



Avances en Ciencias e Ingeniería

E-ISSN: 0718-8706

crojas@exeedu.com

Executive Business School

Chile

Díaz, Andrea; Castro, Graciela; Sarquís, Pedro  
CUANTIFICACIÓN A NIVEL EXPERIMENTAL DE LA EXPANSIÓN TÉRMICA DE LA VERMICULITA  
Avances en Ciencias e Ingeniería, vol. 4, núm. 2, abril-junio, 2013, pp. 37-42  
Executive Business School  
La Serena, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323627690005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## CUANTIFICACIÓN A NIVEL EXPERIMENTAL DE LA EXPANSIÓN TÉRMICA DE LA VERMICULITA

### EXPERIMENTAL QUANTIFICATION OF VERMICULITE THERMAL EXPANSION

**Andrea Díaz<sup>1</sup>, Graciela Castro<sup>1</sup>, Pedro Sarquís<sup>1</sup>**

(1) Universidad Nacional de San Juan, Instituto de Investigaciones Mineras Facultad de Ingeniería,  
Av. Libertador 1109 (Oeste), San Juan - Argentina  
(e-mail: aadiaz@unsj.edu.ar)

*Recibido: 20/08/2012 - Evaluado: 17/10/2012 - Aceptado: 12/02/2013*

#### RESUMEN

El objetivo del trabajo fue ensayar distintos procesos de disgregación para separar la vermiculita del cuarzo que reduce su calidad en diferentes aplicaciones industriales. Los procesos de disgregación se realizaron en vía húmeda y seca, utilizando como variable el tiempo, los productos se clasificaron granulométricamente. Para cuantificar la calidad de la vermiculita y evaluar la eficiencia de las operaciones de disgregación se realizaron ensayos de expansión térmica y conteo mineralógico. Los ensayos de expansión térmica se realizaron en mufla y se analizaron una serie de variables como: tamaño del gránulo y tiempo de expansión a una temperatura fija de 800 °C. Éstos se cuantificaron a través de un coeficiente de expansión. Del análisis de los resultados se concluye que el mejor rendimiento se obtiene con una disgregación en seco, a un tamaño de malla de 30, un tiempo de expansión de 80 segundos y a una temperatura de 800 °C.

#### ABSTRACT

The aim of this work was to try various disaggregation processes in order to separate vermiculite from quartz, as this reduces its quality in different industrial applications. In order to quantify the quality of the vermiculite and to evaluate the efficiency of the disaggregation operations, thermal expansion tests and mineralogical counting were carried out. Wet and dry separation processes, using as variable the time, there were performed and the products were classified according to their grain size. The thermal expansion tests were made in muffle, a number of variables being analysed such as: grain size and expansion time, at 800°C. These were quantified by an expansion coefficient. The conclusion drawn from analysis of the results is that the best performance is obtained by using dry separation, 30-mesh, an expansion time of 80 seconds and a temperature of 800° C.

Palabras clave: disgregación; cuarzo; coeficiente de expansión; tamaño de grano  
Keywords: disaggregation; quartz; expansion coefficient; size of particle

## INTRODUCCIÓN

La vermiculita es un grupo de filosilicatos hidratos de hierro, magnesio y aluminio del grupo de las esmectitas cuya fórmula molecular puede ser expresada por  $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al})_3[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (Back & Mandarin, 2008). Similar a la mica, la vermiculita posee una estructura casi laminar y un clivaje basal, el término vermiculita es utilizado para designar comercialmente a un grupo de minerales micáceos constituidos por 19 variedades de silicatos hidratados de Mg y Al, con Fe y otros elementos (Fusari, 1999; Gianotti, 1971; Valdiviezo, 2003). Una vermiculita particularmente es un mineral hidratado que puede resultar de la alteración más comúnmente de biotita. Los minerales asociados a la vermiculita son la biotita, hidrobiotita, apatito, serpentina, flogopita, diopsio, clorita, amianto, talco y minerales arcillosos, algunos presentes en anfibolitas, piroxenitas y sienitas. Su estructura comprende caras de una forma octaédrica.

Cuando la vermiculita es sometida a temperaturas superiores a 800°C el agua que contiene en su estructura laminar se evapora, este proceso se conoce en la industria como expansión térmica (Marcos & Rodríguez, 2010). Este proceso provoca un aumento de volumen de aproximadamente 30 veces su volumen inicial. Debido a las propiedades físicas que presenta este mineral se usa en varias industrias desde hace más de 90 años. Algunas propiedades físicas son: baja conductividad térmica (0,05 Kcal m/m<sup>2</sup> h °C), bajo poder calorífico (0,2 Kcal/ Kg K), alta capacidad de absorción, alta capacidad de intercambio catiónico, inodoro, ultra liviano y no tóxico. Se usa en industria de la construcción, agricultura, horticultura, forestales, morteros ignífugos, alimentos para animales, refractarios, etc. (Lima & Neumann, 2009).

La muestra en estudio pertenece a un yacimiento que consiste en un frente de explotación de 40 metros de largo con tres cuerpos mineralizados paralelos separados de 2 a 3 m entre sí, con un rumbo N a S e inclinaciones variables de 70° a 40° Oeste. La mineralización se presenta en forma de bolsones con espesores de 20 a 60 cm llegando a formar "nidos" de 2m con tendencia a ensancharse en profundidad. Las rocas son anfibolitas muy alteradas, caballos de esteatita y lentes "jaboncillo", productos de fallas y algunos diques aplíticos y pegmatíticos muy alterados con inyecciones de cuarzo casi transparente (Angelelli *et al.*, 1980).

La muestra tomada del cuerpo mineralizado de la mina, previamente triturada, posee una granulometría de 3 a 5 mm con un color pardo amarillento, fácilmente separable y revestido por una película de esteatita con un considerable grado de humedad. Debido a la génesis del yacimiento la mineralización presenta cantidades importantes de cuarzo libre y ligado, que limita la comercialización de la vermiculita en algunos mercados. De acuerdo a su composición química porcentual predomina los cationes intercambiables Mg y K, aunque la composición de Mg es cuatro veces mayor a la de K.

El objetivo de trabajo fue ensayar distintos procesos de disgregación, tanto en seco como en húmedo. Con el fin de separar la vermiculita de la arena silíceas que reduce su calidad en los segmentos de mercado, principalmente la fabricación de pastillas y cintas de freno, juntas para automóviles, que deben estar libres de asbestos y libres de partículas abrasivas como cuarzo.

La evaluación de los ensayos en seco y húmedo se realizó usando el coeficiente de expansión térmica y el conteo mineralógico.

## MATERIALES Y METODOS

La metodología consistió, como primera etapa, en realizar una caracterización química de la muestra original a través de un análisis composicional por medio de técnicas analíticas gravimétricas y volumétricas. El análisis químico elemental se realizó con espectrofotómetro de llama, equipo Perkins Elmer modelo AA100.

Además la muestra se caracterizó mineralógicamente con el objeto de identificar las especies de interés como vermiculita y cuarzo. Este estudio se realizó por medio de un análisis de difracción de rayos X (DRX), con

equipo marca Philips modelo PW-1714 con registrador gráfico de barrido incorporado. Se usó radiación Cu Ka ( $\lambda=1,5417 \text{ \AA}$ ), filtro de níquel, 30 mA y 40 kV en la fuente de alta tensión, ángulo de barrido ( $2\alpha$ ) comprendido entre  $5^\circ$  y  $65^\circ$ .

Como segunda etapa se efectuó una disgregación en vía húmeda utilizando un atricionador y una disgregación en vía seca, utilizando un molino de 5 barras, estos ensayos se realizaron en diferentes tiempos de: 10, 20, 30 y 40 minutos. Las muestras fueron identificadas como D.H. (Disgregación en Húmedo) y D.S. (Disgregación en Seco). Para ambas muestras se asignaron los números: 1, 2, 3 y 4, que corresponden a los tiempos de disgregación: 10, 20, 30 y 40 min, respectivamente. Posteriormente se separó en tres clases granulométricas cerradas empleando una serie de tamices ASTM: malla -6,+10 (gruesa), malla -10,+30 (media) y malla -30 (fina).

Los ensayos de expansión térmica se realizaron en un horno de mufla piloto de acuerdo a Franca & Da Luz (2002), para las clases granulométrica mallas (-6,+10), mallas (10,+30). Teniendo en cuenta las variables utilizadas en la industria se trabajó a una temperatura de  $800^\circ\text{C}$  y un tiempo de expansión de 80 segundos. Para cuantificar los ensayos de expansión térmica se utilizó un coeficiente de expansión (ec.1) (Franca *et al.*, 2005; Díaz *et al.*, 2010, Valdiviezo *et al.*, 2002):

$$C_{\text{Expansión}} = \frac{\text{Densidad de Vermiculita Cruda}}{\text{Densidad de Vermiculita Expandida}} \quad (1)$$

El coeficiente de expansión térmica es una relación entre la densidad de la vermiculita cruda sobre la densidad de la vermiculita expandida. Este coeficiente dependerá de la composición química de la vermiculita. Si hay presencia de cuarzo el volumen expandido será bajo, como consecuencia este coeficiente también será bajo, esto permitirá evaluar los proceso de disgregación para eliminar cuarzo.

Los ensayos de disgregación fueron verificados además a través de un estudio mineralógico, que consistió en el conteo de minerales presentes, como vermiculita y silicatos, a través de los porcentajes de partículas libres y ligadas. Para este estudio se utilizó una lupa marca Wild Heerbrugg N° 124904 50X.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis químico arrojó una composición de un aluminosilicato hidratado de magnesio, potasio y hierro, que responde a la siguiente fórmula química:  $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3[(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . De acuerdo a su composición química porcentual predominan los cationes intercambiables Mg y K, aunque la composición de Mg es cuatro veces mayor a la de K. Estos cationes afirman la presencia de biotita e hidrobiotita en el mineral. La Tabla 1 muestra la composición química porcentual de la muestra ensayada.

Tabla 1: Composición química porcentual del mineral

Compuesto		Método de determinación	%
Pérdida por Calcinación		Gravimétrico	4,74
Sílice e Insoluble	$\text{SiO}_2$	Gravimétrico	57,4
Óxido de Aluminio	$\text{Al}_2\text{O}_3$	Gravimétrico	14,5
Óxido de Hierro	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Volumétrico (Dicromatometría)	6,4
Óxido de Sodio	$\text{Na}_2\text{O}$	Espectrofotometría de AA	0,5
Óxido de Potasio	$\text{K}_2\text{O}$	Espectrofotometría de AA	3,5
Óxido de Titanio	$\text{TiO}_2$	Espectrofotometría de AA	0,00
Óxido de Calcio	$\text{CaO}$	Espectrofotometría de AA	0,5
Óxido de de Magnesio	$\text{MgO}$	Complejometría con EDTA	12,2

En la Tabla 1 se observa que el porcentaje de  $\text{SiO}_2$  es del 57,4 %, muy elevado comparado con las vermiculitas comercializadas de Brasil. De acuerdo a Franca *et al.* (2005), la composición química de  $\text{SiO}_2$  de una vermiculita comercial varía entre un 42 y 45 %.

De acuerdo a la DRX, en el difractograma se observa que las especies presentes con estructura cristalina y abundancia son: hidrobiotita, biotita, vermiculita, montmorillonita y cuarzo, como puede observarse en la Figura1. Los picos de cuarzo son más abundantes que el resto de las especies mineralógicas presentes.

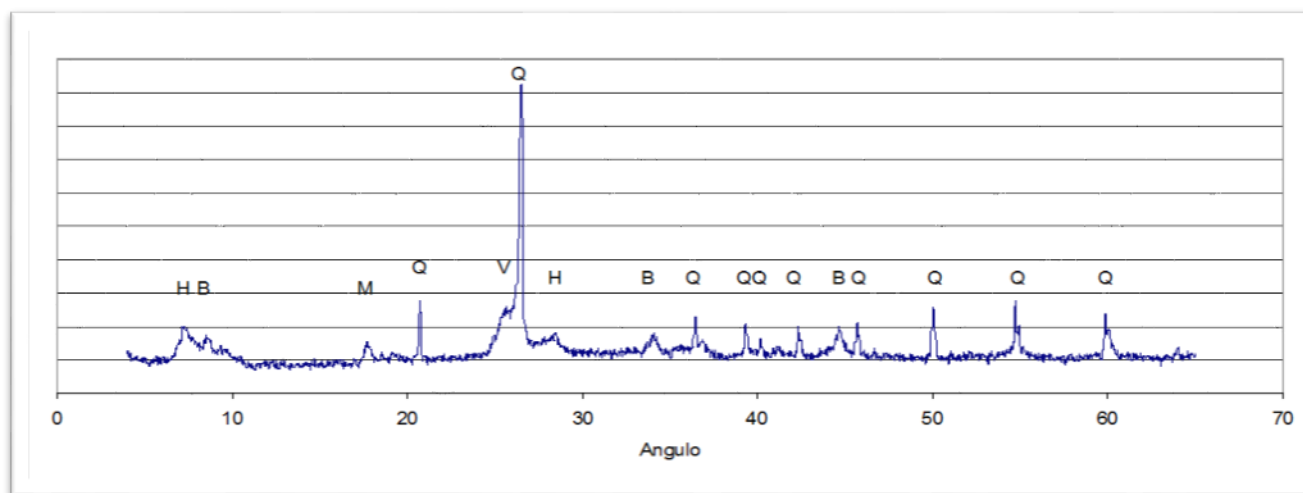


Fig. 1: Difractograma de la muestra original, donde: B = Biotita, Q = Cuarzo, H = Hidrobiotita, M = Clorita-Montmorillonita y V= Vermiculita.

En la Tabla 2 se muestra un análisis general de los tiempos de disgregación para las clases granulométrica # (-6,+10) y # (-10,+30) y la eficiencia del proceso de disgregación medido a través del coeficiente de expansión. En la Tabla 2 se indican los rendimientos para la disgregación en seco y en húmedo, calculado en base a los pesos de los productos obtenidos en los procesos. Este rendimiento para la disgregación en seco en malla 30 tiene un valor promedio del 29,75 %, los coeficientes de expansión son mayores que los encontrados en malla 10. Se identifica que mientras aumenta el tiempo de disgregación en seco aumenta el coeficiente de expansión pero el rendimiento disminuye. Estos resultados se atribuyen al aumento del tiempo de molienda, el cual provoca un aumento del porcentaje de fino y mayor facilidad de liberar el cuarzo el cual es más frágil que la vermiculita. Por tal motivo es necesario plantear una situación de compromiso de manera de encontrar un coeficiente de expansión aceptable frente a un alto rendimiento, para este caso la muestra D.S.1 #30 cumple con este requisito ya que su rendimiento es del 34% con un coeficiente de expansión satisfactorio de 4,93. La mineralogía corrobora este resultado ya que el conteo mineralógico demostró el 89% de partículas de vermiculita libres.

En la Tabla 2 además, puede observarse los resultados obtenidos por la disgregación en húmedo los cuales no son muy satisfactorios comparados con la disgregación en seco.

Para la disgregación en húmedo se analizó sólo la clase granulométrica (-10, +30), en esta fracción se identifica que los coeficientes de expansión no superan al valor más bajo de la disgregación en seco en esta misma clase granulométrica. Con respecto al rendimiento promedio es del 25%. Mineralógicamente se observa que a medida que aumenta el tiempo de atricionamiento se produce una sobremolienda en la vermiculita que baja la calidad de la expansión térmica. Por todo lo mencionado este proceso no es recomendable.

Tabla 2: Análisis de rendimiento y coeficiente de expansión para los distintos tiempos de disgregación y diferentes mallas

Disgregación en Seco									
Muestras	Clases Granulométricas	Densidad Cruda (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Exfoliada (Kg/m <sup>3</sup> )	Conteo Mineralógico				Rendimiento %	Coeficiente de Expansión
				% Verm.	% Cuarzo	% Part. Libres	% Part. Ligadas		
D.S.1*	(-6,+10)	1210	373	-----	-----	-----	-----	14	3,20
	(-10,+30)	1336	271	77	23	89	11	34	4,93
D.S.2*	(-6,+10)	1277	413	-----	---	----	----	11	3,00
	(-10,+30)	1139	265	74	26	93	7	30	4,29
D.S.3*	(-6,+10)	1344	552	----	---	-----	-----	7	2,43
	(-10,+30)	1364	248	79	21	96	4	29	5,50
D.S.4*	(-6,+10)	1440	489	-----	-----	-----	-----	3	5,11
	(-10,+30)	1445	243	81	19	98	2	26	5,94
Disgregación en Húmedo									
Muestras	Mallas #	Densidad Cruda (Kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Exfoliada (Kg/m <sup>3</sup> )	Conteo Mineralógico				Rendimiento %	Coef. Expan.
D.H.1*	30	919	293	No se pudo realizar conteo por estar la mica molida				27	3,13
D.H.2*	30	909	245					21	3,71
D.H.3*	30	986	297					27	3,32
D.H.4*	30	967	268					25	3,61

(\*) La numeración 1, 2, 3 y 4 se corresponden a los tiempos de disgregación 10, 20, 30 y 40 minutos, respectivamente.

## CONCLUSIONES

Desde el punto de vista químico el mineral en estudio es un aluminosilicato con un alto porcentaje de SiO<sub>2</sub> (57%), comparado con las vermiculitas comercializadas en Brasil, las cuales varían de un 42 a un 45 %.

Existe un gran porcentaje de mineral vermiculita ligado con el cuarzo, demostrado por la DRX.

Con respecto al rendimiento de los procesos de disgregación, se concluye que la disgregación en seco efectuada a los 10 minutos es la de mayor rendimiento (34 %) con un coeficiente de expansión térmica satisfactorio de 4.9, un porcentaje aceptable de partículas libres (89%) , un porcentaje del 77% de vermiculita y un 23 % de sílice.

Se recomienda la disgregación en seco en molino de barras en malla 30, los tiempos de disgregación dependerá de una relación de compromiso entre el mayor rendimiento (34%) con un coeficiente de expansión satisfactorio de 4.9 como el encontrado en la disgregación en seco a los 10 minutos (DS1). Por otra parte se puede obtener un bajo rendimiento (26%) con un alto coeficiente de expansión de 5.9 como el encontrado en la disgregación a los 40 minutos (D.S.4).

De acuerdo a "The Vermiculite Association (2009)" los productos obtenidos (DS1) con densidad aparente de 271 Kg/m<sup>3</sup>, se ajusta para uso de nutrición animal como carrier en premezclas (240 – 340 Kg/m<sup>3</sup>) y en la agroindustria como encapsulado de semilla (240 – 340 Kg/m<sup>3</sup>) expandida a 0,5 mm (30 mallas).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CICITCA y a la Empresa AISLATER SRL por financiar el Proyecto. Además agradecen la colaboración en este artículo a la Prof. Elia Carrizo, Licenciada en Inglés.

## REFERENCIAS

1. Angelelli, V., Schalamuk, I.B. & Fernández, R. (1980). *Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la región Centro – Cuyo*. Secretaría de Estado de Minería. Buenos Aires. Anales 19, pp. 155-157.
2. Back, M.E. & Mandarino, J.A. (2008). *Fleischer's glossary of mineral species 2008*. Tucson, Az, USA The Mineralogical Record Inc. 10.ed. pp. 345.
3. Díaz, A., Castro, G., Sarquís, P. & Elizondo, C. (2010). *Caracterización de un yacimiento de vermiculita de la República Argentina con fines industriales*. X Jornadas Argentinas de Tratamientos de Minerales, Salta – Argentina, 20 – 22 Octubre, pp. 8-10.
4. Fusari, C. (1999). *Vermiculita de mina Don Alberto, Mendoza*. En *Recursos Minerales de la República Argentina ed. E o. Zappettini*, Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR, Buenos Aires, Anales 35, pp. 839-841.
5. Franca, S.C., Ugarte, J.F. & Sampo, J.A. (2005). *Vermiculita*. Rochas y Minerais Industriais: usos e especificaciones. CETEM. Ct 2005-143-00 32, pp. 677-698.
6. Franca, S.C. & Da Luz, A.B. (2002). *Utilización de vermiculita como adsorbente de compuestos orgánicos contaminantes de la industria de petróleo*. XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa em Recife – Brasil, 19 Diciembre. CETEM. CT2002-074-00.
7. Gianotti, J.R. (1971). Interestratificación de minerales en las vermiculitas del Cerro los Guanacos Departamento de Calamuchita, Provincia de Córdoba, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentológica*, Tomo II nº 3-4, pp. 73 – 78.
8. Lima Costa, G.E. & Neumann, R. (2009). *Transformação de vermiculita para biotita, visando melhor refinamento via método de Rietveld para quantificação de fases: Estudo de caso com a vermiculita de Santa Luzia – PB*. XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM. pp. 234-240. <[http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie\\_anais\\_XVII\\_jic\\_2009/Gabrie](http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XVII_jic_2009/Gabrie) - ->. Acceso: 7 de Noviembre de 2012.
9. Marcos, C. & Rodríguez, I. (2010). Expansion behaviour of comercial vermiculites 1000 °C. *Applied Clay Science*, 48, 492-498
10. Vermiculite Association (2009). Vermiculite. <<http://www.vermiculite.org>>
11. Valdiviezo, E.V. (2003). *Caracterização tecnológica de insumos minerais para a perfuração de poços de petróleo – Sub-projeto: Estudo de caracterização e processamento de vermiculitas para aplicações em fluidos de perfuração de poços de petróleo*. Relatório Final, FINEPCTPETRO/FADE, Campina Grande, Brasil, pp. 22.
12. Valdiviezo, E.V., Souza, M.M., Leitão, T.J.V. & Guerra, E.A. (2002). *Caracterização e esfoliação térmica de vermiculitas dos estados da Paraíba e do Piauí*. Anais do XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, v.1, Recife – Brasil, 19 de Diciembre, pp.562-569.