



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

INVESTIGACION DEL CUARZO EN GALICIA

MEMORIA - I

Diciembre-1989



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

11283

Este estudio ha sido realizado por el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), en régimen de cooperación económica con la Dirección General de Industria de la Xunta de Galicia.

#### EQUIPO DE TRABAJO

Angel Ferrero Arias (Geólogo): Actuó como director del proyecto organizando los trabajos. Colaboró en la obtención de datos y su elaboración así como en la redacción del informe. (ITGE)

Santiago Crabiffosse Cardona (Geólogo); Colaboró en el estudio de campo, en la obtención y elaboración de los datos y en la redacción del informe. (ITGE)

Eduardo Prida Cayado (Ingeniero de Minas): Colaboró en el estudio de campo, en la obtención de datos y su elaboración. (ITGE)

María Luisa Crespo : Colaboró en la mecanografía del informe. (ITGE)

Laboratorio de Análisis del ITGE donde se realizaron los análisis.

INDICE

## MEMORIA-I

1. INTRODUCCION .....	6
2. GENERALIDADES: FORMAS NATURALES, APLICACIONES Y ESPECIFICACIONES INDUSTRIALES DEL CUARZO .....	8
3. TIPOLOGIA DE YACIMIENTOS DE MATERIALES SILICEOS ....	26
4. METODOLOGIA DE INVESTIGACION DE RECURSOS .....	34
5. PANORAMICA INTERNACIONAL DEL CUARZO .....	40
5.1. INTRODUCCION .....	41
5.2. PRODUCCION, EXPORTACIONES E IMPORTACIONES POR PAISES .....	43
6. PANORAMICA NACIONAL DEL CUARZO .....	53
6.1. INTRODUCCION .....	54
6.2. PRODUCCION NACIONAL .....	55
6.3. COMERCIO EXTERIOR .....	59
6.4. ESTRUCTURA Y EVOLUCION RECIENTE .....	61

7. PANORAMICA DEL CUARZO EN GALICIA .....	64
7.1. INTRODUCCION .....	64
7.2. PRODUCCION .....	64
7.3. ESTRUCTURA Y EVOLUCION RECIENTE .....	66
8. TECNOLOGIA DE LA EXPLOTACION DEL CUARZO .....	70
9. PLANTAS DE TRATAMIENTO .....	73
10. PRECIOS .....	77
11. TENDENCIAS DE MERCADO .....	78

#### FOTOGRAFIAS

\*\*\* \* \*\*\*

## MEMORIA-II

## 12. YACIMIENTOS DE CUARZO EN GALICIA

## 12.1. INTRODUCCION

## 12.2. YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS

12.2.1. Depósitos detríticos en relación con la  
Formación "Esquistos de Ordenes"

12.2.2. Otros depósitos detríticos

## 12.3. YACIMIENTOS HIDROTERMALES FILONIANOS

## 12.4. YACIMIENTOS METAMORFICOS

## 13. CONCLUSIONES, Y RECOMENDACIONES GENERALES

## 14. BIBLIOGRAFIA

## 15. FOTOGRAFIAS

ANEXO I.- LISTADO DE INDICIOS

ANEXO II.- RESULTADOS DE ANALISIS

ANEXO III.- VALORACION

ANEXO IV.- PLANOS

\*\* \* \*\*

## 1. INTRODUCCION

## 1.- INTRODUCCION

Galicia es una región en la que existe una minería del cuarzo de gran importancia, siendo actualmente la principal productora de cuarzo de España con unas 600.000 Tm. anuales, de las que la gran mayoría son exportadas para su utilización en la fabricación de ferrosilicio y siliciometal. Así mismo, la geografía gallega es pródiga en afloramientos de cuarzo filoniano y en depósitos detríticos lo que incrementa el interés de un estudio de los indicios de mayor importancia.

Por otra parte, el creciente interés de esta materia prima en cuanto a su utilización en la fabricación de nuevos materiales, que se predice van a ser de gran importancia en el desarrollo tecnológico del futuro, como por ejemplo la fibra óptica, elementos ópticos y electrónicos de precisión, placas solares, etc., incide en la conveniencia de una caracterización de las diversas variedades de cuarzo en Galicia.

Observamos, pues, la necesidad de realizar:

- 1º) Una síntesis de la situación actual de la minería del cuarzo en Galicia.
- 2º) Una definición de calidades y geológico-minera de los indicios de cuarzo más relevantes.
- 3º) Una selección de las áreas de mejores calidades.
- 4º) Un estudio de las posibles aplicaciones industriales del cuarzo de las áreas seleccionadas,

orientado a aquellas que aporten un mayor valor añadido.

## 2.- GENERALIDADES: FORMAS NATURALES, APLICACIONES Y ESPECIFICACIONES INDUSTRIALES DEL CUARZO

### Formas naturales

El cuarzo es uno de los minerales más abundantes de la corteza terrestre (12% en volumen). Cristaliza directamente del magma a partir del estadio pegmatítico-neumatolítico hasta el hidrotermal de baja temperatura; está presente por igual en las rocas plutónicas (granitos, granodioritas, tonalitas) como en las hipoabisales (pórfidos graníticos, pegmatitas, etc.) y volcánicas (pórfidos cuarcíferos, riolitas, etc.).

En el ambiente sedimentario es estable tanto como mineral detrítico suelto (arenas de aluvión, marinas, desérticas) como en rocas consolidadas (areniscas); cristaliza además de soluciones cálidas (geyseritas) y frías (hialitas) y es el mineral fundamental constituyente del esqueleto de determinados organismos (diatomitas). En ambiente metamórfico es estable tanto en los grados más bajos como en los más altos (desde las filitas y cuarcitas hasta las granulitas y eclogitas), aunque sea en algunos casos fácilmente movilizado (venas cuarzosas y pegmatitas de segregación). Es uno de los primeros componentes a ser fundido en el proceso de anatexis, pero sin embargo está también entre los primeros en recrystalizar (migmatitas, granitos de anatexis).

En el metamorfismo de impacto se transforma en dos formas de altísima presión y temperatura (cohesita,



monoclínica y stishovita, tetragonal), hasta la actualidad, halladas únicamente en cráteres de meteoritos antiguos. La cristobalita se forma en cavidades de rocas en lavas en las que se ha producido un enfriamiento muy rápido, al igual que en el interior de los cristales volcánicos (obsidiana) y también por la acción del metamorfismo térmico elevado sobre rocas muy ricas en cuarzo. La tridimita es típica de las cavidades de rocas volcánicas ácidas.

El cuarzo común es la forma  $\alpha$ , estable hasta  $573^{\circ}\text{C}$ , por encima de esta temperatura es estable la forma  $\beta$  hexagonal, conservada paramórficamente sólo en rocas volcánicas. El cuarzo es muy duro (grado 7 en las escalas de Mohs), ligero densidad de  $2,55 \text{ gr./cm}^3$ , carece de exfoliación pero con una neta fractura concoide y una discreta divisibilidad según las caras del romboedro; su aspecto varía entre transparente y translúcido, con brillo vítreo.

El cuarzo es intensamente piezoeléctrico y piroeléctrico. Posee intensa polarización rotatoria de signo contrario en los individuos dextrógiros y levógiros. Es infusible e insoluble en los ácidos a excepción del ácido fluorhídrico en el que se descompone produciendo vapores de tetrafluoruro de silicio gaseoso; es atacable por las bases fuertes.

Se conocen también otras formas polimorfas del cuarzo, como por ejemplo la cristobalita  $\alpha$  y  $\beta$  (respectivamente tetragonal y cúbica), la tridimita (hexagonal) y una forma cúbica extraordinariamente rara (melanoglofita) propia de los yacimientos de azufre sicilianos y de las fisuras de las rocas de la Toscana. El cristal de sílice natural, derivado del cuarzo por fusión de las tectitas o en cráteres de impacto meteorítico, se denomina lechatelierita.

El cuarzo puede localizarse tanto en cristales bien formados, incluso de enormes dimensiones, como en masas compactas microcristalinas (cuarcitas) y concrecionares e incluso criptocristalinas (ágatas, diásporos, corniolas, etc.). Generalmente es de color blanco, pero las variedades puras son incoloras (cristal de roca); la presencia de iones o de materiales extraños puede producir la aparición de los colores más variados. Los cristales de cuarzo son generalmente prismas hexagonales, terminados por dos romboedros, que simulan una bipirámide hexagonal.

Aunque la sílice es mayoritaria en la corteza terrestre, solamente un pequeño porcentaje de ésta se comercializa dado que la industria consumidora requiere especificaciones particulares, tanto físicas como químicas y mineralógicas.

La industria utiliza como materias primas de sílice:

- Cuarzo masivo (filones, bloques, gravas, arenas, cuarcitas, areniscas).
- Cuarzo cristalino (cristal de roca, amatista, cuarzo ahumado, citrino, etc.).
- :
- Cuarzo criptocristalino (calcedonia, ágata, ónice, silex, jaspe, diatomita, trípoli, pumita, etc.).

Las rocas que contienen el cuarzo industrial son fundamentalmente:

- . Cuarzo en filones
- . Bloques, gravas y arenas sueltas
- . Cuarcitas
- . Areniscas
- . Diatomita

- . Trípoli
- . Pumita
- . etc.

### Aplicaciones y especificaciones industriales :

Las especificaciones fundamentales de la materia prima y las aplicaciones industriales más importantes del cuarzo se recogen en los cuadros-1 y 2.

19) Vidrios. El cuarzo es el único componente primario en la fabricación del vidrio, constituyendo las arenas silíceas el 70% de los componentes del vidrio. Las especificaciones de las arenas silíceas empleadas varían de acuerdo con el tipo de vidrio, siendo fundamentales la composición química, mineralógica y granulométrica

Vidrio plano: En cuanto a la composición química las principales especificaciones se refieren al contenido en hierro, alúmina y cromo. En cuanto a la composición mineralógica, la presencia de minerales aluminosos, tales como cianita, sillimanita y andalucita y de elementos colorantes perjudiciales, como la cromita, deberán ser fácilmente eliminables, por lo que tamaños inferiores a 0,4 micras para los primeros y 0,2 micras para la cromita no son deseables. Por otra parte, la humedad no debe ser superior al 5 % .

Vidrio coloreado: El contenido en  $\text{SiO}_2$  no es tan crítico, siendo muy importante la uniformidad composicional. Se requiere un mínimo del orden de 98,5%  $\text{SiO}_2$  y según sea, para vidrio verde, el contenido en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ha de ser menor del 0,3 % y para vidrio ámbar menor del 1%.

#### Vidrio transparente:

- GRADO - A (Optico) :  $\text{SiO}_2$  superior al 99,5% y en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  inferior al 0,008%. Para el vidrio óptico se requiere un contenido mínimo de  $\text{SiO}_2$  del 99,5%, un máximo de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  del 0,008 y %  $\text{TiO}_2 < 0,03$ , %  $\text{Cr}_2\text{O}_3 < 0,0002$  y de Co menor de 2 ppm.

PRINCIPALES ESPECIFICACIONES QUIMICAS

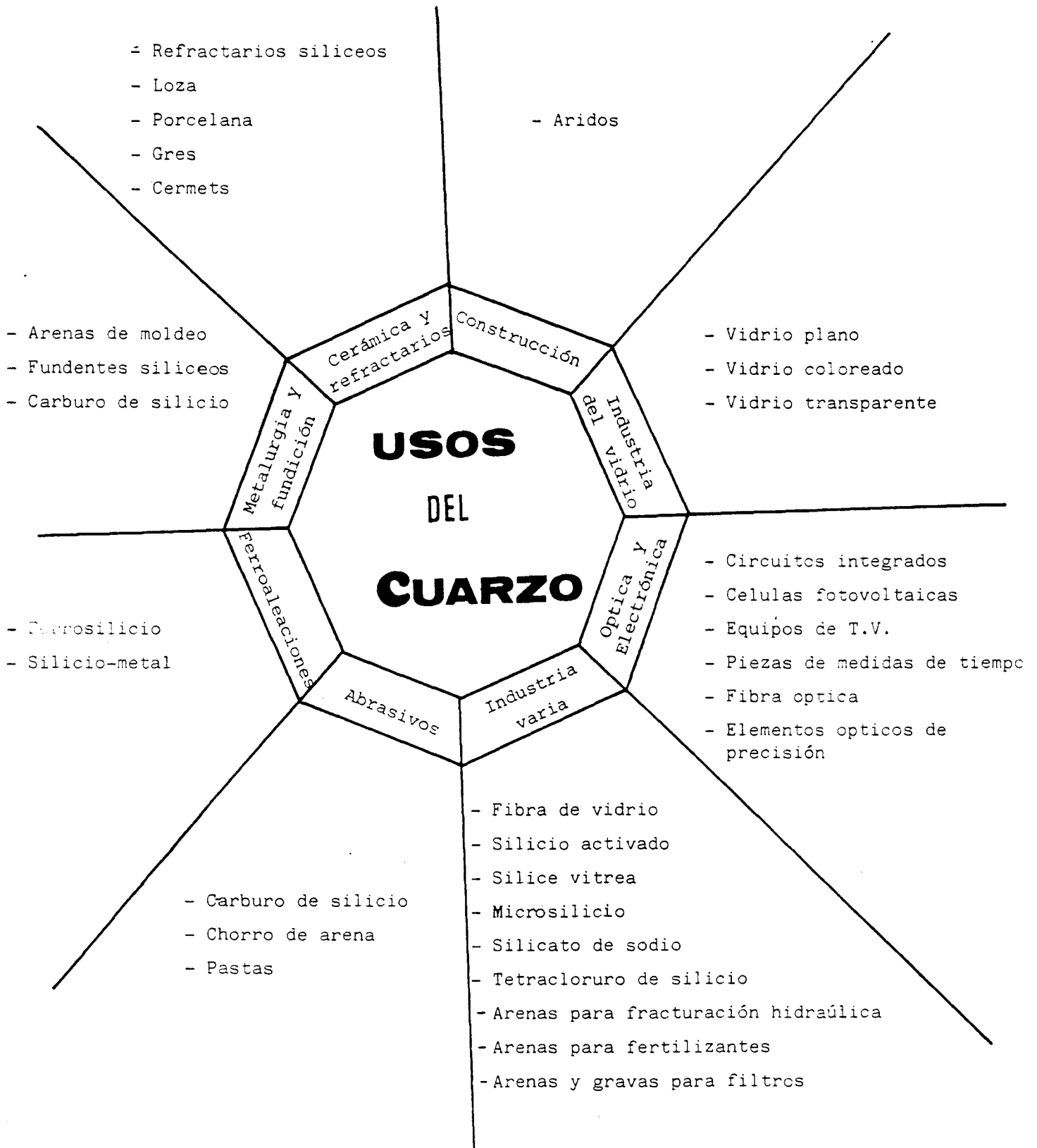
UTILIZACIONES	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	PPC	P	S	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	As	Co	GRANULO
VIDRIO PLANO	99 96±0,3%	0,2<x<1,6 ±0,1%	0,02<x<0,1 ±0,005% max=0,14														(1) 125 μ.-1mm. x̄=250 μ.
VIDRIO COLOREADO 1.-Verde 2.-Ambar	98,5		1-0,30 2-1,0														
V. TRANSP. GRADO A (2) Optico	99,5	0,1	0,008		0,030								0,0002			2ppm	(3) mallas % > 20 = 0
GRADO B Decor. y Dom.	99,5		0,013		0,030								0,0002				20-60=40-60
GRADO C Contenedores	98,5		0,030		0,030								0,0006				60-80=10-20 80-100=<5
FIBRA OPTICA	99,8	0,00	0,02														
FIBRA DE VIDRIO	Bajo 54,0*	Alto 14,0*		Alto 17,5*				<1,0						Alto 10,0*			Harina mallas % > 60= < 20
FUNDENTES SILICEOS	90	1,50	1,50	0,20													
FERROSILICIO	99,0	0,45	0,20 (1)	(Ca,Mg)0 0,30	0,003	0,001	(Na,K) <sub>2</sub> O 0,20				0,001	0,001	0,001				30-120(150)
SILICIO-METAL	99,6	0,15	0,05-0,10	(Ca,Mg)0 0,10	0,003	0,001	(Na,K) <sub>2</sub> O 0,05				0,001	0,001	0,001				30-150(200)
CARBURO DE SILICIO	99,0	0,10	0,10	0,00					0,00		0,00						
ESHALTES	97,5	0,55	0,20														Harina
SILICATO DE SODIO	99,0	0,25															
REFRACTARIOS SILICEOS	97-98	0,5-1,0					0,20										
FRACTURACION HIDRAULICA	98,0																
ARENAS DE FUNDICION O MOL DEO	> 95-96 > 98-99			A	A+B < 5,0%			B									0,1-0,5 mm.

\* Datos medios de diversas arenas silíceas utilizadas para Fibra de Vidrio (de Monografía gravas y arenas, IGME).

(1) Preferible.

(2) Especificaciones British Standard (BS-2975).

(3) Según standards de la American Ceramic Society.



CUADRO. 2

- GRADO - B (Decoración-Doméstico): con contenido en  $\text{SiO}_2$  superior al 99,5%, admite hasta el 0,013% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Los contenidos de  $\text{TiO}_2$  y  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  similares al anterior.

- GRADO - C (Contenedores):  $\text{SiO}_2$  superior al 98,5% y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  hasta el 0,030%, manteniendo el  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  inferior a 0,0006%.

**2º Refractarios silíceos.** La sílice tiene buenas condiciones refractarias cuando se calienta a  $1.500^\circ\text{C}$  y de hecho a esta temperatura se transforma en cristobalita y tridimita, que elevan el punto de fusión alrededor de  $1700^\circ\text{C}$ . La cuarcita es el refractario conocido más antiguo y fue usada en la primera planta de refractarios, a principios del siglo XIX. Los refractarios de sílice son clasificados como ácidos.

Para usos metalúrgicos, los refractarios ácidos han sido reemplazados ampliamente por los básicos, tales como la magnesita, dolomita, etc. y refractarios neutros, tales como los de alta alúmina.

Actualmente se ha desarrollado mucho la fabricación de ladrillos de sílice a partir de ganister, aglomerado con cal y también mediante una mezcla de cuarzo triturado, grava y arcilla plástica en proporciones variables o de arena silícea pulverizada y cuarcita.

También se emplean arenas para revestir fondos y paredes de hornos, fundamentalmente en soleras y hornos eléctricos para tratamientos con escoria ácida de los aceros. Estas arenas deben contener un ligante natural arcilloso, tamaño granulométrico fino e impurezas de óxido de hierro, a fin de facilitar una rápida fusión.

Otra aplicación refractaria de las arenas son las llamadas arenas de colada, utilizadas para revestir canales de colada y diques en las naves de colada del horno. Son unas arenas silíceas toscamente granuladas, conteniendo pequeñas cantidades de ligante arcilloso y con un punto de sinterización suficientemente elevado.

Existe también un uso de arenas para cementos especiales refractarios, que se fabrican con mezclas comprimidas a base de sílice a partir de ganister pulverizado, con arcilla y arena como cementadores.

39) Arenas de fundición o de moldeo. Las arenas silíceas usadas en la industria de la fundición requieren una clasificación granulométrica entre el 0,1 y 0,5 mm., un mínimo de  $\text{SiO}_2$  del 95-96% , aunque a veces se requiere ya un 98-99%  $\text{SiO}_2$ ; un porcentaje en Fe, K, Na, MgO y CaO inferior a 5,8%; también se tiene en cuenta la redondez de los granos y la superficie específica y las pérdidas por calcinación deben ser menores del 0,4%.

Las principales ventajas de las arenas silíceas como arenas de moldeo son que resisten la presión del metal líquido vertido y son suficientemente permeables para permitir escapar a los gases y vapores. También tienen ventajas de estar muy difundidas y tener relativamente bajo costo. Actualmente se utilizan arenas verdes sintéticas (arenas silíceas molidas con bentonita) y más recientemente arenas tratadas químicamente, por ejemplo, con silicato de sodio o con una resina sintética.

40) Fundentes silíceos. Las areniscas, arenas silíceas y cuarcitas son usadas a menudo como fundentes en la producción de metales, especialmente en el proceso de reducción del fósforo elemental en horno eléctrico , y deben contener



un máximo de 1,5% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{CO}_2$ , menos de 0,2% de  $\text{CaO}$  y un mínimo de 90% de  $\text{SiO}_2$ .

59) **Abrasivos.** Se suelen utilizar arenas silíceas como abrasivos en la limpieza de superficies, principalmente en forma de chorro de arena.

El carácter abrasivo de la arena se fundamenta en su gran dureza y cantidad de aristas vivas.

Estas arenas tienen unas especificaciones basadas fundamentalmente en la frecuencia de distribución de los diferentes tamaños de granos, pero principalmente deben cumplir la característica de que los granos estén libres de arcillas y de costras de óxido de hierro.

También se suelen emplear en renovar revestimientos de piedra, eliminar óxidos y pinturas de superficies metálicas, pulir los rebordes de los refractarios electrofundidos, esmerilar y pulir el vidrio y serrar y pulir rocas ornamentales.

La arena de sílice también sirve para la fabricación de papel de lija, polvos y pastas y para la limpieza doméstica e industrial.

60) **Cementos y hormigones.** Se utilizan arenas de granulometría inferior a 30 mm. para la fabricación de cemento blanco y entre 2-30 mm. para hormigones.

70) **Pastas cerámicas.** En la producción de cerámicas (no porcelanas), no se emplean solamente componentes plásticos como los caolines y/o arcillas, sino también componentes no plásticos como la sílice, que además de dar blancura, facilita el secado evitando la formación de grietas. Se utilizan tres tipos de cuarzo, en cuanto a su clasificación

granulométrica, siendo el tamaño máximo admisible de 75 micras:

- a) Con un 50% mayor de 40 micras.
- b) Con un 20% mayor de 40 micras
- c) Con un 10% mayor de 40 micras .

El contenido en hierro tiene que ser bajo para la obtención de cerámica blanca.

89) Fibra de vidrio y fibra óptica. Para la fabricación de fibra de vidrio se utiliza cuarzo micronizado (< 0,5 mm.), con no más del 20% mayor de 250 micras, ya que contenidos mayores originan problemas en los hornos. y admite alto contenido en CaO,  $Al_2O_3$  (puede ser añadido) y  $B_2O_3$  y un contenido en  $Na_2O$  menor del 1% .

90) Arenas y gravas para filtros. La arena y grava se emplea para la filtración en el abastecimiento de aguas industriales o comunitarias, con objeto de eliminar impurezas, sedimentos y ciertas bacterias.

La arena para filtros debe tener un tamaño de grano uniforme de grano, a fin de proporcionar la máxima porosidad y mayor velocidad de filtración.

Las especificaciones requeridas para la arena son las siguientes:

- Alto contenido en sílice.
- Ausencia de arcillas, limos, sustancias orgánicas y de cualquier sustancia soluble.
- Diámetro de grano inferior a 2 mm.
- Solubilidad de la arena inferior al 5%, cuando se trate de aguas de pH bajo.
- Bajo contenido en hierro y manganeso, para que no afecte de alguna forma al agua que se va a filtrar.

109) **Ferrosilicio y Silicio-metal.** Uno de los usos más importantes del cuarzo, por el volumen que se mueve, es como materia prima para las ferroaleaciones, fundamentalmente el ferrosilicio y el silicio-metal. En ambas aplicaciones, el cuarzo utilizado es de granulometría comprendida entre 30 y 120 mm. y las especificaciones químicas son : para la fabricación de ferrosilicio deben contener más de un 99,0%  $\text{SiO}_2$ , menos de un 0,45%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , menos de 0,30%  $(\text{CaMg})\text{O}$ , menos del 0,2%  $(\text{NaK})_2\text{O}$ , menos de 30 ppm. de  $\text{TiO}_2$  y menos de 10 ppm. de P, S, As, Cr y Mn; en la fabricación de silicio-metal se requiere un contenido en  $\text{SiO}_2$  superior al 99,6%; en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  inferior al 0,15%; en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  entre 0,1-0,05; en  $\text{TiO}_2$  inferior a 30 ppm. y en P, S, As, Cr y Mn inferior a 10 ppm.

La producción de una tonelada de ferrosilicio del 75% requiere 2 toneladas de cuarzo. Durante el proceso, del 15 al 20% de sílice se pierde por varios caminos. La obtención de 1 Tm de silicio metal consume 2,6 Tm de cuarzo. La producción de este material tiene un alto consumo de energía, así, por ejemplo, el silicio-metal precisa entre 13.000 y 15.000 Kwh por tonelada y el ferrosilicio del 75% entre 8.000 y 10.000 Kwh.

Los usos más importantes del ferrosilicio y del silicio-metal en la industria son los siguientes:

-En la industria siderúrgica como desoxidante en las coladas de afino del acero, como aleación o como reductor de metaloides en la escoria.

-En los compuestos de hierro de fundición y de acero (hasta el 15% de ferrosilicio).

-En la preparación de medios densos empleados en el lavado de carbones y en la separación por densidad de varios minerales.

-En las aleaciones con aluminio (hasta un 30% de sílice).

-En las aleaciones con Cr, Ni y otros metales.

-En las siliconas.

-En las "cermets" (cerámicas especiales en partículas dispersas cementadas por silicio).

-En las células fotovoltaicas.

-En los circuitos integrados.

-En los chips.

119) Elementos electrónicos y ópticos. En los últimos años se ha desarrollado tanto en los usos como en su consumo la utilización de cristal de cuarzo para usos electrónicos y ópticos.

A mitad de la década de los 70 la industria del cuarzo cristal experimentó un boom debido al crecimiento de la demanda de las bandas de radio "citicen" y de los relojes de cuarzo. Aunque con un descenso en el consumo hasta 1983, fue en ese año en el que la demanda de cristales de cuarzo aumentó enormemente, sobre todo en los sistemas de comunicación (fibra óptica, teléfono, ...) piezas electrónicas de medida de tiempo, ordenadores ,personales, microprocesadores, equipos de color de TV y juegos de TV. A partir de 1980, el uso del cuarzo cristal en sistemas ópticos empezó a aumentar constantemente.

Los componentes ópticos fabricados a partir del cuarzo cristal son requeridos para aplicaciones especializadas y la orientación cristalográfica del componente es crucial y debe

ser conocida. Un ejemplo del uso del cuarzo cristal en aplicaciones ópticas es cuando la fibra óptica es usada en comunicaciones, tecnología desarrollada por Bell Laboratories en unión con a Corning Glass Works.

El cuarzo pertenece a la clase de materiales llamada dieléctros: no conducen una corriente eléctrica pero permiten que existan y actúen campos eléctricos a través de ellos. El cuarzo muestra el efecto piezoeléctrico, lo que significa que cuando una placa de cuarzo es mecánicamente deformada contra su natural rigidez, una de sus superficies se carga negativamente y la otra, positivamente.

Cuando la placa es liberada de la presión rápidamente, las cargas desaparecen cuando la placa recobra su forma original, pero debido al momento mecánico la placa se deforma en la dirección opuesta (menor medida) y las superficies correspondientes empiezan a ser cargadas con el signo opuesto.

Cubriendo las dos superficies finamente con metal y atando con hilos flexibles, estas cargas pueden ser introducidas en un circuito electrónico. Si las superficies son cargadas eléctricamente de repente por el movimiento de corriente a través de los cables, el efecto piezoeléctrico opuesto ocurre: la placa se deforma.

Llevando el pensamiento más allá y atravesando los cables una corriente alterna, éstos responden al mecanismo de oscilación de la placa. Controlando el espesor de la placa la frecuencia de su mecanismo de vibración puede ser variada en un amplio rango.

La industria del cuarzo cristal está compuesta por 3 segmentos principales (excluyendo el cuarzo fundido y el cuarzo para usos ópticos):

19) Cuarzo cristal natural de grado electrónico. Es un cuarzo extraído de la mina y directamente utilizado en la fabricación de unidades piezoeléctricas. Se estima que el ratio de cristales, aprovechables a cuarzo desechable está entre 1:1.000 y 1:1.000.000, dependiendo del tipo de yacimiento.

29) Lasca. Cuarzo extraído de la mina usado como materia prima en la producción de cuarzo "cultured". Aproximadamente se requieren 0,63 Kg. de lasca para producir 0,45 Kg. de cuarzo "cultured".

39) Cuarzo "cultured". Es producido a partir de la lasca en un proceso de crecimiento del cristal en autoclave bajo condiciones de calor, presión y tiempo. Se estima que 0,45 Kg. de cuarzo "cultured" es equivalente a 1,4-4,5Kg. de cuarzo cristal natural en el campo del cuarzo comercial utilizado para cortar unidades piezoeléctricas.

En 1980, tres compañías en USA produjeron unas 181 t. de cuarzo cristal incluido lasca, material de joyería y cuarzo válido para la fabricación directa de unidades piezoeléctricas. Unas 370 t. fueron importadas, principalmente de Brasil. Unas 465 t. de lasca fueron usadas por 7 compañías en 7 estados para producir una cantidad estimada de 343 t. de cuarzo "cultured" en 1989.

Brasil es el mayor productor y exportador mundial de cuarzo cristal de grado electrónico y de lasca. Los USA son el mayor importador y consumidor de lasca, así como el mayor productor, consumidor y exportador de cristales de cuarzo "cultured". Japón, la República Federal Alemana, Hong Kong y Suiza reciben la mayor parte de las exportaciones de cuarzo "cultured" de los USA.

129 Sílice vítrea. Por sus excelentes propiedades ópticas, eléctricas, térmicas y químicas, la sílice vítrea constituye un material de gran importancia en gran número de industrias de alta tecnología. Su preparación con los procesos convencionales de fusión es difícil y costosa, siendo necesarias temperaturas del orden de  $2.000^{\circ}\text{C}$  para proporcionar al fundido la viscosidad adecuada para el colado y conformación de los correspondientes productos.

Este inconveniente, unido al gran interés que actualmente suscita este material, ha llevado al desarrollo de vías alternativas de preparación que impliquen mayor homogeneidad, pureza y temperaturas más bajas de procesamiento. En los últimos años, se han desarrollado dos métodos alternativos: los procesos en fase de vapor, destinados fundamentalmente a la preparación de preformas para fibra óptica, y los procesos sol-gel.

Ambos métodos consisten en la preparación de cuerpos porosos, de alta superficie específica, constituidos por partículas de sílice amorfa, que mediante un tratamiento térmico controlado densifican totalmente, obteniéndose un material compacto de naturaleza vítrea.

130) Carburo de silicio. Es producido por calentamiento de una mezcla de sílice y coque de petróleo a unos  $2.400^{\circ}\text{C}$  en un horno eléctrico. La arena silícea necesita contener más del 99% de  $\text{SiO}_2$ ; menos del 0,1% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sin  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  o  $\text{P}$ . Cuando el carburo de silicio es usado como abrasivo debe tener un tamaño de grano uniforme. El carburo de silicio es vendido en 2 calidades comerciales:

- Verde, un producto muy puro conteniendo por encima del 99,5 % SiC.

- Negro, por encima del 99% SiC.

El CSi es también usado como un refractario, por ejemplo en hornos. Es usado también en metalurgia como desoxidante. A muy altas temperaturas el SiC se disocia en Si y C, ambos agentes reductores, en una reacción exotérmica, la cual sobrecalienta los metales al mismo tiempo que se produce la pieza de fundición.

149) Silicato de Sodio. Es producido por fusión de arenas silíceas, con 99% SiO<sub>2</sub> y menos del 0,25% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y una combinación de CaO/MgO en un 0,05% con Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a 1.200-1.400±C . El ratio de NaO<sub>2</sub> a SiO<sub>2</sub> puede ser variado de este modo, dando un amplio rango de productos. El silicato de sodio es usado en jabones para darles dureza y durabilidad, como agente fijante en imprimación textil y , finalmente, como un limpiador .

150 Tetracloruro de Silicio. Otros muchos silicatos químicos son manufacturados con componentes de silicatos como intermediarios. El Tetracloruro de Silicio se prepara por cloración del silicio, ferrosilicio o carburo de silicio.

Además de su papel como agente modificante en plásticos y aceite secante en pinturas, el tetracloruro de silicio es usado como punto de partida en la producción de componentes organosilíceos, especialmente siliconas, que son mezcladas con cloruro de Mg bajo ciertas condiciones para formar triclorosilano.

Otros métodos de preparación de siliconas son la reacción de cloruro de metilo o clorobenceno, y triclorosilano con una olefina tal como el etileno. Las siliconas son usadas para hacer fábricas altamente resistentes al agua y resistentes a las manchas; en la manufactura de betunes, cosméticos y lubricantes de alta temperatura; como fomentadores de unión en capas descargadas de forma no pegada, y para incrementar el aislamiento eléctrico.



169) **Silicio activado.** Por agitación de una solución de silicato de sodio neutral muy diluida con un precipitante como ácido sulfúrico, clorhídrico o dióxido de carbono, es usado para ayudar la coagulación en procesos de tratamiento en agua.

179) **Gel de silicio.** Es utilizado como un absorbente húmedo o desecante, especialmente en plantas de secado de gas. La absorción de agua es un proceso puramente físico y el agua puede ser extraída por calentamiento del gel a 300°C. Si el gel es impregnado con cloruro de cobalto, lo cambia de color cuando se satura.

189) **Microsilicio.** No es producido directamente de un mineral silíceo, sino que se obtiene como un subproducto en la producción de ferrosilicio o silico-metal consistente en microesferas de sílice amorfa del orden de 0,5 micras de diámetro que se producen al mezclarse SiO vapor con oxígeno en la parte superior del horno, oxidándose a SiO<sub>2</sub> y condensándose. Tiene numerosos usos como en cementantes, polímeros, refractarios, etc.

199) **Arena para fracturación hidráulica.** Se inició su uso en 1948 para la estimación de "rocas almacén" en la producción de hidrocarburos. Las especificaciones generales para su utilización son:

- SiO<sub>2</sub> >98%
- Arcilla y partículas blandas < 1,0%
- Solubilidad en ácido clorhídrico < 0,3%
- Redondez (factor Krumbein) - 0,6 ó mayor
- Apariencia: clara, lavada y seca.
- Granulometría (mallas US):

	<u>No de tamiz</u>	<u>% que pasa</u>
a) 4-8	3½	100
	4	95 Mín.
	8	15 Máx.
	10	5 Máx.
	12	0,5 Máx.
b) 8-12	6	100
	8	90 Mín.
	12	15 Máx.
	14	5 Máx.
	16	0,5 Máx.
c) 10-20	8	100
	10	95 Mín.
	20	10 Máx.
	25	5 Máx.
	30	0,5 Máx.
d) 20-40	18	100
	20	95 Mín.
	30	70 Máx. (50 Pref.)
	40	10 Máx.
	45	5 Máx.
	50	0,5 Máx.
e) 40-60	25	100
	30	95 Mín.
	40	70 Mín.
	60	15 Máx.
	80	5 Máx.
	100	0,5 Máx.

Otros usos de arenas y gravas silíceas con menor interés comercial son:

- Aridos

- Arena para fertilizantes: En los que interesa la granulometría y el área superficial de las partículas

- Arena para flotación de antracita y carbón bituminoso.

- Revestimiento de molinos: Interesa la estructura cristalina, el tamaño del cristal y el grado de cohesión.

- Pinturas: Resistencia a los agentes químicos, durabilidad y retención (absorción) del tinte.

- Cauchos y gomas: Aporta mejora de la adhesión, resistencia a los desgarres y a la abrasión.

Las especificaciones tanto mineralógicas (minerales no deseables que acompañan a la sílice y que pueden presentar dificultades de eliminación en función de cómo estén presentes) y las especificaciones físicas, fundamentalmente granulométricas, son muy específicas del uso concreto e, incluso, del consumidor.

- Ornamentación: Agatas, cuarzo rosa, amatista, etc.

### 3. TIPOLOGIA DE LOS YACIMIENTOS DE MATERIALES SILICEOS

**CUADRO NUM. 2-A**

**TIPOS DE YACIMIENTOS DE MATERIALES SILICEOS**

Génesis	Mecanismo de Transporte y deposición/Formación	Medio de Sedimentación	Tipo de depósito/Roca	Morfología del depósito	Tamaño de grano	Ejemplos en Galicia
(A) ALTERACION	Meteorización		In situ o eluvial	0	Arena	Monte Xabre (Pontevedra)
(B) SEDIMENTARIO	(B.1) MECANICOS (Detríticos o clásicos)	Torrenciales	Coluviales (Abanicos, aluviales, conos de deyección)	1	Grava	Ríos Barcés, Ulla, Eume, Miño, Parga, Tamega  Ulla, Eume, Tambre  Baldayo  Baldayo
		Fluviales	Aluviones	1, 2, 3	Grava, arena	
		Fluvio-lacustres	Depósitos litorales	1, 2, 3	Arena, grava	
		Fluvio-marinos	Depósitos litorales	1, 2, 3	Arena, grava	
		Fluvio-glaciares	Kames, eskers	1	Grava	
		Lacustres	Depósitos litorales	1, 2, 3	Arena, grava	
		Marinos	Depósitos litorales	1, 2, 3	Arena, grava	
		Eólicos * desérticos * costeros	Dunas Dunas	1 1	Arena Arena	
	(B.2) QUIMICOS	Lacustre/marino	Químicos	3, 4	Micro y criptocristalino	
(B.3) ORGANOGENOS	Lacustres	Diatomitas	3	Microcristalino		
	Marinos	Diatomitas Trípoli	3 3	Microcristalino Microcristalino		
(C) HIDROTHERMAL	Fluídos hidrotermales		Filonés	Tabular, arrosariado, en pluma	Macro y microcristalino	Pico Sacro, El Barqueroy Palas de Rey
(D) METAMORFICO	Metamorfismo de contacto o regional	Roca sedimentaria originaria = Cuarzoarenita	Metamórfico (cuarcita)	3	Microcristalino	Orol

0: Masiva; 1: Cuneiforme; 2: Lenticular; 3: Tabular; 4: Nodular

\* Pueden también obtenerse materiales silíceos como subproducto o en la recuperación de escombreras.

### 3. TIPOLOGIA DE YACIMIENTOS DE MATERIALES SILICEOS

Los yacimientos de materiales silíceos pueden clasificarse en función de su génesis en (cuadro 2-A):

#### A.- YACIMIENTOS DE ALTERACION.

Se trata de depósitos producidos por la alteración "in situ" (y escasamente movilizados) de rocas fundamentalmente de composición granítica.

La meteorización química es el proceso fundamental y en menor grado la física y bioquímica, que favorece la disgregación de la roca.

En Galicia se relacionan estos yacimientos con los depósitos denominados "xabres".

#### B.- YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS

Los procesos de meteorización, tanto mecánicos como químicos y bioquímicos, favorecen la liberación de sílice de las rocas en forma de fragmentos (de cuarzo) y/o en solución.

Por transporte bien mecánico (en medios: agua, hielo o aire), o en solución (en medio acuoso), la sílice llega a la cuenca, o por la muerte y hundimiento de organismos que construyen sus partes duras a base de la sílice disuelta en el medio.

Los yacimientos de materiales silíceos pueden formarse en un amplio espectro de medios sedimentarios, desde el

fluvial al eólico, así como en zonas de transición. Las características del medio condicionan las propiedades típicas de los clastos (tamaño, forma, esfericidad, composición) y las características del yacimiento.

Los tipos de depósitos más importantes son aluviales (gravas y arenas de terrazas fluviales, cauce activo, etc.), los depósitos litorales de arena en relación con medios lacustres y marinos, las dunas eólicas y los depósitos organogénicos (diatomitas y trípoli).

#### B.1.- Sedimentarios mecánicos (Detríticos o clásticos)

La liberación de la sílice de las rocas se produce principalmente por disgregación mecánica en forma de fragmentos e cuarzo o cuarcita que son transportados en suspensión, saturación o tracción, en medio acuoso o aéreo y depositados en distintos medios.

Su difusión en los Períodos geológicos es muy amplia, desde el Precámbrico al Cuaternario, si bien se encuentran depósitos industriales más frecuentemente en el Cuaternario y Terciario ya que, en general, su menor compactación los hace más favorables para su beneficio.

En todo el mundo son muy abundantes y en Galicia los utilizados en áridos y construcción se relacionan con arenas de cauce actual, playas y dunas costeras y gravas-arenas de terrazas fluviales. Los beneficiados por obtenerse un producto rico en sílice, utilizable en la obtención de ferroaleaciones y silicio metal, se relacionan con gravas de terrazas fluviales, son gravas heterométricas coma matriz arenosa, limosa o areno-arcillosa y, en general, con una proporción de grava de cuarzo y/o cuarcita superior al 50%, en depósitos subhorizontales de potencias muy variables en

general inferiores a 10 m.. En otros casos se trata de depósitos plio-cuaternarios.

### B.2.- Sedimentarios químicos

La liberación de la sílice se produce por meteorización química y bioquímica esencialmente en climas cálidos húmedos. El transporte se produce en medio acuoso en forma de solución verdadera de  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (la solubilidad de la sílice aumenta en las soluciones alcalinas y especialmente cuando el pH = 9-10).

La precipitación de la sílice origina depósitos de cuarzo criptocristalino o amorfo (jaspe, sílex, ópalo, etc.) bien en depósitos nodulares en sedimentos carbonatados o en formas estratificadas.

### B.3.- Sedimentarios organógenos

La sílice disuelta en el medio acuoso es asimilada por diversos organismos que la incorporan a sus partes duras (caparazones, esqueletos).

La acumulación por muerte y hundimiento (sin un verdadero transporte) de éstos organismos constituye el depósito de materiales silíceos que en función de los organismos que lo origine pueden ser :

#### B.3.1.- Diatomitas

Roca porosa formada principalmente por acumulación de caparazones de diatomeas. Se localiza tanto en medios lacustres como marinos.



Las condiciones de formación incluyen al menos los siguientes requerimientos:

- Cuencas someras (en general de menos de 35 m. de profundidad) en las que puede realizarse fotosíntesis. Los grandes espesores de diatomitas se explican por procesos de subsidencia continuada que mantienen las condiciones de someridad.

- Abundante soporte de sílice en solución a la cuenca. Existe a nivel mundial una amplia relación entre depósitos de diatomita potentes y la proximidad de cenizas volcánicas.

- Una abundante existencia de nutrientes en el medio.

- Ausencia de constituyentes que inhiben el crecimiento de las diatomeas (p.e. alta concentración de sales solubles).

- Escasos aportes de materiales clásticos favorecen el desarrollo de yacimientos comerciales.

El contenido de sílice de los depósitos comerciales de diatomita se sitúa, en general, entre el 86% y 94%, con contenidos de alúmina inferiores al 1,5% y de hierro menores de 0,2%.

Las impurezas más frecuentes son limos, arcillas y restos orgánicos. En las diatomitas marinas, además de diatomeas predominantes, se encuentran partículas silíceas de silicio-flagelados, radiolarios y esponjas silíceas.

### B.3.2.- Trípoli

Roca porosa constituida por corpúsculos redondeados de ópalo y calcedonia con restos de radiolarios, espículas de esponjas y foraminíferos . Se forma en medios marinos.

### B.3.3.- Margas silíceas (opokas)

Son rocas más compactas integradas por una masa silícea amorfa y partículas silíceas de diatomeas, radiolarios y esponjas. Se consideran diatomitas y trípolis parcialmente transformados.

Estos yacimientos organógenos se extienden ampliamente en el mundo y en distintos períodos geológicos. En España en Alicante y Andalucía (Morón). Galicia no presenta indicios de este tipo de yacimientos.

## C.- YACIMIENTOS HIDROTERMALES

Los yacimientos de este tipo se relacionan con rocas intrusivas ácidas, en las últimas fases de diferenciación magmática. La cristalización, en discontinuidades de la corteza de fluidos hidrotermales ricos en sílice es el origen de depósitos filonianos de diversa morfología: tabular, arrosariada, en pluma, etc..

Estos yacimientos de cuarzo filoniano requieren, en general, para que tengan interés industrial, un gran volumen (se estima que su rendimiento es del 50% para aplicaciones de alto contenido en sílice: ferrosilicio, silicio metal), que permita amortizar la planta de tratamiento que, generalmente, requiere el mineral.

Este tipo de yacimiento está muy extendido en el mundo,

en Galicia son abundantes en el Hercínico, explotándose bien para áridos de construcción y/o para ferrosilicio o silicio-metal cuando el contenido en  $\text{SiO}_2$  es alto. ( $> 95\%$ ).

#### D.- YACIMIENTOS METAMORFICOS (CUARCITA)

Por procesos de metamorfismo de contacto o regional las rocas sedimentarias ricas en cuarzo (cuarzoarenitas) pueden transformarse en cuarcita, roca compuesta principalmente por cuarzo recristalizado.

Normalmente estas rocas se emplean en pavimentación o revestimientos, aunque cuando el contenido en sílice es elevado pueden utilizarse en la industria del vidrio, cerámica y en la fabricación de refractarios ácidos (así grandes capas de cuarcitas cristalinas precámbricas se explotan en Estados Unidos, Canadá, Suráfrica y Noruega).

En Galicia existen numerosos yacimientos de cuarcita en relación con las formaciones Cándana y Cuarcita Armoricana (hasta 300-400 m. de potencia), del Cámbrico y Ordovícico, y especialmente en las provincias de Orense, Lugo y La Coruña, si bien no se han explotado para aplicaciones que requieren alto contenido en sílice.

#### E.- YACIMIENTOS VOLCANICOS

Aunque no se recogen en el cuadro nº2, existen una serie de rocas volcánicas con alto contenido en  $\text{SiO}_2$  que pueden constituir yacimientos de materiales silíceos: perlita, pumita y puzolana.

En Galicia no existen indicios de este tipo de yacimientos .

#### F.- SUBPRODUCTO, RECUPERACION Y ESCOMBRERAS

No sólo de los tipos de yacimientos descritos se pueden obtener materiales silíceos sino que también pueden recuperarse de escombreras o rechazos de otra minería (p.e. en Galicia de la minería de Sn-W) o como subproducto o coproducto (explotación de caolín y del feldespatos).

#### 4.- METODOLOGIA DE INVESTIGACION DE RECURSOS DE CUARZO

La metodología a seguir en la localización y valoración de recursos de cuarzo dependerá, fundamentalmente , de:

##### OBJETIVO PROPUESTO

El estudio se orienta al mejor conocimiento de los recursos y sus posibilidades de utilización y concretamente de los indicios conocidos, con probabilidad de altos contenidos en sílice que posibiliten productos de alto valor añadido.

No se considera, para este trabajo, el cuarzo obtenible como subproducto (p.e. caolín) o recuperación de escombros.

##### NIVEL DE CONOCIMIENTO DEL AREA A EXPLORAR

El área propuesta comprende Galicia y zonas limítrofes y presenta un alto nivel de conocimiento básico, disponiéndose de :

- \* Mapa de síntesis geológico-minera 1:400.000
- \* Mapas de indicios 1:200.000
- \* Cartografía geológica 1:50.000 (MAGNA)
- \* Trabajos específicos en cuencas Terciario-Cuaternarias .
  - . Investigación de lignitos
  - . Investigación de arcillas
  - . Diversas publicaciones

La revisión y valoración de la información existente será la base para una primera selección de indicios a estudiar.

##### TIPOS DE YACIMIENTOS CONOCIDOS Y ESPERABLES EN FUNCION

## DE LAS CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL AREA

Los yacimientos conocidos en Galicia, que se han explotado o explotan, y los esperables con altos contenidos en sílice pueden encuadrarse en los tipos:

B.1.-Yacimientos sedimentarios detríticos, fluviales, de gravas y arenas del Terciario-Cuaternario.

C.- Yacimientos hidrotermales filonianos.  
Existiendo posibilidades poco conocidas en:

D.- Yacimientos metamórficos (cuarcitas).

Así pues, dado que la obtención de cuarzo como subproducto queda fuera del objetivo propuesto, la investigación se orienta a los tres tipos : B.1, C y D.

Se han excluido de los yacimientos tipo B.1 los relacionados con los medios marino, fluvio-marino y eólico que consisten en depósitos (muy extendidos en Galicia) de arenas utilizadas como áridos y que presentan grandes condicionantes ambientales y de calidad. Asimismo se prescinde de los yacimientos de alteración (tipo A) de arenas graníticas , de baja calidad.

A continuación se refiere, la metodología general a seguir para la localización y estudio de un determinado tipo de yacimiento, en base a las observaciones obtenidas durante la realización de este proyecto:

Para los yacimientos sedimentarios detríticos:

### 1ª FASE

-Revisión de la información existente.

- Localización de depósitos en relación con áreas fuente potencialmente favorables. El tamaño; forma y principalmente la composición de los clastos de un posible yacimiento depende en gran medida del material originario.

En Galicia las áreas fuente más favorables son las constituidas por:

.Formaciones de esquistos con gran densidad de vetas de cuarzo de segregación.

.Rocas graníticas con stockworks de cuarzo o con densidad de filones de cuarzo y/o pegmatitas.

.Cuarcitas.

- Los depósitos aluviales próximos al área madre tienen mayor probabilidad de estar constituidas por gravas predominantemente monominerales de cuarzo-cuarcita, dada la resistencia del cuarzo a la meteorización y transporte.

- Definición del depósito, con la base geológica más detallada existente (o realizada), al menos 1:50.000. Se definirán los parámetros fundamentales del depósito: recubrimiento, morfología, extensión, litología, tipo, etc., en base a observaciones de campo.

- Localización de los niveles de gravas y arenas aflorantes y que pueden constituir yacimiento.

- Muestreo y análisis.

.Lavado: las muestras han de someterse a un lavado para eliminar las impurezas fácilmente separables, como son las arcillas y compuestos orgánicos.

.Separación granulométrica: se realiza mediante cribas y tamices. La distribución granulométrica es básica para clasificar la muestra en función de sus posibles usos industriales.

- Estudio del estado de superficie de los clastos y su composición.

Mediante lupa binocular se observarán las siguientes características:

- . Textura superficial: brillante, mate, barnizada, pulida, etc..
- . Redondez: anguloso, subanguloso, subredondeado, redondeado, bien redondeado.
- . Forma: elíptica, acicular, cilíndrica, dicoidal, esférica, planar.
- . Composición: abundancia de cuarzo, mica, feldespatos, minerales pesados.

- Análisis químico general: se realizarán análisis químicos generales para las fracciones de mayor interés. Se analizarán :  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , y p.p.c.,

- Selección de los depósitos de mayor interés en función de los datos obtenidos y de otros condicionantes mineros.

## 2ª FASE

- Estudio geológico-minero de los indicios seleccionados a escala adecuada (1:10.000-1.000). incluirá:



- . Zanjas y catas, con el fin de definir los niveles de interés así como su geometría, calidad y continuidad, además de posibilitar el muestreo.
- . Muestreo y análisis:
  - . Lavado
  - . Separación granulométrica.
  - . Estudio del estado de superficie de los clastos y su composición.
  - . Análisis químicos generales y/o ensayos específicos en función de los usos mas probables.
- . Estudio de los condicionantes a una posible extracción del depósito.
- . Estimación de los recursos en función de las posibles utilizaciones y el nivel de conocimiento alcanzado.

Por lo que se refiere a la metodología a seguir en relación con yacimientos tipo C (filonianos) y D (cuarcitas) se propone:

#### 1ª FASE

- Revisión de la información existente.
- Localización de indicios.
- Definición del depósito (1:50.000): Morfología, estructura, potencia, facies, etc..
- Muestreo y análisis
- . Análisis químicos generales:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{K}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y p.p.c. .
- Selección de indicios de mayor interés.

2ª FASE

- Estudio geológico.minero de detalle (1:10.000-1.000)  
que incluirá:

- . Limpiezas superficiales para posibilitar la definición de facies y la adecuación del muestreo.
- . Perforaciones a polvo y/o con testigo
- . Análisis químicos generales y ensayos específicos para usos más probables.
- . Estudio de condicionantes a una posible extracción del depósito.
- . Estimación de recursos en función de las posibles utilidades y el nivel de conocimiento obtenido

5. PANORAMA INTERNACIONAL DEL CUARZO

## 5.-PANORAMICA INTERNACIONAL DEL CUARZO

### 5.1.- INTRODUCCION

La mayor parte de la producción en Europa (fundamentalmente para la fabricación de silico-metal y ferrosilico) está concentrada en el sur del continente, especialmente en Italia, Yugoslavia, España y Portugal. El resto de Europa, incluyendo los mayores productores de arena, excepto Francia, dependen casi completamente de las importaciones.

#### EXPORT.-IMPORT. DE CUARZO-CUARCITA DE LA CEE (TM x10<sup>3</sup>)

	EXPORTACION	IMPORTACION	SALDO	SIT.CEE
ESPAÑA	1.217	67.137	- 65.920	Defic.
PAISES NO COMUNITARIOS	64.276	101.147	- 36.871	Defic.
TOTAL	65.493	168.284	-102.791	Defic.

Euroestat-1986

#### EXPORT.-IMPORT. DE CUARZO-CUARCITA DE LA CEE (MILES ECUS)

	EXPORTACION	IMPORTACION	SALDO	SIT.CEE
ESPAÑA	277	1.430	- 1.153	Defic.
PAISES NO COMUNITARIOS	8.516	20.201	-11.685	Defic.
TOTAL	8.793	21.631	-12.838	Defic.

Euroestat-1986

La CEE es deficitaria en cuarzo-cuarcita y especialmente Alemania, Dinamarca, Francia, Italia y Reino Unido.

EXPORT.-IMPORT. DE ARENAS SILICEAS DE LA CEE (TM x10<sup>3</sup>)

	EXPORTACION	IMPORTACION	SALDO	SIT. CEE
ESPAÑA	27.098	14.608	12.490	Exceden
PAISES NO COMUNITARIOS	2.561.843	1.483.005	1.078.838	Exceden
TOTAL	2.588.941	1.497.613	1.091.328	Exceden

Euroestat-1986

## EXPORT.-IMPORT. DE ARENAS SILICEAS DE LA CEE (MILES ECUS)

	EXPORTACION	IMPORTACION	SALDO	SITUAC.
ESPAÑA	1.021	138	883	Exceden
PAISES NO COMUNITARIOS	33.341	12.779	20.562	Exceden
TOTAL	34.362	12.917	21.445	Exceden

Euroestat-1986

La CEE es excedentaria en arenas silíceas y fundamentalmente desde Alemania, Dinamarca, Francia, y Bélgica-Luxemburgo.

En Norteamérica, USA, y Canadá comercializan entre ellos las arenas silíceas y el cuarzo, siendo Canadá un exportador neto de cuarzo que va exclusivamente a USA (143.783 t.en 1974); mientras que USA es un exportador neto de arenas silíceas (para la industria y la construcción), yendo el mayor volumen a Canadá (un total de más de 1,3 millones de toneladas en 1974).

Australia es autosuficiente, tanto en cuarzo como en arenas silíceas, y de hecho abastece el vasto mercado del Sudeste asiático el cual tiene una aportación interior muy

pobre. Esto es particularmente verdad en Japón, que importó casi 600.000 t. de arena en 1974 (la mayor parte de Australia) y casi 300.000 t. de cuarzo de Korea del Sur.

#### 5.2.- PRODUCCIONES, EXPORTACIONES E IMPORTACIONES POR PAISES.

A continuación se realiza una revisión panorámica de las producciones, principales productores, importaciones y exportaciones de los principales países comercializadores de cuarzo, tanto roca como arenas .

##### BELGICA-LUXEMBURGO.

La alta calidad de las arenas silíceas producidas en Bélgica es famosa en el mundo entero. Las producciones han crecido desde menos de 9 millones de toneladas por año en 1967 hasta por encima de los 15 millones de toneladas en 1974 y las exportaciones excedieron los 3,7 millones de toneladas en 1986, principalmente a Francia, Italia y República Federal Alemana y si bien las importaciones fueron muy superiores el saldo en valor, dado la calidad de sus arenas les es positivo . Los principales centros de producción en Bélgica están alrededor de Mol, unos 60 Km. al Este de Antwerp; cerca de Maasmechelen, unos 100 km. al SE de Antwerp; en las proximidades de Charleroi en Hainault; y en la provincia de Limbourg.

Las principales empresas productoras son:

- Sablières & Carrières et Compagnie Belge des Silices Réunies.
- Les Nouvelles Sablières de Mol, S.A.

- Les Sablières de Sambre et Dyle.

El balance E-I con el resto de la CEE, es negativo para cuarzo-cuarcita.

#### FRANCIA

La producción de arenas silíceas en Francia totalizó en el año 1972 la cantidad de 5.161.192 t., de las cuales 2.483.797 t. se destinaron a la industria cerámica y del vidrio, 1.968.872 t. para fundiciones y 708.523 t. a otras industrias. Mas del 38% de la producción total procede del área de París Basin. La producción de arenas silíceas descendió de 6,6 millones de toneladas en 1980 a 6,1 millones de 1981 y a 5,7 millones en 1982.

En 1986 exportó a otros países de la CEE unos 3,6 MTm e importó unos 2,0 Mtm. teniendo un saldo positivo.

Los mayores productores son:

- Sifracó, S.A.
- Compagnie Française des Silices, S.a.r.l.
- Ets. Bérvalle, S.A.
- Sté, d'Exploitation de Sables et Minéraux .

La producción de cuarzo totaliza unas 600.000 t./año. Más de 200.000 t./año proceden del Z.E.A.T. Mediterráneo y del Z.E.A.T. del Centro-Este; 100.000 t./año del Z.E.A.T. del Sur-Oeste y 60.000 t./año del Departamento de Essone, en la región de París.

Francia exportó en 1986 cerca de 11.000 tm. de cuarzo, principalmente al Benelux. e importó unas 300.000 tm. de

otros países comunitarios arrojando un saldo negativo en tonelaje y en valor.

### ITALIA

A pesar de tener una producción que excede los 5 millones de toneladas por año, Italia es uno de los mayores importadores de arenas silíceas de Europa, con cerca de 1 millón de toneladas. Las exportaciones, limitadas a Suiza y Yugoslavia, fueron del orden de 153.000 tm. en 1986. La mayor cantidad de la importaciones proceden de Francia, Bélgica y Alemania (unas 900.000 tm.).

Los principales productores son los siguientes:

- Siro, SpA.
- Cabrini Mineraria SpA de Milán.
- Emiliana Sabbie Srl de Piacenza.
- SAPIL - Sabbie Silicee Srl de Viareggio.
- Sibelco Italiana de Milán .
- Sidersabbia de Rubiera .
- Italsif SpA.
- Socalpi Srl de Martiniana
- I.M.E.D. SpA.
- Carc Silice Revello s.a.s..
- Accornero & CNord SpA.

De cuarzo-cuarcita, Italia exportó a otros países de la CEE unas 29.000 tm. e importó de ellos 93.000 tm. con un saldo positivo en valor.



### HOLANDA

Como Bélgica, Holanda tiene fama mundial de producir unas arenas silíceas muy puras. Sin embargo, Holanda es históricamente, un importador neto de arenas silíceas.

En 1986 exportó a otros países de la CEE unos 9,0 MTm. e importó de ellos unos 8,0 MTm. teniendo, no obstante un saldo en valor negativo.

Los principales productores son:

- B.V. Leiben.
- Filterzand Wessen B.V.
- Cofinex N.V. .
- Hanno Delfstoffen B.V..

En cuarzo-cuarcita su saldo en valor fué positivo en 1986 con una exportación de 13.000 tm e importando unas 25.000 tm.

### PORTUGAL

Grandes depósitos pegmatíticos, conteniendo feldespatos y cuarzo,, aparecen, sobre todo, en la montañosa región de Viseu en el Norte de Portugal. Las arenas silíceas para el consumo interno en las industrias del vidrio, cerámica y fundición se producen fundamentalmente en Figueira da Foz (Coimbra) y en el río Maior (Satarem).

Con una exportación de arenas silíceas en 1986 de 23.000 Tm. y una importación de 13.000 Tm., tuvo un saldo en valor negativo.

Las principales compañías productoras son:

- Unimil-Minerais Lda.
- A.J. Da Fonseca Lda.
- Serel -Sociedade de Arieas Reunidas Lda.
- Covina -Companhia Vidreira Nacional,S.A.R.L.

En cuanto a cuarzo-cuarcita el saldo en 1986 con otros países de la CEE fué excedentario con unas exportaciones del orden de 7.000 Tm. e importaciones de 300 Tm.

#### NORUEGA

Las arenas silíceas se obtienen en Noruega como un subproducto en las producción de feldespatos de las pegmatitas. La mayor parte de las arenas silíceas consumidas en Noruega son importadas de Bélgica, Suecia y Dinamarca.

La cuarcita se produce en el área de Kragerö (SE de Oslo) y al Norte, aunque la producción es insuficiente para abastecer la industria del ferrosilicio y silicio-metal, importando aproximadamente unas 250.000 t./año de cuarzo, principalmente de España, Portugal y Suecia.

Las principales productoras son:

- K/S Norfloat A/S & Co. .
- H. Björum.
- S. Lunoe.
- Georg Tveit.
- Elkem Spigerverket.

### SUECIA Y DINAMARCA

Suecia es el mayor productor de arenas silíceas de los países escandinavos y Dinamarca posee el mayor yacimiento, en la isla de Bornholm.

Suecia también produce una importante cantidad de cuarcitas, que exporta para ferrosilicio a Noruega y Alemania.

Las principales productoras son:

- Ahlsell & Agren (Suecia).
- Baskarpsand AB (Suecia).
- Dansk Kvarts Industri (Dinamarca).
- AB Forshammars Bergverk (Suecia).
- Svenska Silikaverken (Suecia).

### FINLANDIA

Produce arenas silíceas en el área de Kimito y Nilsjä, que se utilizan exclusivamente en la industria del vidrio.

En 1982 importó 45.427 t. de arenas silíceas, mientras que la exportación cayó drásticamente de 20.595 t. en 1981 a 3.751 t. en 1982. El mayor productor de arenas silíceas es Lohja Corporation.

### REINO UNIDO

Durante 1974 el Reino Unido produjo más de 4,6 millones de toneladas de sílice, de las que el 34% fueron destinadas a la industria del vidrio y el 28% para las fundiciones y otros usos. En 1982 la producción fue de 4.123.000 t..

En 1986 fué deficitaria tanto en cuarzo-cuarcita, como en arenas silíceas en su comercio exterior con otros países de la CEE.

Los principales productores son los siguientes:

- Tilcon Ltd.
- Bethgate Silica Sand Ltd.
- Buckland Sand and Silica Ltd.
- British Industrial Sand Ltd.

#### ALEMANIA

La República Federal Alemana es uno de los primeros productores mundiales de arenas silíceas, con una media de producción anual de 7 millones de toneladas.

En 1986 importó 3,6 MTm. de arenas silíceas de otros países de la CEE y exportó a ellos unos 7,5 MTm. obteniendo un saldo positivo.

La mayor cantidad de arenas silíceas viene de Francia, Holanda y Bélgica.

Los mayores productores son:

- Quarzwerke Gbmh.
- Westdenstche Quarzwerke Dr.Müller Gbmh.
- Amberger Kaolinwerke Gbmh.
- Dorfner & Co.
- Eduard Kick Gbmh.
- Dörentrup Quarz und Fenerfest Gbmh.
- Duinger Glassandwerke.

En cuanto a cuarzo-cuarcita, Alemania es deficitaria en el mercado de la CEE, con unas importaciones durante 1986 del orden de 80.000 Tm.

#### BRASIL

Brasil posee los mayores yacimientos mundiales de cuarzo cristal para aplicaciones ópticas y electrónicas.

#### ESTADOS UNIDOS

Según el United States Bureau of Mines la Industria del cuarzo cristal volvió a tomar interés durante la segunda mitad de 1983. En 1983 la producción de lasca fue estimada en 800.000 libras, valoradas en unos 520.000 \$ . El mayor productor de lasca de USA es Coleman Crystal Inc. de Jessieville (Arkansas). Este incremento de la producción de lasca se debió fundamentalmente al aumento de las exportaciones a Japón. Por otra parte, Estados Unidos importa lasca de Brasil por valor, en el año 1983, de 121.000 dólares .

La producción total de arenas silíceas en Estados Unidos se estimó en 1983 alrededor de 28,5 millones de toneladas, de las que 8 millones de toneladas son consumidas en la industria del vidrio y 10 millones en la de las fundiciones.

Las principales productoras de arenas silíceas son las siguientes :

- Pennsylvania Glass Sand Corp

- Martin Marietta Corp.
- Unimin Corp.
- Ottawa Silica Co.
- Jesse S. Morie & Son Inc.

### CANADA

La producción de arenas silíceas fue durante 1982 de 1.797.000 t., procedentes la mayoría de Ontario (482.000 t.) y Quebec (706.000 t.), siendo la empresa Indusmin una de las mayores productoras.

A pesar de ello, Canadá importa de USA cantidades de arenas silíceas por encima del millón de toneladas anuales. Por otra parte, exporta cuarcita a USA, siendo el consumo aparente del orden de los dos millones y medio de toneladas en el año 1982.

Después de las aplicaciones metalúrgicas, la aplicación más importante para las arenas silíceas está en las arenas de fundición, aunque la industria del vidrio es todavía un importante mercado para las arenas silíceas.

### INDIA

Según el Indian Bureau of Mines Yearbook la producción total de cuarzo en la India en 1981 fue de 188.383 t. frente a 172.250 t. en 1980. El Estado que tiene una mayor producción de cuarzo es Andhra Pradesh con un 33% de la producción, seguido por Karnataka con el 31%.

La India exportó cuarzo por una cantidad total, en 1980-81, de 10.305 t., principalmente a Japón.

#### AUSTRALIA

Australia, que inicialmente explotaba arenas silíceas únicamente para el consumo interno, se ha convertido en un exportador muy importante para toda Asia, pasando de apenas 10.000 t. exportadas en 1975 a casi 200.000 t. en el 85, según se ve en el gráfico siguiente .

Los principales países a los que se destinan estas exportaciones son, fundamentalmente, Japón y Korea.

Los principales productores son los siguientes:

- Monier Ltd.
- The Readymix Group Ltd.
- West Australian Silica Sand.

6. PNORAMA NACIONAL DEL CUARZO



## 6. PANORAMA NACIONAL DEL CUARZO

### 6.1. INTRODUCCION

España tiene abundantes recursos de cuarzo en yacimientos sedimentarios, hidrotermales filonianos, metamórficos (cuarcíta) y se obtiene también como subproducto.

Las formaciones detríticas se encuentran fundamentalmente en el Cuaternario, Terciario y Secundario (Cretácico). Las formaciones silíceas cuaternarias son numerosas y rodean áreas metamórficas o de plutonismo ácido. Son de destacar las arenas aluviales de las provincias de Ciudad Real y Badajoz, utilizadas como áridos, su pureza en sílice es del 94 %. En el Plioceno, Mioceno y Oligoceno aparecen, coincidiendo probablemente con amplios paleocauces, arenas silíceas de gran calidad (provincias de Santander, Tarragona, Castellón, Valencia, Albacete y Ciudad Real. Sus sectores de consumo son el de la construcción, vidrio, cerámica y la siderurgia. Los mayores productores de arenas silíceas son Sibelco Española, S.A. e Industrias del Cuarzo, S.A. .

En el Albiense-Aptiense de la Cordillera Ibérica y Cantábrica, existen niveles de arenas silíceas, más o menos caoliníferas que, como subproducto o como producto principal, se explotan para las industrias siderúrgica y del vidrio y en ocasiones como carga y abrasivos. Dos de los mayores yacimientos de este tipo (caolín-sílice), son los situados al noroeste de la provincia de Soria: Minas "La Unión II" y "La Esperanza", ambas explotadas por Caolines del Norte, S.L. con leyes medias de mineral de 10-15 %  $Al_2O_3$  y 85-90 % de  $SiO_2$  ; los de Poveda de la Sierra y Villanueva de Alcorón, en la provincia de Guadalajara, son explotados por Caobar, S.A. y Caosil Serso, S.A., respectivamente.

Cuarzo metamórfico es el de las cuarcitas del Arenig (Ordovícico), y las cuarcitas de Bámbola (Cámbrico Inferior), que llegan a alcanzar contenidos medios del 96 % de  $\text{SiO}_2$ .

Los depósitos españoles de diatomita se encuentran en las provincias de Jaén, Albacete, Alicante, Almería, Cádiz y Sevilla. Las diatomitas se utilizan principalmente en la industria de fertilizantes, pinturas, aislantes y elementos filtrantes, siendo las principales empresas explotadoras: Jhon Mansville Española; Compañía Española de Kieselgur, S.A.; Diatomeas, S.A. y Cementos Alba, S.A. .

## 6.2. PRODUCCION NACIONAL

Nos referiremos con mayor detalle al cuarzo masivo de calidad ferroaleaciones o de alta calidad, puesto que el estudio tiene esta orientación, si bien se han incluido datos de otros tipos de cuarzo masivo ya que en general están muy relacionados.

El cuarzo masivo se obtiene de yacimientos de tipo sedimentario mecánico (detríticos) o hidrotermales (filonianos) y su uso más importante es para ferroaleaciones (ferrosilicio y silicio metal), y en la granulometría de arenas (arenas silíceas) en la industria del vidrio.

Las producciones y calidades que se dan a continuación se refieren al cuarzo destinado a ferroaleaciones.

Durante 1987 operaron en España 9 empresas dedicadas al beneficio del cuarzo masivo de alta calidad y de ellas 3 actúan en Galicia.

**A Coruña:**

ERIMSA, S.A.: Beneficia un yacimiento filoniano y adquiere una parte de producción, de calidad ferroaleaciones, de explotaciones de yacimientos detríticos, cuyo producto principal son los áridos (D. Marcelino García Castro).

Su producción para ferroaleaciones se sitúa en torno a las 214.000 Tm/año, con un contenido en  $\text{SiO}_2$  del orden del 99 %.

CUARZOS INDUSTRIALES, S.A.: Explota un yacimiento filoniano obteniendo una producción del orden de las 217.000 Tm/año con un contenido en  $\text{SiO}_2$  de un 98 %.

**Lugo:**

ERIMSA, S.A.: Explota un yacimiento detrítico del que obtiene una producción de unas 33.000 Tm/año con una calidad del 99,2 % en  $\text{SiO}_2$ .

**Pontevedra:**

NORSIL, S.A.: Cuenta con una explotación de un yacimiento filoniano con una producción, para ferroaleaciones, del orden de las 30.000 Tm/año con un contenido en sílice de un 99,6 % .

**Segovia:**

CUARZOS DE CASTILLA-FERRONOR, S.A.: Explota un yacimiento detrítico con una producción de 25.575 Tm/año y una ley del 97,9 % en  $\text{SiO}_2$  .

**León:**

Se explota un yacimiento con una producción de 103.500 Tm en 1987, con una ley del 99,96 % en sílice (EME).

**Asturias:**

MARIA ISABEL ALVAREZ: Se explota un yacimiento de cuarcitas ordovícicas con una producción de 19.220 Tm en 1987 y una ley del 99,75 % en sílice. Se emplea en refráctarios.

**Guadalajara:**

EXPLOTACIONES SAN ANTONIO: Cuenta con la explotación de un yacimiento de cuarcitas del Ordovícico, del que se obtuvieron, en 1987, 29.536 Tm, con un contenido en sílice del 98 % .

**Cantabria:**

EXPLOTACIONES SAN ANTONIO: Es un yacimiento de cuarcitas del Ordovícico con una producción, en 1987, de 44.461 Tm y una ley del 98,6 % en sílice. Se utiliza para refractarios además de para ferroaleaciones.

**Vizcaya:**

SR. GARRIDO: Se beneficia un yacimiento de cuarcitas ordovícicas con una producción de 3.334 Tm en 1987 y una ley en sílice del 96 %. Se emplea para revestimientos de hornos y cuenta también con producción de arenas silíceas (7.342 Tm).

En la mayoría de las explotaciones se obtienen también áridos como subproducto.

PRODUCCION DE CUARZO - ESPAÑA

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1987*
Producción total de cuarzo(Tm)	626.364	597.821	649.945	716.516	789.868	707.429	634.097	465.236	502.752	372.458	251.736	568.320	532.192	894.004
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> )	209.434	213.327	261.006	383.203	396.097	545.929	517.755	422.968	447.658	429.991	277.423	1.013.348	868.976	1.673.852

Fuente:Elaboración propia a partir de EME

\* Aplicados los datos del estudio para Galicia  
CUADRO - 3

Las reservas totales estimadas por las empresas ubicadas en Galicia son muy elevadas, superando los  $40 \times 10^6$  Tm.

La producción de cuarzo en todo el territorio nacional así como su valor, queda reflejada en el cuadro-3 y la sectorización de los suministros en el cuadro-4.

Analizando los datos, observamos una disminución creciente de la producción desde el año 1981, debido al cierre a nivel mundial de gran número de plantas productoras de ferroaleaciones, y una reactivación en 1986 (que continúa en 1989) y que es debida a la recuperación de la producción de Galicia para la exportación. En 1985 sufrió un retroceso importante, lo que se explica porque en Galicia solo hubo una explotación en activo y a niveles muy bajos debido a la reestructuración del sector.

El cuadro-5 recoge la producción de España en arenas silíceas, que proviene de yacimientos detríticos (arenas y areniscas) y de yacimientos metamórficos (cuarcitas alteradas), así como subproducto de la obtención del caolín.

Las producciones se sitúan en Alava, Alicante, Asturias, Barcelona, Burgos, Cádiz, Cantabria, Castellón, Guipuzcoa, La Rioja, León, Lérida, Murcia, Segovia, Zaragoza y como subproducto en A Coruña, Cuenca, Guadalajara, Teruel y Valencia.

No se incluyen aquí (EME), sí con el cuarzo, las arenas de cuarzo procedentes del beneficio del feldespató (ej. en Lugo).

En el cuadro-6 se indica la sectorización de los suministros de arenas silíceas.

SECTORIZACION DE LOS SUMINISTROS DE CUARZO - ESPAÑA

SECTOR	1985		1986		1987	
	Tm	%	Tm	%	Tm	%
Siderurgia	32.383	13,43	22.613	4,08	15.925	2,90
Metalurgia no férrea			60.278	10,88		
Tierras de moldeo			73.949	13,35	80.605	14,66
Fabricación de cementos	8.500	3,52			6.466	1,18
Industrias cerámicas	2.598	1,08	6		50.025	9,10
Fabricación de refractarios	27.077	11,23	41.740	7,53	3.670	0,70
Industria del vidrio	155.694	64,57	213.049	38,45	178.946	32,55
Industria Química básica			500	0,09	5.209	0,95
Pigmentos			600	0,11		
Cargas					38	
Productos absorbentes, filtrantes, decolorantes			1.500	0,27	23.572	4,23
Otros destinos	14.321	5,94	17.137	3,09	33.588	6,11
Exportación	562	0,23	122.739	22,15	151.418	27,55
<b>TOTAL CONTROLADO</b>	<b>241.135</b>	<b>95,79</b>	<b>554.111</b>	<b>98,50</b>	<b>549.662</b>	<b>103,3</b>

Fuente: EME

CUADRO - 4

PRODUCCION DE ARENAS SILICEAS - ESPAÑA

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Producción de arenas silíceas(Tm)	1.027.915	1.118.381	----	1.673.936	1.757.453	2.424.599	1.832.476	1.610.785	2.117.197	2.267.487	2.466.751	2.403.164	2.434.293
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> )	209.434	213.327	261.006	383.203	396.097	545.929	517.755	422.968	447.658	429.991	1.375.494	1.448.824	1.677.088

Fuente:EME

CUADRO - 5



SECTORIZACION DE LOS SUMINISTROS DE ARENAS SILICEAS

SECTOR	1985		1986		1987	
	Tm	%	Tm	%	Tm	%
Metalurgia básica	3.900	0,16	13.276	0,56	121.610	6,61
Tierras de moldeo	449.241	18,17	464.735	19,44	383.519	20,66
Fabricación de cementos	28.269	1,14	25.969	1,09		
Industrias cerámicas	63.490	2,57	14.475	0,61	2.000	0,11
Fabricación de refractarios	31.148	1,26	44.710	1,87	60.624	3,30
Industria del vidrio	665.691	26,92	1.027.529	42,99	617.759	33,61
Cargas					22.000	1,20
Productos absorbentes, filtrantes, decolorantes					10.200	0,55
Aridos de trituración	633.515	25,62	681.754	28,52	574.626	31,26
Otros destinos	126.726		107.421		45.951	2,50
<b>TOTAL CONTROLADO</b>	<b>2.472.646</b>	<b>100,2</b>	<b>2.390.069</b>	<b>99,4</b>	<b>1.838.289</b>	<b>75,5</b>

Fuente: EME

CUADRO - 6

PRODUCCION DE CUARCITAS - ESPAÑA

CUARCITAS	1985	1986	1987
Producción total (Tm)	992.860	744.157	910.399
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> )	455.518	472.209	453.564

Fuente:EME

PRODUCCION DE ARENISCAS - ESPAÑA

ARENISCAS	1985	1986	1987
Producción total (Tm)	2.274.235	2.619.912	1.549.193
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> )	667.558	731.986	689.331

Fuente:EME

PRODUCCION DE ARENAS Y GRAVAS NATURALES - ESPAÑA

ARID.NATUR.	1985	1986	1987
Producción total (Tm)	25.243.375	26.659.98	31.876.000
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> )	6.108.329	7.420.79	9.544.550

Fuente:EME

## SECTORIZACION DE SUMINISTROS ARENISCAS Y CUARCITAS - ESPAÑA

SECTOR	ARENISCA						CUARCITA					
	1985		1986		1987		1985		1986		1987	
	Tm (Pts*10 <sup>3</sup> )	%	Tm (Pts*10 <sup>3</sup> )	%	Tm (Pts*10 <sup>3</sup> )	%	Tm (Pts*10 <sup>3</sup> )	%	Tm (Pts*10 <sup>3</sup> )	%	Tm (Pts*10 <sup>3</sup> )	%
ROCAS Y ARIDOS CONSTRUCCION												
Aridos de trituración	1.645.662 (298.907)	72,4 44,8	1.795.203 (302.263)	68,5 41,3	869.908 (250.609)	56,2 36,4	448.641 (224.640)	45,2 49,3	736.168 (449.507)	98,9 95,2	904.239 (445.164)	99,3 98,1
Piedra de mampostería	43.329 (21.410)	1,9 3,2	46.850 (31.873)	1,8 4,4	43.426 (24.744)	2,8 3,6	70.000 (21.000)	7,1 4,6				
Piedra para escollera	216.800 (30.600)	9,5 4,6	383.000 (43.150)	14,6 5,9	189.000 (21.660)	12,2 3,1	312.276 (98.160)	31,5 21,5				
Roca para piedra artificial					20 (60)		154.469 (86.476)	15,6 19,0			1.200 (1.500)	0,1 0,3
Piedra para sillería	154.940 (173.029)	6,8 25,9	172.019 (195.222)	6,6 26,7	160.081 (183.770)	10,3 26,5						
Rocas ornamentales	8.318 (25.730)	0,4 3,9	8.660 (41.850)	0,3 5,6	10.609 (44.196)	0,7 6,4	200 (2.600)	0,02 0,6	2.200 (16.400)	0,3 3,5		
Rocas vendidas en bruto	14.137 (26.747)	0,6 4,0	16.147 (34.601)	0,6 4,7	29.378 (64.374)	1,9 9,3					450 (4.000)	- 0,9
AGLOMERANTES												
Fabricación de cementos	148.322 (35.071)	6,5 5,3	179.689 (44.651)	6,9 6,1	202.301 (48.061)	13,1 7,0	680 (340)	0,07 0,07	4.302 (898)	0,6 0,2	3.545 (727)	0,4 0,2
PRODUCTOS CERAMICOS												
Productos refractarios	12.339 (36.881)	0,5 5,5	17.394 (37.076)	0,7 5,1	20.490 (47.508)	1,3 6,9	1.644 (5.502)	0,2 1,2	1.487 (5.404)	0,2 1,1	965 (2.173)	0,1 0,5
DIVERSOS												
Industrias del vidrio	14.233 (7.588)	0,6 1,1			780 (524)							
Metalurgia básica							4.950 (16.800)	0,5 3,7				
Arenas de moldeo	15.355 (8.395)	0,7 1,3										
Otros	800 (3.200)	0,03 0,5	950 (1.900)	0,04 0,3	23.200 (4.825)	1,5 0,3						
TOTAL CONTROLADO	2.274.235 (667.558)	100	2.619.912 (731.986)	100	1.549.193 (689.331)	100	992.860 (445.518)	100	744.157 (472.209)	100	910.399 (453.564)	100

Fuente: a partir de EME

CUADRO - 8

Del análisis de estas estadísticas se deduce el crecimiento progresivo desde 1975 hasta 1980 decreciendo luego hasta 183 para estabilizarse en torno a los 2,4 millones de Tm a partir de 1985.

Por otra parte, más del 85 % de la producción de arenas silíceas se consumen en tres sectores: Industria del vidrio, construcción (áridos de trituración) y arenas de moldeo para fundición.

En el cuadro-7 se recogen las producciones de cuarcita, arenas, y arenas y gravas naturales.

En el cuadro-8 la sectorización de sus suministros y donde se observa que más del 99 % para las cuarcitas y del 56 % para las areniscas va a la industria de la construcción como áridos de trituración, existiendo una partida importante de areniscas como piedra para sillería.

Las arenas y gravas naturales se consumen en la industria de la construcción.

### 6.3. COMERCIO EXTERIOR

Los cuadros-9 y 10 muestran la evolución de las importaciones y exportaciones españolas de cuarzo, cuarcitas y arenas silíceas.

España exporta cuarzo, principalmente destinado al sector de las ferroaleaciones, a Noruega, Francia y Suecia y en menores cantidades a Suiza e Italia, siendo las importaciones muy pequeñas.

Los principales países proveedores de arenas silíceas a España son: Marruecos, Francia, Bélgica y Alemania.

IMPORTACION DE CUARZO, CUARCITAS Y ARENAS SILICEAS - ESPAÑA

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Cuarzo (Tm)	3.272	3.015	2.761	5.910	2.617	3.745	2.878	534	705	537	755	690
Valor(x10 <sup>3</sup> )	19.795	18.610	27.073	54.123	29.095	53.936	41.904	12.274	13.135	19.963	19.428	20.256
Cuarcita(Tm)								6.908	5.496	6.983	7.091	1.806
Valor(x10 <sup>3</sup> )								85.243	68.033	95.505	80.013	48.884
A.silic.(Tm)	34.735	17.298	20.510	16.171	14.692	15.530	15.614	32.551	37.581	38.389	45.785	40.546
Valor(x10 <sup>3</sup> )	41.846	37.153	43.973	39.519	32.252	44.347	35.131	81.997	97.924	139.063	153.845	175.836

Fuente: Comercio Exterior

CUADRO - 9

EXPORTACION DE CUARZO, CUARCITAS Y ARENAS SILICEAS - ESPAÑA

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Cuarzo (Tm)	270.118	281.547	195.547	224.408	333.698	352.702	290.725	272.057	294.093	353.008	390.068	369.804
Valor(x10 <sup>3</sup> )	158.684	155.571	157.340	201.616	328.971	457.563	403.074	395.791	482.570	743.774	922.562	945.734
Cuarcita(Tm)								25.631	9.504	98	491	5.174
Valor(x10 <sup>3</sup> )								42.515	17.928	129	698	6.829
A.silic.(Tm)	78.713	138.760	173.366	174.217	385.786	351.491	265.294	206.000	253.687	201.371	182.893	269.493
Valor(x10 <sup>3</sup> )	21.606	42.683	61.161	72.161	157.421	193.231	195.292	123.000	162.914	160.844	143.115	184.802

Fuente: Comercio Exterior

CUADRO - 10

CUARZO - PRECIOS MEDIOS ANUALES (Pts./Tm) - ESPAÑA

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987*
Cuarzo	334,4	356,8	401,6	534,8	501,5	771,7	816,5	909,2	890,4	1.154,5	1.102,0	1.783,1	1.872,0
Pts. 1980	142,6	179,0	250,8	400,0	434,0	771,7	935,7	1.192,0	1.309,0	1.889,0	1.962,0	3.454,0	3.793,0

\*Estimado

IMPORTACION DE CUARZO, CUARCITAS Y ARENAS SILICEAS - ESPAÑA - PRECIOS MEDIOS ANUALES (Pts./Tm)

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Cuarzo	6.050	6.173	9.806	9.158	11.118	14.402	14.560	22.985	18.631	37.177	25.732	29.357
Pts. 1980	2.580	3.097	6.125	6.850	9.626	14.402	16.686	30.133	27.388	60.822	45.803	56.865
Cuarcita								12.521	12.379	13.677	11.284	27.068
Pts. 1980								16.415	18.197	22.376	20.086	52.431
Ar. silice.	1.205	2.148	2.144	2.444	2.195	2.856	2.250	2.519	2.606	3.622	3.360	4.337
Pts. 1980	514	1.078	1.339	1.828	1.900	2.856	2.579	3.302	3.831	5.926	5.981	8.401

CUADRO - 12

EXPORTACION DE CUARZO, CUARCITAS Y ARENAS SILICEAS - ESPAÑA - PRECIOS MEDIOS ANUALES (Pts./Tm)

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Cuarzo	587	553	805	898	986	1.297	1.386	1.455	1.641	2.107	2.365	2.557
Pts. 1980	250	277	503	672	854	1.297	1.591	1.908	2.412	3.447	4.210	4.953
Cuarcita								1.659	1.886	1.316	1.422	1.320
Pts. 1980								2.175	2.772	2.153	2.531	2.557
Ar. silice.	274	308	353	414	408	550	736	597	642	799	783	686
Pts. 1980	117	155	220	310	353	550	843	783	944	1.307	1.394	1.329

CUADRO - 13

Los cuadros-11,12 y 13 muestran la evolución de los precios medios anuales.

En el cuadro-14 se observa que España presenta un superavit neto en el comercio exterior del cuarzo.

La CEE es deficitaria en cuarzo-cuarcita y España cubre un 40 % en peso de su importación representando solo un 6,5 % en valor.

Los países deficitarios de la CEE son fundamentalmente: Alemania, Francia, Dinamarca, Italia, Reino Unido, Bélgica-Luxemburgo y son excedentarios España, Grecia, Irlanda y Portugal.

En cuanto a las arenas silíceas la CEE es excedentaria desde, principalmente, Alemania, Dinamarca, Francia, Holanda, Portugal, Bélgica-Luxemburgo. No obstante son deficitarios Grecia, Irlanda y Reino Unido.



COMERCIO EXTERIOR DEL CUARZO - ESPAÑA

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Importx10 <sup>3</sup>	19.795	18.610	27.073	54.123	29.095	53.936	41.904	12.274	13.135	19.963	19.428	20.256
Expor.x10 <sup>3</sup>	158.684	155.571	157.340	201.616	328.971	457.563	403.074	395.791	482.570	743.774	922.562	945.734
I - E x10 <sup>3</sup>	- 138.889	- 136.961	- 130.267	- 147.493	- 299.876	- 403.627	- 361.170	- 383.517	- 469.435	- 423.811	- 903.124	- 925.478
Producx10 <sup>3</sup>	209.434	213.327	261.006	383.203	396.097	545.929	517.755	422.968	447.658	429.991	277.423	1.013.478
Consumo aparente C=I-E+Prod.	70.545	76.366	130.739	235.710	96.221	142.302	156.585	39.451	21.777	- 293.820	- 625.711	88.000
Dependencia neta D=(E-I)/C %										246,3	144,3	
Superavit neto S=(E-I)/C %	196,9	179,4	99,6	62,6	311,6	283,6	230,6	972,1	2.155,6			1.051,7

CUADRO - 14

#### 6.4. ESTRUCTURA Y EVOLUCION RECIENTE DEL SUBSECTOR

En primer lugar, trataremos de reflejar los datos globales que nos permitan obtener una idea general de la evolución del subsector, a nivel nacional, a partir de las estadísticas dadas en Estadística Minera de España.

En el cuadro-15 se observa la evolución de los datos básicos del subsector del cuarzo en España.

De estos valores puede realizarse el análisis siguiente:

El número de explotaciones ha decrecido constantemente hasta llegar a 9 en 1986 y 1987.

Al disminuir el número de explotaciones, a partir de 1981, también lo hizo el empleo, con una recuperación iniciada en 1986.

En el cuadro-16 se observa un incremento del empleo/explotación más acusado en 1987 al haberse corregido el dato de EME. Según esa fuente bajaría el empleo.

Si realizamos el cuadro-17, se observa que disminuye la relación producción/explotación hasta el año 1982 y se produce una fuerte recuperación en 1986-1987.

EVOLUCION DE LOS DATOS BASICOS DEL SUBSECTOR DEL CUARZO - ESPAÑA

CUARZO	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1987 **
Número de explotaciones	15	18	17	15	11	10	9	9	12
Total empleo	155	157	146	114	79	63	85	77	185
Horas trabajadas (x10 <sup>3</sup> )	302	281	260	203	149	95	146	127	
Coste de personal(x10 <sup>3</sup> )	115.386	156.272	155.125	126.701	115.865	88.249	131.943	130.087	
Número de máquinas	478	456	490	504	368	169	156	167	
Total potencia instalada (C.V.)	16.770	22.974	21.254	16.506	12.008	6.089	7.677	8.157	
Consumo de explosivos (x10 <sup>3</sup> pts.)	10.541	13.331	11.895	11.795	10.713	4.737	32.541	19.397	
Energía consumida (x10 <sup>3</sup> pts.)	25.853	36.098	40.379	45.102	44.470	33.776	60.364	52.492	
Inversiones realizadas (x10 <sup>3</sup> pts.)	24.134	85.144	39.947	62.022	28.602	45.120	88.951	57.093	
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> pts.)	545.929	517.755	422.968	447.658	429.991	279.229	826.738	868.976	1.515.124
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> en pts. constantes de 1980*)	545.929	593.347	554.511	658.057	703.465	497.028	1.601.392	1.760.634	3.069.796
% de incremento	-	+8,7	-6,5	+18,7	+6,9	-29,3	+222,0	+9,9	+91,7

\* Aplicando los índices medios del coste de la vida (INE)

Fuente: Elaboración propia con apoyo de EME

\*\* Aplicación de la corrección debida a Galicia

AÑO	NUM. EMPLEADOS/EXPLOTACION
1980	10,33
1981	8,72
1982	8,59
1983	7,60
1984	7,18
1985	6,30
1986	9,44
1987	15,42

CUADRO - 16

AÑO	PROD. CUARZO/EXPLOTACION (Tm)
1980	47.162
1981	35.228
1982	27.367
1983	33.517
1984	33.860
1985	25.174
1986	63.147
1987	60.452

CUADRO - 17

En los cuadros-18,19 y 20, realizados para el valor de la producción, productividad y maquinaria, se observa el mismo efecto ya indicado de recuperación del subsector en 1986.

VALOR PROD. CUARZO/EXPLORAC.			
AÑO	Miles pts	En pts.* constantes	
		Miles pts	% increm
1980	36.395	36.395	-
1981	28.764	32.964	-9,43
1982	24.880	32.618	-1,05
1983	29.843	43.869	+34,49
1984	39.090	63.951	+45,78
1985	27.923	49.703	-22,28
1986	91.860	177.933	+258,00
1987	126.260	132.068	-25,78

\*Referidas a 1980

CUADRO - 18

AÑO	PRODUCTIVIDAD EMPLEO			PRODUCTIVIDAD POR HORA TRABAJADA			
	Miles pts/ Empleado	Miles pts. constantes	% incr.	Horasx10 <sup>3</sup> trabajadas	Pts./ h. trabajada	Pts. * constantes	% incr.
1980	3.522	3.522	-	302	1.808	1.808	-
1981	3.298	3.780	+7,3	281	1.843	2.112	+16,8
1982	2.897	3.798	+0,5	260	1.627	2.133	+1,0
1983	3.927	5.773	+52,0	203	2.205	3.241	+52,0
1984	5.443	8.905	+54,3	149	2.886	4.721	+45,7
1985	4.432	7.889	-11,4	95	2.939	5.231	+10,8
1986	9.726	18.839	+139	146	5.663	10.969	+110
1987	8.190	16.594	-11,9				

\*Referidas a 1980

CUADRO - 19

AÑO	Nº de Maquinas	Nºmaquinas /explotac.	Potencia C.V.	Potencia /explotac.	Potencia /máquina
1980	478	31,9	16.770	1.188	35,1
1981	456	25,3	22.974	1.277	50,4
1982	490	28,8	21.254	1.250	43,4
1983	504	33,6	16.506	1.100	32,8
1984	368	33,5	12.008	1.092	32,6
1985	169	16,9	6.089	609	36,0
1986	156	17,3	7.677	853	49,2
1987	167	18,5	8.157	906	48,8

CUADRO - 20

## 7.- PANORAMICA DEL CUARZO EN GALICIA.

### 7.1. INTRODUCCION

Existen grandes dificultades para obtener una idea de la situación del cuarzo en Galicia ya que las cifras de producción y valor recogidas en Estadística Minera de España no tienen relación con las estimadas en el estudio. No obstante, y mediante las correcciones a EME, se cree conveniente realizar este análisis.

### 7.2. PRODUCCION

Actualmente, las producciones de cuarzo, en Galicia, de calidad ferrosilicio y silicio metal son del orden de las 600.000 Tm/año (1989). La distribución de la producción (Tm) en 1988 fué en, fundamentalmente, las siguientes empresas y explotaciones:

EMPRESA	DENOMINAC.	A CORUÑA	LUGO	PONTEVEDRA	GALICIA
ERIMSA, S.A.	Serrabal Sta. Lucía Begonte	167.000 47.000	33.000		247.000
CUARZOS INDUSTRIALES	Sonia	217.000			217.000
NORSIL, S.A.	El Castillo			30.000	30.000
GRAVERAS DEL BARCES	varias	33.400			33.400
TOTAL		464.400	33.000	30.000	527.400

Existe además una pequeña producción de otros explotadores locales (D. Marcelino García Castro) que en general es adquirida por ERIMSA, S.A. .

En los cuadros-21, 22 y 23 pueden observarse las diferencias importantes entre los datos de EME y los obtenidos en este estudio.

El número de explotaciones disminuye a partir de 1984 y se recuperan en 1986.

El número de empleos disminuye constantemente en el periodo estudiado, recuperándose en 1986.

El cuadro-25 muestra que el número de empleos por explotación tiene una fuerte disminución entre 1984 y 1985 ya que en esta fecha se produjo una gran baja en la minería del cuarzo de Galicia.



PRODUCCION DE CUARZO - GALICIA

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1987 *	1988 *	1989 *
TM	368.540	330.651	205.617	302.410	313.540	249.476	135.942	113.285	168.614	270	235.973	138.188	500.000	527.400	610.000
PTS.x 10 <sup>3</sup>					33.186	273.624	154.160	125.375	168.294	345	520.486	355.124	1.160.000	1.297.000	1.500.000

Fuente: EME

\* Estimados en el estudio

CUADRO - 21

DATOS BASICOS DEL SUBSECTOR EN GALICIA (EME)

CUARZO - GALICIA (por provincias)	A CORUÑA			LUGO			PONTEVEDRA			GALICIA **		
	1985	1986	1987	1985	1986 *	1987 *	1985	1986	1987	1985	1986	1987
Número de explotaciones	1	1	2		1	2		1	1	1	2	3
Total empleo	2	21	24		17	19		8	8	10	29	32
Horas trabajadas (x10 <sup>3</sup> )	1	32	42		32	25		15	7	1	47	49
Coste de personal(x10 <sup>3</sup> )	253	25.798	38.810		29.300	20.088		15.050	10.700	253	40.848	49.510
Número de máquinas	2	28	30		15	26		25	24	2	53	54
Total potencia instalada (C.V.)	150	1.261	1.301		964	448		1.230	1.110	150	2.491	2.411
Consumo de explosivos (x10 <sup>3</sup> pts.)		6.218	12.722		3.964	863		1.280	1.596		7.498	14.318
Energía consumida (x10 <sup>3</sup> pts.)	40	6.442	8.913		17.414	1.832		6.207	6.093	40	12.649	15.006
Inversiones realizadas (x10 <sup>3</sup> pts.)		537	18.359		20.000	3.879		2.000	7.500		2.537	25.859
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> pts.)	345	176.279	231.497		77.250	180		266.957	123.627	345	443.236	355.124
Producción vendible (Tm)	270	72.000	110.670		103.000	18		60.973	27.518	270	132.973	138.188
Contenido en SiO <sub>2</sub> (Tm)	269	71.280	108.899		101.043	17		60.778	27.391	269	132.058	136.290
Ley (%)	99,63	99,00	98,40		98,10	94,4		99,68	99,54	99,63	99,31	98,63

Fuente: EME \* Corresponden a arenas silíceas del beneficio del feldespato \*\* No se incluye Lugo

DATOS BASICOS DEL SUBSECTOR EN GALICIA (ESTUDIO)

CUARZO - GALICIA (por provincias)	A CORUÑA		LUGO		PONTEVEDRA		GALICIA		
	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1987	1988	1989*
Número de explotaciones	4	4	1	1	1	1	6	6	6
Total empleo	108	117	20	14	12	9	140	140	?
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> pts.)	1.046.250	1.145.000	33.750	81.000	80.000	71.000	1.160.000	1.297.000	1.500.000
Producción vendible (Tm)	465.000	464.400	15.000	33.000	20.000	30.000	500.000	527.400	610.000
Contenido en SiO <sub>2</sub> (Tm)	457.560	458.827	14.880	32.736	19.900	29.880	492.500	521.599	603.290
Ley (%)	98,40	98,80	99,20	99,20	99,50	99,60	98,50	98,90	98,90

\* Estimado

EVOLUCION DE LOS DATOS BASICOS DEL SUBSECTOR EN GALICIA (ESTUDIO)

CUARZO - GALICIA	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988**	1989**
Número de explotaciones	2	3	3	3	1	1	3	3	6	6
Total empleo	66	65	63	21	21	2	46	32	140	
Horas trabajadas (x10 <sup>3</sup> )	146	136	109	45	41	1	79	49		
Coste de personal(x10 <sup>3</sup> )	52.269	80.969	66.252	23.243	32.331	253	70.148	49.510		
Número de máquinas	94	122	124	42	42	2	68	54		
Total potencia instalada (C.V.)	5.204	6.696	6.806	1.374	1.374	150	3.455	2.411		
Consumo de explosivos (x10 <sup>3</sup> pts.)	7.871	7.791	6.236	7.800	9.341		11.462	14.318		
Energía consumida (x10 <sup>3</sup> pts.)	8.958	11.043	8.465	5.500	5.969	40	30.063	15.006		
Inversiones realizadas (x10 <sup>3</sup> pts.)	10.550	2.311	256	3.006	6.316		22.537	25.859		
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> pts.)	333.186	273.624	154.160	125.375	168.294	345	520.486	1.160.000*	1.297.000	1.500.000
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> en pts. constantes de 1980*)	333.186	313.552	202.087	184.232	275.229	614	1.007.609	2.348.944	2.778.691	3.409.627
% de incremento	-	-5,9	-35,5	-8,8	+49,4	-99,8	+164.006	+133	+18,3	+27,7

\* Aplicando los índices medios del coste de la vida (INE) \*\* Datos del estudio

### 7.3. ESTRUCTURA Y EVOLUCION RECIENTE

En los cuadros y comentarios que se incluyen en este apartado, se observa una evolución, del subsector del cuarzo, constantemente decreciente desde el inicio del periodo estudiado (1976) hasta 1985, año en el que se produce una fuerte crisis en el subsector debido, según las fuentes consultadas, a una disminución en el consumo interno de Galicia (Fábricas de Cee, Umbría y Sabón) y a una reestructuración para pasar a un mercado exterior a donde se dirige la mayor parte de la producción actual. La reactivación se produce en 1986 y su incremento ha sido constante y muy fuerte (más del 100 % anual entre 1985-86 y 1986-87).

AÑO	NUM. EMPLEADOS/EXPLOTACION
1980	33,0
1981	21,7
1982	21,0
1983	21,0
1984	21,0
1985	10,0
1986	14,1
1987	23,3
1988	23,33

CUADRO - 25

Al construir el cuadro-26, en el que se refleja la producción/año, se observa una evolución muy irregular, con una disminución de la relación hasta 1982. El año 1985, por reestructuración de sector se produjo una fuerte caída de la

producción que se recupera en 1986 y continúa (hasta 1989) incrementándose muy rápidamente.

En el cuadro-27 se expresa la relación de la producción/explotación. Se observa una fuerte recuperación en 1986 que continúa en la actualidad.

AÑO	PROD. CUARZO/EXPLOTACION (Tm)
1980	156.770
1981	83.159
1982	45.314
1983	113.285
1984	168.614
1985	270
1986	66.487
1987	83.333
1988	87.900

CUADRO - 26

VALOR PROD. CUARZO/EXPLORAC.			
AÑO	Miles pts	En pts. * constantes	
		Miles pts	% increm
1980	166.593	166.593	-
1981	91.208	104.517	-37,3
1982	51.387	67.362	-35,5
1983	125.375	61.411	-8,8
1984	168.294	265.229	+332
1985	345	614	-99,8
1986	221.618	429.274	+69.814
1987	193.333	391.490	+16,6
1988	216.167	463.115	+18,3

\*Referidas a 1980

CUADRO - 27

Los cuadros-28 y 29 marcan el mismo efecto de recuperación en 1986 en la productividad y la infraestructura de maquinaria.

#### Galicia en el contexto nacional - 1987

En el cuadro-30 se observa la importancia del subsector del cuarzo de Galicia en relación con España.

La productividad de las empresas de Galicia y su nivel de empleo está por encima de la media nacional.

AÑO	PRODUCTIVIDAD EMPLEO			PRODUCTIVIDAD POR HORA TRABAJADA			
	Miles pts/ Empleado	Miles pts. * constantes	% inrem.	Horasx10 <sup>3</sup> trabajadas	Pts./ h. trabajada	Pts. * constantes	% inrem.
1980	5.048	5.048	-	146	2.282	2.282	-
1981	4.210	4.824	-4,4	136	2.012	2.305	+1,0
1982	2.447	3.208	-33,5	109	1.414	1.854	-19,6
1983	5.970	8.773	+173,5	45	2.786	4.094	+120,8
1984	8.014	13.106	+49,4	41	4.105	6.713	-64,0
1985	34,5	66,8	-99,5	1	345	614	-90,8
1986	15.284	29.605	42.219	47	9.431	18.268	+2.875
1987	8.286	16.778	-23,4				
1988	9.264	19.848	+18,3				

\*Referidas a 1980

CUADRO - 28

AÑO	Nº de Maquinas	Nºmaquinas /explotac.	Potencia C.V.	Potencia /explotac.	Potencia /máquina
1980	94	47,0	5.204	2.602	55,4
1981	122	40,7	6.696	2.232	54,9
1982	124	41,3	6.806	2.269	54,9
1983	42	42,0	1.374	1.374	32,7
1984	42	42,0	1.374	1.374	32,7
1985	2	2,0	150	150	75,0
1986	68	22,7	3.455	1.152	50,8
1987	54	18,0	2.411	804	44,6

CUADRO - 29



COMPARACION SUBSECTOR DEL CUARZO: GALICIA - ESPAÑA

CUARZO	1987			1987	
	ESPAÑA	GALICIA	%	ES sin GA	%
Número de explotaciones	12	6	50,0	4	+50
Total empleo	185	140	75,7	45	+211
Nº empleados/explotación	15,42	23,33	+51,3	11,25	+107
Producción(Tm)/explotación	60.452	83.333	+37,8	56.357	+48
Valor de produc.(ptsx10 <sup>3</sup> )/explot.	126.260	193.333	+53,1	88.781	+118
Productividad (miles pts)/Empleado	8.120	8.286	+1,2	7.892	+5
Productividad (mil pts)/H.trabajo	5.108	7.247	+41,8	4.553	+59
Nºmaquinas/explotación	18,5	18	97,3	18,80	96
Potencia instalada(C.V.)/explot.	906	804	88,7	958	84
Potencia(C.V.)/máquina	48,8	44,6	91,4	50,80	88
Inversión/explotación	6.343	8.620	+35,9	5.205	+66
Total producción vendible	725.426	500.000	68,9	225.426	+122
Contenido en SiO <sub>2</sub>	98,69	98,5		99,13	
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> )	1.515.124	1.160.000	76,6	355.124	+227

COMPARACION DE LA SECTORIZACION DEL CUARZO: ESPAÑA-GALICIA (1987)

SECTOR	ESPAÑA	GALICIA	%
	Tm	Tm	G/E
Siderurgia	15.925		
Tierras de moldeo	80.605		
Fabricación de cementos	6.466		
Industrias cerámicas	50.025	11	0,02
Fabricación de refractarios	3.870	270	6,98
Industria del vidrio	178.946	1.021	0,57
Industria Química básica	5.209		
Cargas	38		
Productos absorbentes, filtrantes, decolorantes	23.572		
Otros destinos	33.588	457	1,36
Exportación	151.418	147.319	97,29
<b>TOTAL CONTROLADO</b>	<b>549.662</b>	<b>149.078</b>	<b>27,12</b>

CUADRO - 31

PRODUCCION DE CUARCITA, ARENAS Y GRAVAS Y ARENAS SILICEAS - GALICIA

SUSTANCIA	A CORUÑA			LUGO			OURENSE			PONTEVEDRA			GALICIA		
	1985	1986	1987	1985	1986 *	1987 *	1985	1986	1987	1985	1986	1987	1985	1986	1987
<b>CUARCITA</b>															
Producción (Tm)			117.227	56.030	59.975	67.200	291.050	189.700	278.000	4.750	30.884	71.775			534.202
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> pts.)			48.100	24.025	38.854	27.270	63.021	37.447	79.420	16.625	18.665	41.00			195.790
<b>ARENAS Y GRAVAS</b>															
Producción (Tm)	1.200.000	261.100	345.071	183.085	210.338	149.417	355.000	463.300	451.625	409.400	346.340	347.150			
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> pts.)	267.165	105.800	144.577	89.127	116.102	86.298	72.688	112.639	114.031	126.630	178.310	168.064			
<b>ARENAS SILICEAS</b>															
Producción (Tm)			71.574	3.997				60.490							
Valor de la producción (x10 <sup>3</sup> pts.)			120.500	1.598				6.485							

En el cuadro-31 se observa que la producción de cuarzo de Galicia cubre el 97,27 % de la exportación nacional de cuarzo y se dirige a la industria de las ferroaleaciones.

La producción de arenas y gravas de Galicia se recoge en el cuadro-32.

En el cuadro-33 se puede observar que la producción de cuarzo en Galicia representa una parte importante de la minería no metálica de la Autonomía.

El total del valor de la producción del total nacional y de Galicia se ha modificado, aplicando a aquella los datos de Galicia para que puedan compararse.

GALICIA EN EL CONTEXTO NACIONAL DE LA MINERIA	VALOR DE LA PRODUCCION x 10 <sup>3</sup>			GALICIA / % NACIONAL	Q-GALICIA / % GALICIA
	NACIONAL	GALICIA	Q-GALICIA		
TOTAL MINERALES NO METALICOS	43.035.756	4.034.409	1.160.000	2,70	28,75
TOTAL PRODUCCION	382.593.215	54.523.759	1.160.000	0,30	2,13
EMPLEO MINERO NO METALICOS	6.145	378	140	2,28	37,04
TOTAL EMPLEO MINERO	79.570	7.017	140	0,18	2,00

CUADRO - 33

## 8. TECNOLOGIA DE LA EXPLOTACION DEL CUARZO

Según que el yacimiento a explotar sea de tipo filoniano o de tipo detrítico , podemos establecer, fundamentalmente dos métodos de explotación del cuarzo:

### 1º) Yacimientos filonianos

Este tipo de yacimientos son explotados a cielo abierto, con uno o más bancos de 5-10 m. de altura en los que se pueden abrir varios frentes de explotación de longitud muy variable.

Pasamos a continuación a describir las operaciones de la explotación para este tipo de yacimientos:

#### -PERFORACION

El equipo de perforación normalmente empleado es de perforadora rotativa de aire comprimido, propulsada por motor diesel, y dotadas, generalmente , de aspiradora de polvo. Uno o dos operarios se encargan del manejo de la máquina.

#### - VOLADURA.

Dado que el cuarzo es una roca de gran dureza, se emplean explosivos de alto poder rompedor para conseguir la fracturación de la masa rocosa, tales como los ANFO y las gomas.

Si la voladura primaria no consigue el grado de fragmentación deseado, es necesario recurrir a una voladura secundaria sobre las rocas de excesivo tamaño para su posterior transporte y tratamiento.

#### - CARGA

La máquina que se emplea para la carga es siempre la pala excavadora accionada, generalmente, por motores diesel y de capacidad muy variable.

El principal problema es el desgaste que sufren los dientes de la cuchara debido a la abrasión de la roca.

#### - TRANSPORTE

Generalmente se emplean camiones de gran tonelaje del tipo trailer o semitrailer.

Un tema de capital importancia en la explotación del cuarzo es el del control de calidad. Este debe realizarse mediante los análisis que se efectúan a las muestras tomadas en las siguientes fases:

a) Sobre el afloramiento. Se realiza un muestreo inicial sobre las distintas fácies observadas en el afloramiento.

b) Sobre el frente de explotación. Igualmente se muestrean las distintas calidades que de "visu" se observan en el frente antes de la voladura .

c) Sobre la masa rocosa proyectada por la voladura. En este caso se debe muestrear toda la masa, aumentando la densidad del muestreo en la parte inferior y siguiendo el criterio de evitar todos aquellos trozos de roca que se supone han de ser escogidos en el estrío final que se lleva a cabo en la planta de tratamiento.

d) Sobre el mineral tratado. Cada cierto tiempo (unos 15 minutos) se extraen muestras del producto final, que se

homogeneizan y cuarteán al final del día, obteniendo la muestra cuyo análisis determinará la calidad de la producción del día.

e) Sobre el mineral vendible. Se realiza un muestreo definitivo en volumen de cuarzo que va a ser cargado que nos define la calidad del material vendido.

## 2o) Yacimientos sedimentarios detríticos

Estos yacimientos se encuentran, generalmente, en la superficie o cubiertos por suelos someros, lo que facilita su explotación a cielo abierto en canteras o graveras. Al tratarse de materiales sueltos o poco cementados, siendo en este último caso muy sencilla su disgregación, los métodos de extracción se basan fundamentalmente en palas cargadoras o retroexcavadoras, sin la intervención de explosivos.

Si se trata de materiales en cauces actuales o bajo agua, la maquinaria de extracción será del tipo de : excavadora equipada con dragalina, excavadora de cangilones, draga de garfios, draga de cuchara rascadora, draga sobre cable, draga de mástil (móvil), draga de succión.

El transporte de la carga desde el frente de cantera a la planta de tratamiento se efectúa, normalmente, por medio de camiones .

## 9. PLANTAS DE TRATAMIENTO

El establecimiento de una planta de tratamiento depende fundamentalmente de las especificaciones que se requieran para el material producido.

Vamos a describir en este apartado, y a título de ejemplo, dos plantas de tratamiento tipo: una para el cuarzo que se destina para la fabricación de ferroaleaciones y la otra para las arenas silíceas .

### 10) Planta de tratamiento de cuarzo para ferroaleaciones.

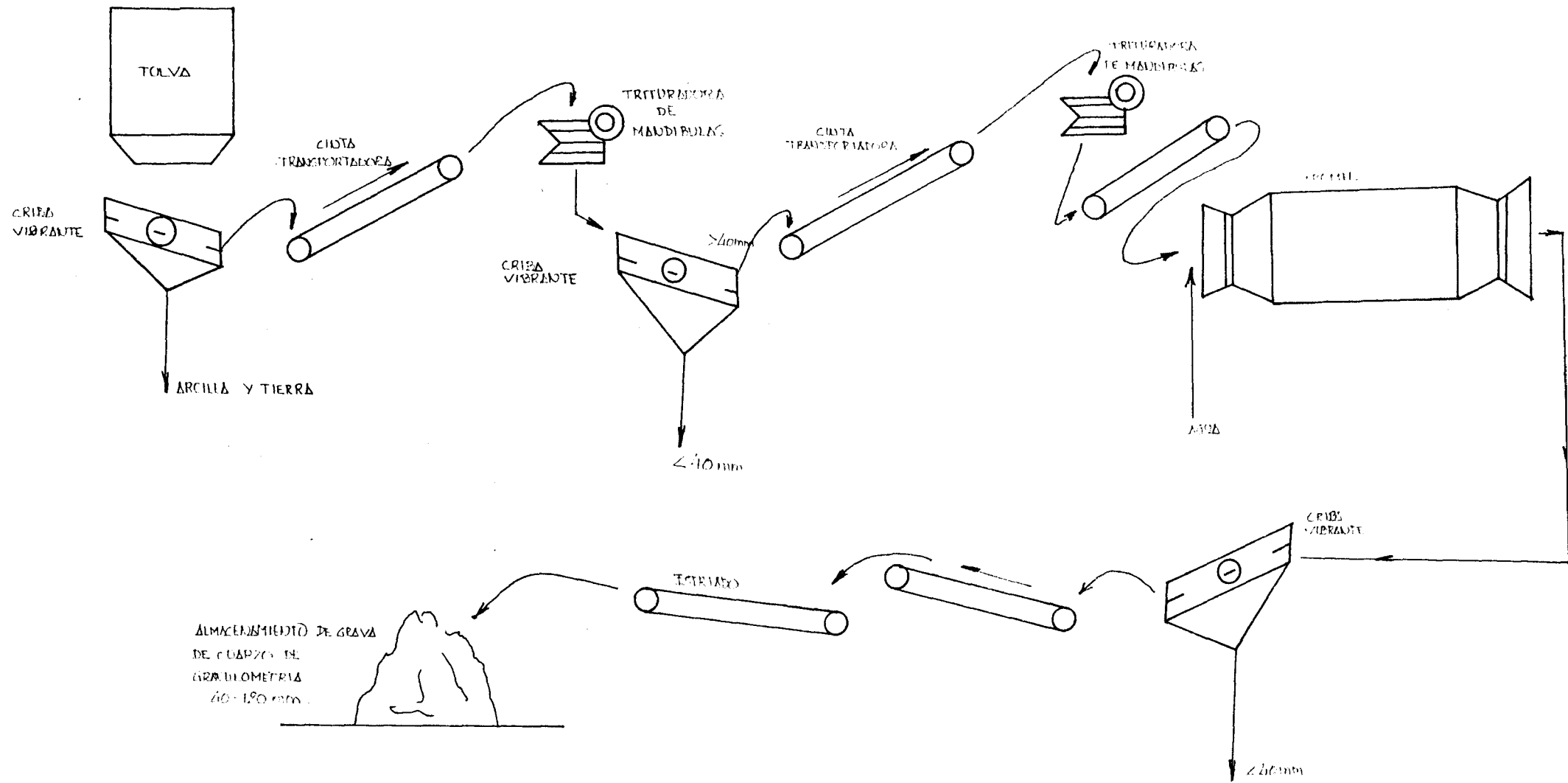
El tratamiento del mineral se efectúa básicamente en cuatro operaciones:cribado, machaqueo, lavado y estrío.

El proceso que se puede seguir, es el siguiente: el todo-uno del mineral es descargado por un camión o dumper en una tolva de alimentación que descarga el material en una criba vibratoria, donde se separan los finos y/o las arcillas.

Por medio de una cinta transportadora se lleva el material a una trituración primaria realizada por medio de una trituradora de mandíbulas , de donde pasa a una criba vibrante que separa nuevamente los finos y el rechazo se somete a una trituración secundaria mediante una nueva trituradora de mandíbulas.

Otra cinta transporta el material, de granulometrías comprendidas entre 40 y 120 mm., a un lavador rotativo o "tromel", donde se produce el lavado del mineral por agitación y roce de unas partículas con otras.





Planta de tratamiento de cuarzo para ferroaleaciones.

Figura - 1

Finalmente, después de sufrir un nuevo cribado, el mineral sufre un estriado manual donde se separan los fragmentos que contengan impurezas detectables a la vista, como hierro, arcilla o caolín. Por último, el material se apila para su posterior transporte al destino.

En la figura-1 se describe el proceso descrito.

## 2º) Planta de tratamiento para arenas silíceas.

Aunque, debido, a los muy diversos mercados existentes para las arenas silíceas y a las diferentes características de los distintos yacimientos, no hay un único proceso de tratamiento, si podemos, sin embargo, establecer las líneas de tratamiento general, aunque sólo sea de una forma simplemente orientativa. Podemos separar las siguientes etapas:

a) **Alimentación:** A veces el estado compacto del mineral requiere una reducción de tamaño, que se consigue con las habituales machacadoras de mandíbulas, trituradores cónicos, trituradoras de impactos, etc..

b) **Separación de gravas:** se emplean trómeles y cribas vibrantes.

c) **Separación primaria de arcillas:** Aunque se han venido empleando norias, tornillos lavadores, lavadores a contra corriente, etc., el aparato más corriente es el hidrociclón cuyo rendimiento en la separación para cortes granulométricos entre 30 y 100 micras es más elevado.

d) **Almacenamiento primario y alimentación regulada:** se almacena la arena en un silo en el que se hace una extracción regulada.

e) Separación secundaria de finos: Mediante un hidrociclón, aunque también pueden emplearse otro tipo de clasificadores hidráulicos, se realiza un corte granulométrico  $d_{50} = 80/100$  micras a fin de reducir el mínimo las arcillas y finos que todavía contiene la arena.

f) Separación de gruesos: Se realiza normalmente con cribas vibrantes o también con trómeles.

g) Separación de impurezas: Se incluyen aquí todos los tratamientos para la eliminación de partículas que no sean cuarzo. Se realiza mediante :

- Concentradores-separadores de minerales pesados tales como aspiradores y conos Reichert.
- Separación magnética de alta intensidad por vía húmeda, aunque es muy difícil de aplicar a la arena de cuarzo.
- Flotación, precedida de agitación violenta y desenlodado (atrición), que es un tratamiento eficaz para la separación de feldespatos, micas, carbonatos y minerales pesados diversos .

h) Clasificación hidráulica: Para la separación granulométrica  $d_{50} = 100/700$  micras se emplean los clasificadores hidráulicos, que se basan en las diferentes velocidades de sedimentación de las partículas en el agua.

i) Molturación: Se emplean molinos de guijarros.

j) Escurrido: Mediante tornillos sin-fin, cribas de escurrido y filtros planos de vacío, se disminuye la humedad previa al almacenamiento de las arenas húmedas elaboradas.

k) Almacenamiento de arenas húmedas : Se hace en silos dotados de ventanas inferiores de escurrido.

l) Secado y almacenamiento de arenas secas: Se realiza en hornos rotatorios o en hornos de lecho fluido. La arena seca se almacena en silos cerrados.

m) Molturación, clasificación y almacenamiento de cuarzo molturado: La molienda de arenas secas se realiza con molinos rotativos con carga molturante de guijarros y forro de sílex. Las cargas circulantes se tratan en clasificadores neumáticos y el producto grueso se recicla a la cabeza de la molienda y el fino se recoge, con el auxilio de filtros de mangas, en silos cerrados para su expedición.

En la figura-2, se resume la línea de tratamiento general descrita y en la figura-3 se ofrece un ejemplo de planta de tratamiento de arenas silíceas .

# ARENAS SILICEAS

## LÍNEAS DE TRATAMIENTO GENERAL

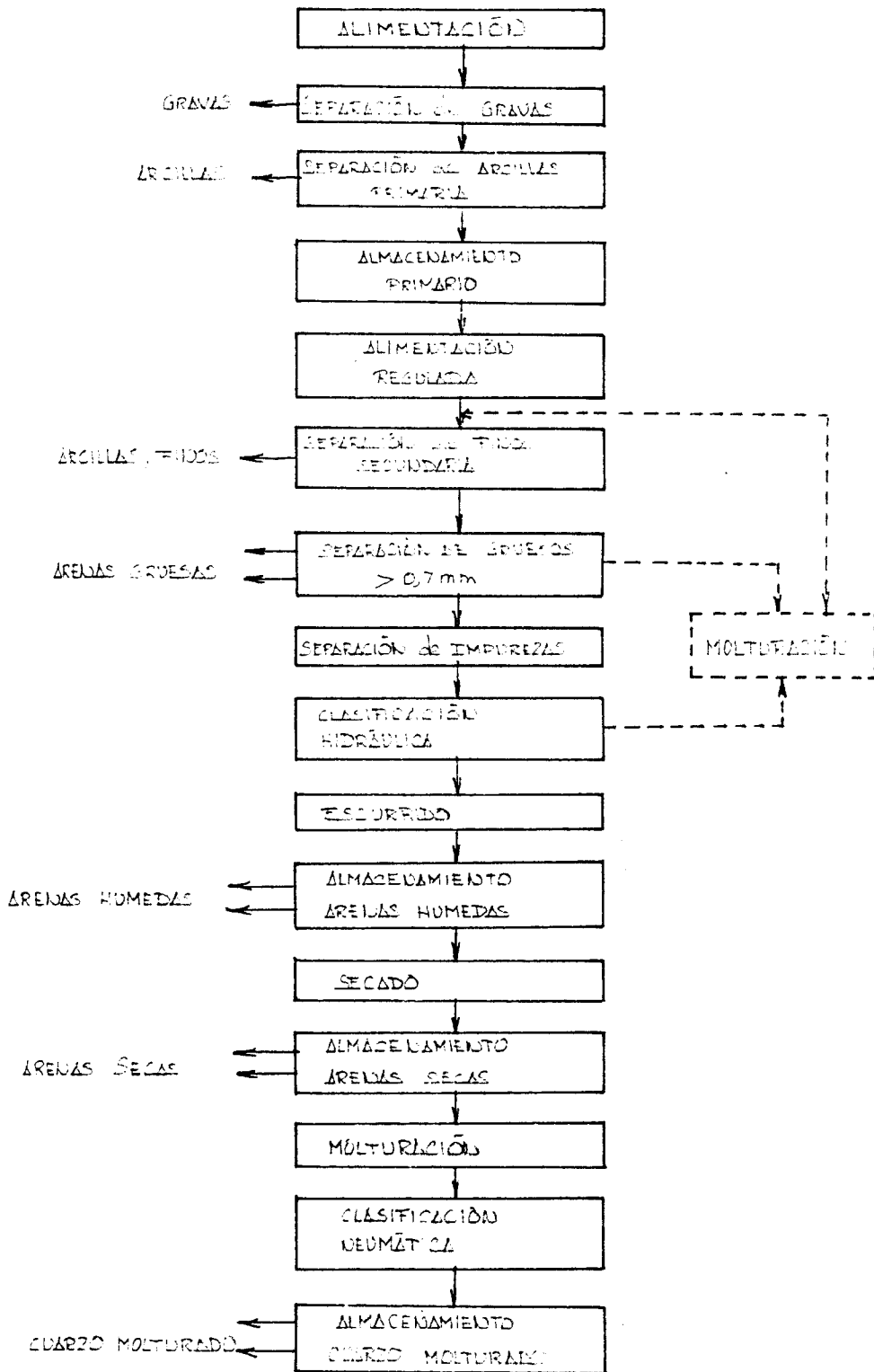
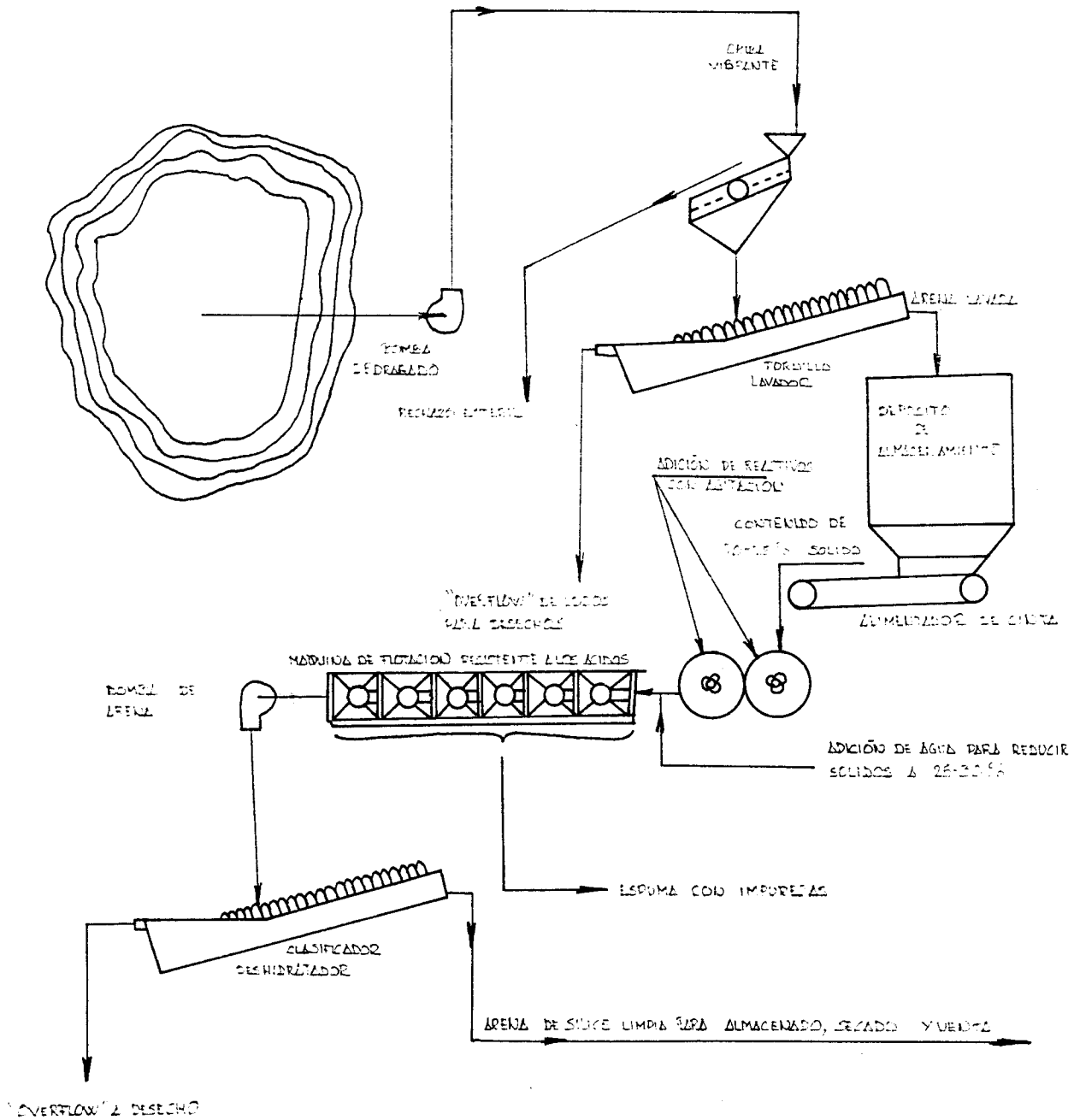


Figura - 2



Planta de tratamiento de arenas silíceas para fabricación de vidrio.

Figura - 3

10. PRECIOS.

Los precios del mineral de cuarzo oscilan en un amplio rango, según la calidad y el uso al que va destinado. Así tenemos precios entre las 2.000 pts./t. en un cuarzo de calidad ferrosilicio hasta las 150.000-200.000 pts/t. en cuarzo micronizados utilizados para la fabricación de vidrios especiales y fibra óptica, pasando por las 4.000 pts/t. en cuarzos de calidad siliciometal. El precio de las calidades FeSi y SiMe para exportación se sitúan en el orden de las 8.000 pts/t..

En el cuadro-34 se ofrece la evolución de los precios de lasca brasileira entre los años 80 y 83 (ver también los cuadros-11, 12 y 13)

PRECIOS (\$/KG.)	1981	1982	1983
FOB media para lasca	1,42	1,43	1,33
Mínimo fijado para la 1ªcalidad de lasca	6,00	6,00	6,00
Mínimo fijado para la 2ªcalidad de lasca	2,50	2,50	2,50
Mínimo fijado para la 3ªcalidad de lasca	1,20	1,20	1,20

CUADRO-34

## 11. TENDENCIAS DE MERCADO.

El gran desarrollo que se preve para los próximos años en el campo de las cerámicas avanzadas o de alta tecnología incide, al utilizar éstas como materias primas el nitruro de silicio, el carburo de silicio y el sialon, en el aumento del interés del silicio en el futuro como elemento esencial en la fabricación de estos compuestos.

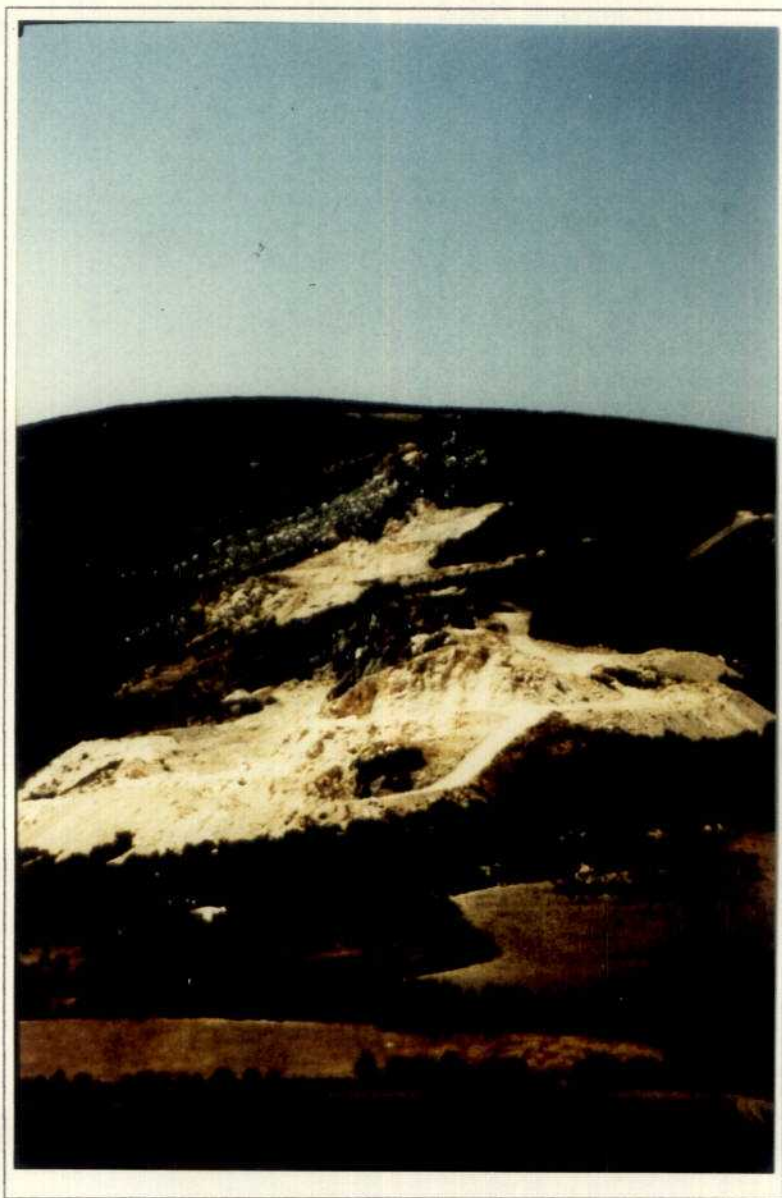
El creciente aumento del uso de materiales de fibra de vidrio así como la sustitución de los cables tradicionales de cobre por los de fibra óptica, hacen que el mercado del cuarzo micronizado ( $< 0,5$  mm.) sea cada día más interesante.

Por otra parte, las excelentes propiedades ópticas y electrónicas del cuarzo cristal, tanto el natural como el "cultured", conducen, también, a un aumento de los elementos electrónicos e instrumentos ópticos de precisión fabricados a partir de este tipo de cuarzo. El interés, ya actual, por la producción de células fotovoltaicas y chips, es fácilmente constatable en la industria moderna.

Al lado de todas estas aplicaciones que podemos llamar de futuro, pero que representan un mercado de reducido volumen aunque de gran valor añadido, se mantendrán los usos tradicionales del cuarzo en la fabricación de silicio-metal, ferrosilicio, vidrio, etc.. con una buena situación del mercado en la CEE.



FOTOGRAFIAS



Fotografía-1: Aspecto general de una explotación de cuarzo.



Fotografía-2: Aspecto general de una instalación de producción



Fotografía-3: Detalle de la planta de tratamiento





Fotografia-4: Tromel de lavado de tamaños para ferroaleaciones



Fotografia-5: Salida del tromel a la nave de estrió manual



Fotografía-6: Estrío manual en los tamaños para ferroaleaciones.





Fotografia-7: Clasificación del producto



Fotografia-8: Detalle de la clasificación del producto



Fotografía-9: Balsas de decantación



Fotografía-10: Cono de decantación de lodos

DIRECTORIO DE EMPRESAS DE CUARZO EN GALICIA

CUARZOS INDUSTRIALES, S.A. : Avda. de Madrid,7-2, LUGO  
TLFNO. 982-227240

ERIM,S.A.: Avda. Fernandez la Torre,5-9, CORUÑA.  
TLFNO. 981-239147

NORSIL, S.A.: Ronda de Outeiro, 95-1, CORUÑA.  
TLFNO. 981-298266