

Obtención de material refractario a base de olivino, a partir de materias primas de la región de Moa-Baracoa



<https://cu-id.com/2144/v17e15>

Obtaining olivine-based refractory material, from raw materials from the Moa-Baracoa region

✉ María Caridad Ramírez Pérez^{1*}, ✉ José Alberto Pons Herrera¹,
✉ Hugo Javier Angulo Palma², Eduardo Montero Gil³

RESUMEN: Las antiguas Minas de cromitas refractarias de la región de Moa-Baracoa, como resultado de sus operaciones mineras y metalúrgicas, generaron gran cantidad de Pasivos Ambientales sólidos (PAMMs), los cuales han sido investigados y utilizados, principalmente, como materiales refractarios, aprovechando la presencia de minerales de olivino en su composición química y mineralógica. Las principales características físicas, químicas de los rechazos serpentiniticos de las Empresas productoras de Níquel, Moa Nickel S.A y Ernesto Che Guevara, se exponen en este trabajo. Se detallan, además, los resultados del tratamiento y uso de estos materiales en la conformación de arenas de olivino y pinturas refractarias, evaluadas para diferentes tipos de aleaciones de acero e hierro fundido, principalmente, teniendo en cuenta la alta refractariedad de este material (1800 °C). Ambos materiales han sido utilizados en diferentes talleres de fundición de piezas de Cuba, demostrado la posibilidad de ser empleadas en los talleres de fundición, cumpliendo las exigencias necesarias para estos tipos de materiales.

Palabras Clave: arena de moldeo, dunitas serpentinizadas, fundición, olivino, pintura refractaria.

ABSTRACT: The old refractory chromite mines in the Moa-Baracoa region, as a result of their mining and metallurgical operations, generated a large amount of solid Environmental Liabilities (PAMMs), which have been investigated and used, mainly, as refractory materials, taking advantage of the presence of olivine minerals in their chemical and mineralogical composition. The main physical and chemical characteristics of the serpentinite rejects of the Nickel producing companies, Moa Nickel S.A. and Ernesto Che Guevara, are exposed in this work. The results of the treatment and use of these materials in the formation of olivine sands and refractory paints are also detailed, evaluated for different types of steel and cast-iron alloys, mainly taking into account the high refractoriness of this material (1800 °C). Both materials have been used in different parts casting workshops in Cuba, demonstrating the possibility of being used in foundry workshops, meeting the necessary requirements for these types of materials.

Keywords: molding sand, serpentine dunites, foundry, olivine, refractory paint.

INTRODUCCIÓN

El uso de los minerales de serpentina en la construcción se ha acrecentado en los últimos años, teniendo en cuenta la versatilidad que tiene sus propiedades químicas y físicas, (Huertas Guerra, 2019). Es un material que tiene la capacidad de ser utilizado como aislante térmico y es capaz de sostener a los embates del cambio climático por estas y otras propiedades han alcanzado popularidad en la construcción de adoquines, revestimientos exteriores, chimeneas, escaleras, rellenos para viales, construcción de muros de contención para represas así

como también en la fabricación de piezas de pre fabricados para termoeléctricas y termonucleares, (Pons-Herrera & Leyva-Rodríguez, 2007).

Sus propiedades térmicas y acústicas lo hacen ideal para la construcción de edificios de alta eficiencia energética y también se utiliza en aplicaciones decorativas. Además, su durabilidad y resistencia a la humedad lo convierten en una opción popular para baños y cocinas. Aunque su uso no es tan extendido como otros materiales de construcción tradicionales, la serpentina sigue siendo una alternativa valiosa que satisfará las necesidades de cualquier proyecto de construcción, (Calvo & Sierra, 2015).

Recibido: 29/08/2024

Aprobado en su forma original: 19/02/2025

¹Universidad de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", Moa, Holguín, Cuba.

²Centro de Investigaciones del Níquel (CEDINIQ). Municipio Moa, Holguín, Cuba. E-mail: cediniq@cil.moa.minem.cu

³Empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A. Reparto Rolo Monterrey, Moa, Holguín, Cuba.

E-mail: eduardo@moanickel.com.cu

*Correo electrónico: mramirezp@ismm.edu.cu

Se ha demostrado científicamente, que rocas como las dunitas sirven como agregado en la fabricación de concretos, teniendo en cuenta que son capaces de absorber carbono (CO_2), por lo que sugieren que las rocas con contenidos de olivino, como las dunitas y los rechazos serpentiniticos de la región de Moa-Baracoa, son materiales ecológicos que podrían ayudar a mitigar emisiones a la atmosfera (Pons-Herrera, Leyva-Rodríguez, & al, 2000).

Es conocido, además, que mejor utilizar dunitas poco serpentinizadas ya que la presencia de la serpentina disminuye la concentración del magnesio en la materia prima y aumenta el contenido de las pérdidas por ignición, lo cual no permitiría la absorción del CO_2 , fundamental para su uso como material de construcción (Calvo & Sierra, 2015).

Las dunitas serpentinizadas se caracterizan por poseer una estructura reticular, con la siguiente composición promedio: Olivino, 95-97 %; Piroxeno 3-5 %; Espinelas cromíferas 0,5-1,0. Estos materiales están constituidos, principalmente, por minerales del grupo del olivino, los cuales, después de la deshidratación, es decir en temperaturas entre los 600 y 800 °C, tienden a recrystalizar principalmente como forsterita (Mg_2SiO_4) de una refractariedad superior a los 1800 °C, éstas siempre mantienen su consistencia sólida, por presentar elevadas temperaturas de reblandecimiento y fusión superiores a 1480 °C y 1550 °C, respectivamente (Pons Herrera, 2000).

Así, los rechazos serpentiniticos, resultantes de los procesos de beneficio de los minerales lateríticos, durante los procesos de preparación de las plantas productoras de níquel y cobalto en Moa, son muy similares en sus estructura y composición química, lo que justificó el desarrollo de esta investigación, evaluando el uso de estos materiales en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel (EMNI) en Moa, como relleno para pinturas refractarias y arenas de moldeo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los rechazos serpentiniticos de la nueva planta de pulpa de la empresa Moa Nickel S.A y Che Guevara de Moa, fueron preparados y caracterizados en el CEDINIQ. La masa inicial de cada uno de ellos, fue de 20 toneladas, como se muestra en la figura siguiente.

A partir, de su preparación mecánica se obtuvieron los productos refractarios deseados, relleno para pinturas antiadherentes (-0,15 mm) y arena (-0,5+0,15 mm), para la preparación de mezclas de moldeo, las cuales fueron evaluadas en el taller de fundición de la Empresa Mecánica del Níquel (EMNI) de Moa. En la figura siguiente se muestran evidencias de los 2 productos obtenidos.

Ambos productos fueron empleados según las normas de elaboración de pinturas y mezclas



Figura 1. Rechazos serpentiniticos de la nueva planta de pulpa de la empresa Moa Nickel S.A (a) y Ernesto Che Guevara (b) de Moa

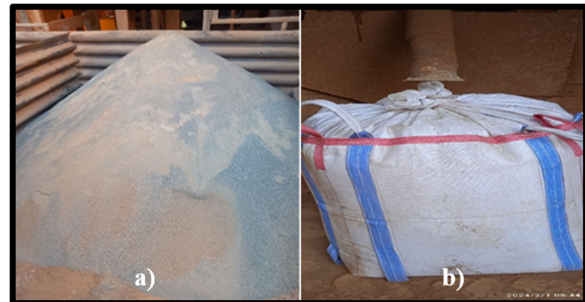


Figura 2. Productos obtenidos: arena de moldeo (a) y relleno para pintura (b).

de moldeo, (Salcines Merino, 1985); (UEB Fundición, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados de los análisis granulométricos realizados a los rechazos serpentiniticos de las empresas estudiadas, arrojaron que existe un predominio de las fracciones -0.3+0.10 mm, lo que cual es muy importante para su uso como arena de moldeo. Por otra parte, las fracciones menores de 0,15 mm representan alrededor del 30 % del material, utilizada como relleno para pinturas refractarias. En la tabla siguiente se recogen los resultados de estos análisis para los dos rechazos serpentiniticos estudiados.

En el gráfico siguiente es posible comprobar la similitud granulométrica de estos materiales, luego de ser procesadas mecánicamente, empleando el sistema de trituración y clasificación existe en la planta piloto del Centro de Investigaciones del Níquel (CEDINIQ).

Las características químicas de ambos materiales reflejan el predominio de los contenidos de SiO_2 y MgO , con una relación de basicidad de 1.11 para ambos, como se aprecia en la tabla 2.

Como resultado del estudio y comparación de ambos materiales, con recursos de dunitas serpentinizadas de la región de Moa-Baracoa, se muestran en la tabla siguiente las principales características físicas, químicas, mineralógicas y térmicas, que fundamentan su utilización como materia prima refractaria, para procesos de fundición.

Tabla 1. Resultados del análisis granulométrico realizado a los rechazos serpentínicos estudiados, luego de la preparación mecánica.

No. Tamiz (mm)	Moa Nickel	ECG
	% retenido	% retenido
0,85	0,0637	0,37
0,6	0,1631	0,262
0,42	0,3086	0,258
0,3	20,6068	20,272
0,212	26,2832	24,16
0,15	23,1153	22,071
0,106	14,6508	14,082
0,075	7,9312	10,368
0,053	5,6264	5,281
Fondo	0,5082	0,468

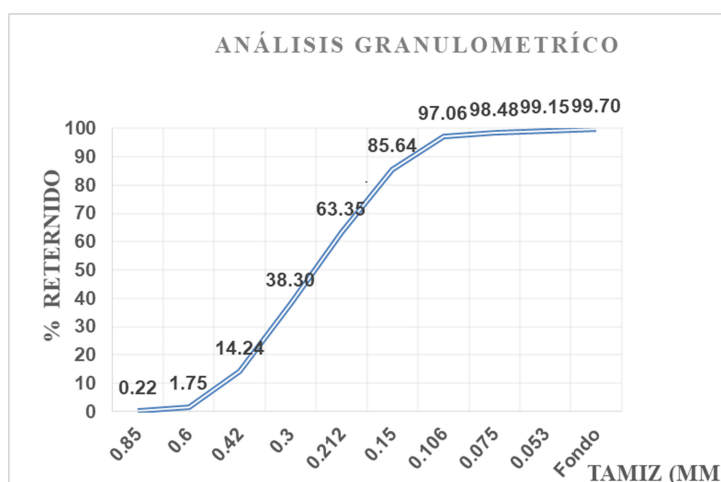


Figura 3. Resultados de los análisis granulométricos realizados a los rechazos serpentínicos estudiados

Tabla 2. Composición química promedio rechazos serpentínicos de las plantas de níquel Moa Nickel S.A y Ernesto Che Guevara (ECG) de Moa.

Compuestos	Rechazos serpentínicos	
	Moa Nickel S. A	ECG
SiO ₂	35,12	34,25
Al ₂ O ₃	0,80	0,84
TiO ₂	0,025	0,027
CaO	0,11	0,19
MgO	38,34	37,85
Fe ₂ O ₃	5,21	5,36
FeO	2,31	3,25
NiO	0,29	0,36
Na ₂ O	0,05	0,05
K ₂ O	0,04	0,05
Cr ₂ O ₃	0,38	0,36
P ₂ O ₅	0,02	0,011
PPI	14,20	13,40
Relación Fe ₂ O ₃ /FeO	2,26	1,65
Relación de acidez SiO ₂ /MgO	0,92	0,90
Relación de basicidad MgO/SiO ₂	1,09	1,11
Relación NPK	0,11	0,11

Fuente: (CEDINIQ, 2024)

Tabla 3. Características físico-químicas de las rocas serpentínicas de la región de Moa-Baracoa.

No.	Principales características físico-químicas, mineralógicas y térmicas
1	Aporta Mg al lecho de fusión dando escorias fácilmente eliminables
2	No es susceptible al choque térmico, lo que impide la aparición de finos
3	No sufre hinchamiento ni contracción
4	Posee dureza de 6,5-7
5	Tiene intervalo muy corto de fusión plástica, ofreciendo mayor continuidad en la permeabilidad de las cargas
6	Alta resistencia mecánica, igual o mayor que los minerales de hierro
7	Exenta de carbonatos
8	Aumenta el volumen útil de horno, la cual genera mayor productividad
9	Escasez o ausencia de feldespatos
10	Cristaliza en el sistema cúbico
11	Color variado, en función de su composición, desde amarillo claro hasta verde oscuro, pasando por el verde olivo, lo que define su nombre
12	Brillo vítreo
13	Predominio mineralógico de olivino, 95-97 %; Piroxeno 3-5 %; Espinelas cromíferas: 0,5-1,0
14	Temperatura de sinterización, 1400 °C
15	Temperatura de fusión, 1800 °C
16	Temperatura de reblandecimiento y fusión, 1480 °C y 1550 °C, respectivamente.
17	Relación de basicidad MgO/SiO ₂ , 0,94-1,33
18	Contenido de Hierro, menos de 6 %
19	Contenido de aluminio, menor de 2,3 %
20	Contenido de CaO, menor de 1,5
21	Baja relación de Sodio, Fósforo y Potasio (NPK)

Fuente: (Pons Herrera, Ramírez-Pérez, & al, 2019); (Pons Herrera & Ramírez Pérez, 2011); (Pons Herrera, 2000)

Resultados del uso como relleno para pinturas refractarias

La cantidad de los materiales empleados en la preparación de las pinturas antiadherentes, base alcohol se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 4. Materias primas empleadas en la preparación de pinturas antiadherentes base alcohol

Materiales	Unidad de medida	Cantidades
Relleno (rechazo serpentínico)	kg	3,4
Alcohol	L	3
NaCl	Kg	0,05

El relleno de pintura fue aplicado a piezas de hierro, (ver figura 2) específicamente en bomba de Hierro y acero en brazos de los hornos de la empresa Che Guevara (Ver figura 3). En ambas figuras siguiente se aprecian los momentos del proceso de la aplicación de las pinturas en ambas piezas, posteriormente fundidas.

Resultados del uso como arena de moldeo

El uso de los rechazos serpentínicos (olivino) estudiados como arena de moldeo, se basó en

sus características refractarias, granulométricas y estabilidad térmica. Se emplearon las recetas establecidas por Pons Herrera, et al (2011), utilizadas en gran parte de los talleres de fundición de Cuba, (Pons Herrera, 2000). En la tabla siguiente se muestran los componentes de la mezcla de moldeo conformadas.

Tabla 5. Cantidad de los componentes de la mezcla de moldeo preparada.

Componentes de la mezcla de moldeo	Cantidad (%)
Bentonita nitrificante	6
Arena (olivino -5 mm+0.15 mm)	90
Água	0,8
Melaza	3,2

Fuente: (Pons Herrera, 2000).

Las mezclas poseen propiedades físico-mecánicas acordes a las exigencias de las arenas de moldeo de los talleres de fundición, como se aprecia en la tabla siguiente.

La figura siguiente muestra imágenes de las probetas conformadas, para la evaluación de los parámetros exigidos por el taller de fundición para las mezclas de moldeo empleadas.



Figura 4. Aplicación de las pinturas preparadas a base de rechazo serpentinitico, en bomba de hierro fundido



Figura 5. Aplicación de pinturas en brazos de hornos de reducción de acero, a base de rechazo serpentinitico.

Tablas 6. Propiedades de las mezclas preparadas con los rechazos serpentiniticos estudiados.

Muestras	Resistencia a la compresión		Humedad		Permeabilidad (cm/seg)
	N/cm ²	Kgf/cm ²	(%)		
1	20.1	2.1	4.0	3.9	133
2	22.4	2.2	3.8	3.9	120
	32.2	3.1	4.0	4.0	122
	35.1	3.5	3.8	3.6	131
3	34.7	3.5	3.9	4.0	128
	Promedio	34	3.3	3.9	127
4	20.04	2.1	4.0	%	135
	27.3	2.8	3.9	3.9	130
	29.2	3.0	3.8	3.9	140
	Promedio	25.5	2.63	3.8	3.9

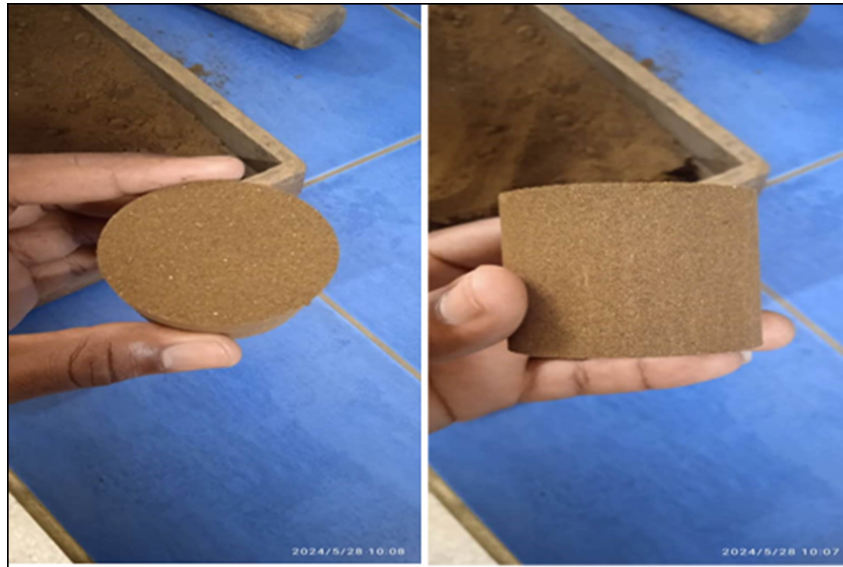


Figura 6. Probetas conformadas para los ensayos mecánicos a las mezclas de moldeo conformadas.

CONCLUSIONES

1. Como resultado fundamental de esta investigación, se considera factible el uso de los rechazos serpentínicos de las Plantas de Preparación de Mineral de las Empresas Moa-Nickel SA y Ernesto Che Guevara en Moa, como material refractario en los talleres de fundición.
2. Los rechazos serpentínicos se caracterizan por contenidos de olivino y tamaños de partículas, luego de su preparación mecánica, adecuados para su uso como arena de moldeo y relleno para pinturas antiadherentes.
3. Tecnológicamente los productos obtenidos a partir del tratamiento de los rechazos serpentínico de las Plantas de Preparación de Mineral de las Empresas Moa-Nickel SA y Ernesto Che Guevara, son factibles de utilizar en el taller de fundición de la EMNI, como arena de moldeo y relleno para pintura, al reunir los requisitos necesarios para su uso, según las normas de calidad del taller.
4. La tecnología para el tratamiento y uso de los rechazos serpentínico estudiados se basa en su preparación mecánica, clasificación y dosificación según las normas establecidas para su uso, tanto como relleno, como arena de moldeo.

BIBLIOGRAFÍA

- Calvo, R., & Sierra, M. 2015. *Proceso De Carbonatación de los Concretos Hidráulicos para Pavimento Rígido*. Bogotá: Universidad de Bogotá .
- CEDINIQ. 2024. *Informe Resultados de Análisis Químico Rechazos Serpentínicos de la Región de Moa*. Moa: CEDINIQ.
- Huertas Guerra, L. 2019. *Evaluación de las Rocas Dunitas como Agregado en el Concreto e Identificación del Mecanismo del Proceso de Carbonatación Natural*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Pons Herrera, J. 2000. *Obtención de Productos Refractarios a partir de las Dunitas Serpentinizadas de la Región de Moa-Baracoa*. Moa: Tesis Doctoral. Moa: Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Antonio Nuñez Jimenez".
- Pons Herrera, J. & Ramírez Pérez, M. L. 2011. *Fundamentos Científicos para la Utilización de las Dunitas Serpentinizadas de la Región de Moa*. IX Congreso Cubano de Geología. Geociencias 2011, La Habana.
- Pons Herrera, J., Ramírez-Pérez, M. C., & otros 2019. Comportamiento Térmico y Mineralógico de las Dunitas Serpentinizadas de la Región Moa-Baracoa . *Minería y Geología, Vol. 35 No.2 (abril-junio)*: 184-195.
- Pons-Herrera, J., & Leyva-Rodríguez, C. 2007. *Diferentes Usos de las Dunitas en la Industria Metalúrgica de Cuba*. Ingeniería Investigación Y Desarrollo, 4(1): 2-6:
- Pons-Herrera, J., Leyva-Rodríguez, C., & otros.2000. Características físico - químicas de las Dunitas Serpentinizadas de la región de Moa - Baracoa (zonas Amores y Miraflores). *Minería y Geología*: 12-19.
- Salcines Merino, M. 1985. *Tecnología de Fundición*. La Habana: Pueblo y Educación.
- UEB Fundición. 2020. *Normas para la Elaboración de Pinturas Refractarias y Mezclas de Moldeo*. Moa: Taller de Fundición EMNI.