

CARACTERIZACION COMPOSICIONAL DE SÍLICE DE RAMIRIQUÍ BOYACÁ

Silica composicional characterization of Ramiriquí Boyacá

RESUMEN

La sílice es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, y de ella se deriva una fuente importante de ingreso y aplicación industrial. Debido a sus aplicaciones y usos, se convierte en uno de los materiales que contribuye de manera múltiple al mejoramiento de la calidad de vida del hombre; por tal razón se hace evidente la necesidad de conocer sus características físico-químicas, con el fin de proponer óptimas aplicaciones de la misma. Con tal fin, se caracterizó el yacimiento de sílice "los Monos", ubicada en Ramiriquí (Boyacá) utilizando técnicas de caracterización tales como Microscopia Electrónica de Barrido (MEB), Energías Dispersas de Rayos X (EDX) y Fluorescencia de Rayos X (FRX), proponiendo y aplicando un método eficaz, rápido y competitivo que permita establecer un proceso de análisis y control de calidad de ésta como materia prima. Con la metodología de muestreo seleccionada se analizan diversos tamaños de grano, obteniéndose en cada tipo sus características composicionales, químicas y morfológicas.

PALABRAS CLAVES: Caracterización, Control de Calidad Sílice, Sílice.

ABSTRACT

The silica is one of the most abundant elements in the terrestrial bark, and of her is derived an important source of entrance and industrial application. Due to their applications and uses, she becomes one of the materials that contributes from a multiple way to the improvement of the quality of the man's life; for such a reason it becomes evident the necessity to know their physical-chemical characteristics, with the purpose of proposing good applications of the same one. With such an end, the silica location was characterized "the Monkeys", located in Ramiriquí (Boyacá) using technical of such characterization as Electronic Microscopy of Sweeping (MEB), Dispersed Energy of Rays X (EDX) and Fluorescence of Rays X (FRX), proposing and applying an effective, quick and competitive method that allows to establish an analysis process and control of quality of this as matter prevails. With the selected sampling methodology diverse grain sizes are analyzed, being obtained in each type their characteristic composicionales, chemical and morphological.

KEYWORDS: Characterization, Control of Quality Silica, Silica.

1. INTRODUCCIÓN

Se ha comprobado que los minerales que mas abundan en la corteza terrestre son silicatos, óxidos y otros compuestos de oxígeno, como carbonatos en cantidades mínimas. Las diferentes asociaciones de minerales silicatos que caracterizan las rocas ígneas sedimentarias y metamórficas, así como las venas minerales, las pegmatitas, las rocas meteorizadas y los suelos; tienen la facultad de dar información sobre las condiciones ambientales en que se formaron [1]. Existe además otra razón fundamental que obliga a estudiar los silicatos. El suelo esta constituido en mayor parte por silicatos: ladrillos, piedras, cemento y vidrio empleados en la construcción son silicatos o derivan en gran parte de ellos. Los silicatos son duros, transparentes, traslucidos y de densidad media, que se suelen agrupar por átomos de silicio y oxígeno, sobresalen entre los materiales

cerámicos por que contribuyen de manera múltiple a la civilización y al mejoramiento de la calidad de vida. La sílice y los feldespatos, son materias primas, no solamente de las diferentes artesanías y utensilios domésticos, sino también de la construcción y la producción de porcelanas, vidrios, objetos refractarios [2]. En este artículo se presenta una metodología de muestreo que permite caracterizar el yacimiento de sílice "los Monos", ubicada en Ramiriquí (Boyacá) utilizando técnicas de caracterización tales como Microscopia Electrónica de Barrido (MEB), Energías Dispersas de Rayos X (EDX) y Fluorescencia de Rayos X (FRX), proponiendo y aplicando un método eficaz, rápido y competitivo para establecer una alternativa de análisis y control de calidad de la sílice en general.

2. MARCO TEORICO

HUGO HERNANDO MENDOZA

Especialista en Física.
Estudiante Maestría en Metalurgia y Ciencias de los Materiales
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
hugohernadomendoza@gmail.com

AURA JANETH BARON GONZALEZ

Master en Ciencias Físicas U.N.
Grupo Física de Materiales
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
aurajbg@gmail.com

CARLOS ARTURO PARRA VARGAS

Master en Ciencias Físicas U.N.
Grupo Física de Materiales
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
capava72@gmail.com

GENERALIDADES DE LA SÍLICE

La arena es un compuesto de silicio y oxígeno, los dos elementos más abundantes en la corteza terrestre, los cuales se combinan con diversos elementos metálicos para producir silicatos, cada silicio está rodeado de cuatro oxígenos. Existen más de 900 silicatos diferentes [3, 4].

El silicio posee en principio dos electrones de valencia y se podría pensar en la formación de un compuesto molecular de SiO. Sin embargo, la molécula más estable en condiciones normales es SiO₂ (SÍLICE) [2]

Formas de la sílice. La sílice se encuentra sin combinar con otros materiales en varias formas cristalinas de las cuales el cuarzo, es uno de los minerales más comunes en la naturaleza, otra forma de sílice incluye la tridimita de alta temperatura.

La estructura del cuarzo es el tetraedro de silicio y oxígeno. Esta constituido de una armazón tridimensional en la que cada oxígeno es compartido con dos silicios, no hay sustitución de otros iones en las posiciones del silicio. Se presentan en muchas variedades coloreadas debido a trazas de impurezas como el cuarzo rosado, cuarzo ahumado y cuarzo lechoso.

Muchas arenas y areniscas tienen al cuarzo como principal constituyente; los granos tienen alta resistencia a la abrasión y transporte [3]

Arenas de sílice. Las arenas de sílice y cuarzo que contienen más de un 98% de dióxido de silicio, son las de mayor uso comercial, así como las más abundantes. La arena de sílice, es fuerte, dura, baja conductora de electricidad y químicamente inerte. Las fases cristalinas predominantes del SiO₂: cuarzo, tridimita y cristobalita, no son muy apropiadas para usar como la fase principal en los cerámicos refractarios; debido a sus bajas temperaturas relativas, pueden sufrir modificaciones de fase que están acompañadas por un cambio violento en el volumen [4]

ESTRUCTURA DE LA SÍLICE

En la sílice, la unidad estructural fundamental es un tetraedro de SiO₄, es decir, un átomo de silicio rodeado siempre por cuatro átomos de oxígeno (ver figura 1). Las fuerzas que mantienen unidos a estos átomos comprenden enlaces iónicos y covalentes, lo cual provoca que la fuerza del enlace sea muy grande. La distancia de separación entre los átomos de Si y O no es homogénea, las unidades tetraédricas no se repiten con regularidad y el compuesto está desordenado. A esta última se le conoce como sílice amorfa, mientras que a la ordenada se le conoce como sílice cristalina, ambas se utilizan en la fabricación del vidrio [5]

Las variedades de arenisca cuarzosa se reconocen sobre la base de los minerales característicos asociados con el cuarzo dominante. La arenisca tipo de este grupo, es la arenisca o arenisca de cuarzo puro, la cual contiene 95% o más, de granos de cuarzo [6].

El armazón SiO₂, en su forma más simple, es eléctricamente neutro y no contiene ninguna otra unidad estructural. Sin embargo, existen por lo menos nueve maneras diferentes, según las cuales puede constituirse este armazón. Estos modos de distribución geométrica corresponden a polimorfos conocidos del SiO₂, cada uno de estos polimorfos tienen su propio grupo espacial, sus dimensiones de celda, su morfología característica, y su energía reticular. Las condiciones energéticas son las que determinan principalmente cual de los polimorfos es estable, siendo las formas de temperatura más elevadas y con mayor energía reticular, las que poseen estructuras más dilatadas (Figura 1).

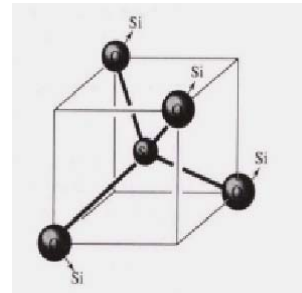


Figura 1. Estructura tetraédrica en la sílice

Los polimorfos de SiO₂ pertenecen a tres categorías estructurales: cuarzo bajo, con menor simetría y la red más compacta; tridimita baja, con mayor simetría y estructura más abierta y cristobalita baja, con la simetría más elevada y la red más dilatada. La temperatura de inversión varía ampliamente, dependiendo principalmente de la magnitud y dirección, del cambio de temperatura.

En la estructura tetraédrica de la sílice, la razón de radios de Si⁴⁺ a O²⁻ es de 0,29Å indica que el catión Si⁴⁺ requiere una coordinación tetraédrica con cuatro iones en torno a un catión Si⁴⁺ central. Los tetraedros de SiO₄ pueden estar ligados de tal manera que se compartan los vértices de varias maneras para formar diversos vidrios de silicato [7,8]. (Figura 2).

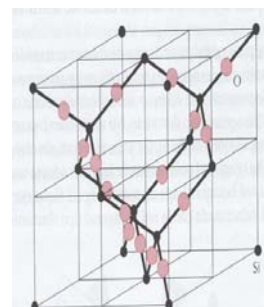


Figura 2. Estructura Cristalina de la Cristobalita

El cuarzo, la tridimita y la cristobalita pueden existir conjunta e indefinidamente a temperatura ambiente aun cuando el cuarzo es la única estructura verdaderamente estable a temperatura ambiente [4]. La importancia de la alotropía en las aplicaciones de ingeniería radica en el cambio de volumen al pasar de una estructura a otra. [7,9]. Este cambio de volumen induce a deformaciones y esfuerzos en los materiales cuando estos se someten a cambios de temperatura. Cuando estas deformaciones y esfuerzos son grandes, pueden inducir agrietamiento en los materiales [10,11].

3. MÉTODO EXPERIMENTAL

La mina de Sílice *los Monos* se encuentra ubicada en el Municipio de Ramiriquí departamento de Boyacá, a una altitud 1553 m. sobre el nivel del mar y con una temperatura promedio 15 grados centígrados

La recolección de muestras, en la mina, se realizó mediante un diseño de muestreo estratificado [13]. El método estadístico consiste en dividir el terreno en estratos que no se solapen entre si, con el objeto de obtener muestras representativas. La adquisición de éstas se hace a través de un proceso escalonado sobre la superficie, en forma vertical de abajo hacia arriba. Igualmente para la toma de muestras en los estratos, se realizó el muestreo, teniendo en cuenta la Introducción al Muestreo Minero [13] y las Normas de Ensayo de Materiales Para Carreteras [14]. Para el análisis experimental se seleccionaron muestras al azar de diferentes estratos, con el objeto de verificar la variabilidad o uniformidad de la mina.

Dicha estratificación permitió clasificar las muestras de acuerdo a su posición y estrato, tal como se consigna en la tabla 1. Igualmente cada muestra fue clasificada en tres tipos de mallas o tamices diferentes en concordancia con la norma NTC 127, STM C 117 [14]. Con el fin de realizar contraste de calidad de las muestras se obtuvo una muestra de sílice de alta pureza utilizada para el proceso de producción de vidrio PELDAR y una muestra importada del Canadá para la fundición de piezas utilizadas en la industria INDUMIL Santa Bárbara de Sogamoso, las cuales también se consignan en la tabla 1.

El proceso de limpieza de las muestras consistió en colocar cada una de las muestras, por separado, en una solución de hidróxido de sodio al 3% en agua, durante 24 horas, después lavadas con agua destilada y secadas y

guardadas en bolsas resistentes, etiquetadas (rotuladas) y guardadas en lugares seguros. [14,15].

Nombre de la muestra	Estrato	Coordenada	Tamiz	Micras
M1	E1	(11,1)	50	300
M2	E1	(2,2)	80	180
M3	E1	(7,1)	100	150
M4	E2	(0,6)	50	300
M5	E2	(1,1)	80	180
M6	E2	(3,4)	100	150
M7	E3	(0,0)	50	300
M8	E3	(1,11)	80	180
M9	E3	(2,4)	100	150
M10	PELDAR		50	
M11	CANADA		50	

Tabla 1. Clasificación de las muestras y nomenclatura utilizada en el proceso

Para el análisis por fluorescencia de Rayos X se utilizó el equipo ARL9800 en las instalaciones de HOLCIM de Colombia (Nobsa – Boyacá), y para el correspondiente análisis por Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) se utilizó el Microscopio Electrónico de Barrido, FEI QUANTA 2000, ubicado en los laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

Para el Análisis por Fluorescencia de Rayos X y teniendo en cuenta la similitud composicional de las muestras, se optó por analizar 3 muestras por estrato, y de cada estrato tres zonas o coordenadas bajo el mismo tamiz (tamiz 50). Para el estrato I se escogieron las muestras (M1, M2, M3), para el estrato II se tomaron las muestras (M4, M5, M6) y para el estrato III (M7, M8, M9) según tabla 1. Los resultados obtenidos por FRX se resumen en la tabla 2. Dicho análisis permite inferir, inicialmente, la buena calidad de las muestras y su coincidencia composicional con muestras utilizadas en el proceso de producción de vidrio.

Con el fin de evaluar la composición elemental y establecer la presencia o no de elementos no relacionados con lo esperado se utilizó la técnica de Microscopia Electrónica de Barrido (MEB), la cual se complementa con una microsonda de dispersión energética de Rayos X de alta precisión para la detección y análisis cuantitativo de elementos principales. Esta técnica permitió realizar el análisis composicional y evaluar la presencia de los correspondientes elementos para cada estrato, el resumen de los resultados obtenidos se consigna en la tabla 3.

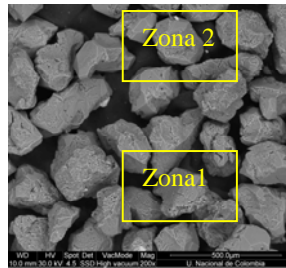
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	SUMA
M1	91,03	0,9	0,18	2,04				0,04	0,01		0,04		94,4
M2	91,98	0,91	0,22	0,45				0,03	0,01		0,06		93,9
M3	94,44	1,78	0,28	1,65		0,31	0,31	0,13	0,01	0,07	0,15	0,01	99,4
M4	89,79	1,04	0,08	0,36	0,27	0,21		0,07	0,01		0,04	0,01	92,2
M5	92,66	1,58	0,13	0,86		0,01		0,06	0,01		0,13	0,01	95,9
M6	87,25	1,82	0,57	0,6	0,23	0,37	1,47	0,17	0,01		0,08	0,01	93,1
M7	94,17	1,25	0,3	0,7	0,28	0,28	0,13	0,14	0,01		0,06	0,01	97,2
M8	92,78	1,49	0,11	0,62	0,6	0,16	0,61	0,07	0,01		0,09	0,01	96,6
M9	89,7	1,07	0,26	0,38		0,62		0,07	0,01		0,12	0,01	92,5
M10	93,06	0,81	0,11	0,36		0,12	0,78	0,01	0,01		0,05	0,01	95,5
M11	94,28	1,06	0,13	0,8		0,16	0,42	0,07	0,01		0,02	0,01	97,1

Tabla 2 Análisis por Fluorescencia de Rayos X (FRX)

	M3			M6				M8			M10						M11			
	Si	O	Al	Si	O	Al	Fe	Si	O	Al	Si	O	Fe	Al	Mg	Ca	Si	O	Fe	Al
Zona 1	47,4	46,3	1	48,3	41,4	2,3	0,6	44,9	41,7	1,9	43,2	48,7		1,2			44,3	50,9		0,7
Zona 2	47	45,3	1,7	54,1	31,1	1,4		41,9	46,2	1,3	36,7	44,3	5,1	6,4	3,4	0,7	45	51,9		0,7
Zona 3	46,9	47,8	0,8					41,3	41,9	3,2	35,9	56,5		0,7						

Tabla 3 Análisis por Microscopia Electrónica de Barrido (MEB) (EDX)

Igualmente el MEB permite evaluar las características morfológicas de cada una de las muestras. Dichas muestras fueron analizadas con el MEB a 200 X. En este rango se seleccionaron tres zonas según se señala en la figura 3 con el propósito de hacer un análisis composicional más detallado de las muestras.



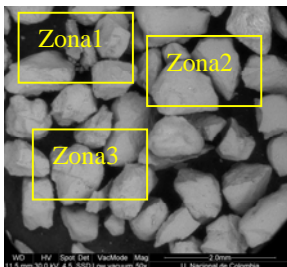
Micrografía M11

Figura 3 Morfología de la muestras Tamiz No 50

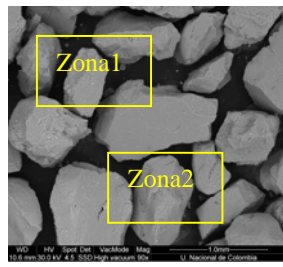
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La técnica de fluorescencia de Rayos X permite determinar la presencia de compuestos identificados como: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, entre otros, lo cual permite inferir, en primera instancia, que su composición es acorde con la que presenta la sílice utilizada en la producción de vidrio.

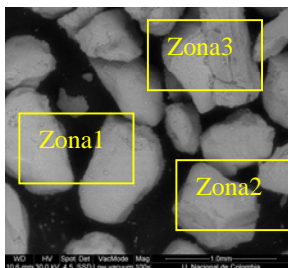
El análisis por MEB-DEX permitió determinar la composición química elemental, de las muestras utilizadas e igualmente establecer el porcentaje de dichos elementos y determinar la uniformidad del tamaño de grano de las diferentes muestras de sílice. Igualmente se establecieron similitudes morfológicas en el tamaño de grano entre las arenas Mina Los Monos y las Arenas Peldar y Canadá.



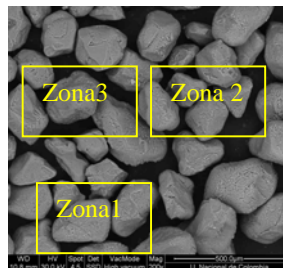
Micrografía M3



Micrografía M6



Micrografía M8



Micrografía M10

El muestreo aleatorio estratificado ofrece excelentes resultados en la caracterización de materiales utilizados en la industria.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] K. Cornellis, K. Cornelius, S y G. Hurbult, "Manual de Mineralogía," 4ta ed., basado en la obra de J D Dana. Ed. Reverte, S.A, pp 490 – 493
- [2] J Shackelford, "Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros,". 4ta ed.
- [3] F.G.H. Blyth ,M.H. de Freitas, "Geología para Ingenieros," México 2003, Ed CECSA. pp 117-118
- [4] N. P. Cheremisinoff, "Handbook of Ceramics and Composites, Synthesis and Properties," .New York. 1990 vol. 1, Ed. Marcel deber inc, pp 16-19
- [5] [Online]. Available: <http://www.monografias.com>
W T Huang,. "Petrología," traducido al español por Rafael García Díaz, 1a ed, Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (AID), México, pp 280- 287
- [6] S ,Cornelius. J.R Hurlbut,."Manual de Mineralogía de Dana," , Ed. Reverte S.A, pp 506 – 508
- [7] G Jaume Casabo,. "Estructura Atómica y Enlace Químico," Barcelona 1992, Ed Reverte, S.A.
- [8] Richar Zallen, "The physics of Amorphous Solids," New York, Xerox Webster Research Center. Websterd,
- [9] P. .Mangonon, "Ciencias de los Materiales Selección y Diseño,". 2001, Ed Prentice Hall 1a ed., pp. 43-45,609.
- [10] [Online]
Available:http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/137/html/sec_4.htm<http://deltaarenas.com.ar/silice.html>
- [11] [Online], Available:
<http://www.google.com/search?hl=en&q=transformaciones+alotropicas+de+la+silice&btnG=Google+Search>
- [12] M A Alfaro Siranvalle, "Introducción al Muestreo Minero", Santiago de Chile 2002, Instituto de Ingenieros de Minas de Chile..
- [13] Republica de Colombia, Ministerio de Transporte, Instituto Nacional De Vias, "Normas de ensayo de materiales para carreteras". Santa fe de Bogotá, D. C., 1998.
- [14] Icontec, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación "Listado de Normas Técnicas Colombianas"
- [15] Normas ASTM American Estándar Testing Materials.