreciar su amplio potencial minero, y no sólo en el caso de los minerales metálicos. Doce estados de la república mexicana tienen importantes yacimientos de caolín, siendo Hidalgo, Zacatecas, Veracruz y Guanajuato, entidades que han figurado entre los primeros lugares en la producción de este mineral en los últimos años (1). Dentro de los municipios de mayor importancia con yacimientos de caolín en el Estado de Hidalgo se encuentra Agua Blanca de Iturbide, cuyo potencial geológico se extiende hasta el estado de Veracruz, mayoritariamente en el municipio de Huayacocotla, sin embargo, su valor económico es muy bajo debido a la gran cantidad de impurezas que contiene (2).

En general los yacimientos de caolín en México son muy irregulares, se presentan en diversas calidades, tamaños muy heterogéneos y con impurezas diversas tales como, óxidos de hierro, titanio, cuarzo y sílice (3).

Básicamente, su procesamiento se divide en dos diferentes vías, de acuerdo a su calidad final: en seco y en húmedo. El primero es principalmente utilizado en caolines con un mayor contenido de sílice y el segundo en caolines con contenidos altos en alúmina (4). En el procesamiento en seco sólo se remueve la arena, se clasifica el caolín por tamaños de partícula y se seca. En el segundo, se realizan además otros pasos en donde el agua es utilizada para realizar el lavado obteniendo un producto más fino y de mayor calidad; este último se usa principalmente para la industria del papel (5).

En algunas plantas de purificación de caolín, después de la preparación mecánica existe una etapa que se le denomina desarenado; estas arenas contienen un alto porcentaje de sílice, alúmina y otras impurezas, las cuales representan un problema al medio ambiente (6). Razón por la cual, en este trabajo se caracterizan física y químicamente las arenas de sílice obtenidas del procesamiento de un mineral de caolín proveniente del municipio de Agua Blanca de Iturbide, Hidalgo, determinando sus especies y separándolas mediante una mesa concentradora Wilfley con la finalidad de buscarles alternativas de uso y la viabilidad de darles un valor agregado en lugar de desecharlas.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

a) Preparación mecánica y análisis de cribas

Se utilizó como materia prima muestras de mineral de caolín obtenido directamente de las minas de Agua Blanca de Iturbide, Hidalgo. El material proveniente de mina se redujo de tamaño por medio de una quebradora de quijadas primaria y secundaria, hasta obtener trozos de material 100% a - ¼ de pulgada. Posteriormente, el mineral quebrado se

agregó a una celda de flotación Marca Denver con una propela de repulpado, adicionando agua hasta obtener una pulpa homogénea. Para realizar el análisis de cribas la pulpa se pasó por una serie de cribas marca Tyler con ayuda de agua de grifo.

a) Concentración gravimétrica

El mineral de cabeza constituido por partículas de arena, cuyos tamaños oscilan entre 525 y 38 μm , se muestreó y pulverizó en un mortero de ágata para después analizarlo químicamente con un espectrómetro de alta dispersión de plasma acoplado inductivamente (ICP), marca Perkin Elmer, para efectuar el análisis cristalográfico se utilizaron un difractómetro de rayos X y para determinar la morfología, un microscopio electrónico de barrido marca Jeol.

Dichas arenas se pasaron a una mesa vibratoria de laboratorio Wilfley tipo 13A, y durante todas las pruebas se mantuvo constante una alimentación de 15 Kg H^{-1} a 18 % de sólidos en peso, estudiando tres parámetros: el caudal del agua de dilución, la inclinación de la mesa y los golpes por minuto (rpm).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Caracterización

El análisis de cribas mostrado en la tabla 1, indica que más del 70% en masa de la muestra presenta tamaños inferiores a 37 μm , debido al origen del material. Los análisis químicos de los óxidos de Fe y Ti, son relativamente homogéneos; se calculó la desviación estándar de la muestra, exhibiendo pequeñas variaciones de los contenidos entre las masas retenidas de dichos óxidos. Se observa una variación más significativa para la sílice y la alúmina.

Tabla 1. Análisis de cribas de la cabeza de -595 a +37 μm , a separar en la mesa concentradora.

TAMAÑO					
(μm)	% PESO	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	Al_2O_3
Cabeza analizada		0.802	0.512	31.36	58.39
-595	0.00%	-	-	-	-
-95	1.70%	0.869	0.43	27.00	58.32
-797	3.90%	0.875	0.457	24.48	58.71
-87	4.50%	0.786	0.421	27.97	55.67
-61	2.80%	0.873	0.446	28.00	57.51
-24	4.50%	0.926	0.555	29.86	53.86
-20	1.70%	0.943	0.519	24.25	58.16
-42	2.80%	1.061	0.528	26.31	61.29
-10	3.90%	0.895	0.406	28.77	60.43
-9	2.80%	0.864	0.428	36.19	53.54
-7	1.10%	0.866	0.472	30.26	57.33
-37	70.40%	0.788	0.557	35.33	57.21
100%					
Desviación estándar		0.075	0.051	2.203	1.432

b) Estudio cristalográfico del material de -595 a +37 μm .

El estudio cristalográfico de la muestra en estudio (-595 +37 μm), es mostrado en la figura 1, la cual exhibe a la sílice como la fase mayoritaria, en forma de cuarzo, tridimita y cristobalita; sin embargo, también se destaca la halloysita $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, un silicato de aluminio con una estructura monoclinica, que difiere de la caolinita que posee una estructura triclinica. Este hecho indica que aún existe caolín atrapado entre partículas de la muestra, no obstante no se descarta la posibilidad de la presencia de caolinita cuyos picos podrían estar ocultos. Esto sugiere la propuesta de realizar una disminución de tamaño de las partículas grandes a fin de liberar la caolinita y sílice presente.

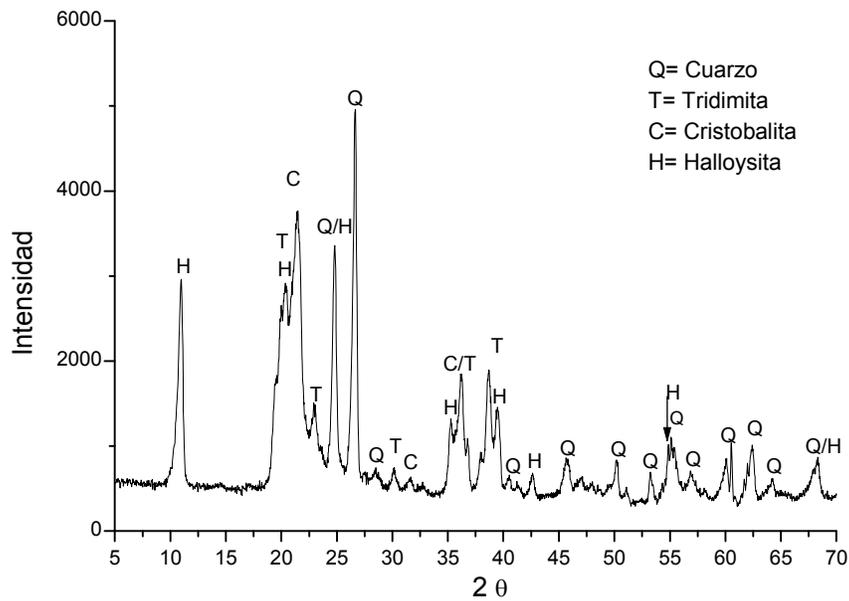


Figura 1. Diffractograma de la cabeza de partículas entre -595 y +37 μm , a separar en la mesa concentradora.

c) **Caracterización por Microscopía Electrónica de Barrido de las arenas de alimentación de la mesa concentradora.**

En la figura 2 se presenta una imagen que muestra la morfología de las arenas de caolín. Éstas presentan una forma irregular, consistencia compacta y una distribución de tamaños coincidente con aquella obtenida y presentada en el análisis granulométrico. Se efectuó un análisis cualitativo elemental de las partículas el cual demostró contenidos de sílice y alúmina superiores al 25 % y 50 % respectivamente, lo cual corrobora los análisis químicos realizados a la muestra que se alimenta a la mesa concentradora.

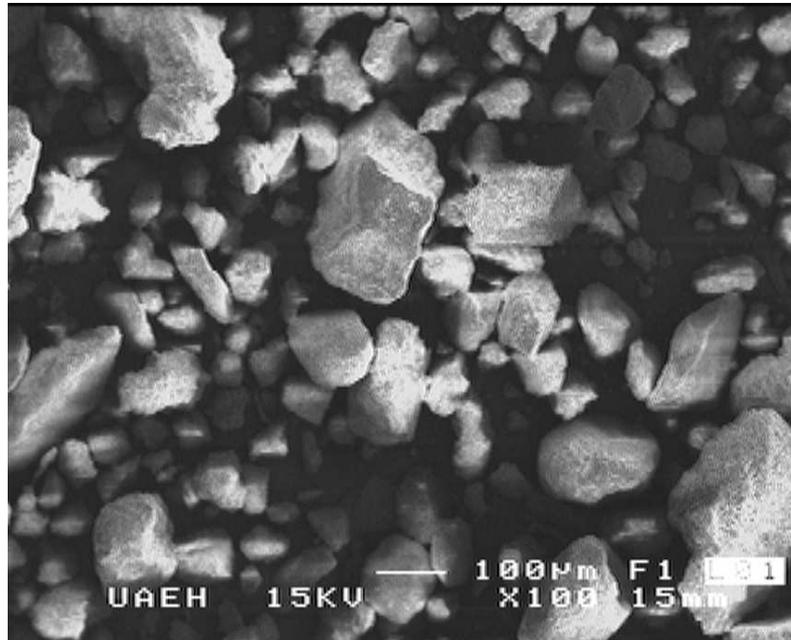


Figura 2. Imagen de Microscopía Electrónica de Barrido de las arenas de alimentación de la mesa concentradora.

d) Estudio del efecto de la cantidad de agua de dilución.

Con la finalidad de estudiar el caudal del agua de dilución de la pulpa en la mesa concentradora, se adicionaron flujos de 3, 6 y 9 Lmin⁻¹ de agua. Se mantuvieron constantes una alimentación de 15 KgH⁻¹ a 18 % de sólidos en peso, un ángulo de inclinación de 8 ° y los golpes por minuto en 320 rpm. Los análisis químicos de los productos obtenidos, pesados y ligeros son mostrados en la tabla 2 y 3.

Tabla 2. Análisis químicos de los productos de la mesa concentradora, al estudiar el efecto del agua de dilución.

Agua de dilución (Lmin ⁻¹)	Producto	% peso	Análisis Químicos (%)			
			Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
3	PESADOS	24.6	0.853	0.412	23.90	62.20
	LIGEROS	75.4	0.666	0.260	31.97	57.19
6	PESADOS	18.8	1.019	0.449	21.19	60.05
	LIGEROS	81.2	0.605	0.268	31.92	55.58
9	PESADOS	9.6	1.131	0.549	18.45	67.31
	LIGEROS	90.4	0.639	0.271	31.08	49.31

Tabla 3. Porcentaje de distribución de los compuestos de los productos de la mesa concentradora, al estudiar el efecto del agua de dilución.

Agua de dilución (Lmin ⁻¹)	Producto	% peso	Distribuciones (%)			
			Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
3	PESADOS	24.6	29.5	34.0	19.6	26.2
	LIGEROS	75.4	70.5	66.0	80.4	73.8
6	PESADOS	18.8	30.9	28.0	13.3	20.0
	LIGEROS	81.2	69.1	72.0	86.7	80.0
9	PESADOS	9.6	15.8	17.7	5.9	12.7
	LIGEROS	90.4	84.2	82.3	94.1	87.3

Los resultados muestran un bajo porcentaje en peso de los minerales pesados; lo que es de esperarse debido a las bajas concentraciones de óxidos de Fe y Ti. Los análisis químicos indican un aumento significativo en los porcentajes de dichos óxidos metálicos en los productos pesados, aunque aún están en bajas concentraciones. Con respecto a la distribución de sílice y alúmina, la primera tiene mayor concentración en ligeros más no así en los pesados y la segunda tiene un comportamiento contrario. Esto permite deducir que existe una relativa separación de la sílice en la mesa concentradora, (como lo indica el análisis cristalográfico), la cual es enviada con los materiales ligeros. Nótese además un porcentaje de distribución de 94.1 % de SiO₂ a 9 Lmin⁻¹, sin embargo las concentraciones para los tres caudales aplicados son muy

similares. Los resultados presentados en la tabla de distribución muestran que a pesar de un bajo porcentaje en peso de la prueba realizada con 6 Lmin⁻¹ de agua de dilución, se obtienen los valores más altos de distribución para los óxidos de Fe, más no así de los óxidos de Ti, no obstante no es muy significativa la diferencia de distribución con respecto a la obtenida con un flujo de 3 Lmin⁻¹. Con lo anterior se determina fijar una cantidad de 6 Lmin⁻¹ en los procesos siguientes.

e) Estudio del efecto del ángulo de inclinación.

Durante este estudio, se mantuvieron constantes una alimentación de 15 KgH⁻¹ a 18 % de sólidos en peso, un flujo de agua de dilución de 6 Lmin⁻¹ y los golpes por minuto en 320 rpm. Se calcularon los ángulos de 4.5 °, 8 ° y 11.5 ° de inclinación. Las pruebas preliminares realizadas con ángulos inferiores a 8 °, demostraron que no hay fluidez de la pulpa, estancándose en los rifles de la mesa, de tal forma que se trabajó únicamente con 8 ° y 11.5 °. Los resultados de los análisis químicos y de distribución por especie son mostrados en las tablas 4 y 5.

Tabla 4. Análisis químicos de los productos de la mesa concentradora, al estudiar el efecto del agua de dilución.

Ángulo de inclinación	Producto	% peso	Análisis Químico (%)			
			Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
11.5 °	PESADOS	15.2	1.3	0.8	11.1	64.3
	LIGEROS	84.8	0.7	0.4	21.7	57.5
8 °	PESADOS	18.8	1.019	0.449	21.19	60.05
	LIGEROS	81.2	0.605	0.268	31.92	55.58

Tabla 5. Porcentaje de distribución de los compuestos de los productos de la mesa concentradora, al estudiar el efecto del agua de dilución.

Ángulo de inclinación	Producto	% Peso	Distribuciones (%)			
			Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
11.5 °	PESADOS	15.2	24.8	25.5	8.4	16.7
	LIGEROS	84.8	75.2	74.5	91.6	83.3
8 °	PESADOS	18.8	33.3	28.0	17.7	19.8
	LIGEROS	81.2	66.7	72.0	82.3	80.2

Los resultados de obtenidos en este estudio presentan un porcentaje en peso más bajo a un ángulo de 11.5 ° debido a que una importante parte del mineral es arrastrado al compartimiento de los materiales ligeros, llevándose consigo a una proporción importante de los metales pesados. Mientras los análisis químicos demuestran mejores concentraciones de Fe₂O₃ y TiO₂, para un ángulo de 11.5 °, las distribuciones demuestran ser mayores para estos óxidos a un ángulo de 8 °. Las concentraciones de SiO₂ y Al₂O₃ muestran un comportamiento semejante al estudio del agua de dilución. Considerando que los resultados de los porcentajes de distribución son mayores a 8 °, se decide que para las pruebas consecuentes se trabaje con esta inclinación.

f) **Estudio del efecto de las rpm.**

Durante el proceso para estudiar este parámetro, se mantuvieron constantes una alimentación de 15 KgH⁻¹ a 18 % de sólidos en peso, un flujo de agua de dilución de 6 Lmin⁻¹ y un ángulo de inclinación de 8°. Los resultados de los análisis químicos y de distribución de cada especie son mostrados en las tablas 6 y 7.

Tabla 6. Análisis químicos de los productos de la mesa concentradora, al estudiar el efecto del agua de dilución.

RPM	Producto	% Peso	Análisis Químicos (%)			
			Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
220	PESADOS	21.2	0.906	0.649	14.802	59.96
	LIGEROS	73.9	0.781	0.475	24.174	49.59
270	PESADOS	16.8	0.979	0.834	11.677	57.35
	LIGEROS	83.2	0.778	0.441	26.485	50.73
320	PESADOS	18.8	1.019	0.449	21.19	60.05
	LIGEROS	81.2	0.605	0.268	31.92	55.58

Tabla 7. Porcentaje de distribución de los compuestos de los productos de la mesa concentradora, al estudiar el efecto del agua de dilución.

RPM	Producto	% Peso	Distribución de las especies (%)			
			Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃
220	PESADOS	21.2	25.0	28.2	14.9	25.7
	LIGEROS	73.9	75.0	71.8	85.1	74.3
270	PESADOS	16.8	20.3	21.6	6.0	14.1
	LIGEROS	83.2	79.7	78.4	94.0	85.9
320	PESADOS	18.8	22.5	28.0	13.3	20.0
	LIGEROS	81.2	77.5	72.0	86.7	80.0

El empleo de 220 rpm, muestra un importante porcentaje en peso en los materiales pesados, sin embargo las concentraciones de todas las especies analizadas son las más bajas del proceso. Al utilizar 270 rpm, las concentraciones mejoran con respecto a 220 rpm, y los porcentajes de distribución son superiores para sílice y alúmina. A 320 rpm se obtiene la mejor concentración de Fe₂O₃, no así de TiO₂ cuya concentración mejora a 270 rpm. Las observaciones de las pruebas llevadas a cabo al estudiar este parámetro, se observó que estas tienen una significativa repercusión en el proceso de separación selectiva de los óxidos de Ti y Fe (una franja oscura) de los silicatos de aluminio (partículas blancas), siendo más eficaz al trabajar con vibraciones suaves. Considerando todo lo anterior, se determina emplear 270 rpm para hacer vibrar la mesa como la condición más efectiva.

CONCLUSIONES

En este trabajo se caracterizó y realizó el estudio de la separación gravimétrica de arenas de caolín procedente de Agua Blanca de Iturbide, Hidalgo. Una caracterización física y química de las muestras de partida fue definitivamente necesaria para determinar la totalidad de especies y explicar los resultados de los análisis químicos. El estudio sugiere realizar una disminución de tamaño de las partículas a fin de liberar a la sílice de los silicatos de aluminio. Los análisis químicos en los productos obtenidos ponen en evidencia la separación de partículas de sílice. El proceso de separación más efectivo fue cuando se trabajó la inclinación de la mesa a 8°, 6 Lmin⁻¹ del caudal del agua de dilución y 270 rpm.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al COCyTEH a través del proyecto FOMIX No. 97367 por los recursos otorgados para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Servicio Geológico Mexicano, web.www.sgm.gob.mx.
2. FIFOMI, Inventario físico de los recursos minerales de Agua Blanca, Hidalgo, 4 pp., 2004.
3. Kulbicki G. & Millot G., L'évolution de la fraction argileuse des grès pétroliers cambro-ordoviciens du Sahara central. Bull. Serv. Carte Géol. Als-Lor, 13, 147-156, 1969.
4. Coordinación General de Minería. Dirección General de Promoción Minera. Perfiles de Mercado del Caolín, 7-12 pp., 2007.
5. Nagaraj, D. R., et al., "Non-Sulfide Mineral Flotation: An Overview", Proceedings of Symp. Honoring M. C. Fuerstenau, Society of Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Littleton, CO, 1999 pp., 2000.
6. Mercier, G., Duchesne, J., Blackburn D., Removal of Metals from Contaminated Soils by Mineral Processing Techniques Followed by Chemical Leaching, Water, Air, & Soil Pollution, Volumen 135, Num. 1, 105 – 130 pp., 2002.