



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

DISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE
SILICATO DE SODIO, CON CAPACIDAD
DE 120 TON. - DIA.

TESIS MANCOMUNADA

HORACIO LEON LOPEZ
INGENIERO QUIMICO METALURGICO

MARIO GALVAN AVALOS
INGENIERO QUIMICO



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Pag.
I. INTRODUCCION	
Antecedentes	3
Generalidades	8
II. PROPIEDADES DEL SILICATO DE SODIO.	
Datos importantes del Silicato de Sodio	28
Usos del Silicato de Sodio	30
III. DISEÑO DE PLANTA.	
Proceso de Fabricación de Silicato de Sodio.	36
Estequiometría del Proceso	41
Tanque de dilución	49
Tanque cilíndrico vertical para sedimentación de Silicato de Sodio	51
IV. CONTROL QUIMICO DEL PROCESO	
Análisis de Materias Primas	55
Análisis del Silicato de Sodio	61

V. ESTIMACION DE COSTOS

Capital Fijo	69
Capital de Trabajo	73
Costo de Inversión Total	74
Costo de Fabricación	75
Gastos Fijos	76
Utilidad Neta Anual, Rentabilidad y Tiempo de Recuperación de Capital	78
Conclusiones	81
Apéndice	83
Bibliografía	94

CAPITULO I

INTRODUCCION

En estos tiempos de constantes cambios en que la producción y -- demanda nacional de productos químicos básicos varía, y la impor -- tación de estos productos, de óptima calidad, es cada día más -- difícil por sus altos costos, debemos estar preparados con la -- capacidad instalada necesaria para satisfacer cualquier demanda, ya sea interna o externa de estos productos.

Es por eso que siempre surgen estudios, diseños, anteproyectos, ampliaciones etc., que además de sugerir respuestas al problema de producción de estos productos, proponen nuevas fuentes de - -- trabajo y en consecuencia mejoras en la economía del país.

El presente trabajo no es la excepción, además de que uno de los objetivos para lo que fué creado, es proporcionar información a todo aquel interesado (estudiante, profesionista, empresario, -- etc.), en la fabricación de un producto básico de amplio uso en la industria como es el silicato de sodio.

A través de sus capítulos, el lector encontrará explicaciones -- sobre :

1. El uso Óptimo y eficiente de las materias primas y equipos - - utilizados en el proceso de fabricación del silicato de sodio.
2. La selección del proceso de fabricación, que debido a sus cualidades (materias primas de fácil adquisición y bajo costo altos rendimientos del producto, etc), resulte ser el más económico y adecuado a la situación del país.
3. Las posibilidades técnico-económicas en el diseño y operación de una planta.
4. El control químico del proceso y el control de calidad del producto obtenido.
5. Usos del producto en la industria.
6. Propiedades del producto, el manejo de las variables de control y operación del proceso de fabricación.
7. Otros puntos más que el lector mismo quiso saber sobre la fabricación del silicato de sodio de alguna fuente (libros especializados ó industrias que producen este producto).

ANTECEDENTES.

La fabricación de silicato de sodio data desde hace muchos años y está referida en la historia de Plinio (en su Historia Naturalis) que dice que los Fenicios, sobre un banco de arena en la boca del río Sirio Belus, usaron bloques de nitro de su cargamento para soportar sus recipientes para cocimiento. Un vidrio fué obtenido por reacción de sales crudas de sodio y arena a 1200 °C, dicha temperatura pudo ser alcanzada al quemar madera al aire libre.

Van Helmont en 1640 supo que un silicato hecho con exceso de álcali podía llegar a ser líquido al tener contacto con el agua y que la sílice podría ser cuantitativamente recuperada por precipitación con ácido. En 1648 Glauber llamó al líquido "Oleum Silicium" y reportó ésta precipitación por solución de sales metálicas.

George Bauer, usualmente conocido como Agrícola, autor "De Re Metallica", conoció el silicato de potasio. En 1777 Geyton de Morvean hizo de cuarzo y carbonato de sodio, un vidrio claro que pudo ser disuelto en agua.

Esto es interesante para notar que en 1768 el poeta Goethe fué inmiscuido en un estudio experimental de soluciones de silicato.

El desarrollo industrial de los silicatos solubles deben bastante al pionero Johann Nepomuk Von Fuchs, " Profesor de Mineralogía y Academia ", en Munich; quién vivió de 1764 a 1856. Aparentemente empezó su investigación sobre los silicatos en 1818, fué miembro de una generación que estableció los fundamentos de una industria química moderna junto con Liebig, Kihimann y otras personalidades importantes del período. Promovieron la dignidad y la integridad académica, tuvieron una visión de la industria, la cual en nuestro tiempo se ha desarrollado más allá del plan en sus días.

A Von Fuchs se le debe el nombre de " Waterglass " y " Estereocromía " una técnica de pinturas con soluciones de silicato estudiadas extensamente. El se propuso usar soluciones como adhesivos, cementos y pinturas contra fuego, observó la reacción con varios pigmentos y buscó la explicación en fenómenos químicos tales como la precipitación por el alcohol. La fluorescencia del carbonato de sodio de la solución de silicato el contiene potasio como base mayor, y la preparación de solución con alta relación de sílice por

- disolución de precipitados de sílice hidratados en soluciones - de silicato. Reconoció los valores distintivos en sodio y silica to de potasio y la preparación de vidrio soluble de carbonatos y sulfatos. Propuso silicatos como agentes limpiadores directamente en lavanderías y la admisión de mezclas con jabón, como reactivo en teñidos y como fertilizante.

En 1857 Yorke, para establecer la fórmula de la sílice la fundió con carbonato de sodio, potasio o litio y midió por diferencia el ácido carbónico desprendido de la mezcla en la cual el carbonato estuvo en exceso. Observó la cristalización de metasilicato de - sodio anhidro de un vidrio aproximando la composición e hizo el - cristal hidratado, aparentemente el nona hidratado. Una sal cristalina fué también obtenida por disolución de sílice en exceso -- con hidróxido de sodio. Bloxan luchó con la naturaleza del ácido, observó que el silicato de sodio no desplazó bióxido de carbono - del carbonato de sodio fundido.

Van Derburg en un recipiente cilíndrico a presión con un aparato para instalación mecánica, hizo reaccionar la sílice con alcalí - por medio de vapor sobrecalentado y propuso una serie de usos para las soluciones así producidas.

Ordway en 1863, precipitó soluciones de silicato con soluciones de sales fuertes y alcohol a presión para hacer el secado de silicatos solubles hidratados.

Thomas Elkinton, en el mismo año, dirigió su atención para economizar los procesos de fusión, y diseñó hornos de lechos múltiples para operación continua.

Duffield usó fuego a base de madera para evaporar salmueras en recipientes abiertos. Las cenizas fueron recogidas y fundidas con cuarzo para hacer un silicato de potasio soluble. El cloruro de sodio fué parcialmente cristalizado y los licores madres fueron drenados para remover las sales de calcio y potasio. Las sales cristalizadas fueron redisueltas y las soluciones tratadas con silicato de potasio para precipitar los residuos de calcio y magnesio.

Sin embargo los estímulos de Van Fuchs fueron lentos para producir un efecto, las actividades de Liebig, Kuhlman, Gossage, e investigadores americanos en los sesentas y setentas del siglo XIX impusieron un firme cimiento para una industria moderna.

Durante el intervalo de la guerra de 1861 - 1865 los faltantes de resina, en los mercados de Norteamérica forzaron la reformulación

- para jabones con materiales aprovechables. De los grupos que empezaron la manufactura de silicatos solubles, cerca de 1854, -- bajo estos estímulos la Philadelphia Quartz Company, fué el único sobreviviente y continuó incrementando su escala productiva hasta la fecha.

En 1867 W. Gossage & Sons de Widness, Inglaterra exhibió en Viena una descripción de jabón que contenía 30% de una solución de silicato de sodio a 20°Beumé.

Llegó a ser popular y fué producido en relación de 60 toneladas - por semana. En Viena un jabón basado en aceite de coco y con un contenido en sílice de 8% como silicato fué presentado por A.C. - Dudecks Sohn. En Francia los silicatos para la producción de - - vendajes quirúrgicos rígidos en una producción de 2223 kgs. apa-- recio en 1873 (1).

En México aparece la industria de los silicatos en 1958, "Silicatos Guzmán" con una producción de 10 ton/día y se desarrolló con gran rapidéz encontrando plantas tan modernas como Silicatos y Derivados, S.A., con una producción de 330 ton/día aproximadamente y que además presenta una gran variedad de silicatos sólidos, silicatos líquidos, de sodio y potasio y metasilicatos

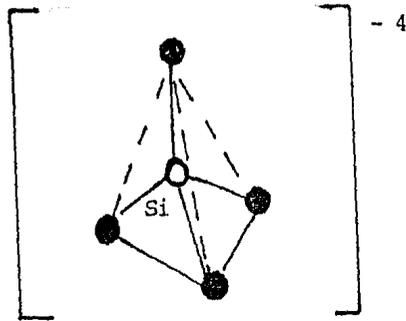
GENERALIDADES SOBRE EL SILICATO DE SODIO.

Los principales componentes minerales (2) de la corteza terrestre son los silicatos, especialmente los de aluminio, hierro y magnesio. Esencialmente, todas las arcillas, rocas y suelos de la tierra están compuestas principalmente por estas sustancias complejas. (ver págs. 13 y 14)

Composición de la corteza terrestre exterior.

Minerales	%
Feldespato sodocálcico (plagioclasa)	44.5 %
Cuarzo	15.0 %
Feldespato potásico (ortoclasa)	14.0 %
Silicato de hierro y magnesio (anfíboles, piroxeno y olivino)	13.9 %
Micas	10.2 %
Minerales de hierro	1.7 %
Otros minerales	0.7 %

Básicamente están formadas por una estructura tetraédrica integrada por un átomo de silicio y cuatro átomos de oxígeno que constituyen el ión ortosilicato, como muestra la siguiente figura:

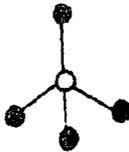


Según los estudios hechos por Bragg de las estructuras cristali--
nas, por medios ópticos y de rayos x, encontró que las distancias
del átomo de Si al de O son de 1.62 A y de 0 a 0 de 2.7 A.

De acuerdo con la evidencia experimental parece que estos - - -
tetraédros se unen entre sí para formar una grandísima variedad -
de especies minerales. Se conocen algunas muy simples, que - - -
contienen aniones bien definidos; a continuación se dan algunos -
ejemplos.

NOTA: Para fines de comprension se ha usado la siguiente represen
tación.

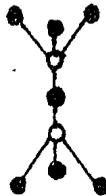
○ - Silicio



SiO_4^{-4} en olivino

$\text{FeSiO}_4 \cdot 9 \text{Mg}_2\text{SiO}_4$

● - Oxígeno



$\text{Si}_2\text{O}_7^{-6}$ en Hemimorfita

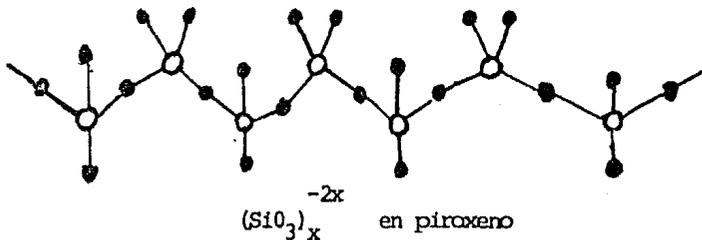
$\text{Zn}_4(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$

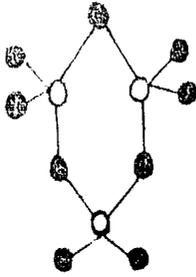
Hay silicatos minerales de mínima dureza (1 y 2 en la escala de Mohs) y en capas como son el talco (ejem. Lucianita $(SiO_3)_4$ - Mg_3H_2 y la mica (ejem. Moscovita $(SiO_4)_3 KAl_3 H_2$, en los cuales_ capas paralelas formadas por extensas capas de aniones de silica_ to constituyen una estructura característica, finalmente, hay si_ licatos minerales en los cuales se encuentran cadenas intermina- bles de tetraédros distribuidos en tres dimensiones formando gi-- gantescos enrejados minerales, el cuarzo mismo es uno de estos - minerales.

En la naturaleza se encuentran otros minerales que tienen la mis_ ma estructura del cuarzo, en el cual los átomos de silicio han - sido substituidos por átomos de aluminio. El resultado es que - los esqueletos estructurales de tales minerales son, en realidad aniones tridimensionales gigantes.

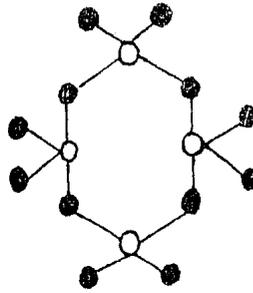
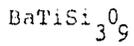
Así los cationes como el Na^{+1} , K^{+1} , Ca^{+2} están asociados con estos minerales. Los feldspatos, arcillas y zeolitas pertenecen a di- chos minerales aluminio-silicatos.

Las estructuras representativas de los tipos de silicatos antes_ mencionados son las siguientes:

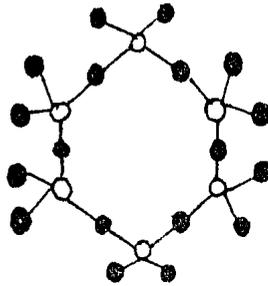
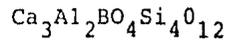




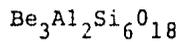
$\text{Si}_3\text{O}_9^{-6}$ en benitoita



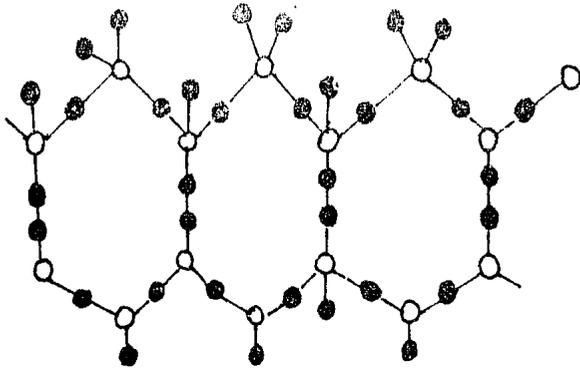
$\text{Si}_4\text{O}_{12}^{-8}$ en axinita



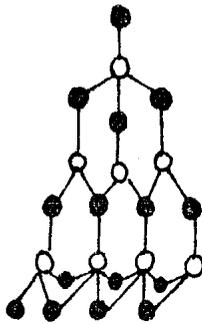
$\text{Si}_6\text{O}_{18}^{-12}$ en berilo



También existen silicatos minerales en los cuales los tetraédros están unidos por extensas e indefinidas cadenas. Los gigantescos aniones de los piroxenos y anfíboles se mantienen unidos por los cationes presentes en el cristal. Cuando los aniones están orientados en capas paralelas, resultan materiales fibrosos del tipo del asbesto.



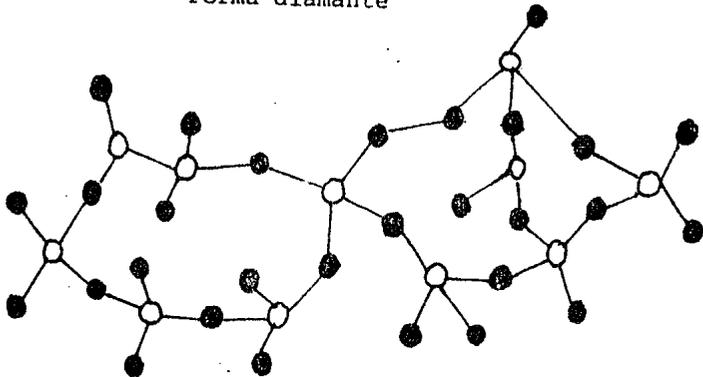
$(Si_4O_{11})_x^{-6}$ en anfíboles



Cristobalita



Forma diamante



Capa de anión gigante.

Silicatos de las Rocas

Silicatos de Rocas Igneas		Familia de la Sflice	Cuarzo, calcedonia, ópalo, tridimita.
		Familia de los Feldespatos	Ortosa, microlina, albita, oligoclasa, onortosa, labrador, anortita, andesina, bytownita.
	Silicatos Esenciales	Familia de los Feldespatoides	Nefelina, leucita, hauyna.
		Familia de las micas	Biotita, moscovita.
		Familia de los Piroxenos	Augita, enstatita.
		Familia de los anfíboles	Tremolita, actinota, hornablenda.
		Familia de los peridotos	Olivino
	Silicatos Accesorios.		Circón, esfena, turmalina, topacio, esmeralda, epidota, zeolitas.

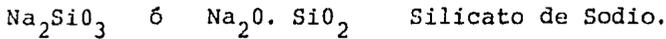
Silicatos	Silicatos de alúmina	Andalucita, distena, cordierita, sillimanita
de		<hr/>
Metamorfismo	Silicatos no aluminínicos exclusivamente	Granate

En los ortosilicatos los iones SiO_4^{-4} son independientes y las cargas están equilibradas por cargas positivas de cationes empaquetadas en la red de los intersticio en los iones silicato. Los radios de los iones metálicos y silicio son pequeños comparados con el -- radio del ión oxígeno, excepto en el caso del calcio y de los metales alcalinos, de manera que la estructura está determinada prácticamente por el empaquetamiento de los oxígenos.

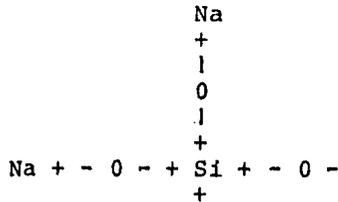
Para los silicatos diferentes de los ortosilicatos se distinguen dos tipos de diferentes de enlace de oxígeno:

- a) El átomo de oxígeno pertenece a dos átomos de silicio, esto es, está enlazado por ambos lados al silicio, hayándose entonces saturadas sus valencias y el enlace es covalente.
- b) El átomo de oxígeno está enlazado al silicio por un solo lado, teniendo entonces una carga negativa que puede ser neutralizada por un cation positivo (enlace ionico).

Lo anterior es con el fin de explicar la formación estructural de nuestra sustancia por estudiar:

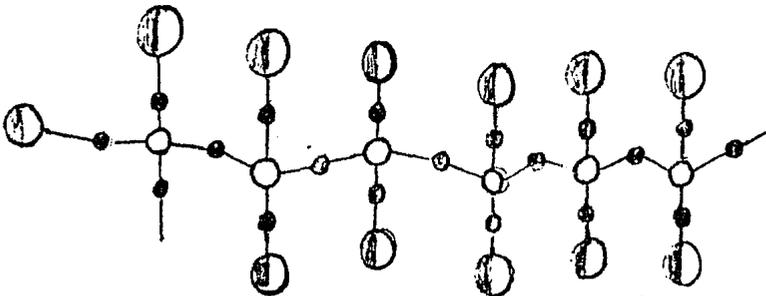


Siguiendo los estudios realizados por Lewis la fórmula estructural para una molécula sería la siguiente:



La estructura se supone espacial por los resultados obtenidos en los experimentos relativos a los planos cristalinos de las macromoléculas.

Se supone el reacomodo molecular de la siguiente manera:



Silicio : ○

Oxígeno : ●

Sodio : ⊙

Generalmente las propiedades del silicato de sodio son explicadas por la distribución de los cationes en los intersticios de la red de la sílice y por el campo de fuerza de los cationes en relación al alcance de polarización de la sílice.

Existe un cambio brusco en las propiedades del silicato de sodio cercano al 30% en peso de Na_2O , la solubilidad y la tensión superficial aumentan rápidamente; el coeficiente de dilatación, la densidad y el índice de refracción aumentan lentamente; la viscosidad, la pérdida dieléctrica y la resistencia específica disminuyen rápidamente debido al aumento en el contenido de álcali.

El tamaño relativo y la carga de los iones básicos afectan los caracteres de fusión y dilución, pues los iones más grandes y los de más alta valencia se mantienen con firmeza en la estructura reticular del vidrio.

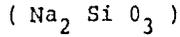
La siguiente reacción explica el comportamiento del silicato de sodio frente al agua, así como la presencia de dos moléculas de álcali y una de ácido silícico.



Es por esto y por el pK_a del ácido que el silicato de sodio tiene un fuerte carácter alcalino.

CAPITULO II

PROPIEDADES DEL SILICATO DE SODIO



En este capítulo se mencionarán las principales propiedades del silicato de sodio comercial (1).

El silicato de sodio sólido (Na_2SiO_3) se disuelve con gran facilidad a temperaturas altas y relaciones moleculares $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ - bajas como lo muestra la figura 1.

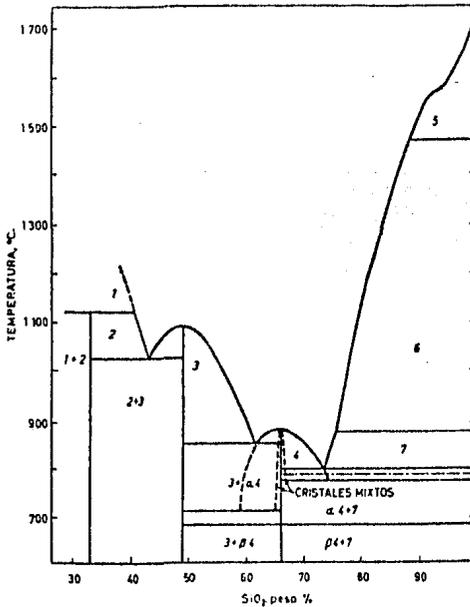


Fig. 1 Límites de solubilidad de silicatos de sodio en la masa fundida anhidra: 1, Na_2O ; 2, Na_4SiO_4 ; 3, Na_2SiO_3 ; 4, $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$; 5, - cristobalita; 6, tridimita; 7, cuarzo (1).

La disolución se efectúa muy bien con no más de tres partes - de agua para una parte de vidrio. Si se aplica más agua, se - separa álcali y queda una proporción alta de residuo silíceo - que se disuelve difícilmente, a menos que se añada sosa - - cáustica.

Durante la hidratación con vapor a presión, el agua penetra - progresivamente a mayor profundidad; a medida que avanza la - hidratación, se disuelve la capa exterior formando una solu- - ción en la que la relación molecular $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ es aproximada- - mente igual a la del vidrio original.

Otra propiedad del silicato de sodio que cambia con la concen - tración y la composición, es la capacidad de refractar la luz, propiedad que al medir el índice de refracción es usada como - un medio analítico para determinar la relación de SiO_2 y Na_2O .

Los datos contenidos en la fig. 2, muestran que en la rela- - ción SiO_2 y Na_2O , el índice de refracción aumenta con un conte - nido mayor de Na_2O y se reduce con el incremento de agua en - el sistema.

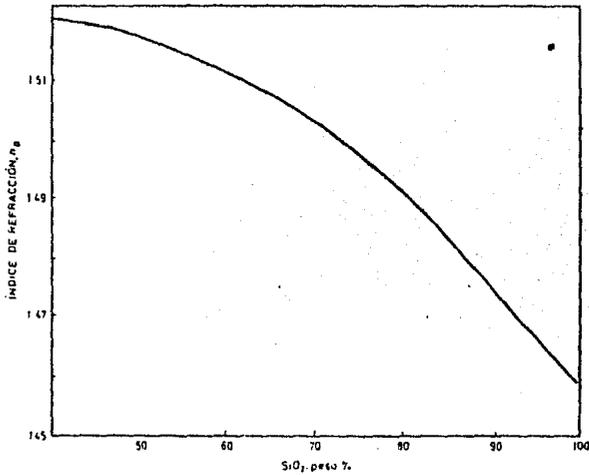


Fig. 2 Índice de refracción de vidrio o silicato de sodio (11).

Las soluciones acuosas de silicato de sodio son opalescentes - o turbias, pero bastante puras. La turbidez está constituida por un precipitado finamente dividido de silicatos de metales pesados, cuya solubilidad es muy baja. El peso del material - en suspensión rara vez excede de unas cuantas décimas de 1% -- del peso de los sólidos presentes. Se obtiene una solución -- ópticamente clara por filtración, las principales fuentes de - impureza son la arena y el agua.

Los líquidos comerciales de silicato de sodio (tabla 1 del -- apéndice) pueden ser identificados completamente por dos propiedades escogidas entre un grupo, tales como densidad, relación en peso, porcentaje de álcali, porcentaje de sílice y -- viscosidad.

En la fig. 3 se muestra la relación existente entre las primeras cuatro propiedades.

La viscosidad es útil para especificar las soluciones de silicato de sodio, las cuales son estables por largo tiempo si se les almacenan en tambores de acero cerrados perfectamente o en otros recipientes de algún material que no reaccione.

El silicato reacciona lentamente con el vidrio, absorben dióxido de carbono o pierden agua aunque el corcho o tapa del recipiente esté bien ajustada.

Todos estos factores o la adición de una sal extraña pueden originar un cambio muy considerable en la viscosidad, esto es, el agregado de sales solubles a las soluciones de silicato de sodio provoca que el incremento de la viscosidad inicial varíe de acuerdo con las relaciones entre el Na_2O y SiO_2 y la naturaleza de la sal añadida.

La viscosidad puede ser muy variada, particularmente con la presencia de relaciones moleculares $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ en concentraciones altas, en donde hay pequeños cambios en la densidad y la temperatura (ver fig. 4 y 5).

Las soluciones con bajo contenido de alcali son relativamente -
adhesivas por la pérdida de pequeñas cantidades de agua.

El silicato de 41° Bé se congela a solo un grado o dos °C, abajo
del punto de fusión del agua y se vuelve opaco y blanco; en la -
congelación hay un rápido crecimiento de masas cristalinas y - -
largas que contienen un porcentaje mayor de agua que la solución
de 41° Bé. Cuando ésta solución se calienta ligeramente, los --
cristales tienden a flotar.

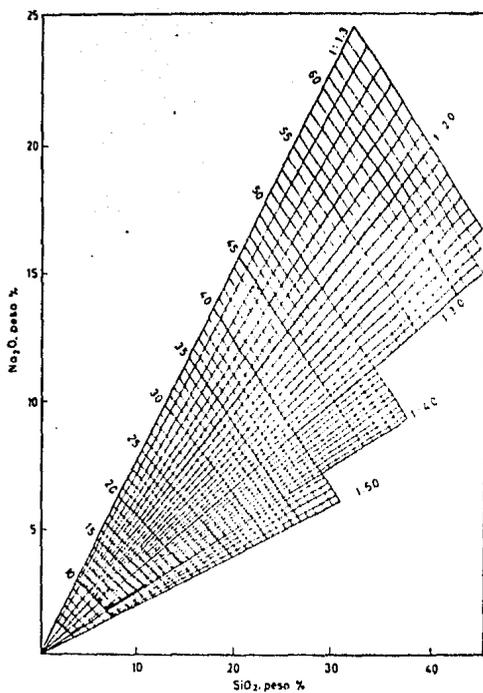


Fig. 3 Relación existente entre densidad, relación en peso, $\%Na_2O$ y $\%SiO_2$ en soluciones comerciales de Silicato de Sodio a $20^\circ C$. Los números a la izquierda indican la densidad en grados Bé y los de la derecha representan la relación en peso de $Na_2O : SiO_2$. (1).

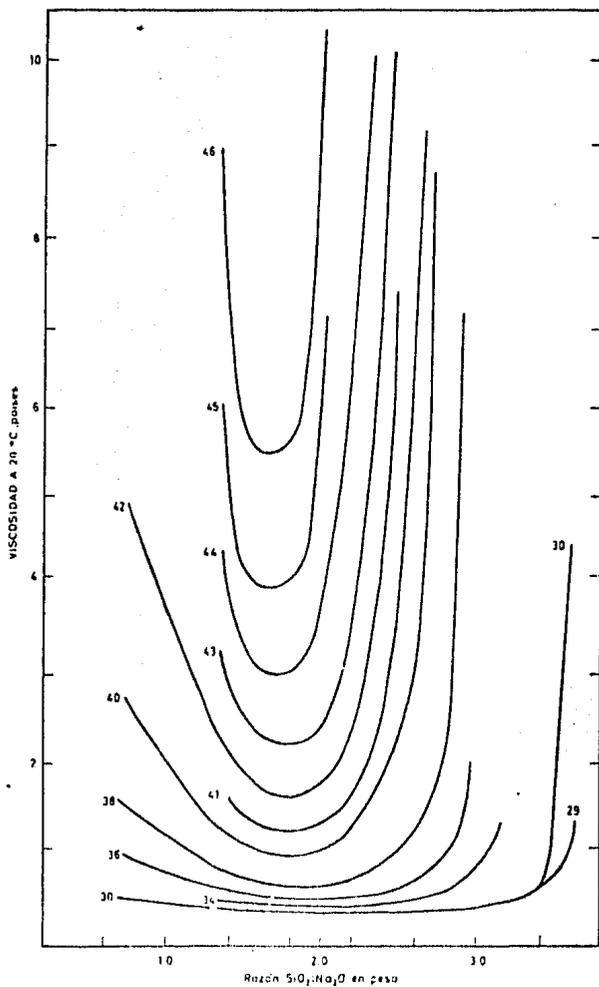


Fig. 4 Cambios en la viscosidad con respecto a la relación de peso de las soluciones de Silicato de Sodio. Los números de -- las líneas representan el porcentaje de sólidos (1')

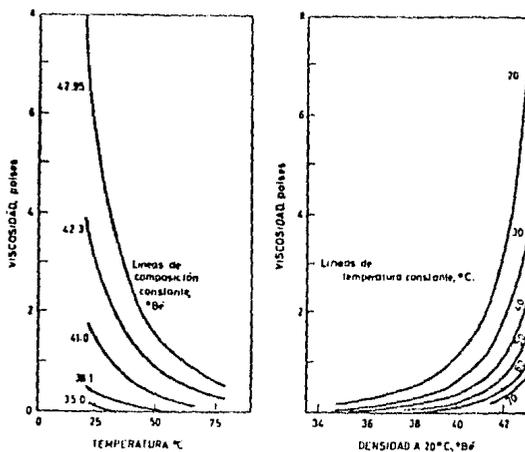


Fig. 5 Variaciones en la viscosidad de las sols. de $3.3 \text{ SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ (1') .

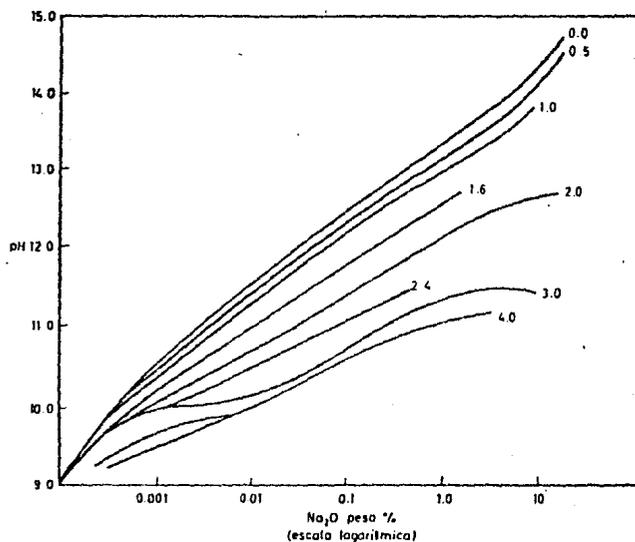


Fig. 6 El pH de las sols. de Silicato de Sodio. Los números de las líneas representan la relación en peso de $\text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ (1') .

No deben usarse recipientes de aluminio, fierro galvanizado ó zinc, debido a la posibilidad de que se forme hidrógeno gaseoso que pueda expandirse y posiblemente explote el tambor.

Todos estos factores pueden causar un cambio considerable en la viscosidad. El peso específico de las soluciones de silica aumenta con la concentración. Para una concentración dada de sólidos totales, la solución con la mayor relación de álcali tiene el más alto peso específico. Este disminuye cuando -- aumenta la temperatura. Entre más concentrada es la solución, más pequeño es el coeficiente de expansión.

El pH (actividad del álcali) de diversas soluciones de silicato a varias concentraciones se muestra en la figura 6 , además se muestra el efecto de la disminución del pH con el aumento de SiO_2 y el cambio en el pH con la concentración. Las titulaciones electrométricas con ácidos muestran que los altos pH de las soluciones de silicato se mantienen hasta que el álcali es neutra lizado casi completamente. La capacidad de amortiguar ó sea

la habilidad de la solución para resistir cambios de pH, aumenta al incrementarse las proporciones de SiO_2 soluble por lo - - tanto dentro de ciertos límites, la solución de silicato mantendrá un pH bastante constante a pesar de la adición del ácido.

Todos los silicatos de sodio muestran reacción alcalina. Puede agregarse ácido diluído para neutralizar gran parte del alcali sin formar un gel.

Cuando se neutraliza el alcali en una solución concentrada, se precipita la sílice como ácido silícico y se obtiene un producto enteramente diferente a la concentración adecuada se forma un gel.

Una de las más interesantes características de los silicatos de sodio es su capacidad para formar soles y geles. Cuando la - - solución de silicato se mezcla con una solución ácida, la mezcla se vuelve opalescente y si la concentración de sílice es mayor del uno o dos por ciento se cuaja y forma un gel. Las soluciones con una baja concentración de SiO_2 forman soles de sílice - cuyas partículas coloidales muy hidratadas están negativamente

cargadas, excepto en soluciones ácidas moderadamente concentradas. El silicato de sodio es precipitable por la mayoría de -- las sales de metales pesados tales como el aluminio, titanio, - cobre, plomo, magnesio y calcio. Se cree que los precipitados contienen ácido silícico libres junto con un silicato metálico. Los materiales orgánicos como la caseína, el hule latex, el - - azúcar de caña o remolacha, el almidón, las resinas sintéticas, son compatibles con el silicato de sodio y se encuentran mezcla dos en productos como adhesivos y recubrimientos.

DATOS IMPORTANTES DEL SILICATO DE SODIO.

Fórmula del óxido	-	$\text{Na}_2\text{O}-n\text{SiO}_2$ *
Fórmula empírica	-	$\text{Na}_2, \text{SiO}_3$
Nombre común	-	Silicato de Sodio.
Peso molecular	-	122.064 gr/mol.
Temperatura de fusión	-	1089°C
Densidad	-	Ver pags. 29 y 82.
Calor de fusión	-	12470 cal./mol.
Calor de formación	-	ΔH° , cal./mol. a 25°C.
($\text{Na}_2\text{O} : \text{SiO}_2$)	-	-359800
($\text{Na}_2\text{O} : n\text{SiO}_2$)	-	(-151800 - 208300 n)
Energía Libre	-	ΔG° , cal./mol. a 25°C
($\text{Na}_2\text{O} : \text{SiO}_2$)	-	-338000
($\text{Na}_2\text{O} : n\text{SiO}_2$)	-	(-142600 - 195600 n)
Entropía	-	$-\Delta S^\circ$, cal./mol. a 25°C.
($\text{Na}_2\text{O} : \text{SiO}_2$)	-	29
($\text{Na}_2\text{O} : n\text{SiO}_2$)	-	(18 + 11 n)
Sistema de Cristalización	-	Ortorrombico, Agujas Prismaticas.
Rompimiento	-	Fibras alargadas.
Color	-	($\text{Na}_2\text{O}.3.3.\text{SiO}_2$) verdoso; ($\text{Na}_2\text{O} : 2.1\text{SiO}_2$) amarillento; ($\text{Na}_2\text{O} : \text{SiO}_2$) Transparente blanquuzco

Solubilidad

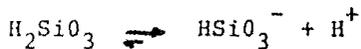
- En agua fría poco soluble, en agua caliente muy soluble.

Presentación comercial

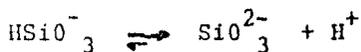
- Sólido amorfo ó soluciones de diferentes densidades.

Constantes de equilibrio

pK_a

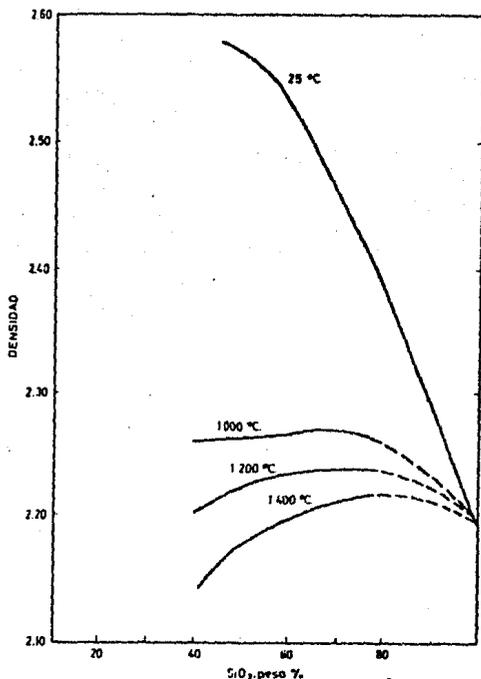


9.6



12.7

* n Representa el número de moles de SiO₂ por mol de Na₂O.



Densidad de los vidrios de Silicato de Sodio (1).

USOS DEL SILICATO DE SODIO.

Los silicatos solubles tienen muchas propiedades útiles que no pueden obtenerse en otras sales alcalinas. Esto, aunado a su bajo costo, ha conducido a su amplia utilización en varias industrias. Cuando la Philadelphia Quartz Co., fabricó por primera vez silicato de sodio, éste era para sus propios jabones. La calidad de los jabones silicatados indujo pronto a otros fabricantes de jabón a comprar el nuevo producto químico.

Los silicatos se probaron en otros casos y poco a poco se desarrollaron nuevos campos de aplicación. A principios del presente siglo, la introducción de cajas de embarque de papel corrugado trajo al silicato a primer plano como adhesivo y la investigación de Phil. Q., ha aumentado el conocimiento de las cualidades del producto y su utilidad para obtener una amplia escala de aplicaciones.

Por conveniencia, se ha clasificado los usos bajo sus propiedades físicas y químicas más importantes, indicando los productos existentes en el mercado para estos propósitos. (Ver tabla No. 1 del apéndice). Sin embargo se estudia continuamente la posibilidad de nuevas aplicaciones.

detergentes.- Los silicatos solubles poseen excelentes cualidades limpiadoras.

La única ventaja de los silicatos sobre otras sales alcalinas es que contienen sílice soluble, algunas de las más importantes - -- acciones detergentes en las cuales la sílice soluble tiene un - - papel principal son :

1. Mojado.
2. Emulsificación, o sea el rompimiento de la mugre aceitosa en glóbulos fríos suspendidos.
3. Defloculación o rompimiento de la mugre sólida o insoluble en finas partículas, dejándola en suspensión permanente.
4. Prevención de la redepósito de la mugre.
5. Control del efecto corrosivo del alcalí en metales sensibles, especialmente en presencia de detergentes sintéticos y fosfatos.
6. Su capacidad amortiguadora para resistir cambios en el pH.

La porción silícica de los silicatos junto con su contenido alcali no, es importante en jabones, detergentes sintéticos y limpiadores.

Las mezclas de jabón y silicatos son mayores que cada uno de ellos solo. La adición de silicato al jabón dá por resultado más espuma con mejor actividad, y un aumento en su consistencia.

La alcalinidad de los silicatos, permite a éstos neutralizar la - mugre de carácter ácido, saponificar o emulsificar grasas, aceites,

pinturas y algunas proteínas, las cuales se vuelven en agua a dispersables. La capacidad de los silicatos de elevar el pH a un alto nivel en presencia de mugre ácida es una característica importante.

AGENTES DEFLOCULANTES.

La defloculación no es un fenómeno que esté limitado a una sola aplicación. Es un factor importante de muchas operaciones de suspensiones estables de arcilla en trabajos de perforación. Si la arcilla y el agua se mezclan para formar una suspensión plástica, la adición de una pequeña cantidad de silicato producirá un fluido delgado que puede bombearse a través de una tubería. Este es un ejemplo del poder defloculante de los silicatos.

Hechos semejantes aunque menos espectaculares, ocurren en procesos de flotación de minerales y en la refinación de aceites.

ADHESIVOS.

La pérdida de agua de los silicatos adhesivos los convierte de líquidos en sólidos. Las ventajas de los adhesivos de sodio incluyen una buena extensión y contacto, un endurecimiento controlable, sobre amplios límites de temperatura y la formación de una unión rígida permanente, fuerte y que resiste a la humedad.

- los insectos caseros y el calor. Los silicatos para adhesivos se embarcan generalmente listos para usarse pero ciertas aplicaciones especiales, pueden modificarse con ciertos aditivos tales como arcilla, caseína u otros materiales orgánicos. Se emplean grandes cantidades de silicatos para adherir papeles de diferentes clases, también se usan para madera, hojas metálicas y otros materiales

CEMENTOS.

Cuando los silicatos se combinan con los ingredientes del cemento reaccionan químicamente para formar masas con fuertes propiedades adhesivas. Hay una gran variedad de cementos hechos con silicatos solubles en polvo y en solución. Los silicatos son ingredientes importantes en los refractarios especiales y en los morteros resistentes a los productos químicos. Las ventajas de los silicatos solubles como adhesivos son : Resistencia a altas temperaturas, resistencia a los ácidos, resistencia a la redisolución -- después de los fraguados, facilidad de manejo, seguridad y bajo costo. Los silicatos líquidos se usan en :

Discos abrasivos, cementos a prueba de ácido, recubrimiento de -- digestores, moldes de fundición, cemento para hornos, cementos -- para hule, cementos de recipientes refractarios, cementos de estu -- fas, cementos de ruedas pulidoras, varillas de soldar.

Películas y Recubrimientos.- Las películas secas de los sílica--
tos son inalterables a los aceites y las grasas. Cuando se apli--
can a los productos de madera y papel son resistentes al fuego y
a los insectos. Puede aumentarse su impermeabilidad al agua aña--
diéndoles óxidos de metales pesados. Se obtienen películas pro--
tectoras para el control de corrosión de los metales en tuberías
de agua. Algunos usos comunes son: Recubrimiento de cerámica; en--
durecimiento y curado de concreto, recubrimiento de caseína para
papel, recubrimiento de arcilla para papel, etc.

Soles y Geles.- Aunque los soles de sílice han sido conocidos --
por años, ha sido hasta fecha reciente que el Ingeniero Químico--
ha comenzado a usarlos en gran escala, la sílica sol activada se
usa ampliamente en los procesos de coagulación para tratamiento--
de aguas. Esto se realiza con un producto patentado por Phila--
delphia Quartz Col, conocido como el proceso N sol con silicato--
N. El uso de sílica sol es de interés también en los molinos de--
papel para aumentar la retención de la fibra y de la carga so--
bre el disco triturador del molino.

El silicato de sodio es la fuente más conveniente de geles de --
sílice. Estos geles son el resultado de la reacción entre un --
ácido y una solución de silicato. El producto resultante se em--
plea como un gel para procesos de absorción.

Los geles preparados por combinación de silicato de sodio y - - -
aluminio de sodio sirven para materiales de intercambio iónico, -
adecuados para ablandamiento de aguas.

CAPITULO III
DISEÑO DE PLANTA.

En el presente capítulo se desarrolla el diseño de planta, basado en la estequiometría del proceso y servirá para dar dimensión es el equipo necesario en la producción del silicato de sodio, - tomando como base de cálculo una producción de 36,000 tons.
año.

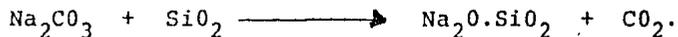
PROCESO DE FABRICACION DE SILICATO DE SODIO.

Existen varios procesos para la fabricación de silicato de sodio, partiremos del más sencillo, que es una mezcla de arena silica y carbonato de sodio, fundidos a 1300°C aproximadamente en un horno de calor recuperable.

Las ventajas de este proceso son las siguientes:

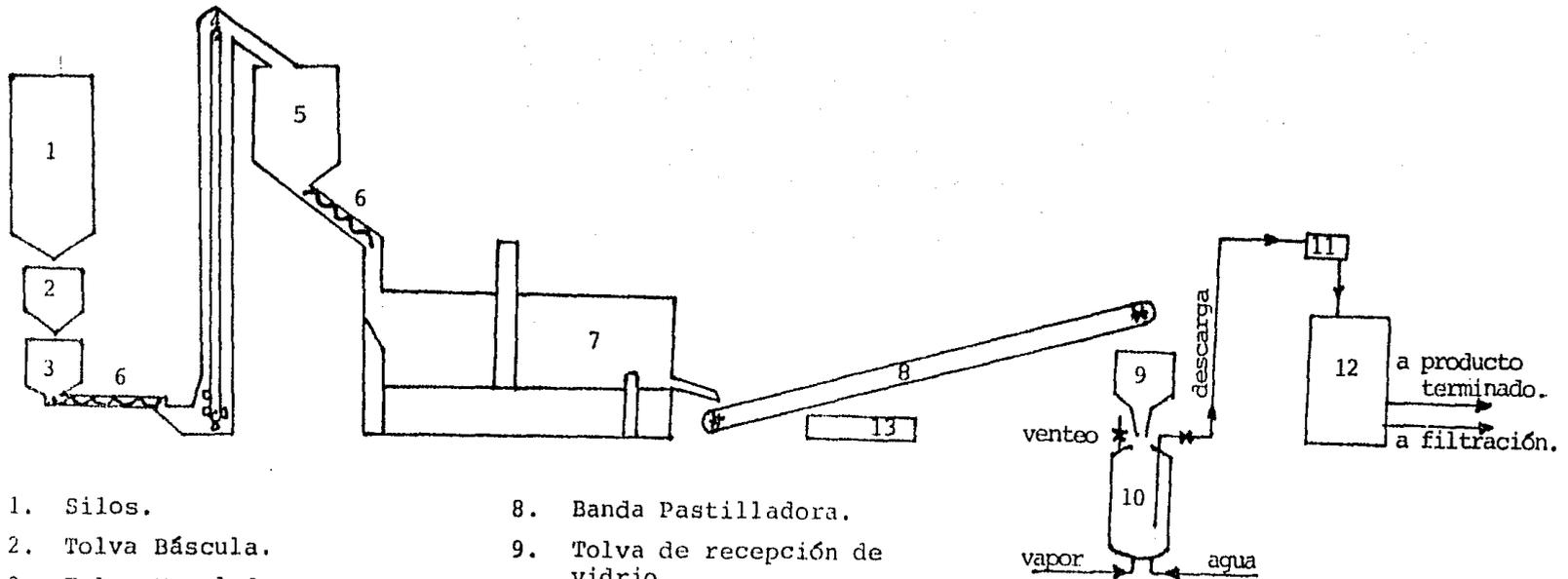
- Materias primas de fácil adquisición.
- Materias primas de bajo costo.
- Rendimiento alto de productos.

La reacción efectuada a esa temperatura es la siguiente:



El silicato más comercial se encuentra entre una relación molecular $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ de 2.0 a 3.2 (ver tabla 1 del apéndice), las relaciones intermedias se pueden obtener agregando sosa caustica, mayor cantidad de carbonato de sodio a la fusión o mezclando material de diferentes relaciones.

DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA FABRICACION DE SILICATO DE SODIO.



- | | |
|--|--|
| 1. Silos. | 8. Banda Pastilladora. |
| 2. Tolva Báscula. | 9. Tolva de recepción de vidrio. |
| 3. Tolva Mezcladora. | 10. Tanque de dilución |
| 4. Banda de Cangilones. | 11. Depresurizador. |
| 5. Tolva de Alimentación. | 12. Tanque de Asentamiento. |
| 6. Transportadores. | 13. Cisterna para enfriamiento de la banda pastilladora. |
| 7. Horno continuo con Recuperación de calor. | |

El producto al enfriarse tendrá una apariencia a la del vidrio y el color dependerá de las impurezas de la arena, que generalmente se debe al fierro y que le da una apariencia azulosa.

Observando el diagrama de proceso de fabricación, tenemos 2 -- silos uno de carbonato de sodio y el otro de arena silica, los cuales caen a una tolva báscula que están calibradas con el -- peso requerido, para determinada relación, enseguida caen a -- una mezcladora en donde se homogeniza perfectamente los mate-- riales, para que exista las variaciones menos posibles, de ahí pasa a la banda de cangilones por medio de un transportador -- helicoidal, la banda de cangilones lleva la mezcla hasta una - tolva en donde se va a dosificar.

La mezcla para el horno en donde se va a fundir a 1300°C , y -- saldrá por el otro extremo, en forma de vidrio líquido, donde será recibido en una banda metálica con moldes (banda pastilla dora) la cual por su longitud (50m) solidifica el vidrio al -- medio ambiente y a su vez es enfriada con agua por inmersión - (la banda).

El vidrio es transportado hasta una tolva en donde se acumula lo suficiente, para distribuirlo a los tanques de dilución que están abajo de ésta.

Los tanques de dilución son llenados con agua hasta 100 cms. sobre el nivel del vidrio, esto es con el fin de que todo el silicato só lido se disuelva, se cierra herméticamente y se le inyecta vapor a presión, los tanques de dilución deben llegar a tener una presión interna de 7 kg/cm²., se deja de inyectar vapor, y se le da tiempo para que disuelva el vidrio, en los tanques de dilución debemos de tener una válvula para muestreo, ya que se estará tomando muestras periódicas hasta obtener la densidad requerida, de ahí se pasa a un tanque depresurizador para que disminuya la presión que tiene, después pasa al tanque de asentamiento, en donde se le dará el tiempo necesario para que las impurezas se asienten. Se toma una muestra y se lleva al turbidímetro, el cual nos dirá si el material está dentro de especificación y se mandará a los tanques de producto terminado, de lo contrario se enviará por medio de una bomba a un filtro de hojas, en el cual se le dará la calidad desea da, de donde el material se enviará a los tanques de producto terminado.

Significado de relación en los silicatos. Las composiciones de silicatos, que son sales químicas definidas, pueden identificarse por fórmulas específicas por ejemplo: El metasilicato anhidro se designa adecuadamente por $\text{Na}_2 \text{SiO}_3$.

La mayoría de los silicatos son combinaciones de óxido de silicio y álcali que requieren fórmulas que muestren su relación molecular $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$, por ejemplo, un silicato con una relación en peso de 1 parte de álcali y 3.2 de bióxido de silicio sería de $3.2 \text{ SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$.

Es importante por lo tanto, identificar el silicato requerido -- especificando la relación de sílice a álcali y la concentración.

Como una molécula de Na_2O que pesa aproximadamente lo mismo que una molécula de SiO_2 , la relación molecular y por peso es casi igual.

Consecuentemente, es muy común el usar relaciones en peso para silicato de sodio con más sílice que el metasilicato (1 : 1).

Los silicatos de sodio incluyen productos que varían en relación sílice.- álcali como se podrá ver en la tabla No. 1 del apéndice.

ESTEQUIOMETRIA DEL PROCESO

El equipo necesario para la fabricación del silicato de sodio se calculará siguiendo el orden del diagrama considerando una producción de 36,000 ton/año, dando un margen del 20% para posibles exportaciones ó demandas imprevistas.

La producción diaria la calculamos, considerando 360 días por año.

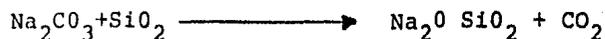
$$36,000 \text{ ton/año} \div 360 \text{ días/año} = 100 \text{ tons/día.}$$

$$100 \text{ tons/día} \times 1.20 = 120 \text{ tons/día.}$$

A partir de estos datos se hará el balance estequiométrico para obtener las cantidades necesarias de arena sílica (SiO_2) y carbonato de sodio (Na_2CO_3) para producir el silicato de sodio (Na_2SiO_3).

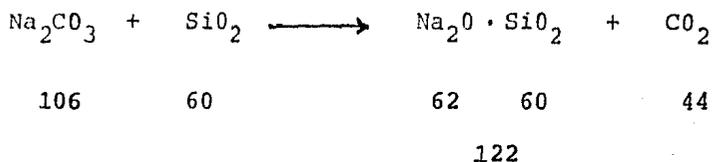
El balance de materia se hace con el propósito de determinar la capacidad del equipo (3).

La reacción :

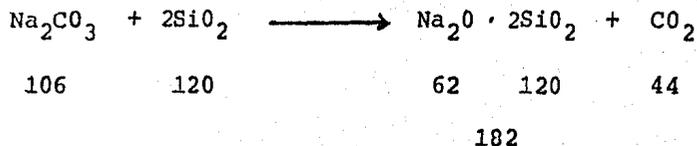


Substancia	Peso Molecular
Carbonato de Sodio	106
Bióxido de Silicio	122
Bióxido de Carbono	44
Oxido de Sodio	62

Esta reacción nos dice que la relación molecular del $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ so-
lido de Na_2O a SiO_2 es de 1.0 (1:1) pero para tener una rela-
ción de 2.0 ya que se dijo que este tipo es uno de los más comer-
ciales, duplicaremos la cantidad de SiO_2 .



Para la relación molecular (2.0) aumentaremos a 120 el SiO_2 enton-
ces tendremos que:



Si con esta cantidad tenemos 182 kgs de Na_2SiO_3 para obtener -
 1 tons. de Na_2SiO_3 . tendremos :

$$\begin{array}{rcl} 182 & 1000 & \\ 62 & \times & = \frac{340 \text{ kgs. } \text{Na}_2\text{O}}{\text{ton. Na}_2\text{SiO}_3} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} 182 & 1000 & \\ 120 & \times & = \frac{660 \text{ kgs. } \text{SiO}_2}{\text{ton. Na}_2\text{SiO}_3} \end{array}$$

Pero como el Na_2CO_3 produce un % de Na_2O tendremos que :

$$\frac{62 \text{ Na}_2\text{O}}{106 \text{ Na}_2\text{CO}_3} = 58.5\%$$

Decimos que la cantidad de Na_2CO_3 necesario para tener 340 --
 Kgs. de Na_2O es de :

$$\frac{340}{0.585} = \frac{581 \text{ kgs. de Na}_2\text{CO}_3}{\text{ton. Na}_2\text{SiO}_3}$$

Pero la pureza de la arena es del 99% obtenemos:

$$\frac{660 \text{ Kgs. SiO}_2}{.99} \quad , \quad \frac{667 \text{ kgs. de SiO}_2}{\text{ton.Na}_2\text{SiO}_3}$$

Nuestra producción es de 120 tons/día por lo tanto:

$$\frac{667 \text{ kgs de SiO}_2}{\text{ton.Na}_2\text{SiO}_3} \times 120 \text{ Tons. Na}_2\text{SiO}_3 = 80,000 \text{ kgs de Arena}$$

$$\frac{581 \text{ kgs de Na}_2\text{CO}_3}{\text{ton.Na}_2\text{SiO}_3} \times 120 \text{ tons. Na}_2\text{SiO}_3 = 70,000 \text{ kgs. de Na}_2\text{CO}_3$$

En las materias primas debemos mantener por lo menos 30 días de existencia almacenadas, por lo tanto necesitamos:

$$\frac{70 \text{ ton. Na}_2\text{SiO}_2}{\text{día}} \times \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} = \frac{2,100 \text{ tons. Na}_2\text{CO}_3}{\text{mes}}$$

$$\frac{80 \text{ ton. Arena}}{\text{día}} \times \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} = \frac{2,400 \text{ tons. Arena}}{\text{mes}}$$

Debemos tener la capacidad anterior en los silos u otro tipo de recipiente para almacenar las cantidades necesarias.

Las tolvas básculas debe tener la capacidad de pesar 56 kgs. arena/min. y 48 kgs. Na_2CO_3 /min.

La tolva de alimentación debe tener una capacidad de almacenado de 104 kgs. mezcla/min.

La densidad del silicato de sodio sólido es de 2.34 g/cm^3 para una relación de 2.0, la cual nos servirá para calcular la tina en donde se fundirá la mezcla, para obtener el silicato de sodio sólido, esta tina será de piedra de electro fundido, el material debe tener un tiempo de residencia de 24 hrs. por lo que la tina debe tener la capacidad de 120 tons. para que el material sea fundido y al agregar la mezcla por diferencia de nivel vaya descargando. La tina tendrá una longitud de 12 m. el ancho de 8 m. y la altura de 70 cms. :

$$12.0 \text{ m.} \times 8.0 \text{ m.} \times .70 \text{ m.} \times \frac{2.34 \text{ tons}}{\text{m}^3} = 157 \text{ tons.}$$

Observamos que la tina tiene una capacidad de 157 tons. Esto se debe a que damos 15 cms. de tolerancia para que no se derrame el material fundido.

Para desplazar estas 120 ton. dijimos que se haría con una -
 banda metálica que tendrá moldes, cada molde tendrá cuatro --
 divisiones (pastillas), con dimensiones de 10 cms. de largo,
 5 cms. de ancho y 2 cms. de espesor. El molde tendrá 24 cms.
 de largo, 12 cms. de ancho y 3 cms. de espesor.

A la salida del horno tendrá un canal de material refractario
 el cual tendrá un ancho de 22 cms. para dosificar a la banda
 pastilladora, la salida del horno tendrá una compuerta de - -
 seguridad también de material refractario para dosificar el -
 material necesario a la banda.

La banda metálica se dijo que debe tener 50 m. de longitud, -
 por lo que tendrá 417 moldes, las que serán las que desplacen
 el material efectivamente, ya que los otros 417 moldes regre-
 san y están vacíos.

Si tenemos :

$$417 \times .10 \text{ m.} \times 0.05 \text{ m.} \times 0.02 \text{ m.} \times 4 \times 2.34 \frac{\text{ton.}}{\text{m}^3} = 0.30 \text{ ton/ciclo}$$

La banda desplaza 0.39 ton. por cada vuelta que realiza.

$$\text{Si debe desplazar } 120 \text{ ton/día} \times \frac{\text{día}}{24 \text{ hrs.}} = \frac{5 \text{ ton.}}{\text{hr.}}$$

$$\begin{array}{r}
 \text{Y si :} \quad 5 \text{ ton.} \\
 \quad \quad \quad \underline{\quad} \\
 \quad \quad \quad \text{hr.} \\
 \hline
 0.39 \text{ ton.} \\
 \quad \quad \quad \underline{\quad} \\
 \quad \quad \quad \text{ciclo}
 \end{array}
 = 13 \text{ ciclos / hr.}$$

Por lo que diremos que para desplazar las 120 toneladas de silicato de sodio sólido, la banda debe dar 13 ciclos por hr.

La tolva de recepción de silicato de sodio sólido, debe tener una capacidad de 120 ton. para tener almacenaje suficiente en caso de que no haya consumo.

Para la elaboración del silicato de sodio líquido se necesita un tanque de dilución, la dilución presenta varios problemas los cuales resultan de las propiedades que tienen los silicatos con relación al agua.

Para tener una concentración deseada, la relación de silicato de sodio y agua, se debe usar una cantidad mayor de silicato de sodio a la requerida por estequiometría. En contraste a las demás sales, la operación del proceso de disolución no se limita por ningún punto de saturación, pero sigue continuamente hasta llegar a ser una masa compacta.

En el diseño, el punto que no hay que olvidar es que la solución pueda ser sacada o drenada con facilidad al haber alcanzado la concentración requerida.

Los tanques de dilución estacionarios son cargados con el silicato de sodio, teniendo este la forma y tamaño del molde de la banda pastilladora, esto es para que el silicato de sodio presente mayor superficie de contacto y espacio entre sí, facilitando de esta manera su dilución.

El tanque de dilución debe tener una malla metálica en el fondo aproximadamente un metro arriba del fondo, esto es para prevenir posibles obstrucciones en la descarga, el agua se alimenta 100 cms. arriba del nivel del material para que la dilución sea total.

Se le alimenta vapor hasta alcanzar una presión de 7 kgs/cm². se le dá un tiempo de 30 min. y se empieza a sacar muestras con periodicidad hasta obtener la densidad requerida.

El tiempo necesario para cada ciclo de la disolución variará dependiendo de la relación $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ a disolver, así el silicato de 2.0 se disolverá con mayor rapidez que un silicato de 3.22.

Cálculos para el tanque de dilución estacionario.

Producción de 120 tons./día de silicato de sodio sólido.

Una tonelada de silicato de sodio sólido al ser diluida, se obtienen aproximadamente 2 tons. de silicato líquido a 50°Bé, diremos entonces que tendremos una producción aproximada de 240 - - tons/día. La densidad es de 1.5299 tons/m³.

$$\frac{240 \text{ ton}}{\text{día}} / 1.5299 \text{ ton. / m}^3 = 157 \text{ m}^3/\text{día} = 157,000 \text{ lts/día.}$$

Duración del ciclo aproximado = 3 hrs./ciclo.

Volúmen de dilución = 157,000 lts/día.

$$\frac{157,00 \text{ lts/día}}{8 \text{ ciclos/día}} = 19,625 \text{ lts/ciclo}$$

8 ciclos/día

Si instalamos 3 tanques de dilución:

El volúmen por tanque de dilución = 6,542 lts.

$$\text{Volúmen} = \frac{\text{II}}{4} \text{ d}^2 \text{ h}$$

Si tenemos que $h = 3.0 \text{ d}$

$$6,542 = 0.785 (d^2) (3.0d)$$

$$6,542 = 0.785 (3.0 d^3)$$

$$6,542 = 2.355 d^3$$

$$d^3 = \frac{6,542}{2.355}$$

$$d = \sqrt[3]{2778}$$

$$d = 1.40 \text{ m.}$$

$$h = 1.40 \times 3.0 = 4.20 \text{ m.}$$

TANQUE CILINDRICO VERTICAL PARA SEDIMENTACION DE
SILICATO DE SODIO.

Capacidad del tanque 240 tons.

Para evitar derrames le aumentaremos un 20% de su capacidad,

240 Ton. x 1.20 = 288 Tons.

La Silicato de sodio es 1.53 kgs./lt

Volúmen de tanque $\frac{288,000 \text{ kg}}{1.53 \text{ kg/lt.}} = 188,235 \text{ lt.}$

Para este tipo de tanque haremos que $h = d$

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

$$188,235 = 0.785 d^2 \times d$$

$$d^3 = 188,235$$

$$d = \sqrt[3]{188,235} =$$

$$d = 5.7 \text{ m}$$

$$h = 5.7 \text{ m}$$

La suposición para este tanque de que $h=d$ es para tener una mayor superficie de sedimentación y una altura mínima.

La base del tanque debe ser construída para soportar 400 ton ., con el fin de evitar otro gasto de cimentación, al haber alguna futura expansión, se continúe la construcción del tanque. La base deberá ser construída de concreto para aislarlo de la humedad y así evitar un agente externo demasiado corrosivo.

En la parte superior del tanque deberá llevar un tanque depresurizador para bajar la presión que viene de los dilusores, -- un tubo de venteo, y en el fondo una entrada-hombre para su -- limpieza y válvulas para muestreos.

Cálculo de la velocidad de sedimentación del silicato de sodio.

De acuerdo a la Ley de Stokes tenemos :

$$V = \frac{(d_s - d) g d_a^2}{1.8 M}$$

V = Velocidad de sedimentación

ds = Densidad del sólido = 2.8 g/cm³

g = Aceleración de la gravedad = 981 cm/seg²

d_a = Diámetro de la partícula = 0.005 cm.

M = Viscosidad del fluido = 1.2 poises

df = Densidad del fluido = 1.53 g/cm³

$$V = \frac{(2.8 - 1.53) \times 981 \times (0.005)^2}{1.8 \times 1.2} =$$

$$V = 0.00144 \text{ cm/seg.}$$

$$V = 1.25 \text{ m/día}$$

Por lo tanto la sedimentación se hará en 5 días, después se bombeará a tanques de producto terminado, por lo tanto, se necesitarán la instalación 6 tanques de sedimentación.

Si se considera que son muchos tanques, que se carece de -- espacio, o la inversión es demasiada, se puede instalar 2 - tanques de sedimentación y adquirir un filtro de hojas hori_zontales, con una capacidad mínima de filtración a 50 Bé de 8,000 lt/hr.

Este mismo cálculo se hará para los tanques de producto terminado, ya que las condiciones no varían.

CAPITULO IV

CONTROL QUIMICO DEL PROCESO

El control químico del proceso se basa en pruebas físico y químicas de muestras de cada una de las etapas del proceso (ver diagrama -- Pág. 37) y se realizará desde las materias primas hasta el producto final obtenido, la aprobación de dichas pruebas nos van a garantizar la calidad del producto, el cual cubrirá las especificaciones requeridas para cada tipo de silicato de sodio y su uso en particular, - (ver tabla 1 del apéndice).

Estas pruebas ó análisis, deben ser lo más rápidas, simples y exactas posibles para tener resultados en corto tiempo y llevar un control adecuado durante la elaboración de los productos que se estén fabricando.

Además de conocer de los resultados del análisis la composición de las materias primas, de las materias en proceso ó de los productos elaborados, estos también servirán de base para fijar los precios - en el mercado de nuestro producto ó bien para establecer las características de los equipos industriales donde se procese nuestra - - materia prima entre otras cosas.

Debido a la importancia de estos análisis, es indispensable efectuar los con nuestros representativos de cada etapa del proceso, realizar los lo mejor posible en corto tiempo y obtener resultados que indiquen que tan bien se controla el proceso, así como la calidad del - producto obtenido.

En caso que se detecten anomalías en alguna prueba efectuada - - dentro del proceso, esta nos proporcionará información de como - corregir o modificar la etapa del proceso en que se haya detectado.

A continuación se darán en forma sucinta, algunas de las principales técnicas o métodos de análisis para utilizarse en cada una de las etapas del proceso del silicato de sodio. (4).

Análisis de Materias Primas :

1. Arena Sílica :

De la arena sílica recibida, se hace un muestreo por cuarteo, y una vez que se tiene la muestra se coloca en un frasco de 250 ml., se mezclará perfectamente de 2 a 3 minutos.

Se anotará en el frascó : fecha, origen y en número de análisis que será consecutivo. Esta muestra será representativa - para los siguientes análisis, para comprobar su eficiencia -- en el proceso.

Determinación de Granulometría.

Procedimiento :

Pesar 100 gramos de arena seca y pasar por mallas 20, 30, 40, 50, 70, 100 y 140. Pesar el retenido en cada una de las - -- mallas, se hace la suma a 100, el análisis dará aproximadamente

- te los siguientes resultados :

Malla	US	20	1%	Retenido	± 10
Malla	US	30	3%	Retenido	± 20
Malla	US	40	20%	Retenido	± 20
Malla	US	50	31%	Retenido	± 20
Malla	US	70	27%	Retenido	± 10
Malla	US	100	11%	Retenido	± 10
Malla	US	140	7%	Retenido	± 10
			100%		

Determinación de pérdida a 110°C en arena sílica.

Procedimiento :

Pesar en un crisol de porcelana, previamente puesto a peso --
 constante 1 ± 0.01 gramos de arena, llevarlo a la estufa a --
 una temperatura de 100 - 110°C por espacio de una hora, - - -
 enfriar en un desecador durante 10 a 15 minutos y pesar.

$$\text{Pérdida a } 110^{\circ}\text{C} = \frac{M - M_1}{P} \times 100$$

M = Peso del crisol con muestra original.

M₁ = Peso del crisol con muestra seca.

P = Peso de muestra original.

Determinación de pureza en la arena sílica.

El porcentaje de pureza de la arena sílica como SiO_2 , resulta importante, ya que un bajo % SiO_2 dificulta el rendimiento de la reacción, encontrándose como impurezas Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , Al_2O_3 (P_2O_5 - V_2O_5) en arena sílica.

Procedimiento :

De la muestra seca se muele en el mortero y se pasa por malla 200, se seca a 110°C nuevamente y se pesa exactamente 1 gr. - se le añade aproximadamente 5 gr. de carbonato de sodio (Na_2CO_3), se calienta al mechero poco a poco hasta fusión tranquila; una vez que esté totalmente fundida se lleva a la mufla a una temperatura de $950 - 1000^\circ\text{C}$ por espacio de $\frac{1}{2}$ hora, se saca y se enfría, se trata con HCl 1:10 hasta que la muestra esté totalmente disuelta; esta muestra se va juntando en vaso de 600 ml. de forma baja.

Ya que se tiene toda la muestra disuelta se evapora a sequedad en baño maría y una vez que se haya evaporado toda el agua, se coloca en la estufa a una temperatura de $100 - 110^\circ\text{C}$, por un espacio de 3 horas, se saca de la estufa y se tritura el precipitado con una espátula hasta tener un polvo fino, se

- le añaden 100 ml. de agua destilada, se evapora un poco a -
fuego directo y después a baño maría, nuevamente a sequedad, -
una vez seco se le añaden 100 ml. de HCl 1:10 y se deja otros
10 mins. en baño maría, se filtra sobre papel filtro de cenizas conocido, se lava con agua caliente hasta que el vaso - -
esté completamente limpio, se afora a 250 ml. en un matraz -
volumétrico, guardar el filtrado para la determinación de impu
rezas, en el mismo crisol que se utilizó para el ataque alcali
no, se coloca el papel filtro con la sílice, se seca lentamente en el mechero, evitando la inflamación en el papel, luego
se calcina en la mufla a 1000 - 1100°C, manteniéndolo un espa
cio de 30 minutos, se saca de la mufla y se lleva al desecador,
después se pesa anotando el peso (M_1).

Se lleva el crisol a la campana, se humedece el precipitado -
calcinando con 1 ml. de agua destilada, de 4 a 5 gotas de - -
 H_2SO_4 concentrando y con mucha precaución añaden 5 ml. de - -
ácido fluorhídrico H_2F se evapora a sequedad en baño de arena
una vez que se ha evaporado se añaden otros 2 ó 3 ml. de - --
ácido fluorhídrico y se evapora de nuevo a sequedad.

Se lleva a la mufla nuevamente a una temperatura de - - - - -
1000 - 1100°C por espacio de 30 minutos, se enfría en el dese-
cador y se pesa obteniendo una segunda pesada. (M_2).

$$\% \text{ SiO} = \frac{M_1 - M_2}{P} \times 100$$

M_1 = primera pesada

M_2 = segunda pesada

P = peso de muestra.

La diferencia del % SiO_2 al 100% nos dará los óxidos insolu-
bles presentes en la arena.

Los resultados obtenidos del análisis deberán aproximadamente
dar los siguientes datos:

SiO_2	99.0 mínimo
Fe_2O_3	0.10 máximo
Al_2O_3	0.20 máximo
CaO	0.03 máximo
MgO	0.20 máximo
TiO_2	Trazas --
Ppi	0.20 máximo

. Carbonato de Sodio (Na_2CO_3).

Del carbonato de sodio se hace un muestreo por cuarteo como en la arena sílica, se colocará en un frasco de 100 ml., se mezclará la muestra perfectamente de 2 a 3 minutos. Se anota en el frasco fecha, origen y número de análisis. Esta muestra será representativa, para los siguientes análisis, para comprobar también su eficiencia en el proceso.

eterminación de Humedad.

Procedimiento :

En un crisol de porcelana, puesto previamente a peso constante, pesar aproximadamente 1 ± 0.01 gramos de carbonato de sodio, llevarlo a la estufa a una temperatura de 100 a 110°C durante 1 hora; enfriar en el desecador por un espacio de 15 minutos y pesar en crisol con la muestra, teniendo cuidado que no absorba humedad.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{M - M_1}{P} \times 100$$

M = Peso del crisol con muestra original.

M_1 = Peso del crisol con muestra seca.

P = Peso de muestra original.

Determinación del % Pureza.

Procedimiento :

Pesar 1 ± 0.01 gramo llevar a un matraz de 300 ml. agregarle 100 ml. de agua destilada, agregar de 2 a 3 gotas de anaranjado de metilo al 0-05% y titular con solución de ácido clorhídrico (HCl), hasta el vire de amarillo a color canela.

$$\% \text{ Pureza} = \frac{V \times N \times 53}{\text{Grs.}}$$

N = Normalidad del HCl 1 N.

V = Volúmen gastado de HCl.

Grs = Peso de la muestra de $\text{Na}_2 \text{CO}_3$.

53 = Equivalente del $\text{Na}_2 \text{CO}_3$.

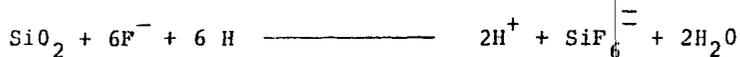
Análisis del Silicato de Sodio.

La sílice se puede determinar en forma gravimétrica ó volumétrica, la primera se efectúa como se mencionó anteriormente, por una secuencia de lavados con HCl y evaporaciones a sequedad, para posteriormente calcinar y encontrar el % SiO_2 .

La determinación en forma volumétrica de la sílice se efectúa con una titulación usando una solución 0.2 N de HCl con rojo

de metilo y usando NaF, manteniendo una constante agitación.

La reacción se puede escribir como sigue:



La primera cantidad es con el fin de neutralizar al Na_2O , una posterior cantidad será para el NaF.

Determinación de la relación molecular de Silicato de Sodio.

Para obtener una relación molecular del silicato de sodio en forma rápida y simple se recomienda el análisis volumétrico que se describirá a continuación.

Procedimiento :

De la muestra de silicato de sodio líquido, se pesa 1 ± 0.01 -- gramos ó muestra en un matraz erlenmeyer de 300 ml. se afora - con agua destilada a 100 ml., agitar perfectamente hasta tener - una muestra homogénea; añadir de 2 a 3 gotas de rojo de - metilo, titular con solución de HCl 0.2N, hasta el vire de amari- llo a color canela. Anotar la cantidad de mililitros de HCl gasta- dos sobre la misma muestra, añadir de 2 a 3 gramos de fluoruro de sodio - (NaF), agitando fuertemente, hasta disolución completa del fluoruro de sodio,-

tornándose la solución del color canela al amarillo original,
 titular con HCl 1N, añadir un exceso de 4 ml. de HCl 1N, agi-
 tar unos minutos más, después de la adición del exceso del --
 HCl, anotar la cantidad de mililitros gastados de HCl 1N, ti-
 tular el exceso de HCl con NaOH 1N, hasta el vire rosa fuerte
 color canela.

Cálculos:

$$\% \text{Na}_2\text{O} = \frac{V_1 \times N \times 0.031 \times 100}{E}$$

V_1 = Volúmen del HCl 0.2 N

N = Normalidad del HCl 0.2 N

E = Masa en gramos

0.031 = Miliequivalente del Na_2O

$$\% \text{SiO}_2 = \frac{(V_2 N_2 - V_3 N_3) 0.01502 \times 100}{E}$$

V_2 = Volúmen del HCl 1N

N_2 = Normalidad del HCl 1N

V_3 = Volúmen del NaOH 1N

N_3 = Normalidad del NaOH 1N

0.01502 = Miliequivalentes del SiO_2 .

$$\text{Relación Molar} = \frac{\% \text{SiO}_2 / 60.00}{\% \text{Na}_2\text{O} / 62.00}$$

$$\% \text{ Sólidos diluidos} = \% \text{Na}_2\text{O} + \% \text{SiO}_2$$

Determinación del Silicato de Sodio (Piedra Fundida).

Procedimiento :

En una charola de 40 x 20 cm. del material que está descargando el horno, se reciben 100 gramos aproximadamente y se deja enfriar, ya frío el material se pesan 60 a 62 gramos de piedra fundida se carga en el dilusor piloto del laboratorio, y se procede a hacer la dilución, con 30 ml. de agua.

El tiempo necesario de la dilución es de 20 minutos a una presión de 8 kg / cm², después de este tiempo se enfría el dilusor con agua, se toma una muestra para su análisis y se procede a determinar la relación. El líquido obtenido debe tener de 25 a 30° Bé.

Determinación de grados Bé en Silicato de Sodio.

Procedimiento :

De la muestra de silicato de sodio líquido se vierte en una -

- probeta de 100 ml., se introduce el densímetro lentamente - sobre esta y se lee la densidad que tiene. La lectura al ras del líquido y a temperatura ambiente ($\pm 20^{\circ}\text{C}$). El valor - - mayor o menor dependerá de la relación $\text{Na}_2\text{O} : \text{SiO}_2$.

En caso de tener más de 20°C se hará la corrección necesaria (ver tabla de corrección), ya que al aumentar la temperatura baja la densidad por lo que se debe adicionar a la - - densidad observada la corrección correspondiente, para obtener la densidad real.

Determinación de Viscosidad.

Según la aplicación a la que se le destine en silicato, será la importancia de esta propiedad. Generalmente se determina con aparatos específicos (Copa Ford, Stormer, Viscosímetro - Ostwald, etc), el valor está dado en centipoises (G.G.S.); - la relación H_2O , $\text{Na}_2\text{O}:\text{SiO}_2$ determina esta propiedad.

TABLA DE CORRECCION POR TEMPERATURA.

TEMPERATURA	CORRECCION
26.7	0.20
28.0	0.25
30.0	0.32
32.2	0.40
34.0	0.47
35.0	0.50
37.8	0.60
39.6	0.70
41.5	0.80
43.3	0.90
46.1	1.00
48.9	1.10
51.6	1.20
54.4	1.30
57.2	1.45
60.0	1.60
62.8	1.80
65.7	2.00
68.8	2.05
71.1	2.10
74.0	2.20
76.7	2.30
79.4	2.40
82.2	2.50
84.6	2.60
87.0	2.70
90.1	2.85
93.3	3.00
96.6	3.10
100.0	3.20

Agua.-

El método de eliminación por evaporación no es muy exacto, por lo que se ha tenido que usar un método espectrofométrico. La tabla siguiente dá una serie de datos al respecto.

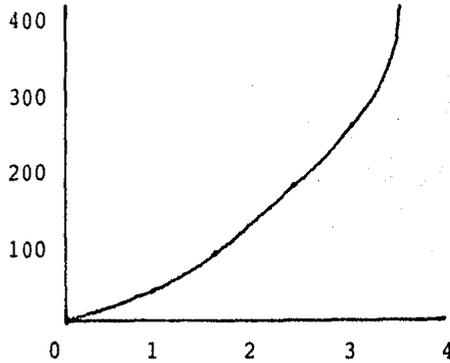
CRISTAL	LINEA	d Å	I/I ₀ .
Na ₂ SiO ₃	Mo K	3.04	1.00
	"	2.40	0.64
	"	2.57	0.43
Na ₂ SiO ₃ · 5H ₂ O	Cu 0.708	3.33	1.00
	"	3.17	1.00
	"	2.71	1.00
Na ₂ SiO ₃ · 6H ₂ O	"	2.76	1.00
	"	2.60	0.75
	"	2.51	0.75
Na ₂ SiO ₃ · 8H ₂ O	"	2.70	1.00
	"	2.87	0.25
Na ₂ SiO ₂ O ₅	Mo K	1.82	1.00

Dióxido de Carbono.-

Es conveniente la determinación, pues casi siempre forma - - burbujas, por lo que se determina por pérdida de peso.

$$\frac{\text{Peso de la muestra después destilación}}{\text{Peso de la muestra original}} \times 100 = \% \text{CO}_2$$

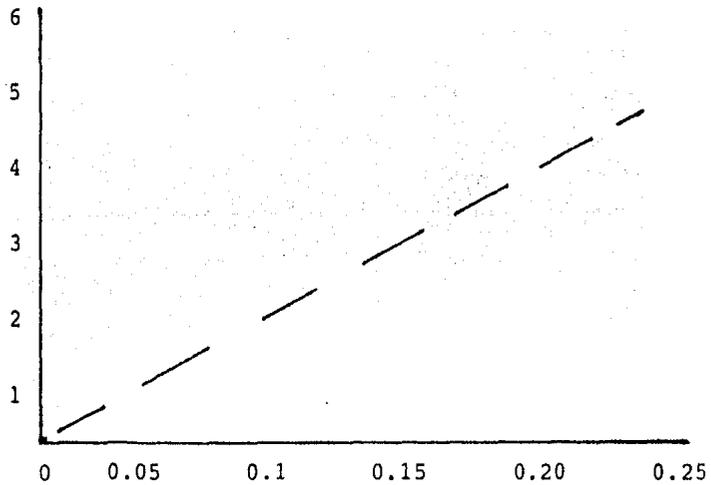
Peso molecular de terminado por métodos Turbidimétricos.



Variación del peso molecular con respecto a la relación (4).

Na₂O:SiO₂
Na₂O:SiO₂

Turbidez x 10⁴



Variación de la turbidez con respecto a la concentración de metasilicato sódico (4).

gr Na₂SiO₃
c.c.

CAPITULO V
ESTIMACION DE COSTOS

Generalmente el capital de inversión se divide en dos partes (5):

- a) Capital fijo
- b) Capital de trabajo

De dónde el capital fijo está constituido por la suma de varios términos que son los siguientes :

- Costo del equipo
- Instalación del equipo
- Tubería, conexiones y accesorios.
- Instalación.
- Instrumentación.
- Aislamientos c/instalación.
- Instalación eléctrica.
- Edificios
- Terreno y arreglo civil.
- Servicios.
- Ingeniería y Construcción.

El capital de trabajo está constituido por el capital necesario para poder operar la planta durante cierto tiempo que por lo -- general es de 30 días es decir 1 mes tiempo en el cual se considera que no se tendrá ninguna entrada de dinero a la empresa, - este capital es necesario para poder pagar durante ese tiempo - materias primas sueldos, impuestos, etc., por lo tanto se procederá a calcular los dos términos anteriores.

Capital Fijo.

Parte del Equipo Necesario		Costo/Unidad	Costo Total
Transportador de banda pastilladora	1	500,000.00	500,000.00
Tanques de dilución	3	1'000,000.00	3'000,000.00
Tanque de sedimentación	6	1'500,000.00	9'000,000.00
Tanque de almacenamiento	6	1'500,000.00	9'000,000.00
Bombas	8	500,000.00	4'000,000.00
Silos de almacenamiento de materia prima	2	1'000,000.00	2'000,000.00
Tolva Báscula	2	1'000,000.00	2'000,000.00
Banda de Canjilones	1	750,000.00	750,000.00
Tolva mezcladora	1	1'000,000.00	1'000,000.00
Transportador Helicoidal	2	400,000.00	800,000.00
Tolva de Alimentación	1	800,000.00	800,000.00
Horno Continuo de recuperación de calor	1	17'000,000.00	17'000,000.00
Filtro de Hojas	1	3'000,000.00	3'000,000.00
Equipo tratamiento de agua	1	4'000,000.00	4'000,000.00
Tolva de recepción de vidrio	1	1'500,000.00	1'500,000.00
S U B - T O T A L :			\$- 58'350,000.00

El término servicios incluye el costo e instalación de todos -- los equipos necesarios para el suministro de los servicios que requeriría la planta, es decir vapor, caldera, tubería, válvulas, etc., electricidad, agua (red de distribución, alcantarillado -- protección contra incendio) almacén, talleres, gas combustible, etc.

Costo del equipo (c.e.)	58'350,000.00
Instalación del equipo (20% del c.e.)	11'670,000.00
Tubería y accesorios (5% del c.e.)	2'917,500.00
Instalación (15%)	437,625.00
Instrumentación	2'000,000.00
Instalación (15% Instrumentación)	300,000.00
Aislamientos con instalación (8% sobre c.e.)	4'668,000.00
Electricidad con instalación (15% sobre c.e.)	8'752,500.00
Terreno y obra civil (10% c.e.)	5'835,000.00
Edificio (25% sobre c.e.)	14'587,500.00
Servicios (20% sobre c.e.)	11'670,000.00

\$- 121'188,125.00

Costo físico (c.f.)	121'188,125.00
Ingeniería y construcción (30% sobre c.f.)	36'356,437.50
Costo directo (c.d.)	157'544,562.50
Impuestos (15% sobre c.d.)	23'631,684.38
Capital fijo	\$- 181'176,246.90

b) Cálculo del capital de trabajo:

Costo de materias primas para 30 días, considerando:

aumentos de precios, deficiencia en abastecimiento de material -
por los proveedores, transporte, etc.

\$-21,534.00		Na_2CO_3			
		<u>-----</u>			
		$\text{ton. Na}_2\text{SiO}_3$			
\$-8,720.00		SiO_2			
		<u>-----</u>			
		$\text{ton. Na}_2\text{SiO}_3$			
\$-30,254.00		$\text{ton. Na}_2\text{SiO}_3$			

Costo por tonelada de silicato de sodio \$ 30,254.00

Consumo por día de silicato sólido/ton.,
para un 70% de eficiencia de la planta. 84.00

Costo de materia prima por mes, para un
70% de eficiencia de la planta.

84 <u>tons.</u>	x	30 <u>días</u>	x	30,254.00 \$	76,240,080.00
día		mes		ton.	

Costo de supervisión y operación-mes

1 Superintendente General	150,000.00
20 Operadores a \$-1,300.00 día	780,000.00
4 Técnicos Laboratoristas	160,000.00
16 Operadores de mantenimiento	624,000.00
4 Encargados de limpieza	120,000.00
	\$ 1'834,000.00
Costo por mano de obra	

Calculando el capital de trabajo:

Costo de materia prima 30 días	\$ 76,240,080.00
Costo de Supervisión y Operación	1'834,000.00
Impuestos Seguro Social préstamos etc. (20% sobre costo de supervisión y operación).	366,800.00
Inventario de Na_2SiO_3 sólido (2520 tons.) de un mes de producción	98,748,432.00
Crédito a clientes a 30 días de un mes de producción de Na_2SiO_3 líq.	140,436,450.00
Crédito de proveedores de materias primas a 30 días (inventario de un mes)	<u>-76,240,080.00.</u>
Capital de trabajo =	\$ 236,385,682.00

Teniendo calculado el capital fijo y el capital de trabajo se -
procede a calcular el costo de la inversión total,

Costo de inversión total = capital fijo + capital de trabajo.

Costo de inversión total = \$-181,176,246.90 + \$-236,385,682.00

Costo de inversión total - \$-417,561,929.00

Para calcular las utilidades se debe calcular primero todos los -
gastos que existen para que al restarlos de las ventas totales, -
se obtengan las utilidades antes de impuestos.

Estos gastos son debido principalmente a dos conceptos:

- a) Costos de fabricación.
- b) Gastos fijos.

a) Los Costos de Fabricación:

Son aquellos que varían en proporción directa con el aumento_ ó disminución en la producción y están dados por los siguientes términos.

- 1) Costo Anual de Materias Primas
- 2) Costo Anual de Operación

(15% sobre el capital de trabajo)

1) Costo Anual de Materia Prima :

Costo por ton. de silicato sólido = \$ - 30,254.00

Consumo anual = 84 ton. x 360 días x \$30,254.00

Costo anual por materias primas \$-914,880,960.00

2) Costo anual de operación :

Costo anual de operación 15% c.t.

= 0.15 x \$-236,385,682.00

= \$- 35,457,852.00

Costos de fabricación = 914,880.960.00 + 35,457,852.00

Costos de fabricación = 950,338,812.00

b) Los Gastos Fijos están constituidos por los siguientes -
términos:

Mantenimiento (5% sobre c.e.) 2'917,500.00

Impuestos, Seguro Social presta-
ciones (20% costo de supervisión
y operación) 366,800.00

Seguro de planta (5% c.f.) 9'058,812.30

Administración (8% c.t.) 18,910,854.56

Ventas (36% administración) 6,807,907.64

Investigación (36% administra-
ción) 6,807,907.64

Depreciación (10% c.e.) 5'835,000.00

Gastos fijos totales 50,704,782.00

Por lo tanto las erogaciones anuales serán:

Costo anual de fabricación 950,338,812.00

Gastos Fijos 50,704,782.00

Costo y Gasto Anual Total: \$-1,001,043,594.00

En cuanto a los ingresos brutos estarán constituidos por las -
ventas totales y estas se calculan de la siguiente forma:

Ventas totales = Producción anual x precio de venta/ton.

Capacidad máxima de diseño = 43,200 tons/año de silicato sólido

Capacidad normal de operación = 36,000 tons./año

Considerando una eficiencia de la planta en su primer año de -
operación de un 70%.

Capacidad inicial de operación = 43,200 x 0.7

= 30,240 tons./año

Además consideramos un mes de inventario de silicato sólido es-
to es : 30,240 - 2,520 = 27,720 tons.

De estas 27,720 tons. de silicato de sodio sólido.

obtendremos aprox. 55,440 tons./año de silicato líquido

Producción anual = 55,440 tons./año

Precio de venta = 27,228.60 \$/ton.

Ventas totales = 55,440 x 27,228.60 = \$-1'509,520,320.00

Por lo tanto los ingresos brutos anuales serán de

\$-1'509,520,320.00

Calculo de las utilidades antes de impuestos.

Ingresos brutos anuales \$ 1'509,520,320.00

Costos y gastos anuales -1'001,043,594.00

Utilidades antes de impuestos 508,476,726.00

Considerando los impuestos correspondientes al ingreso gravable de empresas con 42%, más el 8% de reparto de utilidades obten--
dremos la utilidad neta anual.

$$\begin{aligned} \text{Utilidad neta anual} &= \$-508,476,726.00 \times 0.50 \\ &= \$-254,238,363.00 \end{aligned}$$

Con estas cantidades se calcularán los factores económicos más_ importantes como son:

$$\begin{aligned} \text{a) Rentabilidad} &= \frac{\text{Utilidad Neta Anual}}{\text{Inversión Total}} \\ &= \frac{252,238,363}{417,561,929} \\ &= 60.88\% \end{aligned}$$

b) Tiempo de recuperación de capital

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de recuperación de capital} &= \frac{\text{Inversión Total}}{\text{Utilidad Neta Anual}} \\ &= \frac{417,561,929}{254,238,363} \\ &= 1.64 \text{ años} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Capital de rotación} &= \frac{\text{Venta Anual}}{\text{Inversión Total}} \\ &= \frac{1,509,520,320.00}{417,561,929.00} \\ &= 3.61 \text{ veces} \end{aligned}$$

Precio del silicato de sodio por materia prima. = 30,254.00 \$/ton.

Precio del silicato de sodio por servicios = 4,631.00 \$/ton.

Precio del silicato de sodio sólido total = 34,885.00 \$/ton.

En la siguiente página se consideran en los valores estimados para 5 años de los principales factores económicos los siguientes puntos:

- a) Un incremento en un 10% en la producción anual por mayor demanda del producto en el mercado, mayor venta etc.
- b) Un incremento del 30% en el precio de venta anual por costo de fabricación, inflación etc.
- c) Un incremento del 30% en costos y gastos anuales por aumentos en materias primas, salarios, servicios etc.
- d) Una reinversión del 5% en el segundo año de la inversión total inicial por gastos en equipos, herramientas, material de almacén, comedor, instalaciones deportivas, aumento de personal, imprevistos etc.

Valores estimados para 5 años de los principales factores económicos.

Año	Prod. Anual.	Precio Venta	Ingresos Brutos	Costos y Gastos Anuales	Utilidades Brutas	Utilidades Netas	Invar. total	Rentabilidad.	Recup. Cap.	Rot. Cap.
	(tons.)	(\$/ton.)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)	(%)	(años)	(veces)
84	55440	27228	1509520320	1001043594	508476726	25423863	41761929	60.88	1.64	3.61
85	60984	35397	2158661625	1301356672	857304953	420652476	438440025	97.76	1.02	4.92
86	67082	46016	308686749	1691763674	1395103775	697551887	438440025	159.1	0.62	7.04
87	73790	59821	4414208562	2199292776	2214915786	1107457893	438440025	252.59		10.06
88	73790	77767	573847120	2859080609	2879390595	1439695298	438440025	328.36		13.08

C O N C L U S I O N E S

De acuerdo a las investigaciones realizadas con respecto al consumo de Silicato de Sodio (ver apéndice Pags. 83-91), es factible la instalación ó ampliación de una planta, esto se debe al aumento en el uso del mismo en las distintas industrias de transformación (minero-metalúrgicas, jabonera, cementera, textil, papelera, etc.); ya sean nacionales ó extranjeras.

Además se puede comprobar en el presente trabajo que la inversión para la instalación ó ampliación de la planta es recuperable a corto plazo y obteniendo utilidades con un mayor porcentaje que el que se obtendría, si la inversión se hiciera en una institución bancaria, aún operando con el 70% de la capacidad de diseño.

Con la capacidad de la planta se cubriría la cantidad que se está importando más las necesidades del mercado nacional, así como la posibilidad de incrementar las exportaciones del silicato de sodio.

Al crear nuevas plantas ó al ampliar las ya instaladas, hay - -
certeza de la creación de nuevas fuentes de trabajo, así como -
de reducir costos de producción, reducir importaciones y contribuir
con ello al robustecimiento en la economía nacional.

En cuanto a la localización de la planta, debe estar cerca - -
al área metropolitana (zona industrial Ecatepec Edo. Mex.), ya que
que en esta se encuentra el mayor número de consumidores y pro-
veedores de materias primas, así como también existen facilida-
des fiscales, abundancia de mano de obra, fácil distribución --
del producto al interior de la república y una de las mejores -
infraestructuras.

A P P E N D I C E

TABLA No. 1

Tipo	Relación de SiO ₂ Na ₂ O	Densidad	% Na ₂ O	% SiO ₂	Sólidos Const.
A-42	2.50	42° BÉ	10.5	26.25	36.75
A-48	2.50	48	12.3	30.75	43.05
A-56E	2.50	56	14.8	37.0	51.8
C-42	2.90	42	9.7	28.13	37.83
C-47	2.90	47	11.0	31.9	42.9
M-42	2.0	42	11.8	23.6	35.4
M-50	2.0	50	14.7	29.2	43.2
M-52	2.0	52	15.2	30.4	45.6
M-54	2.0	54	15.8	31.6	47.4
S-82	3.22	32	7.7	24.79	32.49
S-40	3.22	40	8.7	28.01	36.71
S-41	3.22	41	8.9	28.65	37.55
S-42	3.22	42	9.16	29.49	38.65
S-44	3.22	44	9.6	30.9	40.51
SU-52	2.40	52	13.85	33.24	47.09
SU-54	2.40	54	14.1	33.84	47.94
SP-200	2.00	Sólido	33.33	66.66	100.00
SP-235	2.35	Sólido	29.85	70.14	100.00
S-322	3.22	Sólido	23.69	76.29	100.00

TIPOS DE SILICATO DE SODIO ASI COMO
SUS USOS Y RECOMENDACIONES.

- A-42 Para la Industria Textil como estabilizador en el - -
blanqueo.
- A-48 En el Papel como aditivo en el blanqueador.
- A-56 Limpieza de Tanques y Equipos.
- C-47 Especial para Electroodos de Soldadura fundente de - -
Cemento Refractarios.
- M-42 Anticorrosivo en líneas de agua; destintado de papel.
- M-50 Jabones y Detergentes.
- M-52 Construcción de moldes de arena para fundición.
- M-54 Cementos : control de corrosión.
- S-32 Aislantes térmicos; tapado de poros.
- S-40 Cementos refractarios; adhesivo para madera terciada.

S-41 Flotación de minerales. Recubridor de papel, Jabones.

S-42 Cartón corrugado; endurecedor; impermeabilizador de concretos; aislante térmico, Jabones.

S-44 Encolado de papel; recubrimiento de metal.

SP-200 Detergentes, anticorrosivos, cementos.

SP-235 Detergentes especiales, Defloculante blanqueador.

SP-322 Impermeabilizador, Endurecedor, Jabones, Cementos, --
Refractarios.

CONSUMO DE SILICATO DE SODIO EN 1983. *

Empresa	Ton.	Tipo Material	Total
Jabonera México, S.A.	120	s/42 Línea	
Empaques y Cartones United, S.A.	480	s/42 Línea	
Foseco, S.A.	120	s/42 Línea	
Ideal Standard	120	s/42 Línea	
Porcelanite	120	s/42 Línea	
Quinomex, S.A.	240	s/42 Línea	
La Hidalguense, S.A.	120	s/42 Línea	
Grupo Industrial Auro, S.A.	240	s/42 Línea	
Decorama, S.A.	120	s/42 Línea	
Barronex, S.A.	360	s/42 Línea	
Fábrica de Jabones La Concha, S.A.	120	s/42 Línea	
Tubos y Cuñetas, S.A.	120	s/42 Línea	2280
Arcillas Tratadas, S.A.	3480	s/41 Línea	
Fábrica de Jabones El Pilar, S.A.	240	s/41 Línea	
Procter & Gamble, S.A.	5640	s/41 Línea	
Cía. Industrial de Orizaba, S.A.	120	s/41 Línea	
Roberto Murguía	120	s/41 Línea	
Mambar, S.A.	120	s/41 Línea	9720

H.W. Flir, S.A.	360	c/42 Especial	
Refractarios Green, S.A.	240	c/42 Especial	
Refractarios Hidalgo, S.A.	120	c/42 Especial	720
Fibrotambor	240	s/43 Especial	240
Vulcano, S.A.	120	m/50	
Procter & Gamble, S.A.	2520	m/50	2640
Colgate Palmolive, S.A.	3360	m/2185	
Corona	1680	m/2185	5040
Jabones La Esperanza, Dgo.	1080	S.P./2.80	1080
San Luis Potosí	1200	S.P./3.22	1200
Monterrey	264	S.P./3.22	264
		T O T A L :	<u>23184</u> Tons.

* FUENTE : S.E.S.A.

CONSUMO DE SILICATO DE SODIO EN 1984. *

Empresa	Ton.	Tipo Material	Total
Porcelanite, S.A.	120	s/42 Línea	
Tubos y Envases, S.A.	120	s/42 Línea	
Barronex, S.A.	600	s/42 Línea	
Industria Cerámica, S.A.	240	s/42 Línea	
Química Industrial, S.A.	120	s/42 Línea	
Grupo Industrial Auro, S.A.	360	s/42 Línea	
Empaques y Cartones United, S.A.	840	s/42 Línea	
Procesadora de Fibras, S.A.	120	s/42 Línea	
Sonoco, S.A.	920	s/42 Línea	
Sibranex, S.A.	120	s/42 Línea	
Aceites y Jabones, S.A.	240	s/42 Línea	
Basf Mexicana, S.A.	120	s/42 Línea	
Fábrica de Jabones El Pilar, S.A.	480	s/42 Línea	
Fábrica de Jabones La Concha, S.A.	240	s/42 Línea	
Fábrica de Jabones Irma, S.A.	240	s/42 Línea	
Jabonera México, S.A.	120	s/42 Línea	
Aceites y Grasas, S.A.	120	s/42 Línea	
Green S.A.	120	s/42 Línea	
Tubos y Cuñetas, S.A.	120	s/42 Línea	
Textil Decorama, S.A.	120	s/42 Línea	

Protección Anticorrosiva, S.A.	120	s/42	Línea	
Roberto Murguía	360	s/42	Línea	
Foseco	240	s/42	Especial	
Hérez de México, S.A.	120	s/42	Línea	
Productos Puente, S.A.	240	s/42	Línea	6600
Procter & Gamble, S.A.	5520	s/41	Línea	
Arcillas Tratadas, S.A.	2880	s/41	Línea	
Ideal Standard, S.A.	480	s/41	Línea	
Aralar, S.A.	360	s/41	Línea	
Cía. Ind. de Orizaba, S.A.	120	s/41	Línea	
Mardurol, S.A.	240	s/41	Línea	9600
Refractarios Hidalgo, S.A.	360	c/42	Especial	
Refractarios Green, S.A.	480	c/42	Especial	
H.W. Flir, S.A.	120	c/42	Especial	960
Fibrotambor, S.A.	360	s/43	Especial	360
Productos y Especialidades Químicas	120	m/50	Línea	
Procter & Gamble, S.A.	3240	m/50	Línea	3360

Colgate Palmolive, S.A.	1800	m/2185 Línea	
Corona	10080	m/2185 Línea	
Sánchez y Martínez Guadalajara, SA.	540	m/2185 Línea	12420
Holtz Chemical, S.A.	120	su/52 Especial	120
Foseco, S.A.	120	m/52	120
Foseco, S.A.	120	m/54	120
Jabones La Esperanza, Dgo.	1920	S.P./2.80	1920
San Luis Potosí	1920	S.P./3.22	1920
Monterrey	264	S.P./3.22	264
		T O T A L :	39264 Tons.

* FUENTE : S.E.S.A.

* DATOS DE IMPORTACION Y EXPORTACION DEL
SILICATO DE SODIO DE 1973-1983.

<u>Año</u>		<u>Kg. B.</u>	<u>Valor en Pesos</u>
1973	Imp.	257,642.00	1'051,972.00
	Exp.	3'597,754.00	4'774,460.00
1974	Imp.	351,067.00	1'978,091.00
	Exp.	4'817,416.00	7'781,499.00
1975	Imp.	206,483.00	1'348,698.00
	Exp.	3'130,275.00	6'559,274.00
1976	Imp.	31,495.00	234,885.00
	Exp.	1'928,426.00	5'023,571.00
1977	Imp.	24,143.00	438,247.00
	Exp.	1'290,617.00	4'340,567.00
1978	Imp.	21,556.00	314,171.00
	Exp.	2'777,236.00	9'075,318.00
1979	Imp.	184,365.00	3'880,293.00
	Exp.	4'151,316.00	18'541,642.00
1980	Imp.	52,226.00	707,313.00
	Exp.	3'651,936.00	17'998,928.00
1981	Imp.	70,432.00	4'226,861.00
	Exp.	4'270,872.00	28'089,582.00
1982	Imp.	148,149.00	5'622,334.00
	Exp.	1'737,441.00	35'786,590.00

1983	Imp.	80,488.00	41'869,745.00
	Exp.	1'142,216.00	10'057,798.00

Imp. - Importación

Exp. - Exportación

ORIGEN DEL SILICATO DE SODIO IMPORTADO.

País : E.U.A., Alemania, Francia, Reino Unido, Países Bajos

DESTINO DEL SILICATO DE SODIO EXPORTADO.

País : Guatemala, Salvador, Perú, Nicaragua, Brasil, E.U.A.

* Fuente : Anuarios Estadísticos del I.M.C.E. (1973-1983).

BIBLIOGRAFIA

1. James G. Vail
Soluble Silicates
V.I.II. 1952
2ª Ed. John Wiley New York, U.S.A.
2. E.S. DANA & W.E. FORD
Tratado de mineralogía
Pags. 580-754. V.I. 1982
10ª Ed. Continental México.
3. George Grauger Brown
Operaciones Básicas de la Ingeniería Química
Caps. II, III. V.I. 1976
5ª Ed. Marin. S.A. México
4. María Luisa Castro L.
Manual de Laboratorio de Silicatos Especiales S.A.
V.I. 1979
1ª Ed. S.E.S.A. México.

5. Herbert E. Scheweyer
Process Engineering Economics
Caps. VI, VII, V.I. 1974
3^d Ed. Mc Graw-Hill Book Co. U.S.A.