

Evaluación del mineral de yeso cubano para iniciar la producción nacional de yesos especiales

Evaluation of the Cuban mineral gypsum to initiate the national production of special gypsums

Diamil Quintana Nodarse ^a (0000-0003-4153-9793).
Yamilé Martínez Ochoa ^{a,*} (0000-0002-3210-7457).

^a Empresa de Materiales de Construcción de Matanzas.
* diamil.qn@nauta.cu

Recibido: 26 de marzo de 2021;

Aceptado: 26 de octubre de 2022;

RESUMEN

El mineral de yeso es el más común de los minerales sulfatados que se encuentran de forma natural, su fórmula química es $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y se ha formado por evaporación marina durante muchos millones de años. En Cuba, existen tres yacimientos de este mineral donde se producen fundamentalmente los hemihidratos de yesos betas para uso en la construcción y modelar, también se usa en la fabricación del cemento. El presente trabajo se realizó en la mina Canasí de Matanzas, con el objetivo de realizar una caracterización química y física del mineral de yeso que allí existe para valorar su utilización en la obtención de hemihidratos de yesos alfa para usos especiales, siendo este un producto deficitario en el país que se importa totalmente a un elevado costo. Esta caracterización se realizó a nivel de laboratorio y a escala industrial para lograrlo se dividió el área de investigación en varias zonas para poder conocer las purezas individuales y de esa forma poder realizar mezclas entre ellas, que cumplieran con las especificaciones de calidad del producto a obtener en un rango de temperatura determinado. La mina ofrece buen potencial para la obtención de yesos especiales, estos estarían cumpliendo con todos los requerimientos internacionales de calidad, lo que permitiría al país sustituir importaciones y satisfacer plenamente los requerimientos nacionales y crear a la vez otro valioso renglón de exportación. En la investigación se pudo demostrar que el yeso de esta mina es eminentemente rápido por naturaleza.

Palabras claves: mineral de yeso, sulfato de calcio dihidratado, hemihidratos alfa y beta, producción de yeso.

ABSTRACT

The gypsum mineral is the most common sulfated ore existing in nature – its chemical formula is $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – which has been formed by the evaporation of ocean water during million years. In Cuba there are three gypsum mineral deposits where gypsum beta hemihydrates are mainly produced. It is used in construction works and modeling and in cement production. This paper aims at doing a chemical and physical characterization of gypsum mineral existing in the mines located in the region Canasi in Matanzas province with the view to assessing its use for obtaining gypsum alpha hemihydrates for special uses, which are deficit products imported at high cost in the country. For this characterization to be carried out at laboratory and industrial scale, the research field was divided into several areas for assessing individual purities –enabling to mix one another in a way that meet the required quality of the product in a determined temperature range. The mine has a great potential for obtaining special gypsum that meet all international quality standards which would allow the country to substitute imports and to fully meet national requirements by building a valuable export. The research proved the gypsum from this mine to be especially fast by nature.

Keywords: gypsum mineral, dehydrated calcium sulfate, alpha hemihydrate, gypsum production.

INTRODUCCIÓN

El mineral de yeso es el más común de los minerales que contienen sulfatos y presenta una amplia distribución natural (Arredondo, 1959). La fórmula química del sulfato de calcio dihidratado es $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y su composición química es de 79 % de CaSO_4 y 21 % de H_2O .

Atendiendo a su composición y calidad morfológica, el mineral que se extrae del yacimiento se somete a un conjunto de procesos tecnológicos que permiten obtener diferentes tipos y calidades de yeso, (Alcázar, 2014). Después de beneficiado y clasificado, la fracción de menor pureza suele destinarse a la fabricación de cemento. La fracción de mayor pureza es sometida a un proceso de cocción entre 125 y 180 °C, donde se obtienen los hemihidratos $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ alfa o especiales y los beta de moldeo o construcción, que abarcan los yesos aglomerantes más demandados internacionalmente, (Bermeja, López, Matéu.....,2015). Los yesos especiales requieren la incorporación de otros aditivos químicos, en procesos complementarios, para garantizar diferentes tiempos de fraguado y poder clasificarlos como hemihidratos de yesos rápidos o lentos, aumentando así las resistencias mecánicas que los caracterizan, (Bermejo, et al (2016). En investigaciones realizadas la complejidad del proceso tecnológico y las exigencias en las instalaciones de referencia, están reflejados en los elevados precios de este yeso en el mercado, (Bernárdez & Guisado, 2014), (Blasco & Alejandre, 2013), (Batista, Coutin, Pérez,.....2012).

Los más cotizados son el ortopédico y dental que son los que se obtienen tras la conversión y tienen una gran demanda en los servicios imprescindibles. Son usados en las unidades médicas asistenciales para la obtención de moldes quirúrgicos, odontológicos, en vendas enyesadas, Traumatología, Ortopedia y para las pastas dentífricas, (Rodrigo, 2001), (Dana, 1962).

En Cuba existe un creciente consumo de los yesos especiales dado el importante incremento y desarrollo que han venido experimentando los servicios de Salud Pública, (Rodrigo, 2001). Por la ausencia de la producción nacional esta materia prima es importada. No se cuenta con una industria moderna desarrollada tecnológicamente para esos fines, (Arredondo, 1969), (Dana, 1962). Los yacimientos del mineral de yeso que existen son de buena calidad. El país se ha visto obligado anualmente a realizar grandes importaciones de estos recursos en moneda libremente convertible (MLC), así como de los productos que con ellos se elaboran. Con respecto a la producción nacional de yeso esta situación pudiera revertirse en perspectiva y estrategia para mejorar la economía. En las actuales condiciones se explota un mineral de yeso de buena calidad morfológica solo cambiando la tecnología se tendrían resultados satisfactorios. Existe una adecuada relación yeso gris / yeso blanco y de una gran pureza según estándares internacionales, (ISO, 1991-2000). Las reservas potenciales ascienden a los miles de millones de toneladas, (Leyva, Pérez, Abdel, 2013), (Valladolid, 2010). En la investigación realizada, el objetivo principal del diseño experimental consistió en realizar la caracterización química- física del mineral de yeso. Determinación de la mezcla óptima entre las vetas con la pureza requerida para la producción de los yesos especiales. Diseñar la tecnología correcta para la obtención de todos los productos. Esta investigación se realizó en el yacimiento matancero para la confirmación de la calidad del producto y su uso. También para comenzar la producción nacional de yesos especiales y poder satisfacer las demandas de la economía nacional. Esto respaldaría el creciente desarrollo y la sostenibilidad del Sistema Nacional de Salud en los servicios médicos que se ofrecen a la población. La producción posibilitaría, cesar las obligadas y costosas importaciones anuales de todos

ellos y, además, las erogaciones en MLC que realiza el país por este concepto, (P. C. Cuba, 2011).

Materiales y métodos

Primero, se realizó el desarrollo minero para la explotación del mineral en el área del yacimiento, eliminando la capa vegetal, la arcilla o cualquier otra impureza presente. Se seleccionó como radio de acción el área correspondiente al frente real de explotación, (García, 2008).

El área de muestreo, según el Diseño Experimental Planteado, se dividió en cinco zonas, denominadas A, B, C, D y E. En general, se analizaron 60 cuadrículas de 4,2 m de frente por 10 m de fondo. En cada una de ellas, se realizaron calas a una profundidad de 7 m y en cada cala se tomaron tres testigos fondos, medio y superficie estos ensayos se realizaron en el laboratorio, según las normas nacionales e internacionales.

De cada una de las cuadrículas practicadas, se tomaron muestras de mineral para hacer su análisis individual. Se realizaron mezclas entre las diferentes zonas para determinar la pureza requerida en la obtención de los yesos alfa, especiales. La pureza es expresada en%, según el contenido de SO_3 en la muestra, pudiéndose precisar la pureza del mineral y si este cumplía con las especificaciones de calidad del producto a obtener.

Para eliminar las impurezas del mineral, se realizó el proceso de beneficio por vía húmeda y no por vía seca, mejorando las condiciones de trabajo y de tiempo en el proceso, (Jenkins, 2008). Este tratamiento se realiza antes de pasar las mezclas seleccionadas, al proceso de cocción.

Las calas se realizaron con ayuda de una carretilla barrenadora BBAS de diámetro de perforación de 85 mm. Las muestras del mineral se disgregaron en molino de trituración convencional hasta obtener la granulometría necesaria, mediante tamizadora mecánica de acuerdo con el proceso de cocción planificado. Se utilizó además en dicho proceso tecnología soviética como: báscula de precisión modelo EURO PE 3000 HR, estufa de desecación CENTEROM 150, crisoles de platino, mufla eléctrica con temperatura regulable de 0°C - 1200°C , (Valladolid, 2010).

En el laboratorio, se realizaron los ensayos para determinar la composición porcentual de óxido de calcio en las mezclas y los óxidos de Si, K, Al, Fe y Mg, para saber el grado de contaminación de cada zona y del nivel de impurezas presentes en ellas.

De acuerdo a las normas cubanas e internacionales se realizaron análisis químico mediante los métodos volumétrico, gravimétrico y espectrofotométrico que incluyeron la determinación de sulfato de calcio mono y dihidratado, agua de cristalización, óxido de calcio y trióxido de azufre. Además, el análisis por difracción de rayos X para validar las particulares características del mineral.

Los pesos de las muestras se determinaron en balanza analítica (Italia), con una apreciación de hasta la cuarta cifra decimal (0,0001 g).

Todos los reactivos empleados fueron químicamente puros (ácido clorhídrico al 37 %, España) y (cloruro de bario purísimo SA España).

La caracterización física de las muestras de yeso en las mezclas correspondientes, se realizaron a escalas de laboratorio e industrial. Incluyó la determinación de la granulometría de las muestras del mineral antes y después de entrar al proceso de cocción. También la variación de la temperatura y su relación con los tiempos de fraguado inicial y final del yeso cocido obtenido, así como las resistencias mecánicas a la compresión y la flexión. Todas con atención a las especificaciones de calidad

internacional y nacional del producto a obtener. Se tuvo en cuenta el módulo de finura sobre la relación agua-yeso para lograr una curva de quema uniforme y se determinó perfectamente el intervalo de temperatura para la obtención del hemihidrato deseado. Los equipos utilizados en el proceso fueron: una trituradora de mandíbula modelo CM-109 con capacidad 25 m³/h (URSS), un horno convencional (Bulgaria), con capacidad de 6 t, un émbolo de la sonda de Vicat, para el agua de consistencia normal (URSS), aguja de Vicat para la determinación del tiempo de fraguado (URSS), una tamizadora mecánica (URSS), una prensa monitorizada con dispositivos de flexión y compresión [AUTOTEST 200-10 SW (URSS)], moldes triples para probetas de 40 mm x 40 mm x 160 mm (URSS) y elementos de medición (calibre, cronómetro).

Se realizó por volumetría y gravimetría, los métodos de dosificación empleados para preparar las mezclas en las diferentes zonas del yacimiento. Se tuvieron en cuenta las vetas claras de mayor pureza y las oscuras de menor pureza, se realizaron además mezclas entre las zonas, con el fin de asegurar un mayor aprovechamiento del mineral en el yacimiento.

La prueba a escala industrial se ejecutó en la instalación donde se obtiene el yeso para la construcción, en un horno convencional de cocción. En ausencia de atmósfera húmeda y sin requerimiento de aditivos para su obtención, algo muy inusual en el proceso de obtención de yesos especiales.

RESULTADOS

Los resultados de los diferentes ensayos realizados según el diseño experimental, fueron procesados estadísticamente para determinar la media muestral (X), la desviación estándar (DE) y los coeficientes de variación (CV)

El coeficiente de variación fue inferior al 6 %, lo cual indicó que la media muestral era representativa de las variables estudiadas en cada caso, (William & Gertrude, 1965).

Las muestras individuales del mineral de yeso y sus mezclas procesadas arrojaron una composición porcentual adecuada, un alto y prácticamente uniforme contenido de SO₃, con una elevada pureza. Esto resultó, ser determinante para la obtención de los yesos alfa o especiales, siendo éste uno de los parámetros fundamentales para la apropiada obtención del producto según las normas nacionales e internacionales, para el mineral de yeso.

Se comprobó que los resultados de la caracterización química, a escala industrial de las mezclas del mineral, cumplían con las especificaciones nacionales e internacionales de calidad. Eran susceptibles a ser utilizadas como materia prima para la producción de yesos especiales (Villadolid, 2010).

La caracterización física del yeso especial, obtenido a escala industrial, reveló que éste cumplía satisfactoriamente las especificaciones de calidad internacionales, Tabla 1, expresado en el adecuado comportamiento de sus resistencias mecánicas, compresión y flexión además del factor agua-yeso representado en la Figura 1.

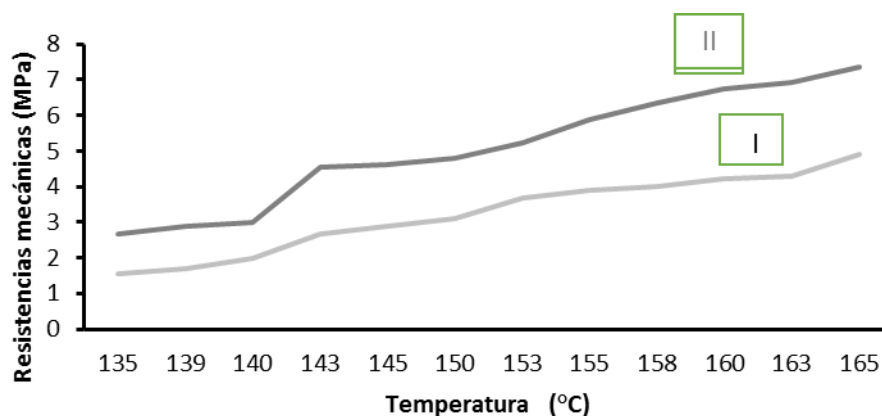


Fig. 1. Variación de la resistencia mecánica del yeso especial que se obtuvo con el mineral de yeso. I. Flexión. II. Compresión.

El yeso especial que se obtuvo se caracteriza por experimentar un proceso de fraguado eminentemente rápido por propia naturaleza Figura 2.A partir de las mezclas apropiadas y empleadas del mineral estudiado, en el intervalo de temperatura utilizado se pudo obtener el hemihidrato. En ausencia de atmósfera humedad y sin requerimiento posterior alguno de ningún tipo de aditivos. Además de constituir una novedad para este tipo de materia prima, lo diferencia absolutamente del resto. Es favorable también por la simplificación del proceso tecnológico en las respectivas instalaciones a la contribución en la reducción de los costos, (Villadolid, 2010).

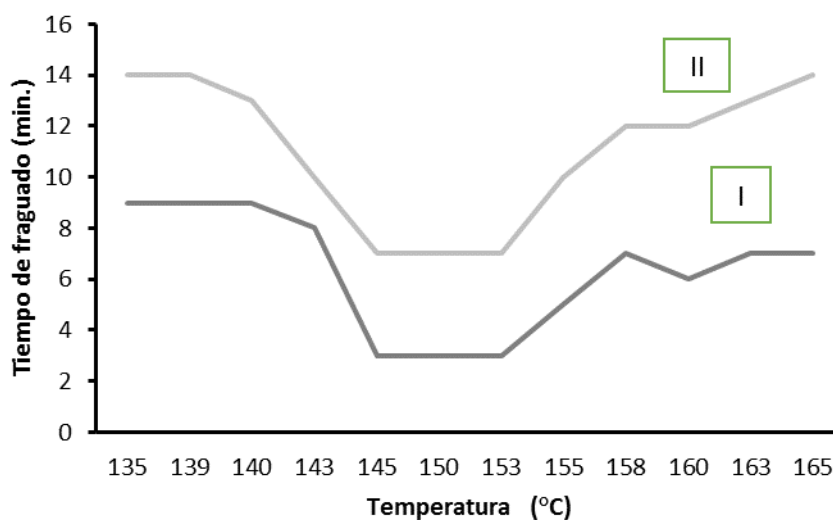


Fig. 2. Variación del tiempo de fraguado inicial (I) y final (II) del yeso especial, en el rango de temperatura.

Tabla 1. Resultados de yeso especial a escala industrial. Comparación con las especificaciones de calidad internacionales.

Especificaciones de calidad		
Características	Yeso especial obtenido	Internacionales
Color	Blanco grisáceo	Blanco o casi blanco
Tiempo de fraguado	7 min	< de 10 min
Resistencia a la compresión	58,3 kgf/cm ²	≥ 40 kgf/ cm ²
Factor agua-yeso	154 mL/100 g de yeso	125 a 200 mL/100 g de yeso
	Granulometría	
Tamices	Retención (%)	Retención (%)
400 mm	0,6	0
177 mm	6,0	≤ 2
44 mm	7,3	≤ 10

Se debe adicionar también el ahorro de unos \$7 500 000MLC, que obtendría el país por concepto de sustitución de importación de materia prima, así como de algunos de los productos que con ella se obtienen Tabla 2. Se evitaría la importante erogación de las divisas respectivas que realiza. Esto se consumaría a partir del momento en que se contara físicamente con la producción nacional de yesos especiales. Siendo estos los objetivos estratégicos a los que están convocados todos los factores y entidades del estado cubano.

Tabla 2. Gastos relacionados con la importación de yesos especiales o de productos derivados

Producto	Importación (t)	Costo total (MLC)
Yeso Modelar	4110	1 990 719,6
Yeso Ortopédico	600	290 616,00
Vendas GYSP	200	4 885 760,00
Yeso Dental	500	242 180,00
TOTAL		7 409 275,60

CONCLUSIONES

La caracterización química, física y tecnológica a escalas de laboratorio e industrial del yeso cubano, permitió corroborar su buena calidad según los estándares nacionales e internacionales. Asimismo, se pudo comprobar que apropiadas mezclas del mineral dan lugar a una materia prima de excelente pureza expresada por el % del contenido de SO₃. En el proceso de cocción sin requerimiento anterior o posterior no necesitan de aditivos, ni atmósfera húmeda. Además de repercutir favorablemente en una simplificación del proceso tecnológico y en una importante reducción de los costos asociados. Con las mezclas se puede obtener un particular yeso especial que resulta

eminentemente rápido por naturaleza. Esto además de constituir una novedad para este tipo de materia prima, lo diferencia absolutamente del resto. Del mineral de yeso se poseen cuantiosas reservas en el orden de los miles de millones de toneladas para la producción de todos sus productos derivados. Constituye un excelente potencial para sustituir las obligadas importaciones de esa materia prima y suprimir la correspondiente erogación en divisas que el país realiza. Se lograría una producción nacional de excelente calidad. Garantizándose también las producciones de yeso ortopédico utilizado en las vendas enyesadas y para el dental en las cantidades requeridas para el Sistema Nacional de Salud. Se podrían garantizar las producciones de yeso beta, que abarca el modelar y el de construcción para otros productos. Esto sería una estratégica incorporación de un valioso rubro de exportación a la economía nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Cámbara R. (2001). Tratado de ortopedia y traumatología. Tomos 1 y 2. La Habana. Cuba: Edición MINSAP.
- Arredondo F. (1969). Estudio de Materiales. II El yeso. 6ta ed. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de la Construcción.
- Alcázar, A. (2014): “El yeso en la muralla de Begastri”, en Alquipir. Revista de historia, pp. 25 a 35..
- Bermejo, López, Mateu,..... (2015): “Exploraciones en la sierra de Burguesa. Zona: Alrededores de Son Vida y Valldurgent (Mallorca, Islas Baleares) (1ª parte)”, en Gota a gota, n°7 pp. 60 a72.
- Bermejo, et al (2016). “Cuevas y minas de yeso en los alrededores del Puig Rodó: Serra de na Burguesa (Palma, Mallorca)”, en Gota a gota, n°10 pp 24a34..
- Blasco & Alejandre,., (abril-junio 2013). “Las yeserías del Patio del Sol del Real Alcázar de Sevilla: caracterización y cronología” en Informes de la construcción, vol. 65, 530 pp 175a182.
- Batista, Coutin, Pérez,..... (2012): Valoración del potencial de las rocas y minerales industriales para el desarrollo local en la República de Cuba, Mapa de Yacimientos de Rocas y Minerales Industriales de la República de Cuba en formato SIG. Multimedia, La Habana.
- Cerulla, J. (2012). “Extracción, explotación, minería y proceso de tratamiento del yeso”, en Boletín de la sociedad Española de Cerámica y Vidrio, pp. 571a577..
- Cochran W. & Cox, G, (1965). Diseños Experimentales. Editorial F.Trillas, S. A. México; p. 33-118.
- Dana H. (1962). Manual de Mineralogía. 2da edición. Cooperativa del Libro. Cuba: editorial Federación Estudiantil Universitaria, 2 (6): pp 370-86..
- García, C. J. (2015). Estudio del yeso tradicional y sus aplicaciones en la arquitectura del Pallars Sobirà y Pallars Jussà, Trabajo Fin de Máster en Ingeniería de la Edificación, Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona,
- Guillén & Arango (2014). Nuevas aplicaciones de recursos yesíferos. Desarrollo, caracterización y reciclado. Madrid. 482 h. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Universidad Politécnica de Madrid..
- Hero A. (1953). Trabajo del Yeso y del Pavimentador. Barcelona: Editorial Ossó: 2 (5): p. 7-153

- ISO 9001-2000 International Standard Organización. Aljez o piedra de yeso. Clasificación. Características.
- Laboratorio de Técnicas Instrumentales Universidad de Valladolid.(2010). Laboratorio de Técnicas Instrumentales UVA. Recuperado el 05 de Marzo de 2016, de Diffractometría Rayos X (Monocristal):<http://laboratoriotecnicasinstrumentales.es/analisisquimicos/>..
- Partido Comunista de Cuba. Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. Introducción p. 8. III Política Económica Externa. Comercio Exterior. Lineamientos 76, 83, 84 y 87. Inversión extranjera. Lineamientos 96, 97 y 105. IV Política Inversionista Lineamientos 116, 123 y 126. Aprobados 18 de abril de 2011.
- Villacampa, L. (2016): Dinámicas de transformación y técnicas de intervención en la arquitectura tradicional de Montalbán y Peñarroyas, trabajo fin de Máster en Conservación del Patrimonio Arquitectónico, Universitat Politècnica de València,.
- Revista semestral publicada por el Centro Nacional de Información Geológica del Instituto de Geología y Paleontología, Servicio Geológico de Cuba, dirigida a investigadores y trabajadores de las Geociencias Vol. 9. No. 1 2015.
- Rodríguez, A., Ivonnet, M. (2013). Actualización del modelo económico cubano en reservas minerales. Experiencias y casos de estudio, MIN1-CE15, La Habana.
- Sardi G, Giovanna D. (2011) Yesos dentales utilizados en odontología. Catálogo ZEUS. Italia: RINA QUACER CISQ. Vol.25, PP 27-5.