



## PURIFICACIÓN DE CAOLÍN POR ELECTRÓLISIS

J. C. Flores, V. E. Reyes, F. Legorreta, L. E. Hernández

UAEH, [carlosflores.segura@gmail.com](mailto:carlosflores.segura@gmail.com), [reyescruz16@yahoo.com](mailto:reyescruz16@yahoo.com), [flegorreta@hotmail.com](mailto:flegorreta@hotmail.com),  
[laetitia106@hotmail.com](mailto:laetitia106@hotmail.com)

### RESUMEN.

El caolín es un silicato de aluminio hidratado, se encuentra en yacimientos creados a partir de la descomposición de rocas feldespáticas cuyas propiedades lo hacen ideal para diversas aplicaciones dentro de múltiples tipos de industrias. México es uno de los países en los que se encuentran yacimientos de caolín, los estados que poseen mayor cantidad en su territorio son: Veracruz, Guanajuato, e Hidalgo, y en menor grado: Zacatecas, Jalisco, Chihuahua y Querétaro. En Hidalgo existe un yacimiento de este mineral en el municipio de Agua Blanca, sin embargo el caolín que ahí se encuentra presenta una gran cantidad de impurezas, tales como óxidos de fierro y de titanio, éstos últimos, hacen que el caolín pierda su blancura natural. Actualmente en esa zona el caolín es tratado, pero de forma muy rudimentaria, consistiendo únicamente en la extracción y molido del mismo, comercializándose a precios muy bajos. Uno de los más interesantes fenómenos observados para su purificación es la electrólisis, la cual ayuda a separar las impurezas del caolín en solución, aplicando un potencial de celda por medio de electrodos en una solución de caolín. En este trabajo, se presenta la apreciación de diversos esquemas de electrólisis, a fin de separar óxidos metálicos e incrementar la blancura del caolín.

### 1. INTRODUCCIÓN.

El caolín es una arcilla cuyas propiedades la hacen ideal para diversas aplicaciones dentro de múltiples tipos de industrias. Éste es un silicato de aluminio hidratado. El caolín se encuentra en la naturaleza en yacimientos creados a partir de la descomposición de rocas feldespáticas. Desde su descubrimiento hace ya unos cuatro mil años en la antigua región de Kaoling, en China, se ha usado en la fabricación de artículos de porcelana, y a lo largo del tiempo ha sido un mineral muy valorado por sus propiedades, algunas de las cuales son: su blancura, su brillo terroso mate, su propiedad higroscópica, (o sea, la propiedad que tiene de absorber humedad), su resistencia a agentes químicos, es aislante eléctrico, es inodoro, resiste altas temperaturas, no tóxico, no abrasivo, refractario, moldeable, de rápida dispersión, alta adherencia, baja viscosidad a alto porcentaje de sólidos en solución, entre algunas otras.

Con el paso del tiempo y el avance de la tecnología se han descubierto varios usos para el caolín en diversas industrias, tales como: la industria del papel, cosmética, alfarera, de la construcción, pinturas, plásticos, eléctrica, química, farmacéutica, entre otras. El caolín es usado en éstas industrias ya sea como relleno, como material absorbente, como base de pigmentos, como medio inerte, como agente de refuerzo, etc.

Por desgracia el caolín puro se encuentra en pocas cantidades en la naturaleza, la mayor parte de éste mineral que se halla en los yacimientos naturales presenta diversas impurezas (principalmente óxidos de titanio y de fierro) que afectan sus propiedades y hace que no pueda ser usado directamente, lo que hace necesario que se implementen métodos de purificación para que pueda ser explotado de forma industrial y que aumente su valor agregado.



México es uno de los países en los que se encuentran yacimientos de caolín de forma natural, los estados que poseen mayor cantidad de caolín en su territorio son: Veracruz, Guanajuato, e Hidalgo, y en menor grado: Zacatecas, Jalisco, Chihuahua y Querétaro.

Los yacimientos de caolín en México son muy irregulares, se presentan en diversas calidades, tamaños muy heterogéneos y con impurezas como óxidos de hierro, titanio, cuarzo y sílice.

En Hidalgo existe un yacimiento de caolín en el municipio de agua blanca, pero el caolín que ahí se encuentra presenta una gran cantidad de impurezas, las cuales degradan su valor. Actualmente en esa zona el caolín es explotado de forma muy rudimentaria, consistiendo únicamente en la extracción y molido del mismo y comercializándose a precios muy bajos.

Una de las formas de purificación conocidas es la electrólisis, la cual ayuda a separar las impurezas del caolín en solución.

## 2. ANTECEDENTES.

*El Caolín.* El caolín es un silicato de aluminio hidratado su fórmula es:  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ , proviene de la descomposición de rocas feldespáticas, en regiones donde abunda la humedad y donde la temperatura es cálida. Las rocas feldespáticas son un constituyente principal de las rocas ígneas formadas principalmente por magma volcánica que a lo largo del tiempo se degradan mediante un proceso llamado caolinización.

*Impurezas en el caolín.* Las principales impurezas del caolín son los óxidos de hierro y de titanio, los cuales son metales pesados que hacen que el caolín pierda sus propiedades como lo son: su coloración blanca debido a que los óxidos tienen coloración rojiza en los casos del óxido de hierro, y grisácea en el caso de los óxidos de titanio; y su adherencia, ya que el caolín se adhiere fuertemente a éstas impurezas, aminorando la adherencia a las superficies. Otras impurezas del caolín son: micas, cuarzo y sílice. Estas impurezas afectan los procesos en los que se usa en la industria, ya que, por ejemplo, el sílice es un material de muy alta dureza y es poco deseado, principalmente en los procesos de molienda.

*La Electrólisis.* La electrólisis es un proceso en el cual, mediante la aplicación de un potencial eléctrico entre dos electrodos, se produce un cambio del medio en el que se realiza, generalmente es una oxido-reducción. Los aspectos importantes para la electrólisis son: el potencial eléctrico, que depende de la sustancia a la que se someta al proceso, los materiales que formen los electrodos, y el tiempo. Con respecto al tiempo, éste depende mucho del proceso y la sustancia, ya que en ocasiones, los cambios ocurren con gran lentitud o no se producen en absoluto.<sup>1</sup>

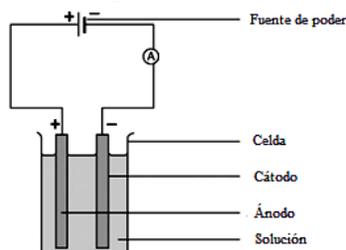


Fig. 1



**Celdas de Electrólisis:** La electrólisis se lleva a cabo en celdas donde se disponen los electrodos de forma que estén en contacto directo con la sustancia, a continuación se ilustra en la figura 1 una celda de electrólisis con sus partes.

**Dispersión de minerales:** El proceso de dispersión consiste en hacer una solución del mineral con un disolvente, que generalmente es agua, y agitarlo fuertemente para causar que las moléculas que encuentran conglomeradas, se dispersen en el disolvente en grupos más pequeños, y más idealmente, en moléculas dispersas, en ocasiones, no es suficiente la agitación para que esto ocurra, por lo que se usan sustancias llamadas dispersantes que hacen que varíe el PH del agua obligando a las moléculas a dispersarse. Para éste proceso es importante que el agua que se usa sea desionizada, ya que la presencia de iones en el agua, particularmente cloro, reducen la efectividad de dispersión.

**Porcentaje de sólidos:** Es la cantidad de sólidos disuelta presente en la solución; con el porcentaje de sólidos podemos saber la masa de mineral seco presente en la solución, así como el volumen de agua, la masa de toda la solución y el total de su volumen. A la solución de minerales también se le denomina pulpa.

densidad del mineral = 2.57			
Densidad de pulpa =	sólidos	Peso de mineral seco	Peso de agua
kilogramos por litro	%	gramos	gramos
1.000	0.0	0.0	1000.0
1.100	14.9	163.7	936.3
1.120	17.5	196.4	923.6
1.130	18.8	212.8	917.2

Tabla 1.

En la tabla 1 se muestra algunos ejemplos del porcentaje de sólidos en la pulpa de caolín.

### 3. APRECIACIÓN RESULTADOS.

Se realizaron diferentes arreglos para una celda con esquema para tratamiento de suelos (electro-remediación) con el fin de determinar la estabilidad de los electrodos en el sistema, las condiciones en las que se realizaron fueron las siguientes: celda para electro-remediación con dos divisiones de papel filtro, 250ml de pulpa de caolín al 25% de sólidos, sistema de circulación de agua desionizada con una bomba peristáltica a 45rpm, fuente de poder con alimentación de 27.9Vcc y 0.01A, duración de la prueba 20 min.

Ánodo	Cátodo	Observaciones
Óxido de Rutenio	Óxido de Rutenio	Constante evolución de gases en ambos electrodos y formación de pequeñas erupciones en el mineral, presumiblemente por transporte de masa.
Óxido de Rutenio	Placa de Titanio	Rápida y constante evolución en el cátodo llegando a la formación de una capa de espuma, también hubo formación de burbujas en el ánodo. Formación de pequeñas erupciones en el mineral.
Óxido de Rutenio	Placa de Acero Inoxidable	Evolución en ambos electrodos, pero en menor proporción con respecto a las pruebas anteriores. La misma formación de erupciones en el mineral.
Óxido de	Carbón vítreo	Rápida evolución en el cátodo, constante formación de burbujas y



Rutenio		desprendimiento, al ánodo y el mineral se comportan muy similar a las pruebas anteriores.
Óxido de Rutenio	Barra de Grafito	Evolución muy similar a la del carbón vidriado en el cátodo, y comportamiento del mineral también muy similar.
Óxido de Rutenio	Plata	Rápida y constante evolución en el cátodo, el ánodo y el mineral con comportamiento muy similar a las pruebas anteriores.

Tabla 2.

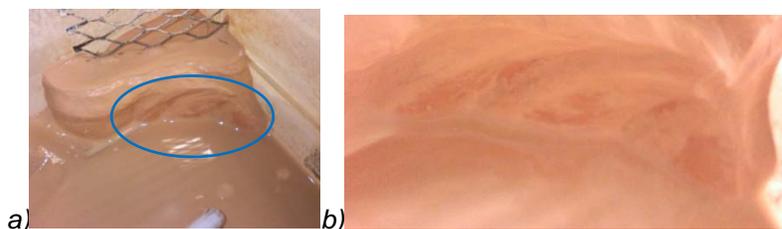
En la tabla 2 se enuncian los diferentes esquemas de electrodos que se usaron en la celda, de entre los cuales se determinó utilizar para el ánodo óxido de rutenio y para el cátodo una placa de plata ó también placa de acero inoxidable, ya que son los que presentan mayor evolución de hidrógeno y oxígeno además que son electrodos muy estables y no presentan alteraciones durante el proceso en este sistema.



Figura 2.

En la figura 2a se muestra una de las pruebas realizadas, 2b muestra la evolución de gas (hidróxido) que se presenta en el ánodo. Durante las pruebas se observó que la celda como esquema de tratamiento de suelos no presentaba resultados visibles, por lo que se decidió usarla con esquema de electrólisis, en el cual los electrodos están sumergidos directamente en el mineral.

Posteriormente se hicieron varias pruebas de electrólisis de caolín con las cuales se han obtenido resultados muy visibles, como lo son: la concentración de caolín de coloración rojiza en algunas zonas de la celda, el cambio de la pulpa de caolín después de haber sido sometida a la electrólisis presentando asentamiento de mineral claro y la concentración de agua rojiza en la parte superior de la celda. A continuación se muestran las fotografías de los resultados así como las condiciones bajo las cuales se hicieron las pruebas.





3er Encuentro de Investigación  
Cuerpo Académico de Materiales



c)

Figura 3

En la figura 3 se muestra imágenes de los resultados una prueba de electrólisis realizada con pulpa de caolín al 25% de sólidos dispersado en agua desionizada durante una hora, en una celda de con ánodo de óxido de rutenio y cátodo de acero inoxidable, tuvo una duración 13 horas con agitación por elementos magnéticos; se usó una voltaje de 28.5V y el amperímetro de la fuente de poder marcaba una lectura de .01A de Corriente. Se observa en la fig. 3a que el caolín se depositó alrededor del ánodo de una forma muy compacta presentándose zonas donde el caolín tiene una coloración roja, detalle que se aprecia mejor en la fig. 3b donde se hace una ampliación de esa zona. En la fig. 3c se aprecian las zonas rojizas después de que se secó el mineral, es evidente que la electrólisis hizo un cambio importante en la pulpa de caolín.



a)

b)

Fig. 4

Se realizó otra prueba con pulpa de caolín al 25% de sólidos dispersado durante una hora en agua desionizada y puesto en una celda de electrólisis con ánodo de óxido de rutenio y cátodo de plata con un voltaje de 3.7V y el amperímetro de la fuente de poder marcaba una lectura de 0.01A, la electrólisis se realizó durante 20 horas, las fotografías de ésta prueba se muestran en la fig. 4

En ésta prueba no hubo gran compactación de caolín alrededor del ánodo, y aparentemente no hubo cambios importantes, solamente la formación de pequeños grupos de material visiblemente más rojo figura 4a, pero, al paso de unos días el caolín que permaneció en solución, cambió su coloración, en la parte superior del recipiente que lo contenía, se formó una capa de coloración rojiza, figura 4b, y en la parte inferior se fue asentando el caolín, con una coloración más clara, esto demuestra también que la electrólisis es un proceso que cambia la solución de caolín haciendo que ocurra una separación de material rojo que se concentra en la parte superior del recipiente que contiene la solución.



Figura 5



Figura 6

La prueba anterior se realizó nuevamente cambiando la disposición de la celda de electrolisis a un arreglo vertical, obteniéndose el mismo resultado mostrándose en la Figura 5.

Finalmente la Figura 6 muestra la comparativa entre la pulpa de caolín en estado original y el resultado obtenido después de la electrolisis.

#### 4. CONCLUSIÓN.

El proceso de electrolisis en caolín en solución ha demostrado tener efectividad para separar las impurezas que degradan su valor, al menos en el aspecto de coloración, ya que los resultados obtenidos demuestran que hay un cambio importante con la separación de material visiblemente más rojo y con el asentamiento de mineral con coloración más clara. El proceso de electrolisis del caolín es muy importante ya que si se logra perfeccionar ayudará a darle valor agregado al caolín y además tiene la ventaja de no dejar residuos que tengan que ser separados después del proceso.

Éste procedimiento, además de los resultados descritos, también hace que ocurran fenómenos en el caolín, como asentamiento y transporte de masa, que son dignos de ser analizados y estudiados para poder aprovecharlo al máximo. El tratamiento de caolín mediante éste procedimiento ha sido poco investigado, lo cual es una ventaja que se debe aprovechar para su implantación en la industria y obtener el máximo beneficio de los recursos con los que ya contamos.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. R. S. Becker, W. E. Wentworth, "Química general", Reverté, 1977, 1ª Edición, 1ª Reimpresión, pp. 572-577.