



## SEPARACIÓN DE ÓXIDOS DE Fe DEL CAOLÍN POR SIMPLE ASENTAMIENTO

F. Legorreta, L. Hernández, P. F. Mata, J. M. Sausedo

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

### RESUMEN

En este trabajo se presenta el estudio de la separación de óxidos de Fe del caolín por simple asentamiento. A partir de la distribución de tamaños del mineral proveniente de mina, se proponen diferentes procesos de preparación mecánica y separación para cada fracción de tamaño. La fracción de partículas más finas obtenidas a menos  $38 \mu\text{m}$  presentan propiedades del tipo coloidal, repercutiendo en las interacciones entre la caolinita y las impurezas presentes. Se presentan los trabajos preliminares en la búsqueda de una dispersión adecuada y posterior asentamiento. Se encontró que el asentamiento prolongado permite separar partículas coloidales de color rojizo, comprobándose cualitativamente la presencia de óxidos de Fe; se pudo apreciar que el caolín que quedó asentado, incrementó notablemente su blancura.

### 1. INTRODUCCIÓN

México es uno de los países que posee una gran cantidad de recursos minerales, sin exceptuar su amplio potencial minero. Tan sólo en el estado de Hidalgo se tiene un importante potencial de minerales no metálicos como es el caso del caolín cuyos yacimientos se extienden hasta el estado de Veracruz, en el municipio de Huayacocotla; de aquí la importancia de hacer investigación que permita aprovechar al máximo este mineral no metálico, pero con la intención de purificarlo para incrementar su valor agregado. La caolinita, principal mineral del caolín, algunas veces es encontrada en forma cristalina y en partículas inferiores a 5 micrones. A este material están generalmente adheridos coloides de óxido férrico y materia orgánica y además frecuentemente está contaminado con sales que han sido absorbidas [1]. Sei y colaboradores realizaron un estudio mediante espectroscopía Mossbauer, demostrando que no existe la presencia de iones de Fe en la estructura del caolín [14]. Se han propuesto diversos métodos para purificar el caolín, tales como separación magnética [2 y 13], floculación selectiva [3], lixiviación [4], aplicación de ultrasonido [5], biolixiviación [6] y separación de tamaños por hidrociclón [7]; sin embargo los más utilizados son flotación, lixiviación y separación magnética de muy alta intensidad. Una búsqueda exhaustiva en la bibliografía referente al procesamiento de caolín, arrojó que en México, no existe suficiente investigación enfocada a separar las impurezas tales como la sílice, la materia orgánica, los óxidos de Fe y de titanio, feldespatos y otras arcillas, mismas que disminuyen la calidad del caolín; mientras que en otros países tales como Brasil, Estados Unidos, España, China, la tecnología de beneficio está muy avanzada. En este sentido, en México únicamente dos procesos de tecnología limitada son ampliamente utilizados para beneficiar el caolín, destacando el método de beneficio en seco, mediante el cual se obtiene caolín de bajo grado, además del método de beneficio en húmedo, en el cual se realiza un lavado del caolín separando una cantidad de material grueso y también ocasionalmente se aplica un proceso en medio ácido que permite la disolución de los óxidos metálicos. Debido a lo anterior en este trabajo se presenta una alternativa de procesamiento de mineral de caolín, la caracterización física de los productos y los posibles procesos de preparación mecánica y separación para cada uno de ellos. Por otro lado, se presenta un breve análisis de la tecnología de caolín coloidal aplicado a este mineral, enfocándose al beneficio de las partículas muy finas, que consiste principalmente en la eliminación de óxidos de Fe mediante simple asentamiento, utilizando un dispersante como único agente surfactante. Por otro lado, es importante señalar que la composición química del caolín es muy similar sin importar el yacimiento de país en donde se encuentre, lo que permitirá que los procesos



propuestos puedan aplicarse en cualquier parte del mundo con resultados muy aproximados [8-11].

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El caolín de mina es triturado en una quebradora de quijadas de laboratorio y posteriormente es atricionado con ayuda de una máquina Denver, para después pasarlo por una malla de abertura de  $335\mu\text{m}$  (45#) y otra malla con abertura de  $38\mu\text{m}$  (400#). El material de menos  $38\mu\text{m}$  (400#) es decantado, filtrado y secado a  $105^\circ\text{C}$  en una estufa durante 24 horas. El mineral es pesado y mezclado con agua desionizada para formar una pulpa a 20% de sólidos, la cual se agita adicionando el dispersante CYQUEST de la empresa CYANAMID a una concentración de 2 kilogramos por tonelada de caolín; para la agitación se utilizó una máquina marca Denver a 1700 rpm durante 1 hora. Con la finalidad de modificar el pH de la pulpa, se emplearon cinco probetas al 20% de sólidos en peso de pulpa mezclándose con una solución al 1% en peso de NaOH, el cual se fue agregando hasta obtener el pH deseado. Los valores de pH estudiados son de 4, 6, 8, 10 y 12. Los análisis de la distribución de tamaño de partículas finas de caolín ( $-38\mu\text{m}$ ) fueron obtenidos con el equipo de difracción de rayo laser Beckman & Coulter, modelo LS-13320. La determinación cualitativa de la presencia de óxidos de Fe las soluciones rojizas se efectuó con una gota del indicador de fenantrolina.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de la distribución de tamaños

Los resultados obtenidos referidos a la distribución de tamaños se muestran en la figura 1. Las características físicas de las partículas que quedan sobre la malla de  $335\mu\text{m}$  (45#), presentan una dureza de 7 según la escala de dureza de Mohs por lo que se consideran con un alto contenido de sílice.

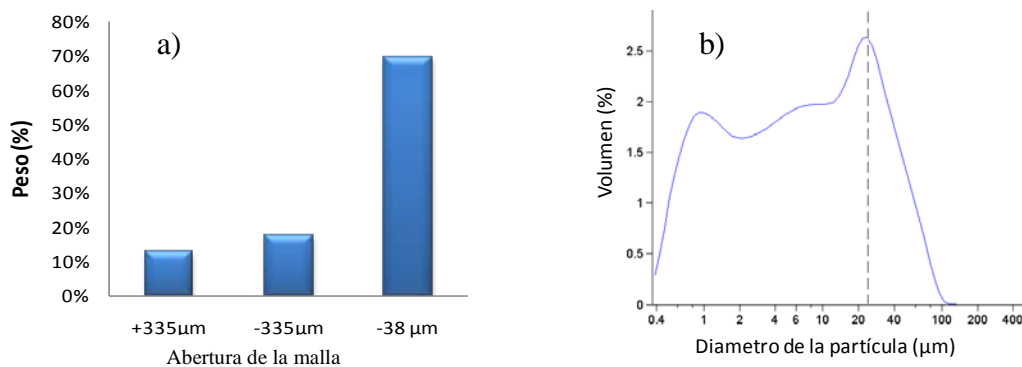


Figura 1. a) Granulometría por tamices del caolín de mina después de ser triturado. b) Distribución de tamaños de partícula por difracción de rayo laser del material a menos  $38\mu\text{m}$ .

El rango de tamaños a menos  $38\mu\text{m}$  y más  $38\mu\text{m}$ , es un material cuya consistencia se asemeja a la arena de playa, pudiéndose distinguir a simple vista partículas de cuatro coloraciones diferentes: blancas, café claro, rojas y negras. Estas últimas se considera que son óxidos metálicos comprobando que tienen susceptibilidad magnética. Esto induce a separar por medios gravimétricos y magnéticos. Se distingue un importante porcentaje, 70% en peso, a menos  $38\mu\text{m}$  (400#) de las partículas más finas, material que es la materia prima sujeta a estudio.

En la figura 2, se presenta una propuesta de procesamiento y beneficio del mineral de caolín en base a sus características físicas.



3er Encuentro de Investigación  
Cuerpo Académico de Materiales

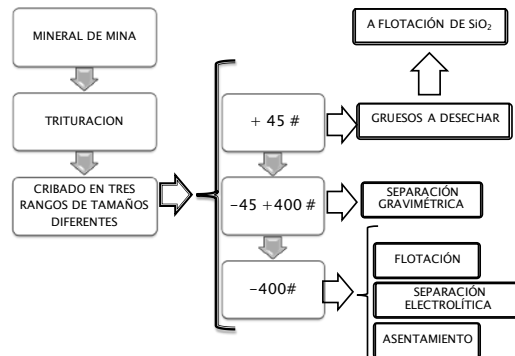


Figura 2. Proceso de la preparación mecánica del caolín antes de su beneficio.

### Efecto del pH en el % en peso de sólidos

Se observó claramente una variación en el porcentaje en peso de sólidos, destacando las pulpas con valores de pH de 4 y 12, las cuales presentaron flóculos de mineral y un marcado asentamiento, observándose la presencia de una interface agua-pulpa. Dichos resultados son mostrados en la figura 3. Un gráfico muy similar fue obtenido por Maynard y colaboradores [3], al estudiar el efecto de la cantidad de hexametáfosfato de sodio como dispersante en la viscosidad de la pulpa. Evidentemente en la figura mencionada no se presenta en el eje de las coordenadas la viscosidad de la pulpa, sin embargo Siddiqui y colaboradores, realizaron un estudio de la viscosidad del caolín para partículas inferiores a  $10 \mu\text{m}$  con respecto al porcentaje de sólidos de la misma, obteniendo un comportamiento proporcional y cuyos valores de la función graficada, tienden a la linealidad [12].

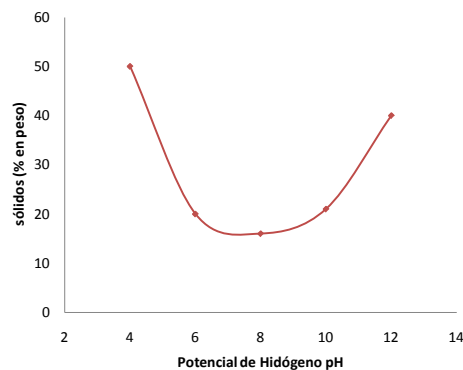


Figura 3. Variación del porcentaje en peso de sólidos a diferentes pH de pulpa.

Este fenómeno es debido a las propiedades eléctricas que poseen las partículas coloidales de caolín al ser expuestas a una solución en presencia de iones. Es bien sabido que las partículas coloidales están gobernadas por las fuerzas debidas a las cargas eléctricas. Ahora bien, se pueden considerar tres casos en que las partículas coloidales pueden ser introducidas a una solución acuosa: 1. Con exceso de iones negativos, 2. Con exceso de iones positivos y 3. Con cargas eléctricas balanceadas (solución neutra).

En los tres casos las partículas sufrirán el efecto de la doble capa eléctrica, es decir, que considerando al caolín con carga eléctrica negativa (primera capa), al momento de estar inmersos en la solución, algunos iones positivos de ésta última se adsorberán a la superficie (segunda capa) formando dos capas eléctricas. En los primeros dos casos ocurre el efecto de floculación en el cual las partículas son repelidas formando cúmulos entre ellas, unidos por



cargas eléctricas que precipitarán, incrementando la viscosidad (o el porcentaje en peso de sólidos) de la pulpa. En el tercer caso un desbalance de las cargas se efectuará debido a aquellos iones que se adsorberán a la superficie del caolín, lo cual se verá reflejado en el pH de la pulpa. Las probetas cuya dispersión fue favorable (pH 6 y 8) y otra más, dispersada con CYQUEST cuya medición de pH fue de 10, se dejaron asentar durante 21 horas. Posteriormente se retiró la pulpa que quedó en la parte superior (los primeros 200 mL) se retiraron en frascos de polipropileno, dejándose cerrados y asentándose durante 500 horas. Las apreciaciones mostraron que para aquellas pulpas dispersadas con NaOH, estas continuaron turbias (coloides en suspensión) sin cambio aparente, mientras que para aquellas que fueron dispersadas con CYQUEST, se observó un asentamiento, con una interface, que divide sólidos incrementando la blancura del caolín y una suspensión de color rojo, cuyo análisis químico cualitativo con fenantrolina, demostró la presencia de óxidos de Fe.

### CONCLUSIONES

Se realizó el análisis de distribución de tamaño de partícula cuyos resultados permiten proponer un proceso global de beneficio de caolín para todas las fracciones de tamaño. Se comprobó que a diferentes valores de pH de la pulpa, ésta puede incrementar su porcentaje de sólidos en peso y por lo tanto dispersarse. Es posible dispersar las partículas coloidales entre valores de pH de 6 y 10, pudiendo además obtener otro producto de partículas no coloidales con impurezas que precipitan posteriormente. La dispersión inicial con CYQUEST durante una hora y el posterior asentamiento prolongado durante 500 horas permiten la separación de partículas coloidales de color rojizo, comprobándose cualitativamente la presencia de óxidos de Fe; se apreció que el caolín que queda asentado, incrementa notablemente su blancura.

### BIBLIOGRAFÍA

1. A. V. Bleininger, "Ceramic processes associated with colloid phenomena", The J. of Ind. Eng. Chem., **1920**, Vol. 12, 5, pp. 436-438.
2. S. Shoumkov, Z. Dimitrov, L. Brakalov, "High gradient magnetic treatment of kaolin", Interceram Vol. 36 , 6, **1987**, pp. 26 – 28.
3. R. N. Maynard, N. Millman, J. Iannicelli, Clays and Clay Min., "A method for remove titanium oxide impurities from kaolin", Vol. 17, **1969**, pp. 59-62.
4. F. Veglio, B. Passariello, L. Toro, A.M. Marabini, "Development of a bleaching process for a kaolin of industrial interest by oxalic, ascorbic and sulphuric acids: preliminary study using statistical methods of experimental design". Ind. Eng. Chem. Res. Vol. 35, **1996**, pp. 1680 – 1687.
5. M. Komsakaja, A. Dolin, S. Yatsunova, "Enrichment of kaolin". Otkryt. Izobret. Prom. Obraztsy Tovar. Znaki, Vol. 48, 5, **1971**, 42–56.
6. S.N. Groudev, "Biobeneficiation of mineral raw materials". Miner. Metall. Process. Vol. 16, 4, **1999**, 19–28.
7. C.I. Basilio, "Recent Advances in the Processing of Kaolin", Thiele Kaolin Company, special presentation at Virginia Tech, 1997.
8. Perfil del mercado del caolín, Dir. Gral. De prom. Minera., **2007**, Vol. 1 pp. 1-48,
9. V. Balek, M. Murat. Thermochim. Acta., Vol. 282/283, **1996**, pp. 385-397.
10. L. Michaels J. Bolger, I& EC Fundamentals, **1964**, Vol. 3, 1, pp. 14-20.
11. K.O. Adebawale, I.E. Unuabonah, B.I. Olu-Owolabi, "Adsorption of some heavy metal ions on sulfate- and phosphate-modified kaolin" Appl. Clay Sci., Vol. 29, **2005**, pp. 145-148.
12. M.A. Siddiqui, Z. Ahmed, A.A. Salhemi, App. Clay Sci. Vol. 29, **2009** pp. 55-72.
13. S. Chandrasekhar, P. Raghavan, G. Sebastian, A.D. Damodaran App. Clay Science., Vol. 12, **1997**, pp. 221– 231.
14. J. Sei, A. Abba Toure, J. Olivier-Fourcade, H. Quiquampoix, S. Staunton,

\* Los autores agradecen al COCyTEH por los recursos otorgados para la realización de este trabajo en el proyecto FOMIX Hidalgo No. 97367.



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
AREA ACADEMICA DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y MATERIALES**



**3er Encuentro de Investigación  
Cuerpo Académico de Materiales**

