

PERFIL DE MERCADO DEL

SÍLICE



# ÍNDICE

	<b>Pag.</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	i
<b>I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MINERAL</b>	
I.1 FICHA TÉCNICA	1
I.2 VARIEDADES	3
I.3 POTENCIAL GEOLÓGICO MINERO	5
I.4 PROCESOS PRODUCTIVOS	10
I.5 PRINCIPALES USOS	13
I.6 MARCO LEGAL NORMATIVO	29
I.7 NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES	30
I.8 IMPUESTO ARANCELARIO APLICADO EN EL MARCO DE LOS TRATADOS DE LIBRE COMERCIO SUSCRITOS POR MEXICO	32
<b>II. MERCADO</b>	
II.1 PANORAMA DEL MERCADO INTERNACIONAL	33
II.2 MERCADO NACIONAL	35
II.3 COMERCIO EXTERIOR	36
II.4 PRECIOS	38
II.5 CANALES DE COMERCIALIZACIÓN	38
II.6 PROBLEMÁTICA QUE PRESENTAN LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES	39
<b>III. CONCLUSIONES</b>	39
 ANEXO ESTADÍSTICO	

## RESUMEN EJECUTIVO

El cuarzo  $\text{SiO}_2$  es el principal constituyente de las arenas de sílice y procede de rocas ricas en sílice, tanto intrusivas como extrusivas y de sedimentarias como las areniscas. Es por causa de su estabilidad química y física el mineral detrítico más abundante, y entre todos los minerales casi el único que constituye un compuesto químico puro, ya que su composición suele ser 100% de  $\text{SiO}_2$  (46.7% de Si y 53.3% de  $\text{O}_2$ ).

El cuarzo o bióxido de silicio  $\text{SiO}_2$  cristaliza en el sistema trigonal, Tiene una dureza de 7 en escala de Mohs; peso específico de 2.65; índice de refracción de 1.548, carece de exfoliación evidente; tiene propiedades piroeléctricas y piezoeléctricas. Sus usos son en la industria del vidrio y cerámica, metalúrgica y fundición, construcción, abrasivos, arena de filtración, entre otros.

La producción nacional de sílice en 2013 fue de 2.9 millones de toneladas, 18.2% menor en relación al 2012. Los principales estados productores son Coahuila (35.65%), Veracruz (55.35%) y Nuevo León (6.55%).

La balanza comercial del sílice es deficitaria. En el 2013, las exportaciones sumaron 2.2 millones de dólares (104.9% mayor en relación a 2012), las importaciones ascendieron a 97 millones de dólares (0.2% mayor respecto a 2012), resultando un saldo deficitario de 94.8 millones de dólares.

En el 2013, las exportaciones fueron hacia EU (61.75.9%), Panamá (2.37%), Guatemala (1.66%), Colombia (4.64%), España (4.92%), Perú (4.86%), Italia (2.51%) y otros (17.28%). Las importaciones fueron de origen EU (95.41%), Reino Unido (0.42%), Taiwán (2.44%), Japón (0.37%), China (0.56), otros (0.80%).

El proceso de extracción de sílice requiere de cuantiosas inversiones en maquinaria y equipo para poder mover los grandes volúmenes de arena, así como para lograr los grados de pureza y de calidad que requieren las industrias. Por tal razón, sería importante diseñar políticas de fomento y desarrollo que les permitan obtener mayor calidad en sus productos y con ello incorporarse a la cadena productiva.

## I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MINERAL

### I.1 FICHA TÉCNICA

El cuarzo  $\text{SiO}_2$  es el principal constituyente de las arenas de sílice y procede de rocas ricas en sílice, tanto intrusivas como extrusivas y de sedimentarias como las areniscas. Es por causa de su estabilidad química y física el mineral detrítico más abundante, y entre todos los minerales casi el único que constituye un compuesto químico puro, ya que su composición suele ser 100% de  $\text{SiO}_2$  (46.7% de Si y 53.3% de  $\text{O}_2$ ).

Aparece con frecuencia como mineral de ganga en los yacimientos metalíferos. El cuarzo presenta impurezas aún en los cristales más perfectos, como Li, Na, K, Al, Fe, Mn, Ti, Ca y Mg, con frecuencia inclusiones de rutilo, hematita, clorita y mica.

El cuarzo o bióxido de silicio  $\text{SiO}_2$  cristaliza en el sistema trigonal. Se presenta en cristales prismáticos terminados generalmente en una combinación de romboedros positivos y negativos que en ciertas ocasiones tienen idéntico desarrollo y producen el efecto de una bipirámide hexagonal. Tiene una dureza de 7 en escala de Mohs; peso específico de 2.65; índice de refracción de 1.548, carece de exfoliación evidente; tiene propiedades piroeléctricas y piezoeléctricas.

El color del cuarzo varía de incoloro a blanco lechoso, amarillo, morado y gris. Las variedades transparentes o traslúcidas microcristalinas tienen nombres especiales como: variedad cristalina, cristal de roca, cuarzo rutilado, ojo de gato, venturina, cuarzo ferrífero, citrino, cuarzo ahumado, amatista y cuarzo rosa.

La arena sílica no en todos los casos se utiliza como agregado único. En muchas ramas industriales se utiliza como aglutinado con sustancias generalmente arcillosas; la elaboración de ladrillo refractario y piezas de moldeo constituyen dos ejemplos de su utilización. En este aspecto, la pasta es capaz de soportar unos cuantos grados de fusión de cono pirométrico a la temperatura de 1,710° a 1,730° C, y que puede utilizarse en condiciones de seguridad en estructuras hasta los 1,650° C (3,002° F).

La arena sílica tiene muchas aplicaciones industriales. Este mineral es útil debido a sus propiedades inherentes, entre las cuales se pueden citar las siguientes: es químicamente inerte en un rango muy amplio de pH, lo que permite su aglutinamiento sin dejar residuos ajenos a la mezcla, conservando sus características físicas, aún en condiciones de carga y temperatura refractaria; molida se emplea como material de relleno en pastas de pulir, así como filtro de líquidos y para tratamientos abrasivos en la forma de chorros de arena. Una de las propiedades más importantes es su resistencia, por lo que se extraen grandes volúmenes para ser utilizados en la industria de la construcción, principalmente para la elaboración de ladrillos silicocalcáreos que sobrepasan los estándares de resistencia de otro tipo de materiales; mientras que un ladrillo de construcción estándar resiste una compresión de 160 kg/cm<sup>2</sup>, el ladrillo silicocalcáreo específica de 320 a 350 kg/cm<sup>2</sup>, según sea su aglutinamiento y la selección de mineral.

Los requerimientos que establecen las industrias consumidoras son muy específicos y particulares. El uso en cada rama industrial es diverso, utilizándose como materia prima, producto terminado y en algunos casos se llega a usar sin eliminar los contaminantes. El empleo de las arenas de sílice se da principalmente en las industrias del vidrio y cerámica, metalúrgica y fundición, construcción, abrasivos, productos químicos a base de sílice, industria del petróleo y electrónica.

## I.2 VARIEDADES

La sílice se puede encontrar en la naturaleza en tres formas principales:

### **Puras**

Bajo esta forma se localiza como cristal de roca o veta de cuarzo, en donde el mineral es obtenido del núcleo central de pegmatitas zonales, de vetas, diques y tapones de dentro de otras rocas. Se cree que los principales depósitos se formaron por procesos hidrotermales, algunos depósitos aparecen como relleno de fisuras y relleno de cavidades y en menor medida en cuerpos de reemplazamiento metasomático. La principal fuente de cuarzo puro son las intrusiones graníticas asociadas a pegmatitas microclínicas. Las vetas macizas de cuarzo de origen hidrotermal tienen una estructura zonal constituida por varias generaciones de cuarzo.

### **Arenas no consolidadas**

La arena sílica con estas características comprende el material de cuarzo que ha sido segregado o desprendido de rocas de diversos orígenes y que ha sido refinada por procesos de intemperismo y erosión. Este tipo de arenas se concentran para formar yacimientos casi monomineral de aceptable pureza. La forma desconsolidada se presenta en forma de arena de ríos, playas y dunas.

### **Rocas consolidadas**

En este tipo de rocas destaca la cuarcita, la cual es una roca metamórfica de gran dureza, derivada de la arenisca formada por la consolidación de areniscas cuarzosas. La cuarcita presenta un amplio rango de variación en textura, friabilidad, color y pureza química en función del material presentado en la cementación, tamaño del grano y composición mineral de la roca de arena donde se encuentra originalmente.

La arenisca es una roca sedimentaria compuesta principalmente por granos de cuarzo segmentados y unidos por materiales silícicos, ferruginosos, calcáreos y arcillosos. Sus impurezas detríticas comunes son los feldespatos, micas y una amplia variedad de minerales pesados. El grado de dureza de la arenisca varía desde extremadamente cementada hasta mineral pobremente consolidado.

### Formas comerciales:

Cristal de cuarzo	Grava sílica	Arena sílica	Harina sílica
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuarzo fundido</li> <li>• Electrónica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundición</li> <li>• Aleaciones</li> <li>• Ladrillado</li> <li>• Agregados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vidrio y fibra de vidrio</li> <li>• Textil</li> <li>• Filtración</li> <li>• Sandblasteo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerámica,</li> <li>• Alfarería</li> <li>• Material de carga</li> <li>• Abrasivo</li> </ul>

### Otras formas

La micro sílice es un mineral compuesto de esferas de bióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) ultrafino, amorfo y cristalino, producido durante la fabricación de silicio o ferrosilicio. Este proceso involucra la reducción de cuarzo de alta pureza en hornos de arco eléctrico a temperaturas superiores a 2,000°C.

La micro sílice se forma cuando el gas  $\text{SiO}$  producido conforme el cuarzo se reduce, se mezcla con el oxígeno en la parte superior del horno. En este punto el  $\text{SiO}$  se oxida a  $\text{SiO}_2$ , condensándose en partículas esféricas puras de micro sílice que forman la mayor parte de los vapores o humo del horno. De aquí los nombres alternos para el material (vapores de sílice condensados o vapores de sílice).

El tamaño promedio de partícula está por debajo de 0.5 micras, lo que significa que cada micro esfera es 100 veces más pequeña que un grano de cemento promedio. En una mezcla típica, con dosificación de 10% de micro sílice, habrá entre 50,000 y 100,000 partículas de micro sílice por grano de cemento. La calidad de las materias primas y la operación de los hornos determinan la pureza de la micro sílice.

Las esferas ultrafinas de micro sílice trabajan llenando los huecos entre los granos de cemento reduciendo los vacíos en el concreto fresco. Las partículas actúan como balines de chumacera y mientras hacen al concreto mucho más adherente, realmente le dan más movilidad a la mezcla permitiendo que el concreto fluya más fácilmente al aplicarle energía.

La micro sílice es una puzolana. Esto significa que reaccionará con el hidróxido de calcio derivado de la hidratación del cemento y formará más del silicato de calcio hidratado que mantiene unido al concreto.

Esto densifica la estructura completa del concreto, resultando en una resistencia mayor y reducciones significativas en permeabilidad. Los aumentos en resistencia pueden ser desde 20 hasta 50% al usar micro sílice como una simple adición.

### **I.3 POTENCIAL GEOLÓGICO MINERO**

Durante 2013, la producción nacional de sílice en México fue de 2,937,949 ton, de las cuales, los principales estados productores fueron Coahuila con una



participación del 35.65%, Veracruz con el 55.35%, sumando entre los dos el 91.01% del total de la producción en nuestro país.



## Coahuila

En el municipio de Hidalgo, en la parte noreste del estado de Coahuila, a 60 km en línea recta al N45°W de la ciudad de Nuevo Laredo, Tamps. Los afloramientos corresponden a areniscas del Eoceno, probablemente pertenecientes a la Fm. Carrizo, dentro de la cual se encuentran las areniscas "Once Lomas", que son unas arenas de dunas y que corresponden a los cuerpos de interés económico. De acuerdo a los trabajos de evaluación geológica se cubicaron 1,290,000 toneladas con leyes promedio de 95.43% de SiO<sub>2</sub>, 0.28% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y 3.52% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. En el municipio de Ocampo Coah., el yacimiento es originado por la alteración in situ de rocas ígneas sometidas a intemperismo químico, por lo que los feldspatos fueron transformados a montmorillonita y por efecto de lixiviación bajo condiciones ácidas se desintegran los minerales arcillosos y se separan el Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ocasionando así el enriquecimiento del sílice. La ley promedio de SiO<sub>2</sub> es 75.19%, de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es 7.16% y de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es 2.36%.

## Veracruz

El distrito minero de Jaltipan es la principal zona productora de sílice. La arena sílica de la región se aloja en la Fm. Filisola del Mioceno medio. Son arenas de origen marino provenientes de aguas someras, su formación se debió al proceso de intemperismo y erosión. La arena sílica explotada presenta acumulación de óxido de hierro en capas superficiales, provocando un color rojizo a la vista, siendo necesario realizar un proceso de lavado y/o flotación para eliminar el óxido de hierro.

En Sayula de Alemán, dentro del distrito minero de Jaltipan en la zona mineralizada de Almagres, la arena sílica presentan un alto contenido de hierro, por ello se ha especializado en el sílice para fundición. La mayor parte de la arena sílica de Sayula de Alemán se encuentra en forma de material mal consolidado.

Dentro de esta misma zona mineralizada se encuentra la ciudad de Acayucan donde también se explota arena sílica.

Otros yacimientos de sílice se localizan en la ciudad de Coatzacoalcos, el cual es utilizado para “sandblasteo”.

### **San Luis Potosí**

En el municipio de Villa de Reyes el depósito de arena sílica es de origen residual, el cuál está acompañado de arcillas, micas y materia orgánica, cuyas arenas fueron concentradas a partir de la descomposición y arrastre de las riolitas. La forma que adopta el depósito es tabular, cuyas dimensiones están definidas a lo largo y ancho del predio con un espesor que varía de 0.20 m a 0.60 m.

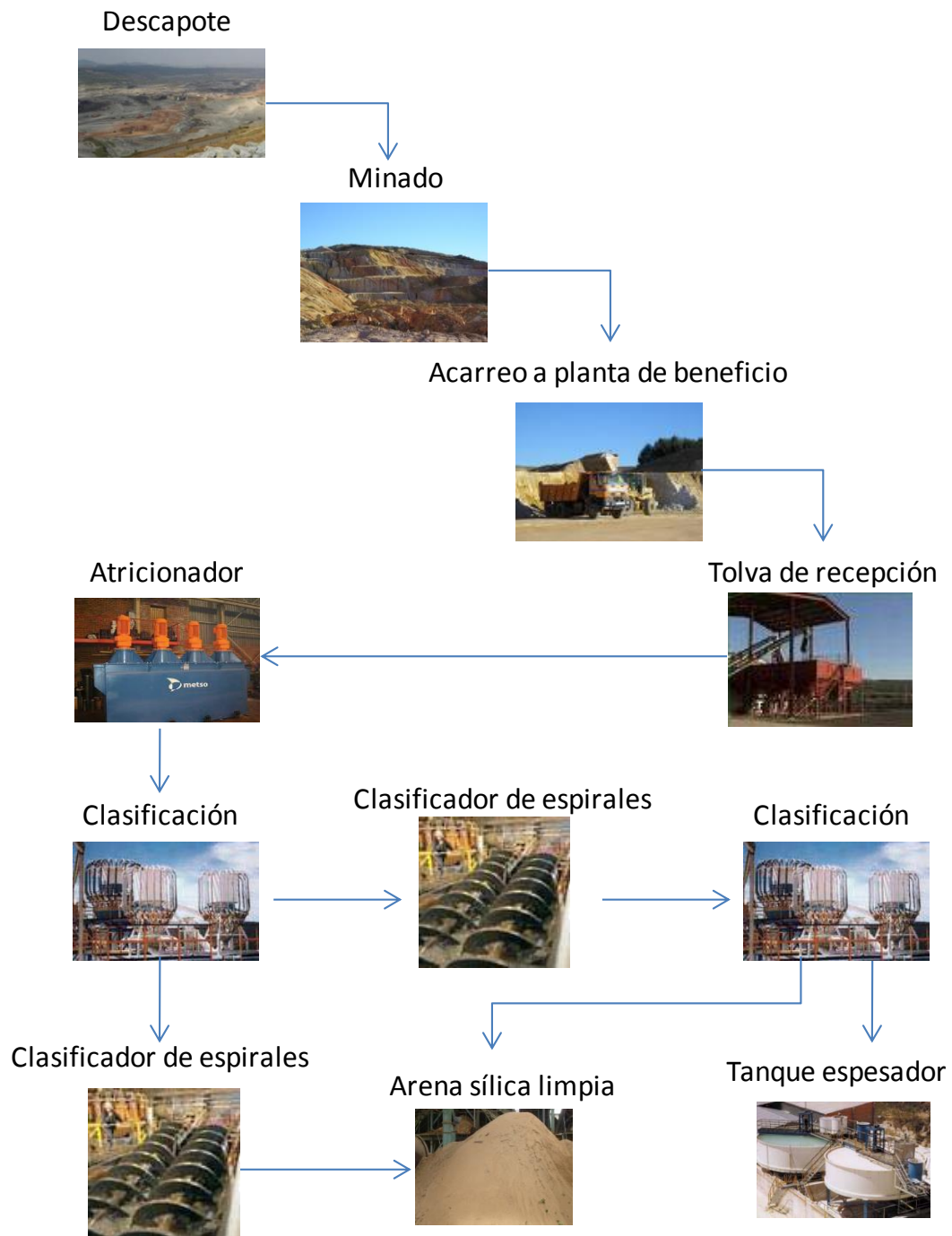
En la localidad de Gogorrón, municipio de Villa de Reyes, se localizan mantos de arena sílica constituidos por arenas de origen residual y espesores variables, formadas in situ, a partir de la desintegración de rocas volcánicas y areniscas; depositadas en la parte central del valle y presentan una actitud sensiblemente horizontal. El material consta de un 60 % de sílice y 40 % de arcilla. El potencial tiene un volumen de 356,000 m<sup>3</sup> y los resultados del laboratorio arrojaron entre 61.94 y 65.04 % de SiO<sub>2</sub>.

### **Guanajuato**

En San José Iturbide se tiene un yacimiento cuya mineralización es arena sílica y feldespatos, actualmente en explotación, este yacimiento se encuentra encajonado en tobas riolíticas e ignimbritas del Terciario, tienen un contenido promedio en las tobas de 50% de sílice y 40% de feldespatos.

Los productos finales son: sílice con una pureza de 98% y feldespato con impurezas de 18% de alúmina y de 0.75 al 0.15% de  $\text{FeO}_2$ . Actualmente la planta que está instalada en este lugar tiene una capacidad de producción de 10,000 ton/mes. De acuerdo a las características geológicas del yacimiento éste cuenta con un potencial de reservas tentativamente conservadoras de 10´000,000 de toneladas.

## I.4 PROCESO PRODUCTIVO



### **Descapote**

Consiste en mover el material estéril que cubre al yacimiento, se lleva a cabo con explosivos y maquinaria pesada (buldózer), lo cual depende del grado de consolidación en que se encuentre el material. Una parte importante de esta operación es la localización del lugar en donde se desechará este material, ya que la distancia que se tenga para el acceso al tiradero y los trastornos ecológicos que puede producir, podría afectar el buen funcionamiento de la mina.

### **Minado**

Al igual que el desencape podría requerir del uso de explosivos. Cuando el mineral es consolidado, el minado se realizará con explosivos y equipo de barrenación, además del buldózer y cargador frontal; cuando se trate de material no consolidado se hará con buldózer y cargador. En el primer caso, el ciclo de producción será: barrenación, voladura y traslado del mineral a la planta. En el segundo caso, con el buldózer se remueve el mineral y se transporta en camiones a la planta.

Una parte importante de esta operación es la coordinación entre el desencape y el minado ya que el equipo sería el mismo para ambas operaciones, si se trata de pequeña minería, y en la coordinación de ambas etapas se trata de maximizar la utilidad de éste, de tal forma que en el primer turno laboral el equipo desencape y en el segundo se utilice en el minado o viceversa, con el objetivo de no dejar a la mina sin lugares de producción.

### **Acarreo a planta**

Se procede a llevarlo a la planta de beneficio, calculando transportar el mineral necesario de acuerdo a las necesidades de producción, usando equipo como buldózers, cargadores frontales y camiones para acarreo.

### **Beneficio**

El mineral obtenido en los bancos de producción es trasladado a la planta y almacenado en una tolva, donde empieza el procesamiento del material:

### **Limpieza**

La arena es trasladada de las tolvas a los atricionadores, los cuales agitan el material por medio de propelas y agua, limpiando las arcillas que pudieran venir adheridas a los granos de sílice.

### **Clasificado**

Después de pasar por el atricionador, la pulpa resultante se bombea a un hidroclasificador que separará directamente los granos más gruesos de la arena limpia. Posteriormente se llevará a un clasificador de espirales donde se separa la hematita ( $F_2O_3$ ), dejando un máximo de 0.015% en esa arena, considerándose un producto para trasladarse al proceso de secado.

El material fino que proviene de la primera clasificación es llevado a otro proceso similar con espirales, donde se continúa separando la hematita. En este caso se separan las partículas más finas, dejando un máximo de 0.02% en la arena.

### **Clasificado final y recuperación de agua**

La pulpa que viene del clasificador de espirales anteriormente descrito pasa a otro hidroclasificador, que separa completamente las lamas que son mandadas a un tanque espesador para recuperar agua y el concentrado que va como producto final a otro proceso de secado.

Los requerimientos que establecen las industrias consumidoras de sílice son específicos y particulares, y por lo tanto la planta genera una amplia gama con las especificaciones que cada industria demande.

## **I.5 PRINCIPALES USOS**

### **Industria del vidrio y cerámica**

Para la fabricación de vidrio se requiere de arena cuarzosa con características físicas y químicas muy uniformes, ya que la composición química del vidrio también tiene que ser muy constante para evitar defectos que serían evidentes, en los artículos de vidrio. Una continua variación en los contenidos de arena sílica permite efectuar frecuentes ajustes para balancear las fórmulas del vidrio. Si la arena tiene menos de 99% de  $\text{SiO}_2$ , no se califica de primera calidad.

Si el contenido de  $\text{SiO}_2$  es bajo, la arena puede tener considerables impurezas, lo que ocasiona defectos en la calidad de los artículos y además hace inoperante la producción por las continuas limpiezas de los hornos de fundición. La principal objeción de los fabricantes de vidrio está en el contenido de óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) en la arena sílica, ya que este compuesto provoca coloración en el vidrio o cristal. En algunos procesos se pueden aplicar decolorantes para controlar la pigmentación del óxido, a excepción de los productos como el vidrio plano o impreso, para los que no se admite tratamiento alguno.



Las cantidades tolerables de impurezas de óxido de hierro y titanio son mínimas y se aceptan para la fabricación de vidrio ámbar o de botella. Los compuestos de calcio y magnesio son nocivos en el caso de vidrios solubles, debido a que afectan esta propiedad. Los óxidos de aluminio menoscaban la transparencia y hacen más difícil la fundición. La composición química de las arenas de sílice para la fabricación de vidrio debe ser lo más uniforme posible.

A continuación se presentan las variaciones tolerables:

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
± 0.25%	± 0.10%	± 0.10%	± 0.10%

En cuanto a los porcentajes de especificación para los diferentes tipos de vidrio se presentan en la tabla siguiente:

## Especificaciones para arenas de vidrio de la Oficina de Normas de Estados Unidos

Tipo de vidrio. Calidad.	SiO <sub>2</sub> % Mín	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % Máx	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % Máx	CaO+MgO % Máx
Óptica	99.8	0.1	0.22	0.10
Cristal de mesa	98.5	0.5	0.035	0.20
Cristal de flint	95.0	4.0	0.06	0.50
Vidrio cilindrado, varilla y vidrio pulido	98.5	0.5	0.06	0.50
Vidrio para placas roladas y pulidas	95.0	4.0	0.06	0.50
Vidrio natural, vidrio para ventana	98.5	0.5	0.30	0.50
Vidrio natural	95.0	4.0	0.30	0.50
Vidrio verde	98.5	0.5	1.0	0.50
Vidrio ámbar	95.0	4.0	1.0	0.50

De los requisitos físicos más importantes de las arenas cuarzosas son el tamaño y la forma de los granos, objeto principal de la granulometría. En la siguiente tabla se establecen los límites de tamaño del grano requeridos para la fabricación de vidrio.

Malla Tyler N°	Abertura (mm)	Retención en la malla señalada
20	0.833	0%
42	0.351	20% Máximo
100	0.147	90% Mínimo
200	0.74	100%

Los porcentajes anteriores se refieren a granos comprendidos entre 0.2 mm a 0.5 mm con sólo un poco más del 1% entre 0.01 mm y 0.1 mm. Además de que los granos estén comprendidos en estos límites, se necesita también que cada carga

sea uniforme, ya que las fluctuaciones, aún dentro de estos límites, producen defectos en el vidrio.

Respecto a la forma es preferible para la industria del vidrio que los granos sean en general de forma angulosa y no redondeada, ya que esta última favorece la generación de burbujas imposibles de eliminar después, mientras que los granos angulosos funden en masas mucho más homogéneas.

Las arenas de sílice empleadas para la fabricación de cerámica se aplican básicamente para lograr en las piezas una máxima calidad de blancura y translucidez considerable, con vidriado duro resistente al choque térmico. Es posible con ello lograr piezas de porcelana pura, mediante la mezcla de arena cuarzosa con caolín, carbonato de calcio, feldespato, dolomita, magnesita y talco, entre otros.

Las mezclas cerámicas que se pueden lograr con esos elementos incluyen los destinados a la fabricación de aisladores eléctricos de porcelana, bujías de encendido y condensadores, etc.

### **Industria metalúrgica y de fundición**

La sílice utilizada en esta industria es como grava de cuarzo, con diámetros de 2 a 4 mm, para la fabricación de ferroaleaciones; arena sílica para elaborar moldes y corazones de diferentes piezas fundidas y también arena sílica como materia prima en la fabricación de refractarios.

El mineral que se utiliza en la carga para la fabricación de ferrosilicio son gravas de cuarzo con contenido no menor del 95% de  $\text{SiO}_2$ , no mayor de 0.02% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (pentóxido de fósforo) y una menor cantidad posible de impurezas escorificantes

de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (alúmina), debiendo cumplir además especificaciones del tamaño de la partícula entre  $+1/2''$  y  $-2''$ .

El ferrosilicio se emplea para desoxidar y alear el acero y en calidad de reductor al fabricar algunas ferroaleaciones. En los hornos eléctricos se obtiene el ferrosilicio de diferentes calidades, de acuerdo a su contenido de sílice, que varía de 18 a 45%, 75%, 80% y 90%.

El contenido de sílice en el ferrosilicio determina el uso que ha de dársele a éste; así, el que contiene 45% o menos se emplea para la desoxidación de aceros y los de mayor grado se utilizan como elemento aleante.

La selección de las materias primas utilizadas en la preparación de moldes para fundición, como arenas naturales y aglutinantes básicamente de bentonita, tiene que ser consecuencia de un análisis respecto a la forma en que dichos materiales deben responder a diferentes factores que influyen notablemente, como diseño y tamaño de la pieza, tipo de metal requerido, temperatura de vaciado y método de moldeo.

La principal ventaja de utilizar arena sílica para fundición es la resistencia del mineral aglutinado a la presión metalostática del metal que se está colocando y que es suficientemente permeable para permitir el escape de vapores y gases, aparte que la textura y composición del molde permite un vaciado íntegro, suave y sin reacción térmica de choque.

En la industria de fabricación de refractarios, el ladrillo de sílice es un producto capaz de soportar una carga de  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  y  $50 \text{ lb/pulg}^2$ , hasta llegar a unos cuantos grados por debajo de su punto de fusión de cono, esto es, de  $1,710^\circ$  a  $1,730^\circ\text{C}$  ( $3,100^\circ - 3,146^\circ\text{F}$ ) y puede utilizarse en condiciones de seguridad en

estructuras hasta los 1,650°C (3,002°F). No sufre contracción alguna a temperaturas que llegan hasta su punto de fusión y presenta una elevada resistencia al choque térmico en el intervalo de 600° - 1,700°C (1,112° - 3,092°F).

Ofrece una resistencia notable al ataque de los principales fundentes de hornos de acero, a saber, el óxido de hierro, la cal y las escorias ácidas en general, junto con una alta resistencia a la abrasión. Es atacado fácilmente por las escorias básicas y por el flúor. Su conductividad térmica a temperaturas altas es aproximadamente 25% mayor que la de la arcilla refractaria. Su única limitación sería la escasa resistencia al choque térmico por debajo de los 600°C (1,112°F) o por debajo de los 300°C (572°F) en el caso de un ladrillo muy cocido.

Las arenas cuarzosas para la elaboración del ladrillo refractario de sílice requieren una granulometría de 45% de agregados gruesos, 10% de tamaños medios y 45% de finos. Los retenidos de partícula en tamices corresponden a los siguientes:

	Límites (%)	
Retenido por el tamiz de 6 mallas	13	9
De 6 a 20 mallas	28	17
De 20 a 60 mallas	11	25
De 60 a 120 mallas	14	11
Pasado por el tamiz de 120 mallas	34	38
	100	100

La especificación comparativa de ladrillos refractarios de semisílice y sílice con su equivalente en arcilla, es la siguiente:

730°C (3,100° - 3,146°F) y puede utilizarse en condiciones de seguridad en estructuras hasta los 1,650°C (3,002°F). No sufre contracción alguna a temperaturas que llegan hasta su punto de fusión y presenta una elevada resistencia al choque térmico en el intervalo de 600° - 1,700°C (1,112° - 3,092°F). Ofrece una resistencia notable al ataque de los principales fundentes de hornos de acero, a saber, el óxido de hierro, la cal y las escorias ácidas en general, junto con una alta resistencia a la abrasión. Es atacado fácilmente por las escorias básicas y por el flúor. Su conductividad térmica a temperaturas altas es aproximadamente 25% mayor que la de la arcilla refractaria. Su única limitación sería la escasa resistencia al choque térmico por debajo de los 600°C (1 112°F) o por debajo de los 300°C (572°F) en el caso de un ladrillo muy cocido.

Las arenas cuarzosas para la elaboración del ladrillo refractario de sílice requieren una granulometría de 45% de agregados gruesos, 10% de tamaños medios y 45% de finos. Los retenidos de partícula en tamices corresponden a los siguientes:

	Límites (%)	
	Retenido por el tamiz de 6 mallas	13
De 6 a 20 mallas	28	17
De 20 a 60 mallas	11	25
De 60 a 120 mallas	14	11
Pasado por el tamiz de 120 mallas	34	38
	100	100

La especificación comparativa de ladrillos refractarios de semisílice y sílice con su equivalente en arcilla, es la siguiente:

### **Industria de la construcción**

Consume grandes cantidades de arena de baja calidad para incorporarla a las mezclas de concreto, fabricación de asbesto, asfalto, pisos y techos, también se utiliza como relleno en cemento a prueba de ácidos (cemento hidráulico) y mezclas para pavimentos. Una de las aplicaciones más recientes de la arena sílica en esta industria es la relacionada a la elaboración de ladrillo sílicocalcáreo a partir de un proceso alemán para sinterizar el grano de sílice con cal. La mezcla de estos elementos permite lograr una resistencia significativamente mayor del ladrillo de construcción convencional de 120kg/cm<sup>2</sup>, a 350kg/cm<sup>2</sup>, del silicocalcáreo.

La arena sílica mezclada con resina epóxica es usada para reparar grietas, fisuras y mejorar superficies de concreto dañadas o que debido al perfil del sustrato así se requiera, mejorando las condiciones de superficie antes de aplicar los recubrimientos de acabado epóxicos o de poliuretano.

### **Industria de abrasivos**

Las arenas de sílice no son un material que se pueda considerar único en la producción de abrasivos. En comparación de dureza se utilizan con mayor ventaja otros minerales como el granate y el esmeril. Sin embargo, se usa por su menor precio y mayor disponibilidad. Se emplea para fabricar papel de lija, así como para limpieza y abrasivo a base de chorros de arena (sandblast), donde se sopla la arena con aire a presión.

### **Productos químicos a base de sílice**

La arena sílica se utiliza en este sector para la elaboración de productos silicosos intermedios, como el silicato de sodio, cloruro de silicio, compuestos organosilicosos y en particular los silicones y sílica gel. El silicato de sodio se produce fundiendo arena sílica con carbonato de sodio a 1,200° - 1,400°C. Se puede variar la concentración de Na<sub>2</sub>O a SiO<sub>2</sub> para obtener una amplia gama de productos.

La mayor parte de los demás productos químicos a base de sílice se fabrican con productos silicosos intermedios. El tetracloruro de silicio se prepara por la coloración de silicio, ferrosilicio y carburo de silicio. Actúa como agente modificador y como agente deshidratador en pinturas y es el punto de partida en la producción de compuestos organosilícicos, en particular los silicones, donde se mezcla con cloruro de metilmagnesio bajo ciertas condiciones específicas para formar el compuesto de metiltriclorosolano. Los silicones elaborados con silicio y cloruro de metilo se emplean para fabricar telas de alta permeabilidad e inmanchables; en la elaboración de pulimentos, cosméticos, lubricantes de alta temperatura y recubrimientos antiadherentes para aislantes térmicos.

La sílice activada se fabrica agitando una solución muy diluida de silicato de sodio neutro con un precipitador, como ácido sulfúrico, cloro o bióxido de carbono y que se usa para ayudar en la coagulación de procesos de tratamiento de aguas. La sílica gel se utiliza como absorbente de humedad o desecador, en particular en plantas para el secado de gases.

Es una materia prima muy importante en la composición de las fórmulas de detergentes, pinturas, hormigones y morteros especiales, y constituye la materia



prima básica para la obtención del silicio, así mismo es la base para la fabricación de refractarios de sílica y arenas de modelo, dado su alto punto de fusión.

La sílica gel es una forma de sílice granular y porosa hecha sintéticamente del silicato de sodio. A pesar del nombre, la sílica gel es un sólido. Se encuentra comúnmente como granos embalados de un plástico semipermeable. En esta forma, se utiliza como un desecante para controlar humedad local para evitar los desperdicios.

### **Industria del petróleo**

La industria petrolera es la principal consumidora de arena sílica para sus procesos de cementación y fracturación de pozos. El proceso consiste en inyectar arena sílica de grano redondo y uniforme. La especificación para esta industria requiere granulometría comprendida de la malla 12 a la 20 (1.397 - 0.833 mm) y de la 20 a la 42 (0.833 - 0.351 mm) cuando el pozo ha bajado su producción y de esta forma pueda estimular su producción normal.

### **Industria eléctrica**

La demanda de productos cerámicos a base de arena sílica y caolín en la industria eléctrica ha venido en aumento tanto en cantidad como en calidad. A medida que se incrementa el número de aplicaciones ha aumentado también la necesidad de combinación, principalmente para la fabricación de aislantes de baja y alta tensión eléctrica capaces de resistir los voltajes domésticos normales, hasta unos 440 volts. Los materiales sin vidriar para su utilización en condiciones secas incluyen accesorios aisladores para cables al descubierto o cables de cabeza y tubo; aisladores pequeños para paredes, soportes de cables, bobinas, carretes, casquillos, cajas de distribución, cajas de interruptores, fusibles y planchas eléctricas, entre otros.

Los productos vidriados para uso eléctrico comprenden piezas que soportan voltajes superiores a los 66,000 volts; entre éstas se incluyen aisladores de entrada, piezas de transformadores y partes de interruptores de circuito.

### **Industria electrónica**

La sílice es el componente central en la mayoría de las fibras ópticas de vidrio. La mayoría de los circuitos integrados son pequeños trozos, o chips, de silicio, de entre 2 y 4 mm<sup>2</sup>, sobre los que se fabrican los transistores. En la elaboración de rectificadores de silicio debido a su bajo costo y alta fiabilidad.

El silicio es barato y duradero, pero es poco práctico a la hora de trabajar con elementos que operan casi a la velocidad de la luz. El arseniuro de galio, en cambio, es caro y frágil, pero conduce la electricidad mucho mejor que el silicio y emite luz. Una empresa telefónica ha podido manipular una fina lámina de aislamiento entre el silicio y el arseniuro de galio que permite mantener la estabilidad de ambos y hacerlos trabajar al unísono. El nuevo semiconductor cuesta la décima parte que el de arseniuro de galio puro, pero actúa casi con su misma velocidad, que es de unos 70 gigahercios, 35 veces por encima de los actuales dos gigahercios a que corren los procesadores más rápidos en los ordenadores personales. Este semiconductor puede tener aplicaciones en telefonía, almacenamiento de datos, láseres para productos de consumo, en medicina y electrónica del automóvil, entre otros.

Se ha conseguido crear un circuito lógico de ordenador con una sola molécula de carbono. Físicamente, el material usado es un nanotubo de carbono, una estructura con forma de cilindro 100,000 veces más fino que un cabello. Los nanotubos permiten teóricamente introducir 10,000 transistores en el espacio que hoy ocupa uno de silicio. Se cree que los futuros procesadores basados en los

nanotubos de carbono serán capaces de sustituir todas las funciones que hoy realiza el silicio, y puede que hagan muchas más debido a su tamaño.

En la elaboración de celdas solares para la obtención de energía convirtiendo la luz en electricidad. En la elaboración de tubos para lámparas, preformas de fibra óptica, dispositivos electro-ópticos y de precisión óptica.

En la fabricación de moduladores ópticos rápidos basados en la tecnología de silicio con un desempeño superior a 1GHz demuestra lo viable del silicio estándar como material para ofrecer los beneficios de los dispositivos ópticos de ancho de banda elevado a una gama más extensa de aplicaciones de computación y comunicación.

Los detectores de luz, dispositivos basados en la tecnología de semiconductores de silicio, producidos en gran escala, que convierten las señales de luz en señales eléctricas, son otra parte importante de la moderna imagen de la optoelectrónica del semiconductor.

Las ventajas de la tecnología de polisilicio respecto al actual estándar de silicio amorfo son impresionantes. La característica más notable es la claridad de la pantalla. Las pantallas de polisilicio presentan una resolución mucho más alta que las de silicio amorfo lo que trae consigo una mayor luminosidad e imágenes más definidas. Son más fiables que los estándares de pantallas actuales, utilizan menos energía y la pantalla puede ser mucho más delgada.

El transistor de película delgada (TFT) y pantalla de cristal líquido (LCD) son una variante de pantalla LCD que usa tecnología TFT para mejorar su calidad de imagen. Estas pantallas son un tipo de LCD de matriz activa, generalmente sinónimo de LCD, las cuales son usadas en televisores, visualizadores de pantalla

plana y proyectores, en computación los monitores de TFT están desplazando la tecnología de tubos de rayos catódicos (TRC) compitiendo rápidamente, y están comúnmente disponibles en los tamaños de 12 a 30 pulgadas. Desde 2006, han hecho las incursiones sobre el mercado de la televisión también. La distribución de los circuitos en un TFT-LCD es muy similar a la utilizada en la memoria DRAM. Sin embargo, en vez de realizar los transistores usando obleas de silicio, estos son fabricados depositando una película delgada de silicio sobre un panel de vidrio. Los transistores ocupan sólo una pequeña fracción del área de cada píxel y la película de silicio de la superficie remanente es eliminada permitiendo que la luz pase a través de ella. La capa del silicio para TFT-LCDs es para producir una película amorfa de silicio.

## **Medicina**

Debido a que es un componente principal del pelo, las uñas y el esmalte de los dientes, siempre se ha considerado que la absorción de sílice los fortalece. Otros terapeutas y autores sugieren que la sílice puede ayudar al crecimiento celular, nutrir la piel y para el dolor de oídos. Se administra tras operaciones ortopédicas y para aliviar el dolor de los músculos lumbares. La sílice orgánica OS5 se puede obtener ahora en forma de suplemento de sílice orgánico en base acuosa y puede administrarse por vía tópica o interna como complemento adyuvante en muchas dolencias en las cuales tradicionalmente se ha utilizado la sílice. Se recomienda especialmente como antiinflamatorio en la artritis, las lesiones de ligamentos y las torceduras musculares. La sílice se utiliza en la extracción de DNA (ácido desoxirribonucleico) y del RNA (ácido ribonucleico) debido a su capacidad de ligarse a los ácidos bajo presencia de agentes interruptores de estructuras moleculares. Como agente antiespumante. Se utiliza como un remedio homeopático para tratar sangre impura, uñas frágiles y la carencia del lustre en el cabello.

## **Alimentos**

Los aditivos alimenticios son sustancias agregadas al alimento para preservar el sabor o mejorar su sazón y aspecto.

## **Filtración**

La arena sílica es utilizada como un medio de filtración, la cual debe estar relativamente libre de arcilla, polvo y materia orgánica y micéica.

### Arena para filtración

Tamaño de grano típico		Composición química	
Tamaños (mm)	Coficiente de uniformidad	Tamaños (mm)	Coficiente de uniformidad
0.40 a 0.50	1.60 Máx.	SiO <sub>2</sub>	99.39
0.50 a 0.60	1.60 Máx.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.24
0.60 a 0.70	1.60 Máx.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.19
0.70 a 0.80	1.60 Máx.	TiO <sub>2</sub>	0.12
0.80 a 1.00	1.65 Máx.	CaO	0.01
1.00 a 1.50	1.70 Máx.	MgO	0.004
1.00 a 1.50	1.70 Máx.	MgO	
1.00 a 1.50	1.70 Máx.	Pérdida por ignición	0.046

#### Abrasivos

En la fabricación de piedras para afilar cuchillos, tijeras y herramientas para corte en jardines. En el afilado de superficies de corte y el pulido de superficies metálicas, en la manufactura y reparación de relojes, armas, máquinas y herramientas.

#### Otros usos

La arena sílica en forma de harina se emplea como relleno en plástico, hule, etc. La arena gradada se usa como medio filtrante en el tratamiento de agua potable y también se utiliza en la horticultura para nivelar el pH de los suelos. Otro uso es como ornamento en pastas de alta resistencia para revocar muros y fabricación de resinas de protección al desgaste.

La fibra de sílice se utiliza como materia prima para la elaboración de mantas y pantallas de protección y seguridad, las cuales tienen aplicaciones en la protección de maquinaria contra el fuego, para instalaciones, hoteles, casas,

cocinas y aquellas aplicaciones donde exista riesgo de fuego o exposición a proyecciones de alta temperatura.

### **Sustitutos**

El material que representa la mayor competencia para la arena de sílice es la piedra molida y se produce en una gran variedad de tipos y tamaños. La caliza molida es el sustituto más común como agregado en la construcción. La arcilla, la pizarra, el esquisto, la vermiculita, la perlita, la pómez natural y la escoria son otros materiales que también pueden sustituir a la sílice como agregado para concreto.

El zirconio y la mullita son materiales con mayor refractariedad que las arenas de sílice y se usan en moldeo para fundición cuando la temperatura y otras condiciones llegan a sobrepasar los límites de la arena de moldeo de sílice. Se encuentran otros productos minerales, naturales y óxidos metálicos como el granate molido y la diatomita que se emplean como medio filtrante, así como materia prima para cerámica y resinas. En refractarios se enfrentan con la arcilla, la bentonita y la diatomita, aunque estos productos suelen tener inconvenientes técnicos, sobre todo en el poco margen de choque térmico.

En el campo de los abrasivos hay varios materiales que pueden sustituir a la arena sílica, como son la alúmina, el carburo de silicio, el granate, el esmeril y el diamante.

Hay otras arenas que compiten con la arena sílica para usarse como material refractario y de moldeo, en particular de cromita, olivino y zirconio. Cada arena tiene sus ventajas y desventajas inherentes, según las condiciones de trabajo; aunque cabe mencionar que las arenas de zirconio, cromita y olivino resultan de manera natural más escasas, razón por la cual en total representan 5% del consumo total de arenas para moldeo, en tanto que la arena sílica representa el

restante 95%. La composición de colados que hacen uso de estos materiales es mayor al 5%, ya que el olivino, el zirconio y la cromita son esencialmente materiales de recubrimiento y en condiciones normales se usan con arena sílica como relleno.

El aluminio, el carburo del silicio y el silicomanganeso se pueden substituir por el ferrosilicio en algunas aplicaciones. El arseniuro de galio y el germanio son los substitutos principales para el silicio en semiconductores e infrarrojos.

## **I.6 MARCO LEGAL NORMATIVO**

En el Artículo 4o. de la Ley Minera, en el párrafo II, queda especificado que se sujetarán a ésta los minerales o grupos de minerales de uso industrial como el cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ). En el párrafo VI se incluye a los productos derivados de la descomposición de las rocas cuando su explotación necesite trabajos subterráneos, entre las que se encuentran las arenas de cuarzo.



## I.7 NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES

### NACIONAL

Clave	Título
NMX-C-330-1964	Arena de sílice
NMX-C-331-1964	Determinación de sílice en arena de sílice
NMX-P-025-1974	Arena silícea para la industria del vidrio
NMX-B-227-CANACERO-2006	Industria siderúrgica - Silicomanganeso-Especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-B-227-1994-SCFI).
NMX-B-048-CANACERO-2006	Industria siderúrgica – Ferrosilicio - Especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-B-048-1990).
NMX-B-234-CANACERO-2007	Industria siderúrgica - Calciosilicio y calciosilicomanganeso - Especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-B-234-1987).

### INTERNACIONAL (ASTM de Estados Unidos)

Clave	Título
C146-94 <sup>a</sup> (2004)	Método de prueba para análisis químico de arena para vidrio
C418-05	Método de prueba para resistencia a la abrasión del concreto para sandblasteo
C1564-04 (2009)	Guía para el uso de sellos de silicio para sistemas protectores de esmalte
F2038-00 (2005)	Guía para elastómeros de silicio, geles y espumas utilizados en aplicaciones médicas. Parte I - Formulaciones y materiales frescos
F2042-00 (2005)	Guía para elastómeros de silicio, geles y espumas utilizados en aplicaciones médicas. Parte II – Reticulación y fabricación
F2466-05	Práctica para determinar volátiles de silicio en caucho con silicio para aplicaciones de transportación
D6739-01 (2006)	Método de prueba para sílice – Valor de pH.
C416-97 (2007)	Clasificación de ladrillos refractarios de sílice.
C466-03 (2008)	Especificación para establecer químicamente morteros resistentes a la química del sílice y silicato.

## I.8 IMPUESTO ARANCELARIO APLICADO EN EL MARCO DE LOS TRATADOS DE LIBRE COMERCIO SUSCRITOS POR MÉXICO

FRACCIÓN	MÉXICO EU CANADA	MÉXICO COLOMBIA VENEZUELA	MÉXICO CHILE	MÉXICO BOLIVIA	MÉXICO COSTA RICA	MÉXICO NICARAGUA	MÉXICO UNIÓN EUROPEA	MÉXICO ISRAEL	MÉXICO GUATEMALA HONDURAS EL SALVADOR	MÉXICO AELC	MÉXICO URUGUAY	MÉXICO JAPÓN	RESTO DEL MUNDO IMPORTACIÓN EXPORTACIÓN
Arenas silíceas y arenas cuarzosas													
25051001*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 0
Los demás													
25059099*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 0
Cuarzo, excepto las arenas naturales													
25061001*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 0
En bruto o desbastadas													
25062001*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 0
Los demás.													
25062099*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 0
Con un contenido de silicio superior o igual al 99.99% en peso													
28046101**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 0

Nota: Es conveniente consultar los Tratados de Libre Comercio respectivos para profundizar en el conocimiento de los mismos.  
Las tablas anteriores son enunciativas más no limitativas.

El Tratado de Libre Comercio entre México, Colombia y Venezuela, firmado el 13 de junio de 1994, quedó sin efectos entre México y Venezuela a partir del 19 de noviembre de 2006, según el Diario Oficial de la Federación del 17 de noviembre de 2006.

\*Fracción arancelaria exenta de arancel para su importación a partir del 1 de enero de 2010 (Art. 2 Decreto DOF 24/XII/2008).

\*\*Fracción arancelaria exenta de arancel para su importación a partir del 2 de enero 2009 (Art. Primero DOF 24/XII/2008).

Fuente: [www.economia.gob.mx](http://www.economia.gob.mx)

## II. MERCADO

### II.1 PANORAMA DEL MERCADO INTERNACIONAL

#### ESTADOS UNIDOS<sup>2</sup>

La producción americana de sílice en 2013 ascendió a 49.5 millones de toneladas, con un incremento de 13.3% en relación a 2012. Los principales usos del sílice fue como sigue: Fracturamiento hidráulico 62%; vidrio, 16%; como arena de fundición, 9%; productos de construcción 2%; y otros usos, 11%.

Los principales estados productores fueron en orden descendente: Wisconsin, Illinois, Texas, Minnesota, Oklahoma, Arkansas, Michigan e Iowa en conjunto representan el 74% de la producción estadounidense.

#### Estadísticas de Estados Unidos Miles de toneladas

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013e/
Producción	30,100	30,400	27,500	32,300	43,800	50,700	52,500
Importación	511	355	95	132	316	306	144
Exportación	3,020	3,100	2,150	3,950	4,330	4,360	4,400
Consumo Aparente	27,600	27,700	25,500	28,500	39,800	46,600	48,200

e/ Estimado

Fuente: Mineral Commodity Sumaries, Sand 2014

Fuente: Mineral Commodity Summaries, 2014

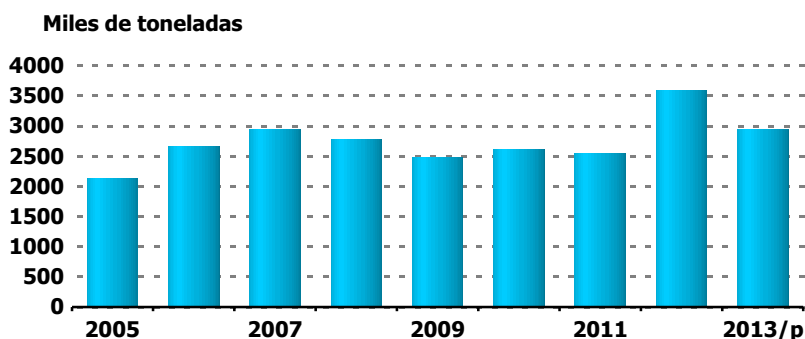
### Producción Mundial<sup>3</sup>

<i><b>País</b></i>	<i><b>2012</b></i>	<i><b>2013</b></i>
Estados Unidos	50,700	52,500
Australia	5,300	5,600
Canadá	1,590	1,600
Chile	1,270	1,200
República Checa	1,340	1,300
Finlandia	2,400	2,400
Francia	6,290	6,300
Gambia	1,200	1,200
Alemania	7,500	7,400
India	1,900	1,900
Italia	16,400	16,400
Japón	3,200	3,200
Malasia	1,200	1,000
México	3,590	3,600
Moldova	2,970	3,000
Noruega	1,000	1,500
Polonia	2,570	2,600
Sud África	2,600	2,200
España	5,000	5,000
Turquía	7,000	7,000
Reino Unido	3,760	3,800
Otros Países	10,000	10,100
<b>Total</b>	<b>139,000</b>	<b>141,000</b>

<sup>3</sup> Fuente: Mineral Commodity Summaries, 2014

## II.2 MERCADO NACIONAL

### Producción de Sílice en México 2005-2013



p/ Preliminar

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada SGM.

La producción nacional de sílice en 2013 fue de 2.9 millones de toneladas, 18.2% inferior en relación al 2012. Los principales estados productores son Veracruz (55.35%) Coahuila (35.65%), y Nuevo León (6.55%).

El Grupo Materias Primas de Unimin es el líder en la producción de sílice en el mercado nacional.

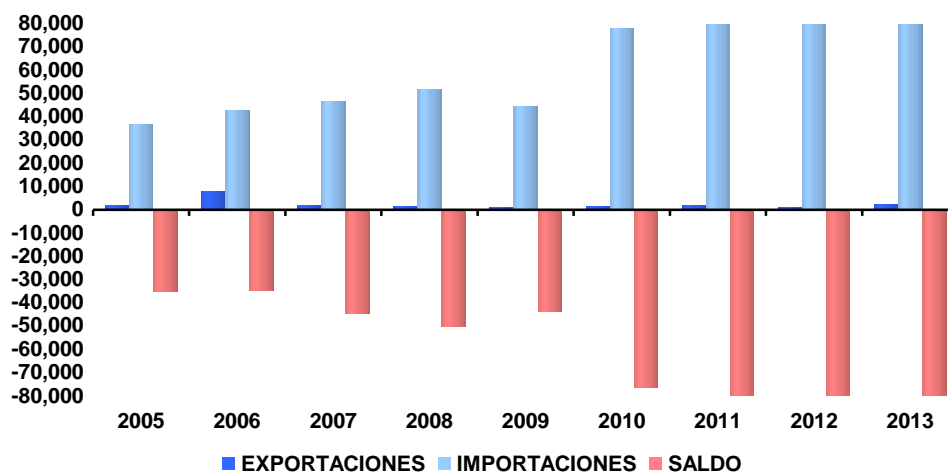
Principales empresas productoras de sílice en México:

Grupo Materias Primas de Unimin Corp.:	
Materias Primas Monterrey	Jáltipan, Ver.
Sílice Oriental	Acayucan, Ver.
Materias Primas Lampazos	Lampazos, N.L.
Minerales Industriales El Lechugal	El Lechugal, N.L.
Materias Primas San José	San José Iturbide, Gto..
Grupo FEMSA:	
Sílice del Istmo	Acayucan, Ver.
Sílice de Veracruz	Orizaba, Ver.

Fuente: Investigación de campo

## II.3 COMERCIO EXTERIOR

**Balanza Comercial del Sílice 2005-2013**  
(Miles de dólares)

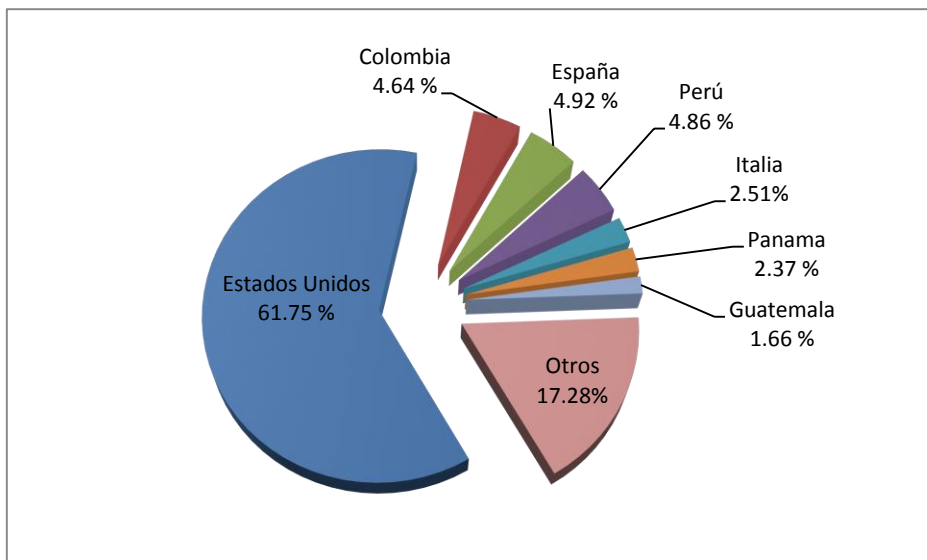


Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet. SIAVI.

La balanza comercial del sílice es deficitaria. En el 2013, las exportaciones sumaron 2.2 millones de dólares (104.9% superior en relación a 2012), las importaciones ascendieron a 97 millones de dólares (0.2% menor respecto a 2012), resultando un saldo deficitario de 94.8 millones de dólares.

El 83.28% de las exportaciones fueron de la fracción *25051001 Arenas silíceas y arenas cuarzosas* con 162,820 toneladas por un valor de 1,869,872 dólares; seguido por la fracción *71041001 Cuarzo Piezoeléctrico* por 18 toneladas con un valor de 76,565 dólares; *25061001 cuarzo* por 821 toneladas con un valor de 298,930 dólares.

### Exportaciones Mexicanas de Sílice en 2013 Por país de destino (2, 245,379 dólares)

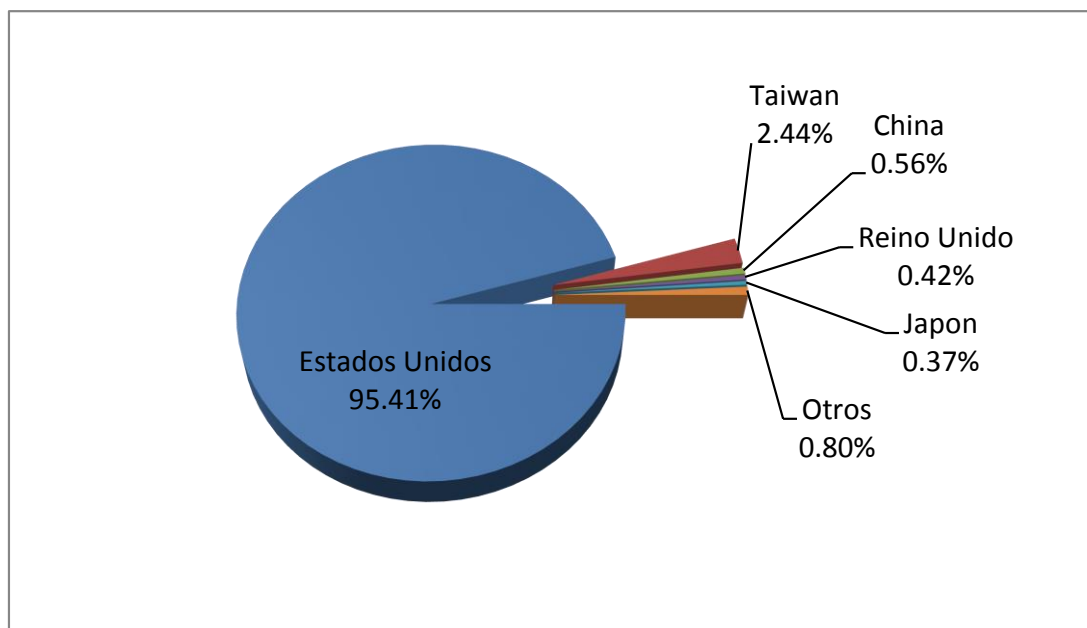


Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet. SIAVI.

El 94.8% de las importaciones mexicanas de sílice fue de la *fracción 25051001 Arenas síliceas y arenas cuarzosas*; 3.41% de la *fracción 711041001 Cuarzo Piezoeléctrico* y el 1.78% de la *fracción 25061001 Cuarzo*, dentro de los que tienen mayor porcentaje.



**Importaciones Mexicanas de Sílice en 2013  
Por país de origen  
(97,081,298 dólares)**



Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet SIAVI

## II.4 PRECIO

El precio generalmente es fijado por las industrias consumidoras, que son empresas consolidadas que incluso cuentan con yacimientos propios.

## II.5 CANALES DE COMERCIALIZACIÓN

Este es el caso entre los pequeños productores y la industria del vidrio.

I. PRODUCTOR → CONSUMIDOR

Los pequeños productores de sílice ofrecen su mineral a la industria del vidrio cumpliendo con los volúmenes y calidades que ésta fija.

El precio es establecido por la industria consumidora y el pago puede llevarse hasta un mes en realizarse.

## **II.6 PROBLEMÁTICA QUE PRESENTAN LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES:**

- El principal consumidor es la industria vidrio.
- La industria del vidrio fija el precio del mineral.
- Los pagos no son inmediatos, puede durar hasta un mes en realizarse.

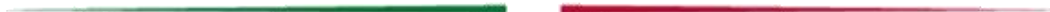
## **III. CONCLUSIONES**

- Tradicionalmente la pequeña minería y la minería social se dedican a la producción de minerales no metálicos, razón por la cual sería importante diseñar políticas de fomento y desarrollo que les permitan obtener mayor calidad en sus productos y con ello incorporarse a la cadena productiva.
- El proceso de extracción de sílice requiere de cuantiosas inversiones en maquinaria y equipo para poder mover los grandes volúmenes de arena, así como para lograr los grados de pureza y de calidad que requiere la industria.
- La mayor parte del sílice importado provino de Estados Unidos. De acuerdo a la opinión de algunas empresas, mexicanas existen razones que inciden en la preferencia de importar en lugar de adquirirlo en México. Algunas de estas razones son:

- Para algunos procesos industriales se requiere de un tipo de grano (grano redondo) que en México no existe.
  - En virtud que la mayoría de las empresas importadoras de sílice se encuentran en el norte de la República Mexicana, frontera con Estados Unidos, se generan menores costos por flete, además de contar con la seguridad de la calidad del producto y la garantía de los volúmenes que sean necesarios.
  - Algunas empresas argumentan que el mineral mexicano no es de buena calidad o no es apto para todas las industrias debido a su naturaleza arcillosa.
- La industria del vidrio es la principal consumidora nacional de sílice en la fabricación de:
    - vidrio plano, liso y labrado
    - fibra de vidrio y sus productos
    - envases y ampollitas de vidrio



**ANEXO ESTADÍSTICO**





**CUADRO 1**  
**BALANZA COMERCIAL DEL SÍLICE 2005-2013**  
**DÓLARES**

<b>CONCEPTO</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Exportaciones	1,847,596	8,328,541	1,884,509	1,346,212	1,007,239	1,472,884	2,005,677	1,095,765	2,245,379
Importaciones	37,059,850	43,224,216	46,494,594	51,216,833	44,386,114	77,708,889	96,057,312	97,298,832	97,081,298
Balanza Comercial	-35,212,254	-34,895,675	-44,610,085	-49,870,621	-43,378,875	-76,236,005	-94,051,635	-96,203,067	-94,835,919

Fuente: Sistema de Información arancelaria vía internet (SIAVI). Secretaría de Economía

**CUADRO 2**  
**EXPORTACIONES MEXICANAS DE SÍLICE POR FRACCIÓN 2005-2013**  
**DÓLARES**

<b>FRACCIÓN CONCEPTO</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
25051001 Arenas silíceas y arenas cuarzosas.	1,750,798	8,037,524	1,764,312	1,203,057	982,814	1,352,299	1,906,436	1,014,096	1,869,872
25061001 Cuarzo.	62,217	122,332	46,531	87,055	23,432	115,677	73,986	40,507	298,930
25062101 En bruto o desbastada.	0	9,911	0	0	0	0	0	0	0
25062999 Las demás.	16,372	156,452	54,140	0	0	0	0	0	0
28046101 Silicio superior o igual al 99% en peso	14,370	2,121	18,547	56,100	711	4,906	0	0	12
71041001 Cuarzo piezoeléctrico.	3,839	201	979	0	282	2	25,255	41,162	76,565
<b>Total</b>	<b>1,847,596</b>	<b>8,328,541</b>	<b>1,884,509</b>	<b>1,346,212</b>	<b>1,007,239</b>	<b>1,472,884</b>	<b>2,005,677</b>	<b>1,095,765</b>	<b>2,245,379</b>

Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

**CUADRO 3**  
**EXPORTACIONES MEXICANAS DE SÍLICE POR FRACCIÓN 2005-2013**  
**TONELADAS**

<b>FRACCIÓN CONCEPTO</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
25051001 Arenas silíceas y arenas cuarzosas.	42,462	208,010	113,847	88,543	60,025	103,657	162,917	122,956	162,820
25061001 Cuarzo.	94	137	89	93	69	264	311	80	821
25062101 En bruto o desbastada.	0	28	0	0	0	0	0	0	0
25062999 Las demás.	56	4,895	120	0	0	0	0	0	0
28046101 Silicio superior o igual al 99% en peso	23	1	14	26	0	3	0	0	0
71041001 Cuarzo piezoeléctrico.	2,121	122	42	0	464	0	43	23	18
<b>Total</b>	<b>44,756</b>	<b>213,194</b>	<b>114,113</b>	<b>88,662</b>	<b>60,559</b>	<b>103,924</b>	<b>163,271</b>	<b>123,059</b>	<b>163,659</b>

Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

**CUADRO 4**  
**EXPORTACIONES MEXICANAS DE SÍLICE POR PAÍS DE DESTINO 2005-2013**  
**DÓLARES**

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ESTADOS UNIDOS	1,688,009	2,325,864	1,591,128	1,098,106	656,611	1,195,195	1,322,071	832,623	1,386,535
COLOMBIA	86	530	76	4,124	14,750	37,590	67,113	16,387	104,109
ESPAÑA	1,000	0	6,125	188	0	41	27	207	110,580
PERU	0	0	0	0	2	2,048	0	0	109,224
ITALIA	0	149	0	6	4	18	13	0	56,353
PANAMA	176	0	452	22,801	12,377	16,418	198,902	59,811	53,300
GUATEMALA	5,512	64,132	77,831	128,935	139,188	52,138	12,782	40,666	37,380
OTROS	152,813	5,937,866	208,897	92,052	184,307	169,436	404,769	146,071	387,898
<b>TOTAL</b>	<b>1,847,596</b>	<b>8,328,541</b>	<b>1,884,509</b>	<b>1,346,212</b>	<b>1,007,239</b>	<b>1,472,884</b>	<b>2,005,677</b>	<b>1,095,765</b>	<b>2,245,379</b>

Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía





**CUADRO 5**  
**EXPORTACIONES MEXICANAS DE SÍLICE POR PAÍS DE DESTINO 2005-2013**  
**TONELADAS**

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ESTADOS UNIDOS	44,003	210,567	112,703	87,762	59,194	102,806	161,077	122,300	160,991
COLOMBIA	0	2	0	10	67	179	313	54	462
ESPAÑA	4	0	22	4	0	0	0	0	224
PERU	0	0	0	0	0	2	0	0	236
ITALIA	0	1	0	0	0	0	0	0	55
PANAMA	1	0	1	83	17	26	108	97	74
GUATEMALA	26	229	674	335	514	268	62	109	141
OTROS	721	2,394	714	467	767	643	1,711	499	1,476
<b>TOTAL</b>	<b>44,756</b>	<b>213,194</b>	<b>114,113</b>	<b>88,662</b>	<b>60,559</b>	<b>103,924</b>	<b>163,271</b>	<b>123,059</b>	<b>163,659</b>

Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

**CUADRO 6**  
**IMPORTACIONES MEXICANAS DE SÍLICE POR FRACCIÓN 2005-2013**  
**DÓLARES**

FRACCIÓN CONCEPTO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
25051001 Arenas síliceas y arenas cuarzosas.	34,965,178	41,348,803	44,667,722	48,897,392	42,625,928	74,221,111	93,268,360	92,374,752	92,029,675
25061001 Cuarzo.	745,480	485,845	645,715	1,029,098	1,029,883	1,246,013	1,181,407	1,149,907	1,726,098
25062101 En bruto o desbastada.	69,693	231,257	95,617	0	0	0	0	0	0
25062999 Las demás.	132,006	42,760	41,790	0	0	0	0	0	0
28046101 Silicio superior o igual al 99% en peso	29,524	2,432	2,570	15,700	64,157	42,005	10,166	2,342	16,434
71041001 Cuarzo piezoeléctrico.	1,117,969	1,113,119	1,041,180	1,274,643	666,146	2,199,760	1,597,379	3,771,831	3,309,091
<b>Total</b>	<b>37,059,850</b>	<b>43,224,216</b>	<b>46,494,594</b>	<b>51,216,833</b>	<b>44,386,114</b>	<b>77,708,889</b>	<b>96,057,312</b>	<b>97,298,832</b>	<b>97,081,298</b>

Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

**CUADRO 7**  
**IMPORTACIONES MEXICANAS DE SÍLICE POR FRACCIÓN 2005-2013**  
**TONELADAS**

<b>FRACCIÓN CONCEPTO</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
25051001 Arenas síliceas y arenas cuarzosas.	841,463	818,190	755,342	742,029	566,501	951,310	4,728,407	990,065	880,817
25061001 Cuarzo.	3,332	1,839	2,158	2,746	2,695	3,548	3,201	2,129	3,348
25062101 En bruto o desbastada.	179	587	224	0	0	0	0	0	0
25062999 Las demás.	138	71	46	0	0	0	0	0	0
28046101 Silicio superior o igual al 99% en peso	21	1	0	0	7	0	0	0	0
71041001 Cuarzo piezoeléctrico.	31,552	22,954	16,559	8,164	70	27	147	862	506
<b>Total</b>	<b>876,685</b>	<b>843,642</b>	<b>774,331</b>	<b>752,939</b>	<b>569,273</b>	<b>954,885</b>	<b>4,731,754</b>	<b>993,057</b>	<b>884,671</b>

Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

**CUADRO 8**  
**IMPORTACIONES MEXICANAS DE SÍLICE POR PAÍS DE ORIGEN 2005-2013**  
**DÓLARES**

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ESTADOS UNIDOS	35,622,304	41,618,246	44,885,573	49,554,359	43,253,750	74,876,060	93,768,419	92,607,517	92,622,279
TAIWAN	52,346	75,514	32,335	4,349	18,603	24,565	10,438	489,683	2,365,176
CHINA	68,169	110,881	44,994	27,610	16,760	330,589	29,852	155,890	547,492
REINO UNIDO	624,127	555,997	218,965	728,325	520,641	1,420,249	1,068,240	2,942,103	410,494
JAPON	2,745	13,780	8,049	15,931	68,979	183,664	30,563	48,465	358,310
BELGICA	117,841	148,311	145,809	244,979	136,748	172,327	349,718	243,630	253,439
CANADA	42,634	28,303	26,244	49,067	10,756	68,629	275,374	37,731	113,286
ALEMANIA	290,452	324,523	903,064	426,397	172,448	354,728	357,277	194,815	95,956
OTROS	239,232	348,661	229,561	165,816	187,429	278,078	167,431	578,998	314,866
<b>Total</b>	<b>37,059,850</b>	<b>43,224,216</b>	<b>46,494,594</b>	<b>51,216,833</b>	<b>44,386,114</b>	<b>77,708,889</b>	<b>96,057,312</b>	<b>97,298,832</b>	<b>97,081,298</b>

Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía

777,547

**CUADRO 9**  
**IMPORTACIONES MEXICANAS DE SÍLICE POR PAÍS DE ORIGEN 2005-2013**  
**TONELADAS**

PAÍS	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ESTADOS UNIDOS	854,500	822,415	756,887	744,031	568,766	953,648	4,729,468	989,727	883,521
TAIWAN	36	39	65	1	9	1	1	0	3
CHINA	103	601	446	33	20	435	31	185	362
REINO UNIDO	16,211	13,232	4,428	4,334	23	8	8	127	0
JAPON	0	16	14	5	27	127	1	1	7
BELGICA	141	173	162	229	136	191	335	245	202
CANADA	172	72	100	181	37	96	1,503	126	216
ALEMANIA	4,815	5,993	11,747	3,837	60	121	54	149	109
OTROS	706	1,103	480	288	195	259	355	2,499	250
<b>Total</b>	<b>876,685</b>	<b>843,642</b>	<b>774,331</b>	<b>752,939</b>	<b>569,273</b>	<b>954,885</b>	<b>4,731,754</b>	<b>993,057</b>	<b>884,671</b>

Fuente: Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía



**CUADRO 10**  
**CONSUMO NACIONAL APARENTE DE SÍLICE 2005-2013**  
**TONELADAS**

<b>PAÍS</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Producción*	2,120,878	2,661,770	2,950,438	2,779,075	2,483,605	2,607,650	2,542,143	3,592,813	2,937,949
Importaciones	876,685	843,642	774,331	752,939	569,273	954,885	4,731,754	993,057	884,671
Exportaciones	44,756	213,194	114,113	88,662	60,559	103,924	163,271	123,059	163,659
CNA	2,952,807	3,292,219	3,610,655	3,443,352	2,992,319	3,458,610	7,110,626	4,462,811	3,658,961

Fuente:

\* Anuario Estadístico de la Minería Mexicana Ampliada. Secretaría de Economía  
Sistema de Información Comercial Vía Internet (SIAVI). Secretaría de Economía