



APLICACIÓN DE PROCESOS FÍSICOS PARA LA DEPURACIÓN DE MINERAL DE VERMICULITA DE UN YACIMIENTO DE ARGENTINA

G. Castro, A. Díaz, P. Sarquís, A. Elizondo

Instituto de Investigaciones Mineras, Departamento de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, ARGENTINA.
gracielaCastro@unsj.edu.ar

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue estudiar la aplicación de distintos métodos de disgregación y separación para lograr una depuración de la vermiculita y de ese modo también mejorar la expansión térmica. Como primer paso, se realizaron determinaciones químicas y mineralógicas de las muestras. Se aplicaron distintos procesos de disgregación con el objeto de liberar las impurezas retenidas entre los paquetes de mica sin reducir de tamaño a las láminas. Los procesos de disgregación y separación fueron tanto en vía húmeda como en seco. Al finalizar esta operación los productos se clasificaron en clases granulométricas cerradas: malla 10 (gruesa), 30 (media) y -30 (fina), que se sometieron a ensayos de expansión en forma separada en mufla analizándose una serie de variables que influyen en el proceso: granulometría de disgregación, tiempo de expansión y temperatura. Las pruebas de expansión térmica a escala laboratorio se cuantificaron a través de un coeficiente de expansión. Los tiempos óptimos de expansión térmica se encuentran entre 60 y 100 segundos, la temperatura para lograr la mayor expansión sin el quemado de las placas está entre 700 y 900 °C. Los estudios de laboratorio permitieron determinar que la disgregación en húmedo (atricionamiento) no es el adecuado porque promueve la sobremolienda de las placas de vermiculita. La disgregación en seco combinada con separación neumática es el método más eficiente de depuración. Los ensayos de expansión térmica y el conteo mineralógico son coincidentes en este sentido. Con este tratamiento se logra un alto porcentaje de partículas libres y los mejores indicadores de expansión térmica.

Palabras claves: Disgregación, sílice, coeficiente de expansión, densidad relativa.

ABSTRACT

The objective of this paper was to study the application of different methods of disintegration and separation to achieve a purification of vermiculite and thereby also improve the thermal expansion. As a first step, chemical and mineralogical determinations of the samples were made. Different disintegration processes were applied in order to release the retained impurities between mica packets without reducing the film size. The disintegration and separation processes were both wet and dry. After completing this operation, the products were classified into closed granulometric classes: mesh 10 (coarse), 30 (average) -30 (fine), which underwent separated expansion tests in muffle analyzing a series of variables that influence the process: grain disintegration, expansion time and temperature. Thermal expansion tests at laboratory scale were quantified by a coefficient of expansion. The optimum times of thermal expansion are between 60 and 100 seconds, the temperature to achieve further expansion without the burning of the plates is between 700 and 900 °C. Laboratory studies have revealed that the wet disintegration (attrition) is inappropriate because it promotes vermiculite plates grinding. The dry disintegration combined with pneumatic separation is the most efficient method of purification. The thermal expansion tests and the mineralogical counts are coincident in this regard. With this treatment a high percentage of free particles and the best indicators of thermal expansion are achieved.

Keywords: disintegration, silica, coefficient of expansion, relative density.

1. INTRODUCCIÓN

El yacimiento consiste en tres cuerpos principales paralelos separados de 2 a 3 m entre sí, de rumbo N a S con inclinaciones variables de 70 a 30° – 40° Oeste, reconocidas en un frente de laboreo de unos 40 m. Acusan un hábito bolsoneo o de uso y en forma de rosario con espesores de 20 a 60 cm llegando a formar “nidos” de 2 m con tendencia a ensancharse en profundidad. Entre los cuerpos mineralizados se presentan masas de anfibolitas muy alteradas, caballos de esteatita y lentes “jaboncillo”, productos de fallas y algunos diques aplíticos y pegmatíticos muy alterados e inyecciones de cuarzo casi transparente [2,3].

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 revestida 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 segmentos del mercado.

La vermiculita, es un alúmino silicato hidratado, de magnesio, potasio y hierro, que responde a la siguiente fórmula química: $K(Mg, Fe)_3[(Si, Al)_4O_{10}][OH]_2 \cdot 4H_2O$. 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.

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.

Por lo mencionado anteriormente el objetivo de este trabajo es ensayar distintos procesos tanto en seco como en húmedo para disgregar y separar la vermiculita de la arena silíceas que reduce su calidad.

2. METODOLOGÍA

2.1. Caracterización química

Los análisis químicos se realizaron por gravimetría a excepción de la determinación

de hierro que se realizó por volumetría (permanganimetría). Las composiciones de óxidos fueron calculadas en base a la concentración iónica del metal presente por Espectrofotometría de Absorción Atómica (AA)*.

2.2. Caracterización Mineralógica

Se tomó una muestra representativa de los yacimientos La Saltona la que fue enviada a laboratorio mineralógico. La técnica empleada para el análisis fue análisis por Difracción de Rayos X– PHILPS.

2.3. Disgregación en seco

Para el ensayo en seco se utilizó un molino de barras con una carga mínima de siete barras, para producir una disgregación del mineral sin romper las partículas de vermiculita. En este caso el molino actúa como un atricionador en seco. La cantidad de muestra utilizada fue de 1 kg y se tomó como variable el tiempo en minutos: 10, 20, 30, 40.

Cumplido los tiempos se clasificó con tamices. Se seleccionaron tres tamaños: #10 (gruesa), #30 (media) y - #30 (fina), de acuerdo a los datos obtenidos por el análisis granulométrico. Cada fracción se pesó para calcular el porcentaje de retenido y pasante.

2.4. Disgregación en húmedo

Para el ensayo en húmedo se utilizó un atricionador de forma rectangular para liberar al cuarzo presente en la vermiculita. Se formó una pulpa espesa para un mejor atricionamiento del mineral. La relación sólido/líquido se definió en forma empírica, estableciendo una proporción de 1300 g de sólido en un volumen de 250 mL de agua. Se tomó como variable los tiempos: 10, 20, 30, 40 minutos, manteniendo constante las revoluciones del rotor. La clasificación en tamaños del atricionado se realizó en las clases: #10 (gruesa), #30 (media) y - #30 (fina) de acuerdo a los datos obtenidos por el análisis granulométrico.

2.5. Expansión térmica

Los ensayos de expansión se realizaron en un horno de mufla piloto. La metodología de trabajo consistió en expandir térmicamente las muestras disgregadas en húmedo y en seco, a una temperatura de 800 °C y en un tiempo de 80 segundos, estas variables

fueron seleccionadas teniendo en cuenta las condiciones de trabajo a nivel industrial. La determinación de densidad aparente consistió en pesar las muestras crudas y medir su volumen en una probeta de 250 mL. Luego se calculó la densidad aparente como la masa de la muestra dividido en el volumen ocupado, este resultado se expresó en kg/m³. Posteriormente las muestras se expandieron y nuevamente se pesaron, cuantificando el volumen para calcular la

densidad aparente de las muestras expandidas. En este caso se utilizan probetas de 1000 y 2000 mL, debido al aumento de volumen.

La eficiencia del proceso de expansión térmica se calculó a través de un coeficiente de expansión el cual se calcula como el cociente entre la densidad cruda y la densidad expandida [6].

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

Otra forma de corroborar este coeficiente de expansión fue a través del apoyo mineralógico. Consistió en el conteo de minerales presentes, como vermiculita y silicatos. También se cuantificó con los porcentajes de partículas libres y ligadas. Para este estudio se contó con una lupa (Wild Heerbrugg N° 124904 50X).

El análisis químico arrojó una composición de un aluminio silicato hidratado de magnesio, potasio y hierro, que responde a la siguiente fórmula química: $K(Mg,Fe)_3 [(Si,Al)_4O_{10}][OH]_2 4H_2O$. 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 Saltona". La tabla 1 muestra la composición química porcentual de la muestra ensayada.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización química

Tabla 1. Composición Química porcentual mineral de La Saltona

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

3.2. Caracterización Mineralógica

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 figura 1 [1].

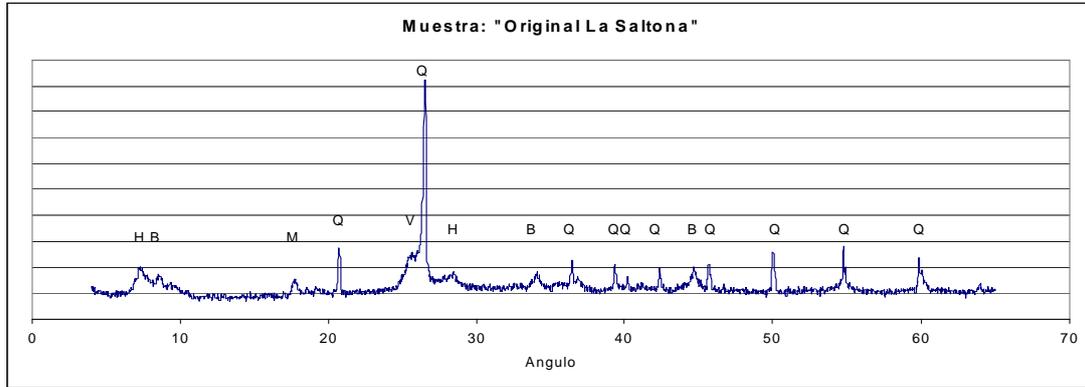


Figura 1. Difractograma de la muestra "Original La Saltona", donde: B = Biotita, Q = Cuarzo, H = Hidrobiotita, M = Clorita-Montmorillonita y V= Vermiculita.

3.3. Disgregación

La disgregación en seco y en húmedo tiene como objeto mejorar el grado de liberación de las especies minerales presentes tratando de no producir una sobremolienda de la vermiculita [4].

Disgregación en seco: En la tabla 2 se muestra los tiempos de disgregación (10, 20, 30 y 40 minutos), para las distintas fracciones granulométricas (# 10, # 30 y - #30). Se observa que el mejor tiempo de disgregación es para los 20 y los 40 minutos

en la # 30, ya que para los otros tiempos se identifica una sobremolienda.

Disgregación en húmedo: En la tabla 2 se muestra los tiempos de disgregación (10, 20, 30 y 40 minutos), para las distintas fracciones granulométricas (# 10, # 30 y - #30). Se observa que el mejor tiempo de disgregación es para los 30 minutos en la # 30, ya que para los otros tiempos se identifica una sobremolienda.

Tabla 2. Porcentajes en peso de las distintas fracciones disgregadas en seco y en húmedo.

Tiempos de Disgregación	Disgregación en Seco (D.S.)		Disgregación en Húmedo (D.H.)	
	Identificación	Porcentaje (%)	Identificación	Porcentaje (%)
10 minutos	D.S.(1) #10	20,08	D.H.(1) #10	31,60
	D.S.(1) #30	33,83	D.H.(1) #30	27,40
	D.S.(1) -#30	45,78	D.H.(1) -#30	41,00
	Total	99,69	Total	100
20 minutos	D.S.(2) #10	15,33	D.H.(2) #10	29,90
	D.S.(2) #30	32,79	D.H.(2) #30	27,80
	D.S.(2) -#30	51,86	D.H.(2) -#30	42,30
	Total	99,98	Total	100
30 minutos	D.S.(3) #10	17,80	D.H.(3)#10	23,77
	D.S.(3) #30	29,28	D.H.(3) #30	38,46
	D.S.(3) -#30	52,92	D.H.(3) - #30	37,77
	Total	100	Total	100
40 minutos	D.S.(4) #10	18,61	D.H.(4) #10	23,61
	D.S.(4) #30	23,38	D.H.(4) #30	30,39
	D.S.(4) -#30	58,00	D.H.(4) - #30	46,00
	Total	99,99	Total	100

3.4. Expansión térmica de la disgregación en seco

En la tabla 3 se muestran los resultados de densidad aparente de las muestras crudas disgregadas en seco, con sus

correspondientes expansiones térmicas realizadas a una temperatura de 800°, en un tiempo de 100 segundos. Considerando solo la fracción granulométrica #10 y # 30.

Tabla 3. Datos de densidades aparentes de muestras disgregadas en seco.

Identificación	Vermiculita Cruda		Vermiculita Cruda	
	Volumen (cm ³)	Densidad (kg/m ³)	Densidad (kg/m ³)	Volumen (cm ³)
D.S.1 Malla 10	129,7	1210,1	399,3	373,1
D.S.1 Malla 30	279,8	1336,8	1334,3	271,3
D.S.2 Malla 10	106,5	1277,4	312	413,5
D.S.2 Malla 30	314,2	1139,5	1300,3	265,3
D.S.3 Malla 10	61	1344,9	141,3	552
D.S.3 Malla 30	232,3	1364,6	1237,3	248,1
D.S.4 Malla 10	12,8	2500,1	59,3	488,7
D.S.4 Malla 30	182	1445,1	1052,4	243,3

Análisis de resultados de la cuantificación de la expansión térmica a través de la densidad aparente para las muestras disgregadas en seco: En la tabla 4 se presentan los coeficientes de expansión térmica cuantificados a través de la densidad aparente para las fracciones de muestras disgregadas en seco entre 10 y 40 minutos y mallas 10 y 30.

Se observa que a medida que aumenta el tiempo de disgregación, aumenta el coeficiente de expansión para la fracción granulométrica #30. Demostrando que el proceso de disgregación en seco es eficiente por el elevado coeficiente de expansión obtenido. Para el caso de la fracción #10, no se observa una relación clara entre el tiempo de disgregación y el coeficiente de expansión térmica.

Tabla 4. Datos de coeficientes de expansión de muestras disgregadas en seco tomando la densidad aparente.

Identificación	Coefficientes de expansión
D.S.1 Malla 10	3,24
D.S.1 Malla 30	4,92
D.S.2 Malla 10	3,08
D.S.2 Malla 30	4,29
D.S.3 Malla 10	4,10
D.S.3 Malla 30	5,49
D.S.4 Malla 10	1,95
D.S.4 Malla 30	5,94

Con el fin de relacionar la eficiencia del proceso de disgregación con la expansión térmica, en la tabla 5 se muestran también

los coeficientes de expansión térmica en relación con los datos del conteo mineralógico.

Tabla 5. Relación entre los resultados del conteo mineralógico y los coeficientes de expansión.

Identificación	Coefficientes de expansión	% Vermiculita	% Silicatos	% P. Libres	% P. Ligadas
D.S.1 #30	4,94	77	23	89	11
D.S.2 #30	4,29	74	26	93	7
D.S.3 #30	5,49	79	21	96	4
D.S.4 #30	5,94	81	19	98	2

Se observa que hay muy buena correlación entre el porcentaje de vermiculita, el coeficiente de expansión y el porcentaje de las partículas libres.

Se evidencia que el porcentaje de partículas libres en la fracción malla 30 aumenta con el tiempo de disgregación al igual que el porcentaje de vermiculita. La eficiencia de la disgregación en seco se corrobora con los resultados obtenidos en la expansión térmica, debido a que el mayor coeficiente se obtiene con la muestra D.S.4, disgregada 40 minutos.

Los ensayos de expansión térmica y el conteo mineralógico confirman que la disgregación en seco es más eficiente. A los 40 minutos en molino de barras se logra mayor porcentaje

de partículas libres y mayor porcentaje de vermiculita.

3.5. Expansión térmica de la disgregación en húmedo

En la tabla 6 se muestran los resultados de densidad aparente de muestras crudas disgregadas en húmedo, con sus correspondientes expansiones térmicas realizadas a una temperatura de 800°, en un tiempo de 100 segundos.

Se descarta el análisis de la densidad aparente en la malla 10 debido a que presenta un tamaño muy heterogéneo y los resultados no son uniformes, por lo que se consideró solo la fracción granulométrica # 30.

Tabla 6. Datos de densidades aparentes de muestras disgregadas en húmedo.

Identificación	Vermiculita Cruda		Vermiculita Expandida	
	Volumen (cm ³)	Densidad (kg/m ³)	Volumen (cm ³)	Densidad (kg/m ³)
D.H.1 Malla 30	384,3	918,5	1150,2	918,5
D.H.2 Malla 30	308	909,0	1099,3	909
D.H.3 Malla 30	370,2	986	1186,9	985,9
D.H.4 Malla 30	339,1	967,2	1186,9	967,2

A
nálisis de resultados de la cuantificación de la expansión térmica a través de la densidad aparente para las muestras disgregadas en húmedo: La tabla 7 muestra los datos de coeficientes de

expansión de productos de la expansión térmica de muestras disgregadas en húmedo. Se observa que no hay una relación lineal entre los coeficientes de expansión térmica con el tiempo de atricionamiento.

Tabla 7. Coeficientes de expansión de muestras disgregadas en húmedo.

Identificación	Coeficientes de expansión
D.H.1 Malla 30	3,13
D.H.2 Malla 30	3,71
D.H.3 Malla 30	3,32
D.H.4 Malla 30	3,61

Los resultados del conteo mineralógico demuestran que la mica se encuentra aglutinada luego del atricionamiento. Esto se corroboró agregando agua a la muestra al observarla en la lupa. Se advierte que la mica ha sido molida y que no hay uniformidad en los granos. Esto dificultó el conteo y cuantificación de % en peso de vermiculita y silicatos libres. La única muestra que pudo cuantificarse fue la D.H.1 malla 10 por estar menos tiempo sometida a la disgregación en húmedo (10 minutos). En esta muestra se observa cuarzo libre pero predomina el cuarzo ligado. Este comportamiento se corrobora con los resultados de la expansión térmica ya que en la tabla 7 no se observa un comportamiento uniforme en los coeficientes de expansión. También se advierte que los valores de los coeficientes de expansión son bajos comparados con los obtenidos en la tabla 4 (disgregación en seco).

El método utilizado para la disgregación en húmedo no es el adecuado. De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de expansión térmica y en el conteo mineralógico se concluye que este tratamiento sobremuele a las partículas de vermiculita y luego tiene un menor coeficiente de expansión.

3.6. Análisis de rendimiento

Análisis global de los resultados: En la tabla 8 se muestra un análisis general de los tiempos de disgregación en las mallas seleccionadas (10 y 30) y la eficiencia del proceso de expansión. En la tabla se indican los rendimientos para la disgregación en seco y en húmedo.

En la tabla 8 se observa que el 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 observa que mientras aumenta el tiempo de disgregación en seco aumenta el coeficiente de expansión pero el rendimiento disminuye. El motivo de estos resultados puede atribuirse a que a medida que aumenta el tiempo de molienda, aumenta el porcentaje de fino y se libera con más facilidad el cuarzo que es más frágil que la vermiculita.

En este caso hay que plantear una situación de compromiso de manera de encontrar un coeficiente de expansión aceptable frente a un alto rendimiento, para este caso la muestra SBS1 #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 libres, un 77% de vermiculita y un 23 % de silicatos.

En la tabla 8 también puede observarse los resultados obtenidos por la disgregación en húmedo los cuales no son muy satisfactorios comparados con la disgregación en seco. Se analizó sólo la # 30, en esta fracción se observa que los coeficientes de expansión no superan al valor más bajo de la disgregación en seco en #30. 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.

De acuerdo a los resultados la disgregación en seco resulta ser la más recomendada debido a que uno de los problemas fundamentales de este mineral "La Saltona", son las partículas de sílice ligadas a la vermiculita que bajan la calidad en la expansión térmica del mineral.

Tabla 8. Análisis de rendimiento para los distintos tiempos de disgregación y diferentes mallas.

Disgregación en Seco						
Muestras	Malla #	Densidad Cruda (kg/m ³)	Densidad Exfoliada (kg/m ³)	Conteo Mineralógico	Rendimiento %	Coef. Expan.
D.S.1	10	1210	373	-----	14	3,20
	30	1336	271	89% p. Libres	34	4,93
D.S.2	10	1277	413	-----	11	3,00
	30	1139	265	93% p. Libres	30	4,29
D.S.3	10	1344	552	-----	7	2,43
	30	1364	248	96% p. Libres	29	5,50
D.S.4	10	1440	489	-----	3	5,11
	30	1445	243	98 % p. Libres	26	5,94
Disgregación en Húmedo						
Muestras	Malla #	Densidad Cruda (kg/m ³)	Densidad Exfoliada (kg/m ³)	Conteo Mineralógico	Rendimiento %	Coef. Expan.
D.H.1	30	918,5	918,5	No se pudo realizar conteo por estar la mica molida	27	3,13
D.H.2	30	909,0	909		21	3,71
D.H.3	30	986,0	985,9		27	3,32
D.H.4	30	967,2	967,2		25	3,61

4. CONCLUSIONES

- Desde el punto de vista químico el mineral de La Saltona es un aluminio silicato con un alto porcentaje de silicio (57%) comparado con las vermiculitas comerciales de Brasil.
- Existe un gran porcentaje de mineral ligado con el cuarzo.
- La mineralogía demuestra que las especies presentes en el mineral La Saltona con estructura cristalina y abundancia presentes son: hidrobiotita, biotita, vermiculita, montmorillonita y cuarzo.
- De las dos alternativas ensayadas se concluye que:

4.1. El proceso de atrición en seco utilizando un molino de barras con una carga mínima de barras (durante 40 minutos) para evitar la sobremolienda, resulta un medio eficiente para la separación de la vermiculita de los minerales que deterioran su calidad.

4.2. Los altos valores de coeficientes de expansión (4,9 – 5,9) medidos a partir de la densidad aparente se corroboran con el conteo mineralógico y confirman que la disgregación en seco es la alternativa más conveniente para liberar la sílice ligada.

4.3. La atrición en húmedo en un atricionador sobremuele las láminas de vermiculita por lo que no parece ser el método adecuado para este fin.

4.4. Los ensayos de expansión y el conteo de partículas sobre el material atricionado en húmedo demuestran que la vermiculita se ha sobremolido atribuyendo los bajos valores de coeficientes de expansión obtenidos (3,7 – 2,75). Esto se corrobora con las observaciones mineralógicas donde se observa que utilizando la disgregación en húmedo hay una aglutinación del mineral de vermiculita.

5. 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 y un porcentaje aceptable de partículas libres (89%) y un porcentaje del 77% de vermiculita y un 27 % de sílice.

6. 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 (SBS1). 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).

5. REFERENCIAS

- [1] Gianotti J. R. F. 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 n° 3-4 (1971), p. 73 – 78.
- [2] Fusari C. Vermiculita de mina Don Alberto, Mendoza. En Recursos Minerales de la República Argentina (ed. E o. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales. Segemar, Anales 35, (1999), p. 839-841.
- [3] Angelelli V. Los yacimientos de minerales no metalíferos y rocas de aplicación de la región centro – Cuyo". (1980), Buenos Aires.