

TÍTULO: Un acercamiento al conocimiento de las características del cuarzo cubano y sus posibles aplicaciones industriales.

TITLE: An approximation to the knowledge of the characteristics of cuban quartz and its possible industrial applications

AUTORES:

- (1) Ing. Andrey Leyva Mormul.
- (2) DrC. Carlos Alberto Leyva Rodríguez.
- (1) MsC. Emilio Leyva Ramírez. Investigador Auxiliar
- (2) Ing. Roger Samuel Almenares Reyes.

PAÍS: Cuba

RESUMEN:

Se presentan las principales características y propiedades físico-químicas, así como las aplicaciones industriales del mineral cuarcífero. Se dan a conocer las mayores reservas a nivel mundial, dentro de las cuales se encuentran Brasil, Estados Unidos, Madagascar, Angola, África del Sur, Rusia y Venezuela. Los yacimientos cuarcíferos de Cuba, están localizados en las provincias de Pinar del Río (Santa Teresa, Cortés, Santa Bárbara); en el municipio de Trinidad, provincia de Cienfuegos; La Isla de la Juventud (yacimiento de Buenavista); en la provincia de Guantánamo (distritos Macambo y Güira de Jauco) y; cerca de los límites de las provincias de Holguín y Santiago de Cuba (distrito La Corea). El estudio posibilitó definir que el cuarzo cubano por su composición química, según las Normas Técnicas exigidas a nivel internacional, presenta calidad para ser utilizado como materia prima en la industria óptica, electrónica, química y refractaria, entre otras.

PALABRAS CLAVES: MINERAL CUARCÍFERO, CUARZO CUBANO, NORMAS TÉCNICAS

ABSTRACT:

Supported by the literature search in this research presents the main features and physicochemical properties, as well as industrial applications quartz ore. They are the largest known reserves globally, inside of which are Brazil, United States, Madagascar, Angola, South Africa, Russia and Venezuela. Deposits quartz of Cuba, are located in the provinces of Pinar del Río (Santa Teresa Cortes, Santa Barbara), in the municipality of Trinidad, Cienfuegos province; La Isla de la Juventud (deposit Buenavista), in the province of Guantanamo (districts Macambo and Güira de Jauco); near the boundaries of the provinces of Holguín and Santiago de Cuba (district Korea). The study will identify possible that the cuban quartz for their chemical composition, according to the required technical standards worldwide, presents quality to be used as a raw material in the optical industry, electronics, chemicals and refractory, among others.

KEY WORDS: QUARTZ ORE, CUBAN QUARTZ, TECHNICAL STANDARDS

INTRODUCCIÓN

El mineral cuarzo presenta múltiples aplicaciones a escala industrial. Las arenas de cuarzo son utilizadas en la fabricación de vidrios, cerámicas, refractarios, pigmentos, adsorbentes, filtrantes, decolorantes, arenas de moldeo, materiales de construcción, fabricación de los paneles fotovoltaicos.

Los cristales sintéticos de cuarzo se emplean en la relojería, microprocesadores, filtros de frecuencias y osciladores.

El cuarzo debe cumplir ciertas características físico-químicas y sobre todo químicas para poder ser empleado en las industrias antes mencionadas. El mineral cuarcífero presente en los yacimientos cubanos es utilizado en nuestro país a mayor escala, en los talleres de fundición, como material de relleno en los moldes, sin embargo, prácticamente no se emplea en las disímiles aplicaciones antes mencionadas.

Con el objetivo es proporcionar algunas particularidades de determinados yacimientos cuarcíferos cubanos, y las especificaciones técnicas que se tienen en cuenta para la utilización de este mineral como materia prima en las distintas industrias aludidas, se realiza este trabajo el cual queda conformado como una Nota Técnica.

MATERIALES Y METODOS.

Se utilizó el método de revisión bibliográfica para: conocer las exigencias técnicas que deben cumplir el cuarzo y las cuarcita para su aprovechamiento industrial, profundizar en el conocimiento de las características y aplicaciones de este mineral según las normas técnicas, así como conocer algunas de las reservas cuarcíferas presentes en Cuba. La búsqueda se realizó en: la Biblioteca Virtual y el Centro de Información y Comunicación del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMM) y en el Centro de Información y Comunicación del Centro de Investigaciones Siderúrgicas (D'SIT). Mediante el procedimiento comparativo, se pudo dar un resultado de las aplicaciones que puede tener el mineral cuarcífero cubano, independientemente de las que ya presenta.

RESULTADOS DEL TRABAJO

Salcines C. M. 1985; presenta el análisis de algunas de las reservas cuarcíferas cubanas, con el fin de utilizarlas como material de relleno en los talleres de fundición. Leyva C., 1996; en su tesis doctoral muestra las características geológicas, regularidades de distribución y perspectivas de utilización del cuarzo filoniano de la región oriental de Cuba. Martínez, J. y otros, 2000; de forma generalizada describen los yacimientos cuarcíferos presentes en el país. En Internet se encontró el artículo *Usos y Especificaciones*, donde se exponen los usos industriales del cuarzo según las normas técnicas. Se emplearon otras fuentes complementarias.

Breve reseña histórica sobre el cuarzo

Artículo en línea: MINERALES; la etimología de la palabra cuarzo, no parece muy clara, pero todo apunta a su relación con la palabra eslava kwardy: (duro). Esta denominación empezó a usarse en el siglo XVIII para referirse al cristal de roca, aunque algunos autores, como Agrícola (1530) [**Georgius Agricola** , latinización de Georg Pauer (Clauchau, 24 de marzo de 1494 -Chemnitz, 21 de noviembre de 1555). Teórico alemán desarrollador de los principios de la metalurgia y de la minería, con escritos sobre temas médicos, químicos, matemáticos e históricos. En 1530 escribió: De Re Metallica.], ya la habían utilizado antes en alguna de sus obras. Hasta mediados del siglo XIX no se generalizó su uso para referirse a este mineral en sus múltiples variedades. La palabra cristal derivada de “cristillos” que usaron Teofrasto [**Teofrasto** (en griego ??????????) sucesor de Aristóteles en la escuela peripatética. Era oriundo de Ereso, en Lesbos. Nació en el año 372 a .C. Su nombre original era Tirtamo, pero se lo conoce por su apodo Teofrasto, el cual le fue puesto por Aristóteles, según se dice, para indicar la gracia de sus disertaciones.] y Plinio [**Plinio el Viejo** , **Cayo Plinio Cecilio Segundo** , o **Gayo Plinio Segundo** .

Escritor latino, científico, naturalista y militar romano. Los primeros intentos de clasificar los minerales se le deben a él. Nació en Comum , la actual Como, en Italia, en el año 23 a .C. y murió en Estabia, hoy Castellammare di Stabia, el 24 de agosto del año 79. Es anecdótico señalar que murió víctima de su curiosidad científica mientras observaba la famosa erupción del Vesubio que acabó con Pompeya y Herculano.] para describir a los materiales que tenían un aspecto muy parecido al hielo, pero que al haber estado sobre-enfriados eran muy duros y no podían licuarse. Todo parece indicar que se referían a cuarzos hialinos que por entonces se encontraban en abundancia por los Alpes. Por su claridad, infinidades de veces se ha usado para atraer mágicamente a las lluvias en muchos lugares del Pacífico, donde se incluyen también Australia y Nueva Guinea.

Características del mineral cuarzo

Betejtin A., 1970; el mineral cuarzo (SiO_2) es el mineral más común y difundido (constituye el 12 % de la corteza terrestre); en todas sus variedades aparece como una combinación de oxígeno y silicio en proporción de uno a dos; de ahí el empleo bastante frecuente del término de arena de *sílice*. Pertenece a la clase de los silicatos y al sistema cristalino trigonal. Este mineral es muy rico en variedades, los que se pueden agrupar en macrocristalinas, con cristales bien visibles a simple vista, y criptocristalinas, formada por cristales microscópicos.

Al primer grupo pertenece el cuarzo puro (hialino o cristal de roca), incoloro y transparente, y variedades que presentan diversas coloraciones: violeta (cuarzo amatista), parda (ahumado), negra (morión) y amarillo (citrino); los antiguos lo llamaban “fuego sagrado” y lo consideraban piedra preciosa. El segundo grupo incluye variedades importantes como calcedonia, jaspe y sílex, que comprenden diversas subvariedades. Por ejemplo la cornalina, ágata y ónix, son subvariedades del cuarzo calcedonia.

Dana J. D., 1985; el cuarzo presenta dureza 7 en la escala de *Mohs* [La **escala de Mohs** es una relación de diez materiales ordenados en función de su dureza, de menor a mayor. Se utiliza como referencia de la dureza de una sustancia. Fue propuesta por el geólogo Friedrich Mohs aproximadamente hace 200 años y se basa en el principio que una sustancia dura puede rayar a una sustancia más blanda, pero no es posible lo contrario.] , es sumamente estable en condiciones de superficie, interviene en la composición de numerosas rocas ígneas hematitas y efusivas; también en pegmatitas graníticas, como ganga en filones metalíferos y en rocas metamórficas y sedimentarias. Comúnmente se presenta como vetas o filones en diversas rocas.

La densidad del cuarzo varía entre 2,5 – 2,8 g/cm³. La temperatura de fusión del cuarzo es de 1713 °C y durante el calentamiento experimenta diferentes variaciones alotrópicas que se caracterizan por cambios volumétricos. Por debajo de 575 °C el cuarzo se presenta en la forma de modificación α , que es una forma cristalina estable. En el rango de temperatura desde 575 °C – 878 °C existe otra forma cristalina denominada cuarzo β . En el transcurso del calentamiento hasta la forma β , el cristal experimenta una dilatación del 5 %.

Durante la modificación β , el cuarzo no presenta ningún tipo de dilatación, posterior de los 878 °C la forma β deja de ser estable, pasando a ser de tridimita. A partir de 1 250 °C, la tridimita comienza a transformarse en cristobalita, siendo el cambio particularmente notable después de 1 400 °C. El cambio de tridimita en cristobalita implica un aumento del volumen entre 15 – 20 %. Luego de 1 625 °C comienza a formarse un vidrio de sílice. El paso de cuarzo – α – β es reversible, siendo todo lo contrario el de tridimita – cristobalita.

Reservas de cuarzo en el Mundo

Las reservas mundiales de grandes cristales naturales de alta pureza se encuentran en Brasil, y en menores cantidades en Estados Unidos. Mientras que, Madagascar, Angola, África del Sur; Rusia y Venezuela producen lascas (trozos sin formas cristalinas) de alta pureza.

Reservas cuarcíferas en Cuba

Martínez y otros, 2000; nuestro país posee varios yacimientos cuarcíferos, los cuales por sus características se pueden dividir en tres grupos: mineral cuarzo, cuarcita y arenas cuarzosas.

Los principales yacimientos se encuentran en la provincia de Pinar del Río (Santa Teresa, Cortés, Santa Bárbara); en el municipio de Trinidad, en la provincia de Cienfuegos; y en la Isla de la Juventud (yacimiento de Buenavista).

Leyva, 1996; en la región del Escambray e Isla de la Juventud (yacimientos Atanagildo, Rosario y Yaguanabo) están presentes reservas de cuarzo

Un acercamiento al conocimiento de las características del cuarzo cubano y sus posibles aplicaciones industriales.

filoniano, representadas fundamentalmente por las variedades blanco lechoso y semitransparente.

Agueev y otros, 1987; Kulachkov y Leyva, 1990; la región oriental fue la última en haber sido reportada como perspectiva para la localización de cuarzo filoniano de alta pureza. Leyva, 1996; es de destacar en esta región la presencia del cuarzo granular, la cual es la variedad de cuarzo filoniano más apreciada por su pureza y transparencia, y a la vez más rara, tanto en Cuba como en el Mundo. No cabe duda que este hecho confiere una importancia especial, pues todo parece indicar que existe la posibilidad de encontrar en esta región, las mayores reservas de cuarzo granular del país. También existen en la región oriental reservas de cuarzo filoniano transparente, semitransparente y blanco lechoso.

La mayoría de los depósitos cuarcíferos cubanos se caracterizan por un alto contenido de SiO₂ (~95 %) y un contenido relativamente bajo de impurezas. En las Tablas I y II se encuentra la composición química de algunos de los yacimientos de cuarzo cubanos.

Tabla 1. Composición química de algunos de los yacimientos de cuarzo cubanos; (%). (Salcines, 1985).

| Yacimientos | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | TiO ₂ | CaO | MgO | Na ₂ O + K ₂ O | PPI |
|-------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------------|-------------|--------------------------------------|-------------|
| Santa Teresa (Pinar del Río) | 97,3 - 99,5 | 0,02 - 0,10 | 0,10 - 0,40 | 0,10 - 0,20 | 0,42 - 0,68 | 0,09 - 0,30 | - | 0,20 - 0,40 |
| Cortés (Pinar del Río) | 97,0 - 99,0 | 0,04 - 0,25 | 0,12 - 0,40 | 0,10 - 0,30 | - | - | 0,08 - 0,22 | 0,20 - 0,50 |
| Santa Bárbara (Pinar del Río) | 95,0 - 98,0 | 0,20 - 0,50 | 0,40 - 0,70 | 0,10 - 0,40 | 0,07 | 0,001 | 0,14 - 0,17 | 0,50 - 0,70 |
| Buenavista (I. Juventud) | 90,0 - 97,0 | 0,20 - 0,40 | 2,0 - 5,0 | 0,30 - 0,70 | - | - | - | 0,20 - 0,30 |
| Casilda (S. Spíritus) | 96,0 - 98,0 | 0,22 - 0,62 | 2,0 - 2,6 | - | 0,05 - 0,12 | 0,02 - 0,06 | 0,05 - 0,26 | 0,20 - 0,40 |

Tabla 2. Resultados del análisis químico-espectral semicuantitativo del cuarzo filoniano de la región oriental de Cuba (Leyva, 1996, datos en ppm).

| Muestra | SiO ₂ | Al | Fe | Mn | Mg | Cu | Pb | Ti | Cr | Co | Ni | Obser. |
|----------------------|------------------|--------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 82 ⁽¹⁾ | 99,86 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | (*) |
| 650 ⁽¹⁾ | 99,82 | 10-100 | 10-100 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | (*) |
| 650-1 ⁽¹⁾ | 99,99 | <10 | 10-22 | <1 | <10 | <1 | - | <1 | - | - | - | |
| Q-2 ⁽²⁾ | 99,99 | 10 | 10-22 | <1 | <9 | 2,2 | - | 1-2 | - | - | - | |
| P-20 ⁽²⁾ | 99,99 | <10 | 10-22 | <1 | <9 | <1 | - | <1 | - | - | - | |
| Q-3 ⁽²⁾ | 99,99 | <5 | 10-22 | <1 | <9 | <2 | - | <1 | - | - | - | |
| SA-2 ⁽²⁾ | 99,99 | <10 | 10-22 | <1 | <9 | <1 | - | <1 | - | - | - | (**) |
| SA-3 ⁽²⁾ | 99,99 | <10 | 10-22 | <1 | <9 | <1 | - | <1 | - | - | - | |
| SA-5 ⁽²⁾ | 99,99 | 10 | 10-22 | <1 | <9 | <1 | - | <1 | - | - | - | (**) |
| 3-28 ⁽³⁾ | 99,99 | 10 | 10-22 | <1 | <9 | <1 | - | <1 | - | - | - | |

(1) Muestras del distrito cuarcífero La Copea. [Límites de las provincias de Holguín y Santiago de Cuba]

(2) Muestras del distrito cuarcífero Macambo. [Guantánamo]

(3) Muestras del distrito cuarcífero Güira de Jauco. [Guantánamo]

(*) Promedio de seis determinaciones.

(**) Promedio de dos determinaciones.

El cuarzo como materia prima industrial

El cuarzo es un mineral industrial de primera magnitud, que dispone de una enorme variedad de aplicaciones. La industria del vidrio y la fundición consumen la parte fundamental de la producción, ya sea en forma de cuarzo triturado o arenas silíceas y extrasilíceas constituidas por más de 97 % de granos de cuarzo. Alcanzado este límite máximo de pureza, son las impurezas las que condicionan la mayoría de las aplicaciones de la sílice. Los sectores industriales tienen especificaciones precisas, a menudo normalizadas, especialmente para fundición.

En países desarrollados, la industria de la construcción utiliza una parte del cuarzo molido para elaborar hormigones y para fabricar ladrillos silíceos. El cuarzo en bloques se utiliza en la Industria Siderúrgica para elaborar aleaciones como el ferrosilicio.

Artículo en línea: CUARZO; al ser sometido al proceso de molienda, encuentra múltiples usos en porcelanas, pinturas y abrasivos (donde se emplea para fabricar papel de lija y carborundo (SiC), un abrasivo industrial sintético. Su piezoelectricidad [La **piezoelectricidad** (del griego *piezein*, "estrujar o apretar") es un fenómeno presentado por determinados cristales que al ser sometidos a tensiones mecánicas adquieren una polarización eléctrica en su masa, apareciendo una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie.] genera una demanda creciente en electrónica, joyería e informática: finas láminas de cuarzo se utilizan como osciladores para recibir, emitir o controlar una frecuencia dada extremadamente precisa que desempeña un papel de metrónomo en relojes, ordenadores y numerosos otros

Un acercamiento al conocimiento de las características del cuarzo cubano y sus posibles aplicaciones industriales.

aparatos de metrología, como los que miden las altas presiones instantáneas que resultan de explosiones atómicas o voladuras de minas. El cuarzo sirve para producir luz monocromática en equipamiento científico y óptico. Es empleado en usos medioambientales, como filtro o purificador de lodos, y en varios sectores de la industria química.

Algunas variedades de cuarzo se emplean como gema y piedra decorativa: amatista, cuarzo rosado, ojo de tigre, aventurina, cornalina, cuarzo ahumado, cristal de roca, ágata y ónice. Turrini, 2006; el SiO₂, es el material más utilizado en la fabricación de celdas fotovoltaicas.

Especificaciones Técnicas

Artículo en línea: USOS Y ESPECIFICACIONES; según el uso o destino, las normas y especificaciones muestran los siguientes valores limitativos tanto en su composición, como en su contenido:

Para cerámica y esmaltes

SiO₂ = 99 %. El hierro no debe estar presente: le confiere tonalidad rojiza a la cerámica blanca.

Para polvos abrasivos

Molido a malla -120 (≈ 200 μm).

Para refractarios síliceos

Para este rubro, se requiere un alto grado de pureza de la sílice, en la fabricación de ladrillos refractarios. El amasado de éstos requiere la presencia de aglomerantes como la alúmina (Al₂O₃) y álcalis (feldespatos).

Para revoques

No interesa el porcentaje de sílice, la mica debe ser < 2 % en peso, (en la muestra total). Además, el material debe ser fino (80 % de arena fina). No debe contener materia orgánica. La pérdida por lavado debe ser < 6 %.

Para

arenado

Se requiere arenas con alta abrasividad, deben ser cuarzosas y angulosas (a mayor angulosidad mayor abrasividad).

Para filtros lentos de agua (H₂O potable)

El contenido de cuarzo de la arena debe ser por lo menos entre 70 y 80 %. El tamaño efectivo (TE) es de 0,3 a 0,4 mm, y el coeficiente de uniformidad (CU), de 2 a 3. No deben ser friables, ni contener mica (< 1 %), ni materia orgánica.

Para fabricación de vidrios

Especificaciones de la materia prima para fabricación de vidrio según las normas ATBIAV (Brasil) y BS2975 (Británica); (%):

Tabla 3. Norma ATBIAV (Brasil) para fabricación de vidrio.

| Componentes | Tipo A | Tipo B | Tipo C | Tipo D |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| SiO ₂ (min.) | 99,50 | 99,50 | 99,40 | 99,0 |
| Al ₂ O ₃ (máx.) | 0,20 | 0,20 | 0,30 | 0,50 |
| Fe ₂ O ₃ (máx.) | 0,002 | 0,015 | 0,03 | 0,15 |
| TiO ₂ (máx.) | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,05 |
| Cr ₂ O ₃ (máx.) | 0,0002 | 0,0003 | 0,0005 | 0,0005 |
| PPC (máx.) | 0,10 | 0,20 | 0,20 | 0,30 |

Tipo A: Vidrios especiales (por ejemplo óptico, oftálmico y otros)

Tipo B: Vidrios incoloros de alta calidad (por ejemplo cristales, frascos y artículos de mesa)

Tipo C: Vidrios incoloros comunes (por ejemplo envases en general y vidrio plano)

Tipo D: Vidrios de color (por ejemplo frascos, envases en general y vidrio plano)

Tabla 4. Norma británica BS2975 para fabricación de vidrio.

| Producto | SiO ₂ (min.) | Fe ₂ O ₃ (máx.) |
|------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Envases incoloros | 99,8 | 0,03 |
| Envases coloreados | 97,0 | 0,25 |
| Vajilla de mesa | 99,6 | 0,010 |
| Boro-silicato | 99,6 | 0,010 |
| Cristal de plomo | 99,6 | 0,010 |
| Vidrio plano incoloro | 99,0 | 0,10 |
| Optico y oftálmico | 99,7 | 0,013 |
| Fibra para aislamiento | 94,5 | 0,3 |

Para fracturación hidráulica

Debe poseer alto grado de redondez, y lo más importante, el tamaño de la partícula debe estar comprendida entre 40 – 65 mallas.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Leyva C., 1996; (...) nuestra materia prima cumple con la mayor parte de estas exigencias, especialmente para crecimiento de monocristales artificiales de cuarzo y sus variedades de joyería, fabricación de vidrio de cuarzo fundido en sus diferentes variantes: vidrio de cuarzo transparente, vidrio óptico multicomponente, vidrio óptico, vidrio óptico especial y vidrio uviolico. Tomando como referencia la Norma ATBIAV para fabricación de vidrio (Tabla 3) y los requisitos establecidos para utilizar el cuarzo en la industria de la cerámica y esmaltes; las reservas cuarcíferas de Santa Teresa, Cortés, La Corea, Macambo y Güira de Jauco cumplen con las exigencias para la fabricación vidrios especiales, vidrios incoloros de alta calidad, vidrios incoloros

Un acercamiento al conocimiento de las características del cuarzo cubano y sus posibles aplicaciones industriales.

comunes, vidrios de color, así como cerámica fina. La reserva de Santa Teresa presenta características semejantes

Leyva C., 1996; opina que al beneficiar mediante un tratamiento ácido la materia prima de La Corea, Macambo y Güira de Jauco; ésta puede ser utilizada en la obtención de vidrio de cuarzo transparente. El autor llega a este dictamen en relación al tratamiento ácido tomando en cuenta las investigaciones efectuadas, relacionadas con el alto contenido de hierro y aluminio en muestras de la región del Escambray. Se utilizó tratamiento ácido en caliente tanto ácido clorhídrico (HCl) como ácido sulfúrico (H₂SO₄). Como resultado de estas pruebas se llegó a la conclusión de que el tratamiento más efectivo es el realizado con el HCl al 50 % de concentración. La reserva del yacimiento Santa Teresa puede ser utilizada con éstos mismos fines por la similitud en cuanto a la composición química con los distritos aludidos.

Leyva C., 1996; la materia prima cuarzosa cubana puede ser utilizada para otros usos menos exigentes que los expuestos: fundentes, abrasivos, aleaciones ferrosas, ladrillos refractarios, esmaltes cerámicos, filtros y materiales de construcción especiales, incluso sin beneficio alguno (solamente con tratamiento mecánico). Sin embargo su empleo en estos usos sería una utilización irracional de la reserva; debido a lo cual, precisamente, se debe velar en todo momento porque esto no ocurra.

CONCLUSIONES

Las reservas cuarcíferas de Cuba por su composición química, se pueden caracterizar como una materia prima de alta calidad, independientemente al alto contenido de impurezas presentes en los yacimientos Buenavista (Isla de la Juventud); y Casilda (Santi Spíritus).

De la comparación entre los análisis químicos realizados a los yacimientos cuarcíferos cubanos y las Normas Técnicas requeridas para la utilización industrial de este mineral, se puede afirmar que la materia prima cubana cumple con la mayor parte de estas exigencias.

Las reservas cuarcíferas de Santa Teresa, Cortés, Santa Bárbara, La Corea, Macambo, Güira de Jauco; pueden ser utilizadas en las industrias donde los requerimientos no son tan agudos, pero estaríamos subutilizando irracionalmente este material.

Con la adecuada utilización del cuarzo cubano en la elaboración de los distintos tipos de cristales, obtención de silicio metálico y carburo de silicio, por sólo citar algunos, estaríamos sustituyendo importaciones y alcanzando cada vez más la invulnerabilidad económica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Betejtin, A. Curso de Mineralogía. Moscú: Editorial Mir, 1970. 362 p.
2. Ciencias de la Tierra / E. J. Tarbuk, F.K. Lutgens. Madrid: Prentice Hall, 1999. 289 p.
3. Dana, J. D. Manual de Mineralogía. Barcelona: Ed. Reverté, 1985. 550 p.
4. Díaz Mauriño, C. Iniciación práctica a la mineralogía. Madrid: Alhambra, 1976. 326 p.
5. Diccionario de Geología / A. Foucault, J. F. Raoult. Barcelona: España: Editorial Masson, 1985. 395 p.
6. Guía de minerales y rocas / A. Mottana, R. Crespi, G. Liborio. España: Ed. Grijalbo, 1971. 430 p.
7. Leyva Rodríguez, Carlos A. Características geológicas, regularidades de distribución y perspectivas de utilización del cuarzo filoniano de la región oriental de Cuba. Moa; Instituto Superior Minero Metalúrgico, 1996. 150 p. (Tesis doctoral),.
8. Minerales. [Documento en línea]. <http://www.arauzodemiell.org/minerales.htm> [Consultado: 12 dic. 2007].
9. Quesada A. Introducción al estudio de los yacimientos minerales de Cuba. La Habana: Taller de Ediciones del ISPJAE, 1981. 315 p.
10. Rocas y minerales industriales de Cuba / J. Martínez... [et al]. España: Instituto Tecnológico Geominero, 2000. 635 p.
11. Salcines, C. M. Tecnología de fundición: t. 1. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1985. 216 p.
12. Sfragulla, J. Cuarzo: actualidad minera [Documento en línea]. <http://www.cba.gov.ar/vercanal.jsp?idCanal=46258> [Consultado: 12 dic. 2007].
13. Turrini, Enrico. El Camino del Sol. 2. ed. La Habana: Ed. CUBASOLAR, 2006. 310 p.
14. Usos y especificaciones. [Documento en línea]. http://www.segemar.gov.ar/P_Oferta_Regiones/Oferta/Cuarzo/Usos%20y%20especificaciones/USOS%20Y%20ESPECIFICACIONES.htm [consultado: 21 sep. 2008]

Un acercamiento al conocimiento de las características del cuarzo cubano y sus posibles aplicaciones industriales.

Recibido: 18 noviembre 2009

Aprobado en su forma definitiva: 21 enero 2010

DATOS DE LOS AUTORES

Nombre:

- (1) Ing. Andrey Leyva Mormul. Técnico Superior Investigador
- (2) DrC. Carlos Alberto Leyva Rodríguez. Profesor Titular
- (1) MsC. Emilio Leyva Ramírez. Investigador Auxiliar
- (2) Ing. Roger Samuel Almenares Reyes. Profesor Instructor

Correo:

- 1. andrey@dsit.cu
- 2. cleyva@ismm.edu.cu

Centro de trabajo:

- (1) Centro de Investigaciones Siderúrgicas (CIS). Dique Norte S/N, La Pasa, Nicaro, Holguín, Cuba.
Telef. (024) 51-6827; 51-6396
- (2) Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM). Las Coloradas S/N, Moa, Holguín, Cuba.
Telef. (024) 60-8190; 60-4476