

2ej. 22.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA UNA PLANTA PRODUCTORA DE SODA ASH EN MEXICO

T E S I S
PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
CHAMLATI MORAN
VICTOR JACINTO

MEXICO, D. F.

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

INDICE

CAPITULO I

Introducción	1
--------------	---

CAPITULO II

Antecedentes	3
Sección 1.- Historia	3
Sección 1.- Usos de la Soda Ash	9
Sección 3.- Métodos de obtención	11
3.1.- Proceso Leblanc	11
3.2.- Proceso Solvay	11
3.3.- Proceso Electrólítico	12
3.4.- Proceso a partir de Trona	12
Sección 4.- Selección del Proceso	15
4.1.- Ventajas del Proceso Electrólítico	16
4.2.- Ventajas del Proceso Solvay	16
4.3.- Desventajas del Proceso Electrólítico	17
Sección 5.- Peculiaridades de la Soda Ash	18

CAPITULO III

Estudio de Mercado	20
Sección 1.- Mercado de Consumo de Producto Terminado	21
1.1.- Mercado Nacional	21
1.1.1.- Plantas Productoras	21
1.1.2.- Características del Producto Terminado	22
1.1.3.- Mercados de la Soda Ash	25
1.1.4.- Distribución y Comercialización	30
1.1.5.- Capacidad Instalada	38
1.1.6.- Producción	40

1.1.7.- Importación	42
1.1.8.- Exportación	45
1.1.9.- Consumo Aparente	46
1.1.10.- Proyección de la demanda	48
1.1.11.- Déficit de Soda Ash	53
1.1.12.- Ventas de Soda Ash	56
1.1.13.- Precios de Venta	57
1.1.14.- Selección de Posibles Mercados para el producto	59
1.1.15.- Conclusiones de Estudio de Mercado Nacional de Producto Terminado	59
1.2.- Mercado Internacional	61
1.2.1.- Países Productores	61
1.2.2.- Países Importadores	65
1.2.3.- Países Exportadores	65
1.2.4.- Principales Compañías Productoras	65
Sección 2.- Mercado de Abastecimiento de Materias Primas	69
2.1.- Materias primas del Proceso Solvay	69
2.1.1.- Sal Común	69
2.1.2.- Piedra Caliza	73
2.1.3.- Amoníaco	77
2.1.4.- Precio de Venta de las materias primas del Proceso Solvay	80
2.2.- Materias Primas del Proceso de Purificación de Trona	81

2.2.1.- Países y ubicación donde hay depósitos de Trona	82
2.3.- Conclusiones del análisis de abastecimiento de materias primas	85
2.4.- Subproducto	86
2.5- Producto suplementario	88

CAPITULO IV

Estudio del Proceso y su Elaboración	90
Sección 1.- Propiedades	91
1.1.- Propiedades Físicas	91
1.2.- Propiedades Químicas	92
Sección 2.- Descripción General del Proceso	95
3.- Descripción Detallada del Proceso Solvay	99
3.1.- Preparación y Purificación de la Salmuera	100
3.2.- Elaboración de la Lechada de Cal y bióxido de carbono	101
a) Producción de cal y bióxido de carbono	101
b) Carbonatación de la Salmuera	105
c) Filtración del bicarbonato de sodio	108
d) Calcinación del bicarbonato de sodio	108
e) Densificación del Carbonato de Sodio	110
3.4.- Recuperación de Amoníaco	111
Sección 4.- Secciones necesarias en una planta de Soda Ash	113
Sección 5.- Balance de Materia	115
Sección 6.- Equipo	119

CAPITULO V

Localización de la Planta	121
---------------------------	-----

CAPITULO VI

Capacidad de la Planta e Inversiones Necesarias	134
Sección 1.- Capacidad de la planta	135
Sección 2.- Inversión Fija	136
2.1.- Costo del Equipo Mayor de Proceso	136
2.2.- Estimación de la Inversión Fija	137
Sección 3.- Capital de Trabajo	138
3.1.- Inventario de Materia Prima	138
3.2.- Inventario de Producto en Proceso	138
3.3.- Inventario de Producto Terminado	139
3.4.- Efectivo en Caja	139
3.5.- Cuentas por Cobrar	139
3.6.- Cuentas por Pagar	140
3.7.- Estimación del Capital de Trabajo	141
Sección 4.- Inversión Total	142

CAPITULO VII

Análisis Financiero y de Rentabilidad	143
Sección 1.- Presupuesto de Ingresos	144
Sección 2.- Presupuesto de Egresos	145
2.1.- Costos Variables de Operación	145
2.1.1.- Consumo y Costo de Materias Primas	145
2.1.2.- Servicios Auxiliares	148
2.1.3.- Mano de Obra de Operación	149
2.1.4.- Personal de Supervisión	150

2.1.5.- Mantenimiento y Reparación.	150
2.1.6.- Suministro de Operación	151
2.1.7.- Regalfas	151
2.1.8.- Total de Costos Variables de Operación	152
2.2.- Costos Fijos de Inversión	153
2.2.1.- Depreciación y Amortización	153
2.2.2.- Seguros e Impuestos	153
2.2.3.- Total de Costos Fijos de Inversión	153
2.3.- Costos Fijos de Operación	154
2.4.- Gastos Generales	154
2.4.1.- Gastos Administrativos	154
2.4.2.- Gastos de Distribución y Ventas	155
2.4.3.- Gastos de Investigación y Desarrollo	155
2.4.4.- Total de Gastos Generales	156
2.5.- Presupuesto de Egresos	156
Sección 3.- Utilidad de Operación	157
Sección 4.- Punto de Equilibrio	157
Sección 5.- Rendimiento de la Inversión	159
Sección 6.- Rendimiento Ingenieril de la Inversión	160
Sección 7.- Conclusiones del Análisis Financiero y de Rentabilidad.	161

CAPITULO VIII

Conclusiones y Recomendaciones	162
Instituciones y Empresas Visitadas	165
Bibliografía	166

CAPITULO I.

INTRODUCCION

La soda ash (sosa mave, soda Solvay, sosa soda, monohidrato de sosa, sesquicarbonato de sodio ó carbonato de sodio), es uno de los principales insumos utilizados como materia prima para la industria química, ya que se usa en una gran variedad de procesos entre los que se cuentan la obtención de vidrio, jabón detergentes, tripolifosfato de sodio, manufactura de sales de sodio, tratamiento de agua, etc. los cuales tienen gran importancia para el país.

A pesar de la importancia histórica y actual que tiene la soda ash en México y el avance logrado, es dramático que aún se tenga que importar para cubrir la demanda interna.

Como se sabe México solo cuenta con una fuente natural que se explota industrialmente, el Lago de Texcoco del cual se aseguraba que lograría satisfacer los requerimientos del país por lo menos para 200 años, pero no ha sido suficiente. Además se construyó una planta en Villa de García, N.L. (proceso Solvay) para la obtención de soda ash sintética. Esta planta empezó a laborar en el año de 1969, siendo la única de su tipo en América Latina y la última en construirse en el mundo.

Por otro lado la distribución de este producto es deficiente debido a que solo se produce en San Cristobal Ecatepec, Estado de México y Villa de García, N. L., por lo cual es muy difícil encontrarlo en otros puntos de la república, además dicho producto de alto tonelaje, no soporta altas cuotas de transporte.

Por tales razones se genera el presente trabajo que se enfoca a determinar si es factible la construcción de una planta de soda ash en México.

El objetivo primordial del presente estudio es determinar la factibilidad de construir una planta de soda ash en México, que satisfaga las necesidades de la industria química hasta 1996.

Para lo cual será preciso realizar, la selección del mejor proceso de obtención, la elaboración de un estudio de mercado, la determinación de la localización de la planta y así poder valorar la rentabilidad de la planta química para la producción de soda ash.

CAPITULO II.
ANTECEDENTES.
Sección 1.- Historia

La soda ash es carbonato de sodio al 99% de pureza; el cual es conocido desde la antigüedad. Se le encuentra citado en el antiguo testamento con el nombre de "neter" una sustancia que sirve para lavar y que produce efervescencia con el vinagre. Este nombre de origen egipcio, probablemente designa el mismo producto que los griegos llaman "nitron" y los romanos "nitrum". Los árabes lo llaman "nitrum, kali o álcali".

Cerca de 2500 años antes de Cristo, los egipcios descubrieron la manera de fabricar vidrio, utilizando para ello arena, piedra caliza y un material llamado "natron" el cual era una especie de carbonato de sodio impuro obtenido en Egipto y que por muchos años mantuvo a esta civilización con la supremacía en la manufactura del vidrio.

Otro uso importante que ha tenido el carbonato de sodio a lo largo de la historia es su empleo en la fabricación de jabones desde que el pueblo romano empleó a estos.

Toda la soda ash se obtenía anteriormente de fuentes minerales o vegetales. La obtención de cenizas vegetales era conocido desde tiempos remotos. Las cenizas de vegetales terrestres se componen de una mezcla de diversas sustancias, principalmente de carbonatos de potasio; los vegetales que crecen en los litorales producen cenizas alcalinas a base de sodio; las cenizas de plantas marinas como algas y focus, que contienen muy pocos carbonatos, en mayor cantidad de potasio que de sodio.

En muchas ocasiones el álcali contenido era potasa en lugar de soda.

Pero la mayor cantidad de soda natural se obtenía de fuentes minerales, tanto que actualmente se considera que toda la soda natural es de origen mineral.

En México, los nativos conocían y usaban el tequesquite (que en Nahuatl significa cosa semejante a piedra ó piedra que eflorrece) Hernán Cortés en sus Cartas de Relación lo cita diciendo que los nativos de Tenochtitlan y de los pueblos cercanos preparaban una sal en los bordes de la laguna. También el historiador Francisco Hernández en su obra en 1609 dice: "Los aztecas extraen de la tierra de un lago en desecación un producto de color rosa o blanco al que denominan "tequixquitl", el cual mezclado con agua o con vino limpia la cabeza y quita la caspa; es tónico y secante y hace burbuja y espuma no menos que el cebo que llaman jabón. Se administraba por médicos aztecas mezclando con otras medicinas que ellos llamaban "patli" y dicen que es frío. Agregando en el vino o en el agua los refresca admirablemente, siendo más eficaz para este uso que el mismo granizo o hielo. Ablanda también las espigas del maíz agregándole el agua en que se cuecen y les dá un buen gusto. En su relación, el historiador lo denomina "tequixquitl" ó verdadero nitro, mostrando que no habfa logrado captar la presencia de carbonato de sodio y lo confundía con el nitrato. Desde estas épocas hasta la actualidad se ha venido produciendo el tequesquite, siempre en pequeñas proporciones (de lo que recolectan los nativos en zonas donde eflorrece) para uso doméstico. La mayor fuente que se explota en México es el denominado Lago de Texcoco, que en la actualidad esta casi completamente seco, pero en la época de la conquista tenía una profundidad media de . . .

8 metros, y casi rodeaba a la Ciudad de México, pero se fué reduciendo poco a poco y en 1945 ocupaba solamente 20,000 hectareas con una profundidad media de 40 cm., debido a que se drenaron las aguas para aprovechar los terrenos para la agricultura y así también facilitar la obtención de la soda.

En sus inicios fué encontrado naturalmente en los lagos salados de donde se obtenía relativamente puro, pero a un costo muy elevado debido al transporte dada la ubicación de los lagos.

En 1775 las guerras propiciadas por Francia impidieron a estas importaciones de la soda ash para satisfacer sus necesidades en las crecientes industrias del vidrio y jabón. Dado que no poseía recursos naturales de carbonato de sodio, la Academia Francesa de Ciencias ofreció un premio de 100,000 Francos para aquella persona que resolviera el problema de la manufactura industrial de este material.

No fué hasta 1789 que Nicolás Leblanc ganó el premio al dar a conocer su famoso proceso basado en la obtención de sulfato de sodio a partir de cloruro de sodio y ácido sulfúrico para después combustionarlo con carbón y piedra caliza, lo cuál daba una ceniza negra de donde se extraía con agua la soda.

La primera planta que utilizó el proceso Leblanc fué construída por St. Denis en 1792, este proceso tenía la ventaja de utilizar materias primas de fácil acceso; pero también existía el grave inconveniente de ser una industria muy contaminante.

Las plantas que servían para la producción de carbonato de sodio pertenecen casi todas a la familia de la "chenopodiáceas", siendo las especies más importantes las siguientes: "atriplex portulacaoides", diversas variedades de "chenopodium", diversas variedades de salsola como "kali tragus", "arenata", "vermiculata" (barrilla), etc., las salicornias y otras más. Estas cenizas de riqueza muy variable, hay muestras que contienen desde 7% hasta 40% de Na_2CO_3 . Gradualmente esta soda se convirtió en artículo comercial, y así sabemos de la "barrilla" española en el tiempo de la revolución francesa, la soda de Cartagena, la soda de Narbone y la blanquete en Francia y la soda de Tenerife.

Las sodas provenientes de España eran las más estimadas. Su método de obtención consistía en secar las plantas (salsola, vermiculata o barrilla) al sol y quemarlas en fosas profundas y al aire manteniendo la combustión varias horas; el calor desarrollando fundía parcialmente las cenizas que quedaban formando una masa dura, compacta, vidriosa que se partía en trozos para facilitar su transporte. En la costa Alicante se fabricaban varias clases: una llamada soda dulce ó soda de primera calidad, de un color cenizo y bien fundida que era apreciada por las fábricas de cristal y vidrio flint; contenía de 25 a 30% de Na_2CO_3 . La segunda calidad se llamaba "soda ó barrilla" mezclada, negrusca y muy dura, difícilmente soluble en agua era empleada sobre todo por los jaboneros y tintoreros de algodón. La tercera calidad llamada "bourde" contenía mucho cloruro de sodio y partículas de carbón que subían a la superficie del agua al disolverla.

El proceso Leblanc fue descontinuado con la creación del proceso Solvay que hasta la fecha sigue siendo el principal método de obtención de soda ash junto con la recuperación de este material de los lagos salados.

El belga Ernest Solvay (1838-1922) halló la reacción fundamental del nuevo procedimiento, en 1861, mientras estaba buscando la posibilidad de aprovechar el amoníaco que se producía en las fábricas de gas, independientemente de todos sus predecesores en esta cuestión. Solvay encontró la precipitación del bicarbonato de sodio en una solución de sal común amoniacal por la acción del CO_2 . Era una persona de una gran capacidad de inventiva, notable talento organizador y una penetrante visión comercial.

Para utilizar su descubrimiento fundó una sociedad familiar, Solvay & Cie, que montó en Couillet (Bélgica) en 1863 y que puso en marcha en 1865 la primer fábrica, produciendo 1.5 toneladas diarias, la que aumentó a 10 toneladas diarias en 1872. En sesenta años de actividad perfeccionó hasta tal punto los rendimientos científicos, técnicos y económicos de esta industria.

Posteriormente se fundaron fábricas en Francia en 1872, en Inglaterra en 1872, en los Estados Unidos en 1881, en Alemania en 1880, en 1883 en Rusia.

En 1872, L. Mond, uno de los directores industriales de las fábricas inglesas Leblanc, propuso un acuerdo para explotar el procedimiento por la firma Brunner, Mond y C^o Ltd, que se desarrolló hasta constituirse en la empresa más grande de la industria química inglesa, y más tarde se convirtió, por unión con otras empresas, en la Imperial Chemical Industries (ICI).

El Proceso Solvay consiste en una de las más elegantes fórmulas conocidas por la industria química, su éxito consiste en la sustitución del ácido sulfúrico por amoníaco que además es recuperado al final del proceso.

Al principio este método encontró una gran dificultad para competir con el método Leblanc, pero al cabo de unos cuantos años el método Solvay redujo el precio del carbonato de sodio a casi la tercera parte del precio original, lo que originó que hacia 1915 el método Leblanc fuera casi completamente desplazado por el procedimiento soda al amoníaco, desapareciendo totalmente después de la segunda guerra mundial.

En la actualidad dado el grado de desarrollo del transporte y a los avances en el campo de la energía solar, la soda ash es también recuperada de las aguas minerales alcalinas que por evaporación lenta y espontánea depositan una sal de fórmula $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ llamado Urao o Trona.

A pesar de ser este método el más conveniente para producir soda ash, está restringido a países con recursos naturales de este material, aquellos que carecen continúan utilizando sintéticos para su obtención.

Sección 2.- Usos de la Soda Ash

La soda ash interviene en la mayoría de las industrias químicas, su principal uso se encuentra en la manufactura del vidrio en la cual interviene como materia prima.

En el proceso de fabricación del vidrio el carbonato de sodio es empleado para generar óxido de sodio al descomponerse con el calor. El óxido de sodio tiene la función de reducir la temperatura de fusión del vidrio y consecuentemente un ahorro de energía y de dinero.

El segundo uso en importancia de la soda ash le corresponde a su intervención como materia prima para generar, junto con el ácido fosfórico, los diferentes compuestos fosfatados de sodio, estos son:

- Monofosfato de sodio
- Disfosfato de sodio
- Trifosfato de sodio
- Metafosfato de sodio
- Tripolifosfato de sodio

De los compuestos anteriores el de mayor importancia es el tripolifosfato de sodio, el cual es ampliamente utilizado en la fabricación de detergentes.

Debido a su bajo costo, el Na_2CO_3 es una materia prima para la producción de otros productos de sodio, tales como: silicatos cromatos, bicarbonato, aluminatos, cianuro, hidroxido, etc.

En la industria jabonera, es usado para la refinación de ácidos grasos, también es usado para aumentar la tensión superficial del jabón así como para reducir el efecto emulsificante. En la manufactura de detergentes, su principal uso es para incrementar la detergencia y para combatir gérmenes dada su acción germicida.

La soda ash es empleada en la metalurgia para obtener hierro, acero, cobre, plomo, uranio, tungsteno, titanio, antimonio y telurio.

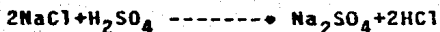
Otros usos del carbonato de sodio se encuentran en las industrias de:

- Pulpa y papel
- Cerámica
- Textiles
- Refinación del petróleo
- Fotografía
- Curtiduría
- Drogas
- Pinturas
- Agricultura
- Tratamiento de aguas
- Alimentos
- Neutralización de ácidos
- Química Analítica

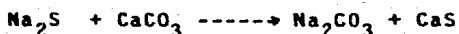
Sección 3.- Métodos de Obtención

3.1.- Proceso Leblanc

1).- El primer paso en este proceso consiste en la formación del sulfato de sodio:



2).- Posteriormente se efectúa una tostación del sulfato sódico con carbón y piedra caliza en un horno rotatorio:

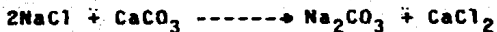


3).- El producto de las reacciones anteriores se denomina ceniza negra, para obtener el carbonato de sodio se extrae con agua y posteriormente se concentra la solución para producir carbonato sódico cristalino.

La mención de este método es meramente histórica, dada su importancia en el pasado. Actualmente se encuentra en desuso por su ineficiencia económica demostrada en el pasado, por dicha razón no será evaluado para la selección del proceso.

3.2.- Proceso Solvay.

Este proceso puede resumirse en:



3.3.- Proceso Electrolítico

El cual se obtiene a partir de la siguiente reacción:



Corriente
directa
95-97% de eficiencia

Para formar el NaCO_3 se burbujea CO_2 en la celda para que reaccione con el NaOH y forme el bicarbonato de sodio que precipita y posteriormente se filtra, seca y se calcina para obtener soda ash.

3.4.- Proceso a partir de Trona

El sesquicarbonato de sodio que se encuentra naturalmente en depósitos como los de Wyoming y el Lago de Texcoco, se refina a soda ash por dos métodos diferentes denominados:

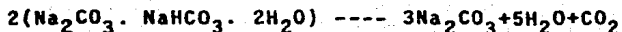
- Proceso de Monohidratado
- Proceso de Sesquicarbonato

De estos dos procesos el más conocido y usado es el proceso de monohidratado. A continuación se describen los dos procesos

A).- Proceso de Monohidratado.

Este proceso consiste simplemente en calcinar la Trona natural para convertirla en soda ash impura, la que después es purificada. Los pasos de este proceso son los siguientes:

1).- La Trona es pulverizada para posteriormente ser calcinada en un horno rotatorio, con la calcinación se forma carbonato de sodio impuro siguiendo la siguiente reacción:



2).- El material calcinado es disuelto en agua para disolver al carbonato de sodio y algunas impurezas como el cloruro y el sulfato de sodio presentes en el mineral y que también son solubles en agua. El resto de las impurezas como el óxido de boro, carbonato de calcio sílica, silicato de sodio y materia orgánica; son insolubles en agua, por lo que se pueden separar por decantación o por filtración.

3).- La solución obtenida en el paso dos, es evaporada para precipitar cristales de carbonato de sodio monohidratado ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Las impurezas presentes en la solución son eliminadas al evitar que toda el agua sea evaporada, de esta manera las impurezas quedan disueltas en la solución y pueden ser separadas del carbonato de sodio mediante centrifugación.

4).- Los cristales de carbonato de sodio monohidratado se deshidratan a 150 °C. Posteriormente son cribados para dar el tamaño de partícula deseado.

B).- Proceso Sesquicarbonato

En el proceso de sesquicarbonato el mineral de Trona es pulverizado para ser alimentado a una serie de disolvedores, en los cuales se produce un licor madre saturado.

El licor madre obtenido es clarificado y filtrado para eliminar las impurezas insolubles presentes en la Trona, posteriormente este licor es evaporado en cristalizadores al vacío y después enfriado a 40°C. Los cristales formados de sesquicarbonato de sodio son centrifugados, recirculándose el licor sobrante a los disolvedores.

Los cristales de sesquicarbonato de sodio centrifugados son descompuestos a carbonato de sodio en un horno rotatorio a una temperatura de 200°C.

Sección 4.- Selección del Proceso

Los principales procesos para producir la soda ash en el mundo son los siguientes:

- Proceso Leblanc
- Proceso Solvay
- Proceso Electroilítico
- Proceso a partir de Trona

Sin lugar a dudas, el mejor proceso para obtener la soda ash es aquel que utiliza recursos naturales de trona para que, por medio de separaciones se incremente la pureza del carbonato de sodio.

En nuestro territorio solo contamos con un depósito natural de trona con cantidades importantes de este material, se localiza en el Lago de Texcoco, el cual actualmente esta siendo explotado por una compañía netamente mexicana, además que la tecnología fué desarrollada totalmente en México, dicha compañía es Sosa Texcoco, S. A. con una concesión para explotar los yacimientos hasta 1993.

Por esta razón, la selección del proceso se reduce a escoger entre el proceso Solvay, Leblanc y proceso Electroilítico para obtener sintéticamente la soda.

El proceso Leblanc lo deseamos debido a que este método le corresponde un compromiso histórico, dada la gran importancia que tuvo en el pasado ya que fué el primer método de obtención de soda ash sintética, tiene muchas desventajas que se mencionan a continuación:

-Utiliza ácido sulfurico en el proceso, por lo cual el equipo a usar es muy costoso.

- Produce contaminantes de difícil tratamiento
- Utiliza una mayor cantidad de mano de obra
- Utiliza más materias primas que los otros procesos sintéticos
- Genera una Mayor cantidad de subproductos sin mercado.

Por esta causa, solo nos quedan dos procesos, el proceso Solvay y el procesos electrolítico.

4.1.- Ventajas del Proceso Electrolítico

- Tiene una alta eficiencia y utiliza materia prima barata
- La pureza es muy alta
- Ocupa menos mano de obra que el proceso Solvay
- Contamina en una proporción menor que el Solvay

4.2.- Ventajas del Proceso Solvay

-Utiliza materias primas que se encuentran en la naturaleza en abundancia.

-Recupera el amoníaco que interviene en el proceso, beneficiando a la economía del proceso.

-La pureza del producto obtenido es bastante alta

-Esta siendo mejorado el proceso haciendole unas variaciones sustituyendo MgO por CaO usado en el proceso soda amoniacal y HCl en vez de CaCl₂. Podría ser el subproducto o coproducto y las cantidades de magnesio serían recicladas.

El cloro podría recobrase como HCl si se desea. Esta variación está en etapa inicial de desarrollo para evaluarla en la presente.

4.3 Desventajas del Proceso Electrolitico

Utiliza una gran cantidad de energía y electrodos de mercurio, por lo que resulta incosteable en estos momentos en México, además en este proceso se obtiene primeramente NaOH, producto que compete en pequeña proporción con la soda ash, por lo cual el pre esta casi al mismo nivel, de tal manera que para formar Na_2CO_3 burbujea CO_2 en la celda para que reaccione con el NaOH y forme el bicarbonato de sodio que precipita y posteriormente se filtra, seca y se calcina para obtener soda ash.

La producción Mundial por este proceso es insignificante comparada con la producción a partir del proceso Solvay o a partir de Trona; se ha reportado muy poco, pero si se analiza nos daremos cuenta que es un proceso para el futuro junto con el proceso Solvay para cuando se agoten los yacimientos de Trona.

Por las razones anteriores el proceso Solvay es el apropiado para obtener Na_2CO_3 sintéticamente y es el que será estudiado en el presente trabajo.

Sección 5.- Peculiaridades de la Soda Ash

Se encuentra en la naturaleza como hidrato, termonatrita, decahidrato, natrón ó natrita. Se produce por el proceso Solvay o de salmueras de lagos o agua de mar por el proceso electrolíti-co.

La soda anhidra, soda Solvay: el grado técnico (alrededor del 99% de pureza) carece de olor, tiene poder higroscópico, de gusto alcalino. Al exponerlo al aire será gradualmente absorbida una mol de agua alrededor del 15%. Combina con agua con evolución de calor. Su solución acuosa es fuertemente alcalina. El PH 11.6; debe conservarse bien cerrado. De color blanco a grisáceo-polvo blanco o gránulos.

La soda monohidratada: Carece de olor, pequeños cristales ó polvo de cristales, sabor alcalino. Estable a condiciones ordina-rias de temperatura y presión, seca un poco en caliente, en aire seco o arriba de 50°C, se transforma en anhídrido a 100°C.

Se disuelve en 3.0 partes de agua hirviendo, en 7 partes de glicerol insoluble en alcohol.

Decahidrato o navita: Este producto técnico es conocido como sal soda o soda para lavado. Cristales transparentes; aparcen rápidamente al exponerlo al aire. Se disuelve en 2 partes de agua fría o .25 partes en agua hirviendo, soluble en glicerol, in-soluble en alcohol. Debe mantenerse bien cerrado y en lugar fresco.

Grados

Denso 58%, ligero 58%, extraligero, natural, refinada, reactivo Q.P., "Denso y ligero" referido a la densidad másica 950 a 1050 y 560 kg/m³ respectivamente, "58%" referidos al equivalente de óxido de sodio (Na₂O).

Al 100% (Carbonato de sodio puro) es 58.48%

Envases y Regulaciones

Carros de carga, barriles, lanchones, bolsas y botellas. No requiere de etiqueta de embarque.

Toxicidad Humana

Reacciones sensitivas, pueden ser de uso tópico repetitivo. El ingerir grandes cantidades puede producir corrosión en el tracto gastrointestinal, vómitos, diarreas, colapso circulatorio y muerte. Las soluciones concentradas en contacto con la piel u ojos en muchas ocasiones produce necrosis local.

Cateterismo de Terapia

Auxilio farmacéutico (como agente alcalinizante), se ha usado como un emético. En solución para limpieza de la piel, en eczema para suavizar costras del empeine.

CAPITULO III

ESTUDIO DE MERCADO

En el presente estudio se proporciona un panorama claro y amplio de las características de los mercados nacional e internacional del carbonato de sodio o soda ash con el propósito de estimar la demanda para 1996 de acuerdo al comportamiento histórico del consumo aparente.

Otro aspecto importante del estudio de mercado, es el de determinar los principales centros de consumo y medios de comercialización para seleccionar los posibles mercados para la soda ash.

En resumen, contesta a preguntas como: ¿Qué características debe tener el producto?, ¿Cuánto se debe producir para satisfacer la demanda?, ¿A que precio se venderá?, y ¿Como debe comercializarse este producto?.

Dentro del estudio se presenta una sección en la que se analiza el mercado de abastecimiento de materias primas, que en éste caso particular son: sal común, piedra caliza y amoníaco, cual es empleado como catalizador para el proceso Solvay; y Trona para los procesos de purificación de este material natural.

Sección 1.- Mercado de Consumo de Producto Terminado

1.1 Mercado Nacional

La soda ash, es una materia prima de gran importancia para la industria química como un bien intermedio o de demanda dependiente, esto es, la soda ash no va directamente a consumidores finales, sino que sirve como un insumo de producción o como complemento de otro, por lo tanto; su demanda depende de la demanda del bien final a cuya producción contribuye o de la cual es complemento.

1.1.1.- Plantas Productoras

Actualmente, la soda ash es producida por dos empresas en México:

a).- Industria del Alkali, S. A.- Ubicada en Villa de García, N.L., siendo la primera y única industria en México que utiliza el proceso Solvay para producir soda ash.

En la actualidad sus productos son:

- Soda ash ligera
- Soda ash densa
- Bicarbonato de sodio técnico
- Cloruro de sodio refinado en salmuera
- Cloruro de sodio yodatado
- Cloruro de sodio industrial seco
- Cloruro de sodio industrial con 3% de humedad
- Cloruro de calcio al 38%
- Cloruro de calcio al 70% en escamas

b).- Sosa Texcoco, S. A..- Localizada en San Cristobal Ecatepec, Estado de México, utiliza el proceso de purificación de la Trona que se encuentra en el Lago de Texcoco. Actualmente sus principales productos son:

- Sosa Cáustica
- Soda ash
- Cloruro de sodio

1.1.2.- Características del Producto Terminado

Las composiciones de la soda ash que se produce en México, tienen diferencia de acuerdo a la planta productora, estas composiciones se muestran en la Tabla I.

La falta de soda ash en nuestro país, a tenido como consecuencia la importación de este. La mayoría de la soda ash importada, proviene de dos compañías estadounidenses, las composiciones que estas empresas ofrecen se encuentran en la Tabla II.

La soda ash puede encontrarse como densa o ligera de acuerdo a la gravedad específica del material, la cual puede ser:

- Soda Ash Densa	1.55
- Soda Ash Ligera	2.53

Es decir que la soda ash densa corresponde al material en forma granular, la cual es preferida para la fabricación del vidrio, y la soda ash ligera es el material en polvo.

Generalmente es comercializada a granel para el caso de grandes consumidores, esto sucede con las industrias del vidrio y del tripolifosfato de sodio principalmente.

También es distribuida en sacos de 50 kg, estos sacos pueden ser de los siguientes materiales:

- Sacos de Polietileno
- Sacos de varias capas de papel
- Sacos de papel con una cubierta de algún material impermeable.

Este tipo de empaque es preferido para el caso de pequeños consumidores, cuando el consumidor se encuentra en clima húmedo o bien cuando se encuentra a una distancia considerable del proveedor.

Tabla I.- Composiciones Típicas
del Na_2CO_3 producido en México

%	Cia.	Industria del Alkali	Sosa Texcoco
	Na_2CO_3	99.5	98.5
	NaCl	0.30	0.4
	Na_2SO_4	0.02	
	Fe_2O_3	0.0015	
	Otros	0.1785	1.1
	Total	100.00	100.0

Tabla II.- Composiciones Típicas del Na_2CO_3

%	Cia.	Importado en México Wyoming Trona	Searle Lake
	Na_2CO_3	99.8	99.6
	NaCl	0.01	0.20
	Na_2SO_4	0.08	0.15
	Fe_2O_3	0.001	0.0014
	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$		0.007
	Otros	0.109	0.0416
	Total	100.00	100.00

1.1.3.- Mercados de la Soda Ash

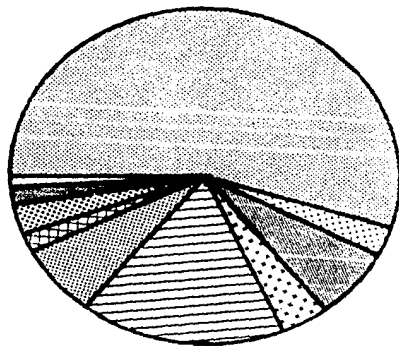
La distribución que presentó el mercado de la soda ash dentro de la industria química nacional durante el año de 1985, se mencionan en la Tabla III, así como en la figura 1.

Tabla III.- Mercados de la Soda Ash

Usos	Miles de Ton	1985	% Participación
Vidrio	296		55
Bicarbonato	18.6		3
Silicatos	38.7		7
Detergentes	21.4		4
Tripolifosfato	83.8		16
Química	38.5		7
Papel	7.3		2
Minería	14.3		3
Distribuidores	11.7		2
Otros	6.5		1
Total	536.8		100

referencia A

Como se aprecia en la tabla III, los principales consumidores se encuentran en la elaboración de vidrio y tripolifosfato de sodio, los cuales consumen más del 70% del consumo nacional.



	VIDRIO	55 %
	BICARBONATO	3 %
	SILICATOS	7 %
	DETERGENTES	4 %
	TRIPOLIFOSFATOS	16 %
	QUIMICA	7 %
	PAPEL	2 %
	MINERIA	3 %
	DISTRIBUIDORES	2 %
	OTROS	1 %

INGENIERIA QUIMICA

DISTRIBUCION DE LA INDUSTRIA DE CONSUMO

CHAMLATI MORAN
VICTOR JACINTO

TESIS
PROFESIONAL

FIG.
No. I

UNAM

Los principales centros de consumo de carbonato de sodio que se encuentran en México se observan en la tabla IV.

Tabla IV.- Centros de Consumo

Industria de Consumo	Localidad
Vidrio	
Cristal Templado, S. A.	México, D. F.
Cristales Inastillables de México, S.A.	Xalostoc, Mex.
Envases Borosilicato, S. A.	México, D. F.
Fábrica Nacional de Vidrio, S. A.	México, D. F.
Industria Cornejo, S. A.	México, D. F.
Nueva Fábrica de Vidrio, S. A.	Lechería, Mex.
Productos Corning de México, S. A.	Monterrey, N.L.
Shutterproof de México, S. A.	México, D. F.
Vidriera Guadalajara, S. A.	Zapopan, Jal.
Vidriera Los Reyes, S. A.	Tlalnepantla, Mex.
Vidriera México, S. A.	México, D. F.
Vidriera Monterrey, S. A.	Monterrey, N. L.
Vidriera Nemo Glass, S. A.	México, D. F.
Vidriera Querétaro, S. A.	Queretaro, Qro.
Vidrio Plano, S. A.	Monterrey, N.L.
Vitro-Fibras, S. A.	México, D. F.
Vitrocrista Cristalería, S. A.	Monterrey, N.L.
Vitrocrista Toluca, S. A.	Toluca, Mex.

Tabla IV (continuación)

Industria de Consumo	Localidad
Tripolifosfato de Sodio	
Industrias Resistol, S. A.	México, D. F.
Polifos, S. A. de C. V.	Lecherfa, Mex.
Industrias Químicas de México, S. A.	Guadalajara, Jal.
Química	
Catalizadora Industrial, S. A.	Monterrey, N.L.
Celulosa y Derivados, S. A.	Monterrey, N.L. Guadalajara, Jal.
Complex Química, S. A.	Monterrey, N.L.
Cosmocol, S. A.	Monterrey, N.L.
Ferro Mexicana, S. A.	Guadalajara, Jal.
Pennwalt del Pacífico, S. A.	El Salto, Jal.
Química Pennwalt, S. A.	Santa Clara, Mex. Tlalnepantla, Mex.
Silicatos y Derivados, S. A.	Tlalnepantla, Mex.
Jabón y Detergentes	
Aditivos Mexicanos, S. A.	Naucalpan, Mex.
Alberto Culver de México, S. A.	México, D. F.
Astro Química Mexicana, S. A.	Xochitepec, Mor.
Cia. Industrial y Comercial Cuevas, S. A.	México, D. F.
Colgate Palmolive, S. A. de C. V.	México, D. F.
Fábrica de Jabón La Corona, S. A.	Xalostoc, Mex.
Industrial Jabonera La Esperanza, S. A.	Gómez Palacio, Dgo.

Tabla IV (continuación)

Industria de Consumo	Localidad
Industrias H-24, S. A.	Naucalpan, Mex.
Laboratorio Grossman, S. A.	México, D. F.
Procter & Gamble, S. A. de C. V.	México, D. F.
Productos Derex, S. A. de C.V.	Toluca, Mex.
Productos Químicos Alen, S. A.	Naucalpan, Mex.
	Santa Catarina, N.L.
Industria Petrolite, S. A.	Matamoros, Tamps.
Sybron Itanatex, S. A.	Tlalnepantla, Mex.
U.S. Chemicals, S. A.	Puebla, Pue.
Wyn de México, S. A.	México, D. F.

referencia: 8 y 17

En la tabla IV se puede palpar la distribución de los principales centros de consumo se encuentran en México, y su proporción en los siguientes lugares:

-México, D. F., con 14 consumidores	(38%)
-Monterrey, N.L. con 8 consumidores	(30%)
-Tlalnepantla, Mex. con 5 consumidores	(8%)
-Naucalpan, Mex. con 4 consumidores	(7%)
-Guadalajara, Jal. con 3 consumidores	(6%)

Los centros de consumo mencionados en el presente estudio, corresponden solo a aquellos cuyo consumo es de importancia para los consumidores, ya que la sola mención de estos sería imposible dados los muchos usos que tiene.

En el mapa I se encuentran localizados los principales centros de consumo del carbonato de sodio (soda ash) dentro de la República Mexicana.

1.1.4.- Distribución y Comercialización

La distribución y comercialización del carbonato de sodio o soda ash, se efectúa directamente del proveedor al consumidor para volúmenes grandes de compra, en el caso de consumidores pequeños, se lleva a cabo mediante distribuidores. En la tabla V y en el mapa II se localización los fabricantes y distribuidores de la soda ash.



SIMBOLOGIA

- VIDRIO
- QUIMICA
- ▲ JABON Y DETERGENTES
- △ TRIPOLIFOSFATO DE SODIO
- CAPITAL DEL ESTADO

INGENIERIA QUIMICA			
CENTROS DE CONSUMO			
CHAMLATI MORAN	TESIS	MAPA	UNAM
VICTOR JACINTO	PROFESIONAL	No. I	

Tabla V.- Fabricantes y Distribuidores
de soda ash

Empresa	Ubicación	Observaciones
Industria del Alkali, S.A.	Monterrey, N.L.	Fabricante
Sosa Texocco, S. A.	Ecatepec, Mex.	Fabricante
Abaquim, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Alcalis y Soluciones, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Alequímica Mexicana, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Alquimia Mexicana, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Borga, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Cámara Suárez, S. A.	Guadalajara, Jal.	Distribuidor
Carolay, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
	Tlalnepantla, Mex.	Distribuidor
Casa Guasco, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Casa Holck, S. A.	Monterrey, N.L.	Distribuidor
Casa Molina Font, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Cfa. Química Anglo Mexi-		
cana, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Corporaciones Industriales,		
S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Distribuidora Química		
Mexicana, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
	Tlalnepantla, Mex.	Distribuidor
	Cuautitlan, Mex.	Distribuidor

Tabla V.- Continuación

Empresa	Ubicación	Observaciones
Divisa	México, D. F.	Distribuidor
Empresas	México, D. F.	Distribuidor
Factor, S. A.	Tampico, Tamps.	Distribuidor
Galber, S. A.	Guadalajara, Jal.	Distribuidor
Galvanolyte, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Industrias Lomer, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
de C. V.	México, D. F.	Distribuidor
J.T. Baker, S. A. de C. V.	Xalostoc, Mex.	Distribuidor
Materias Primas, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Materias Químicas de	Cholula, Pue.	Distribuidor
México, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Mel de México, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Productora y Procesadora	Tlalnepantla, Mex.	Distribuidor
Química, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Productos Químicos Básicos	León, Gto.	Distribuidor
S. A. de C. V.	Orizaba, Ver.	Distribuidor
	Veracruz, Ver.	Distribuidor
	Minatitlan, Ver.	Distribuidor
	Guadalajar, Jal.	Distribuidor
	Tampico, Tamps.	Distribuidor
	Puebla, Pue.	Distribuidor
	Mérida, Yuc.	Distribuidor

Tabla V.- Continuación

Empresa	Ubicación	Observaciones
Prosi, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Prove-Quim, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
	Guadalajara, Jal.	Distribuidor
	León, Gto.	Distribuidor
	Los Mochis, Sin	Distribuidor
	Mérida, Yuc.	Distribuidor
	Monterrey, N.L.	Distribuidor
	Puebla, Pue.	Distribuidor
	Querétaro, Qro.	Distribuidor
	Torreón, Coah.	Distribuidor
Química Cosmos, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Química Delta, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Química Escorpio, S. A.	Tlalnepantla, Mex.	Distribuidor
Química Hoechst de México, S. A.	México, D. F. Monterrey, N.L.	Distribuidor Distribuidor
	Guadalajara, Jal.	Distribuidor
	León, Gto.	Distribuidor
	Puebla, Pue.	Distribuidor
Química Ixibras, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Química Milro, S. A. de C. V.	Naucalpan, Mex.	Distribuidor
Química Nova, S. A.	México, D. F.	Distribuidor

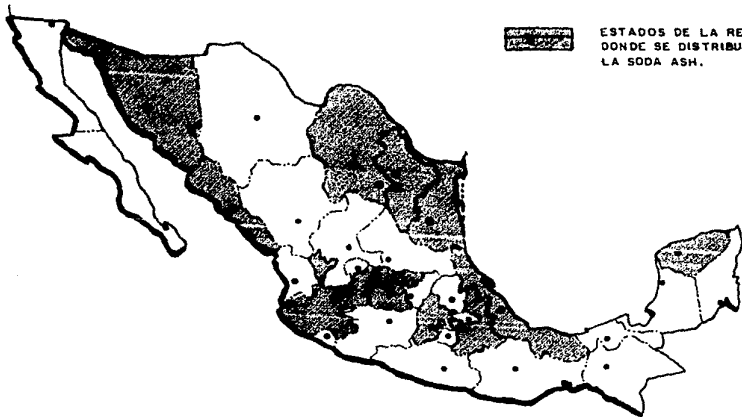
Tabla V.- Continuación

Empresas	Ubicación	Observaciones
Química Nova, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Químivan, S. A. de C. V.	México, D. F.	Distribuidor
	Guadalajara, Jal.	Distribuidor
	Monterrey, N.L.	Distribuidor
	Tlalnepantla, Mex.	Distribuidor
	León, Gto.	Distribuidor
	Puebla, Pue.	Distribuidor
	Queretaro, Qro.	Distribuidor
Representaciones Técnicas, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Solventes y Productos Químicos, S. A.	Monterrey, N.L.	Distribuidor
	México, D. F.	Distribuidor
	Santa Clara, Mex.	Distribuidor
	Guadalajara, Jal.	Distribuidor
	León, Gto.	Distribuidor
	Puebla, Pue.	Distribuidor
	Mérida, Yuc.	Distribuidor
	Culiacán, Sin.	Distribuidor
	Torreón, Coah.	Distribuidor
	Hermosillo, Son.	Distribuidor
Stauffer de México, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Técnica Metalúrgica, Funco, S. A. de C. V.	Naucalpan, Mex.	Distribuidor

Tabla V.- Continuación.

Empresa	Ubicación	Observaciones
Transformadora Química Mexicana, S. A.	Naucalpan, Mex.	Distribuidor
Tropiquímicos, S. A. de C. V.	Tlacopac, Ver. México, D. F.	Distribuidor
Weico Químico, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Sibramex, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Ferro Mexicana, S. A. de C. V.	México, D. F.	Distribuidor
Técnica Química, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Olin Química, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Productos Quím, Mardupol, S. A.	México, D. F.	Distribuidor
Proquiba Internacional, S. A. de C. V.	México, D. F.	Distribuidor

referencia: B



ESTADOS DE LA REPUBLICA MEXICANA
DONDE SE DISTRIBUYE Y SE COMERCIALIZA
LA SODA ASH.

INGENIERIA QUIMICA

DISTRIBUCION Y COMERCIALIZACION SODA ASH

CHAMLATI MORAN
VICTOR JACINTO

TESIS
PROFESIONAL

MAPA
No. II

UNAM

1.1.5.- Capacidad Instalada

La capacidad instalada de soda ash desde 1976 fue de 440,000 toneladas, pero en 1985 aumentó a una capacidad de 505,000 toneladas, este crecimiento se debió a que la empresa Industrial del Alkali, aumentó su capacidad instalada.

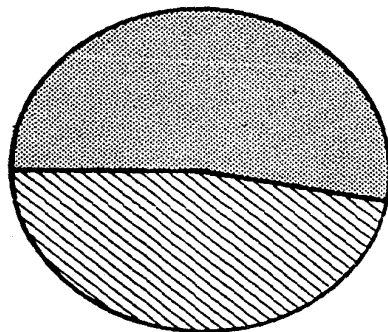
La capacidad instalada se puede observar en la tabla VI y la figura II.

Tabla VI.- Capacidad Instalada

EMPRESA	TON/AÑO
Industrial del Alkali, S. A.	265,000
Sosa Texcoco, S. A.	240,000
Total	505,000

Referencia A y 1

La eficiencia de Industrial del Alkali, S.A., es alta, mientras que la planta de Sosa Texcoco, S.A., es un poco menor debido principalmente a que a ellos les afectan las lluvias, dado que obtienen su producto después de evaporarlo aprovechando la energía solar; su eficiencia es de alrededor del 85%.



INDUSTRIA DEL ALCALI 53 %



SOSA TEXCOCO 47 %

INGENIERIA QUIMICA

CAPACIDAD INSTALADA

CHANLATI MORAN
VICTOR JACINTO

TESIS
PROFESIONAL

FIG.
No. II

UNAM

1.1.6.- Producción

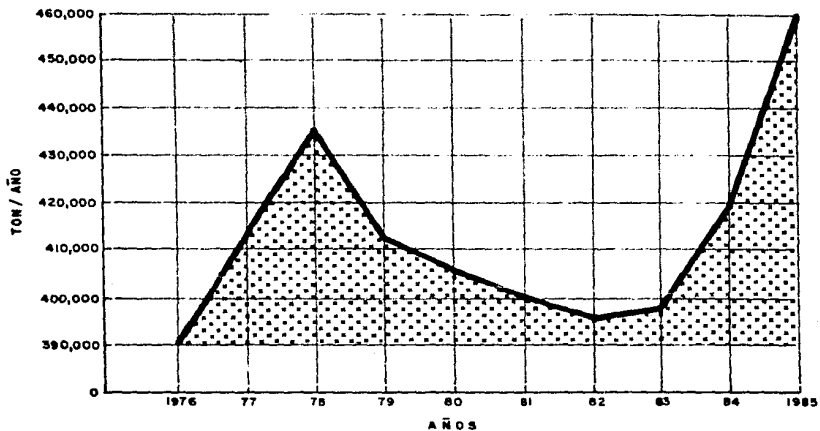
La Tabla VII y la Figura III nos muestran la producción de soda ash de 1976 hasta 1985.

Tabla VII.- Producción de Soda Ash

Año	Ton/Año
1976	390 300
1977	413 100
1978	435 500
1979	412 200
1980	406 000
1981	401 000
1982	396 100
1983	397 600
1984	419 600
1985	460 000

referencia A y 1

Se puede apreciar un aumento en la producción en los últimos años y esto es debido principalmente el aumento en la eficiencia de las plantas y que Industria del Alkali, S. A., aumentó su capacidad instalada en 1985.



INGENIERIA QUIMICA

PRODUCCION DE SODA ASH

CHAMLATI MORAN
VICTOR JACINTO

TESIS
PROFESIONAL

FIB.
No. III

UNAM

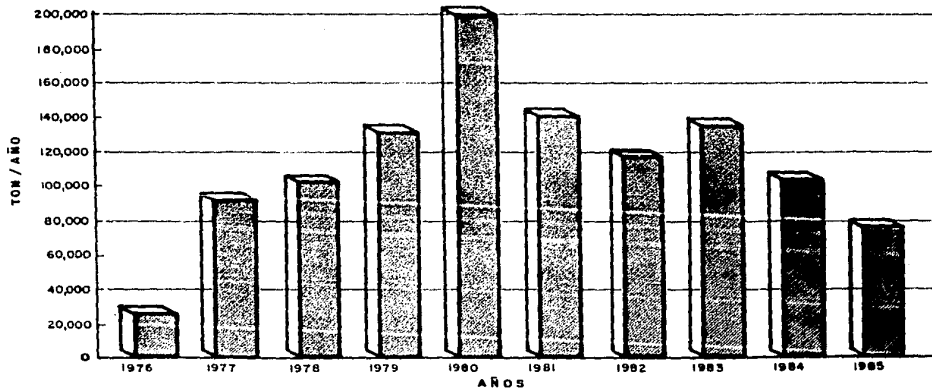
1.1.7.- Importación

Las importaciones realizadas desde 1976 se muestran en la Tabla VIII y figura IV.

Tabla VIII.- Importaciones de Soda Ash

Año	Ton
1976	25 900
1977	91 229
1978	103 907
1979	131 000
1980	198 673
1981	141 032
1982	116 583
1983	134 600
1984	103 600
1985	76 800

Se puede palpar que las importaciones decrecieron en 1985 en forma considerable, debido a que Industria del Alcalí, S. A. aumentó su capacidad instalada de 204 000 toneladas por año a una capacidad instalada en 1985 de 265 000 toneladas por año y en el cual tuvo producción record de 260 000 toneladas.



INGENIERIA QUIMICA

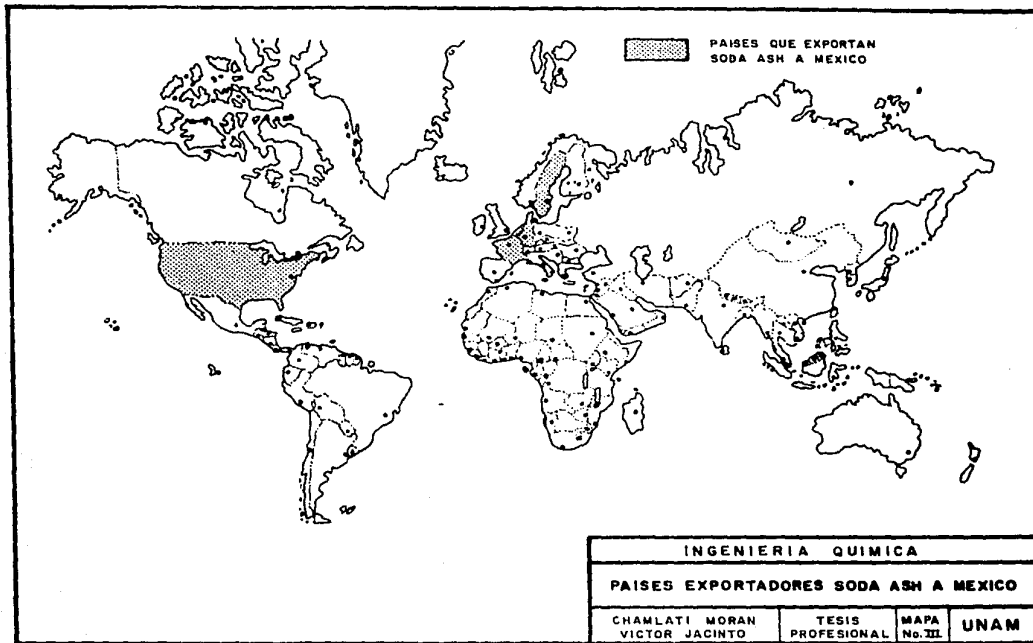
IMPORTACION DE SODA ASH

CHAMLATI MORAN
VICTOR JACINTO

TESIS
PROFESIONAL

FIG.
No. III

UNAM



En el mapa III se encuentran localizados los países que exportan soda ash a nuestro país.

Las importaciones de soda ash han sido realizadas principalmente por:

- Vidriera Monterrey, S. A.
- Vidrio Plano de México, S. A.
- Industria Resistol, S. A.

Además de estas compañías existen 40 más que importan soda ash para el consumo interno.

Hay que aclarar que la cantidad de soda ash que la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial permite importar, se fija de común acuerdo con los productores, para evitar de esta manera que éstos se vean perjudicados.

1.1.8.- Exportaciones

Como las exportaciones estaban prohibidas hasta abril de 1985, debido a que México es un país importador de soda ash, al liberarse se realizaron pequeñas exportaciones como prueba a Cuba (1600 toneladas, las cuales fueron realizadas por Sosa Texcoco, además se exportó en pequeñísimas cantidades a países Centroamericanos. Se espera que las exportaciones no aumenten debido a que se requiere en el país, agregando que no soporta cargas por concepto de transporte debido a que es un producto de un bajo valor comercial.

1.1.9.- Consumo Aparente

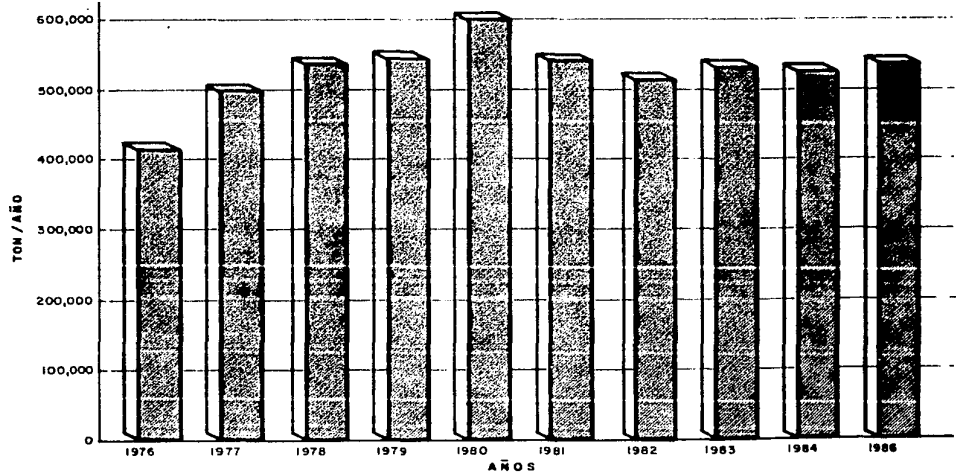
El consumo aparente que se ha presentado en nuestro país en los últimos diez años se presentan en la Tabla X y Figura V.

Consumo aparente (producción más importación menos exportación).

Tabla X. Consumo Aparente

Año	Ton/Año	% Crecimiento
1976	416 200	- - - -
1977	503 700	21.0
1978	541 000	7.0
1979	543 200	1.0
1980	604 700	11.3
1981	542 000	(10.4)
1982	512 600	(5.5)
1983	532 200	3.9
1984	523 200	(1.7)
1985	536 800	2.3

referencia A y 1



INGENIERIA QUIMICA			
CONSUMO APARENTE			
CHAMLATI MORAN VICTOR JACINTO	TESIS PROFESIONAL	FIG. No. II	UNAM

1.1.10.- Proyeccion de la Demanda

Hasta 1980 los datos de importación realizados por México presentan un comportamiento lineal, pero debido a la crisis sufrida en 1981 y la situación actual que prevalece en nuestro país, las importaciones fueron restringidas y por esta causa los datos de la demanda existentes a partir de 1981 no son tan representativos; además hay que agregar el aumento en la producción que tuvo Industria del Alcañil, S. A., por lo cual las importaciones disminuyeron en 1985. Si se ingresa al GATT las importaciones aumentarían considerablemente, con lo cual también aumentaría el consumo aparente. Es por estos motivos que para efectuar la proyección se sigue el procedimiento sig:

A) Teniendo como base los datos de Consumo Aparente hasta 1980 se obtiene mediante el método de mínimos cuadrados la ecuación que representa éste crecimiento y de esta manera obtener la ecuación de la recta que se ajuste a estos datos.

B) Como considero que la crisis solamente retrasa el crecimiento pero respeta el comportamiento de la demanda que se tendrá que cubrir, la recta se ajusta con los datos finales (1982-1985) desechando el dato de 1981 por considerarlo representativo de la crisis y restricciones impuestas por SECOFI.

C) Con las dos ecuaciones se obtendrá valores de consumo aparente a futuro, obteniéndose así los valores de la proyección de la demanda; pero en mi caso el valor representativo será la media de las dos ecuaciones, lograndose de esta manera incluir tanto el crecimiento acelerado de los datos iniciales así como las restricciones impuestas por el gobierno a partir de 1981.

La recta obtenida con los datos que considero representativos para el ajuste de los años (1977-1980) es la siguiente:

$$\text{C.A.} : 30520 \text{ AÑO} + 502370 \quad (1)$$

La recta obtenida con los datos (1982-1985), que considero representativos para la crisis y las restricciones impuestas por el gobierno para las importaciones representa el consumo aparente de los datos mencionados con anterioridad es el sig:

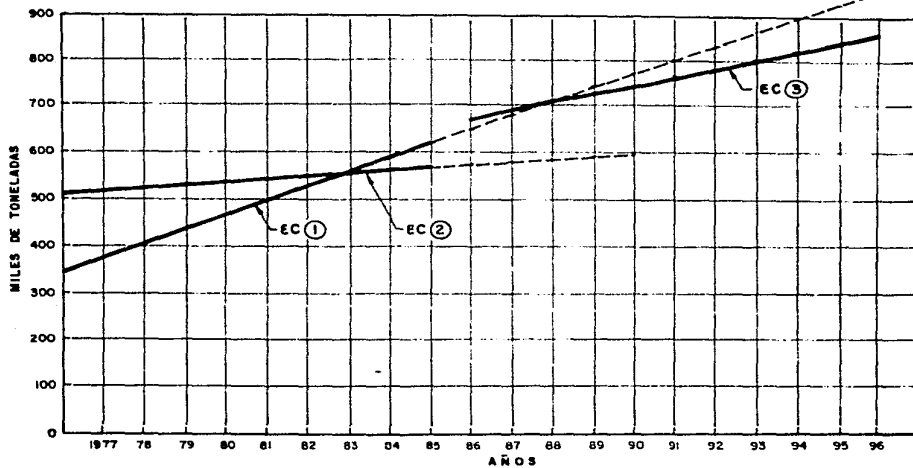
$$\text{C.A.} : 6360 \text{ AÑO} + 516660 \quad (2)$$

El valor medio de los datos obtenidos de las dos ecuaciones anteriores dará la proyección de la demanda.

La ecuación que representa a estos datos de proyección es la siguiente:

$$\text{C.A.} : 18440 \text{ AÑO} + 659575 \quad (3)$$

Los resultados de consumo aparente de obtenidos mediante la ecuación anterior (ec.3), se muestran en la Tabla XI, mientras que la figura VI. muestra las ecuaciones 1, 2 y 3.



INGENIERIA QUIMICA

PROYECCION DE LA DEMANDA

CHAMLATI MORAN
VICTOR JACINTO

TESIS
PROFESIONAL

FIG.
No. VI

UNAM

Tabla XI.- Proyección de la Demanda

Año	Ton (EC.3)
1986	566 401
1987	596 003
1988	625 604
1989	655 206
1990	684 807
1991	714 408
1992	744 009
1993	773 610
1994	803 212
1995	832 813
1996	862 415

La capacidad instalada se mantuvo constante hasta 1983 con un valor de 440 000 toneladas, pero en 1985 la capacidad aumento a 505 toneladas por lo cual la producción aumentó de 397 600 toneladas en 1983 a 460 000 toneladas en 1985.

Industria del Alkali, S. A., planea alcanzar una producción en 1990 de 300 000 toneladas, aumentando paulatinamente su producción. Asimismo Sosa Texcoco, S. A., planea alcanzar una producción record para 1990 de 220 000 toneladas.

Para 1996, se tendrá la necesidad de soda ash en México que se deberá de satisfacer con 862 415 toneladas, estas se pueden fundamentar en que la soda ash en México no tiene productos que compitan, excepto en un caso con el NaOH que se utiliza como neutralizante de ácidos; pero su mercado es muy pequeño y si a esto aunamos que la industria del vidrio y su uso en la minería están en constante aumento.

En 1996 el país producirá 520 000 toneladas, por lo que el faltante será de 342 415 toneladas.

Si se considera una pequeña variación en el mercado para ese año, la capacidad de la planta se fijará en 300 000 toneladas.

Esta capacidad se fortalece al considerar los factores cualitativos los cuales son:

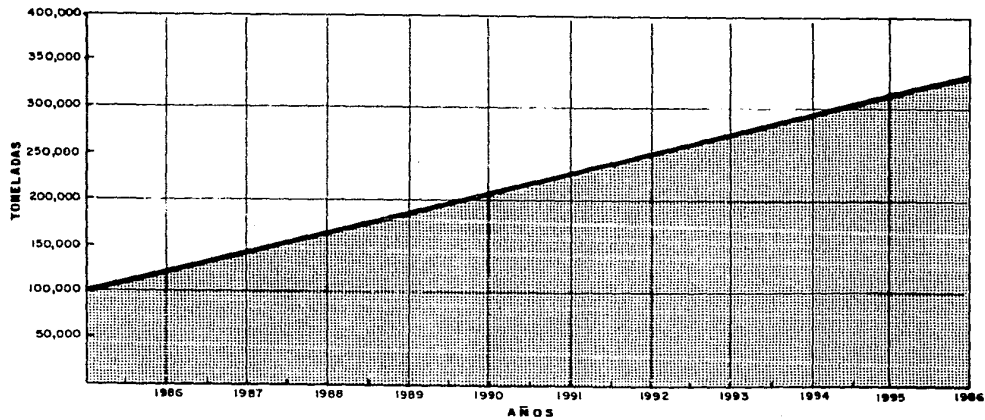
- Ingreso al GATT por parte de México
- En 1993, concluye la concesión a Sosa Texcoco, S. A.
- Crecimiento paulatino de la industria química en los dos últimos años.
- Carencia de proyectos para cubrir el déficit.

1.1.11.- Déficit de Soda Ash

En 1985 las necesidades de soda ash de la Industria Mexicana fueron mayores de lo que nos indica las importaciones en este año, debido a que las importaciones se llevan a cabo de común acuerdo entre productores y el gobierno, por lo cual algunas industrias que utilizan este producto no satisfacen en un 100% sus necesidades, para 1985 según cálculos del IMCE, para cubrir las necesidades en un 100% se requerirían más de 100 000 toneladas de importaciones; así se hace notar que las importaciones no siempre representan el déficit de la demanda existente.

Las importaciones en 1985 fueron menores que las de 1984 debido a que en este año, Industria del Alcalí, S. A., aumentó su capacidad de producción y así tanto ellos como Sosa Texcoco controlan el mercado contando con el aval del gobierno y de esta manera no permiten que ingresen al país una cantidad que cubriera las necesidades en un alto porcentaje.

El déficit de soda ash, se muestra en la tabla XII y figura VII.



INGENIERIA QUIMICA			
DEFICIT DE SODA ASH			
CHAMLATI MORAN	TESIS	FIG.	UNAM
VICTOR JACINTO	PROFESIONAL	No. 321	

Tabla XII.- Déficit de Soda Ash

Año	Ton/Año
1986	122 038
1987	144 075
1988	166 113
1989	188 151
1990	210 189
1991	232 226
1992	254 264
1993	276 302
1994	298 339
1995	320 377
1996	342 415

1.1.12.- Ventas de Soda Ash

La distribución de las ventas por mercado se muestran en la tabla IX y figura V.

Tabla IX.- Distribución de las Ventas por Mercado.

(Toneladas)

Usos	1982	1983	1984	1985
Vidrio	257 800	271 700	270 000	296 000
Bicarbonato	15 100	18 500	18 600	18 600
Silicatos	43 200	42 600	39 000	38 700
Detergentes	21 700	21 100	20 000	21 400
Tripolifósforo	103 700	98 700	98 000	83 800
Química	32 700	36 100	36 000	38 500
Papel	11 100	10 300	10 000	7 300
Minería	8 700	13 900	14 000	14 300
Distribuidores	10 500	12 500	11 000	11 700
Otros	8 100	6 800	6 600	6 500
Total	512 600	532 200	523 200	536 800

referencia A y B

Como se puede observar todo lo producido en el país es vendido debido principalmente a que se tiene que importar para cubrir las necesidades de la industria.

1.1.13.- Precios de Venta

Los precios de venta que se presentarán en México, así como en los Estados Unidos, se muestran en la Tabla XIII.

Tabla XIII.- Precios de Venta

País	Estados Unidos		
	México		
Año	\$/Ton	\$/Ton	Dlls/Ton
1977	2 338	1 265	55
1978	2 581	1 265	55
1979	2 737	1 426	62
1980	3 342	1 978	86
1981	4 960	3 151	137
1982	7 715	3 450	150
1983	20 165	24 000	150
1984	28 478	24 000	150
1985	87 000	45 000	150
1986	125 000	97 500	150

referencia A y B

El precio anteriormente estuvo controlado por la Secretaría de Industria y Comercio (hasta 1983), y a partir de dicha fecha se liberó. Por este motivo el precio fué ajustado en 1983 sufriendo un alza considerable, posteriormente de 1984 a 1985 sufre otra variación debido en gran parte al cambio en la paridad de nuestra moneda con el dolar.

Cabe mencionar que el precio de soda ash en los Estados Unidos es más barato que en México, como se puede observar en la tabla anterior en La Unión Americana tiene un precio (sept. de 1986) de 97,500 pesos, pero tiene que incluirse pago de fletes a la frontera, más pagos de permisos de importación y un nuevo flete al lugar donde se utilizará (Ciudad de México) por lo que con todos los gastos alcanza un precio de 120 000 pesos.

La proyección del precio en México hasta 1996 se puede observar en la tabla XIV; se considera en dólares debido a que la paridad en los últimos años ha estado sujeta a grandes variaciones.

Tabla XIV.- Proyección de los precios de
Venta de Soda Ash

Año	Dólares/ton
1987	210
1988	220
1989	230
1990	240
1991	250
1992	260
1993	270
1994	280
1995	290
1996	300

1.1.14.- Selección de Posibles Mercados para el Producto

Como se observa en la tabla de ventas los que más consumen soda ash son las plantas productoras de tripolifosfato de sodio y la industria del vidrio, por lo que nuestro mercado principal estará formado por estas dos industrias, y el sobrante se destinará a la fabricación de jabones, detergentes, productos químicos etc.

Nuestro mercado se ubicará en la Ciudad de México, los Municipios de Naucalpan y Tlalnepantla en el Estado de México, Monterrey, Nuevo León, y Guadalajara, Jalisco.

1.1.15.- Conclusiones del Estudio de Mercado Nacional de Producto Terminado.

La soda ash es una materia prima de enorme importancia para la industria química, el cual es producido en México por dos compañías que son:

- Industria del Alcalí, S. A.
- Sosa Texcoco, S. A.

Con una capacidad instalada de 505 000 toneladas por año, te niéndose en proyecto la ampliación de ésta a 540 000 ton/año.

La soda ash que se comercializa en México, tiene como mínimo 98.5% de pureza y como máximo 99.8% que corresponde a la soda ash importada de Wyoming, Estados Unidos.

Actualmente la distribución y comercialización de soda ash se lleva a cabo directamente del fabricante al consumidor en el caso de volúmenes grandes de compra, en el caso de que la cantidad comprada sea pequeña como en su utilización como neutralizante de ácidos, su abasto se efectúa por medio de distribuidores.

El principal mercado de la soda ash es la industria del vidrio, seguida por la del tripolifosfato de sodio. Otros mercados lo constituyen la fabricación de jabones, detergentes y productos químicos.

Hay que señalar que los plásticos ultimamente han desplazado en pequeña proporción al mercado del vidrio por lo que esta industria no ha tenido una evolución favorable en sus ventas, por lo cual afecta indirectamente en la demanda de soda ash.

Por medio del presente estudio de mercado se determinó que la mayor parte de las industrias consumidoras se localizan en los Estados de México, D. F., Nuevo León, Coahuila y Jalisco.

Ultimamente, el consumo aparente ha rebasado a la producción por esta razón se han realizado importaciones considerables de soda ash provocando una fuga de divisas.

La máxima importaciones se realizó en 1980, importandose 198 673 toneladas de soda ash. En los años posteriores, debido al control de importaciones, las cantidades importadas fueron menores que al principio de la década, pero de ninguna manera logran satisfacer las necesidades de la industria.

En 1985 se logró la menor cantidad importada 76 800 toneladas en los últimos años y esto se debió a dos factores importantes, el primero al control de las importaciones y segundo a que Industria del Alcalí aumentó su producción.

Se espera que para 1996, el déficit de soda ash sea aproximadamente de 300 000 toneladas, cantidad que corresponde a la capacidad que deberá tener la planta. Con esta capacidad tendremos el 36.6% de la capacidad instalada total.

La producción de la planta deberá de estar distribuida en 50% de soda ash densa y 50% de soda ash ligera.

El precio de la soda ash permaneció controlado por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial hasta principio de 1983, al liberarse el precio ocasionó un alza considerablemente alta. Esto se ha debido en gran parte a la liberación y cambios en la paridad (peso-dólar). De acuerdo a la proyección realizada se espera que el precio varíe de 160 dólares en 1986 a 310 en 1996.

1.2.- Mercado Internacional

1.2.1.- Países Productores

La producción mundial de soda ash en 1979 fué aproximadamente de 28 millones de toneladas teniendo una tasa de crecimiento promedio de 4.3% de 1973-1981.

En el mundo existen ocho países líderes en la producción de soda ash, estos países son: Estados Unidos, Unión Soviética, Inglaterra, Alemania Occidental, Francia, China, Bulgaria y Japón, los cuales producen aproximadamente el 75% de la producción mundial. La tabla XV proporciona los datos en porcentaje de producción de estos países de 1975 a 1981 en el mundo.

Tabla XV. Producción de Soda Ash
de Países Líderes
(Millones de Toneladas)

País	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Estados Unidos	27	27	28	27	27	28	28
Rusia	20	19	18	17	18	18	18
Inglaterra	6	7	6	6	6	6	6
Francia	5	5	5	5	5	5	5
Alemania Occidental	5	5	5	4	5	5	5
China	-	-	-	5	5	5	5
Bulgaria	4	4	5	5	5	5	5
Japón	5	4	4	4	4	4	4
Total	5	4	4	4	4	4	4

Referencia 43

La producción de soda ash en los últimos años se ha mantenido constante, pero no existen datos confiables por la falta de información de la mayoría de los países.

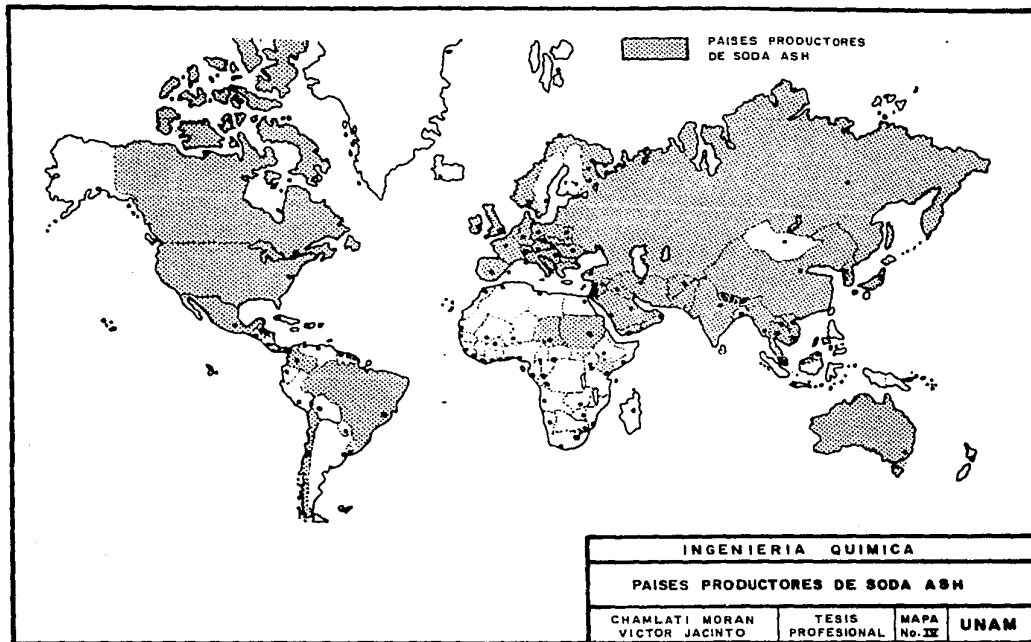
En el ámbito mundial, Bulgaria es el país que más ha crecido en su producción, siendo ésta de 4.0% cada año.

La industria de la soda ash en Europa Occidental fué seriamente afectada por la recesión de 1975 y desde entonces ha sufrido mermas considerables. Estados Unidos no fué afectado por la recesión y esto aunado al descubrimiento de yacimientos de trona ha dado como consecuencia un aumento gradual en su capacidad de producción, sin embargo las plantas procesadoras de soda natural han sustituido por completo a las plantas que utilizan el proceso Solvay, por ello los precios en los Estados Unidos son más bajos que los del resto del mundo.

Otros lugares dondê se extrae soda ash natural además de los Estados Unidos son: México, Kenia, Chad, Egipto, India, China, etc.

El resto del mundo utiliza el proceso Solvay, mediante el cual se obtiene el 70% de la producción mundial.

En el mapa IV se localizan los países productores de soda ash en el mundo, estos países son: Albania, Australia, Bélgica, Brasil, Bulgaria, Canadá, Chad, Chile, China, Colombia, Checoslovaquia, Dinamarca, Estados Unidos, Francia, Alemania Federal, Alemania Democrática, India, Inglaterra, Italia, Japón, Kenia, Corea del Sur, México, Holanda, Noruega, Pakistán, Polonia, Portugal, Rumanfa, España, Sudan, Suiza, Taiwan, Turqufa, Unión Soviética y Yugoslavia.



1.2.2.- Países Importadores

En el Planeta los principales países importadores de soda ash son: Argentina, Brasil, Canadá, Checoslovaquia, Dinamarca, Finlandia, Alemania Federal, Indonesia, Italia, Sudáfrica, Suecia, Unión Soviética y Venezuela.

A pesar de que México importa soda ash, la cantidad importada no es muy significativa comparada con los demás países importadores. En el mapa V se encuentran los principales países importadores de soda ash existentes en la tierra.

1.2.3.- Países Exportadores

Los principales países exportadores de soda ash en el mundo son: Bélgica, Francia, Alemania Democrática, Italia, Japón, Kenia, Holanda, Polonia, Rumanía, Suiza, Turquía, Inglaterra, Estados Unidos y Yugoslavia.

1.2.4.- Principales Compañías Productoras de Soda Ash

La principal compañía productora de soda ash en el mundo es la Solvay and Company of Belgium, con una producción de más de 4.5 millones de toneladas al año, distribuidas en diez plantas a lo largo de seis países de Europa Occidental.

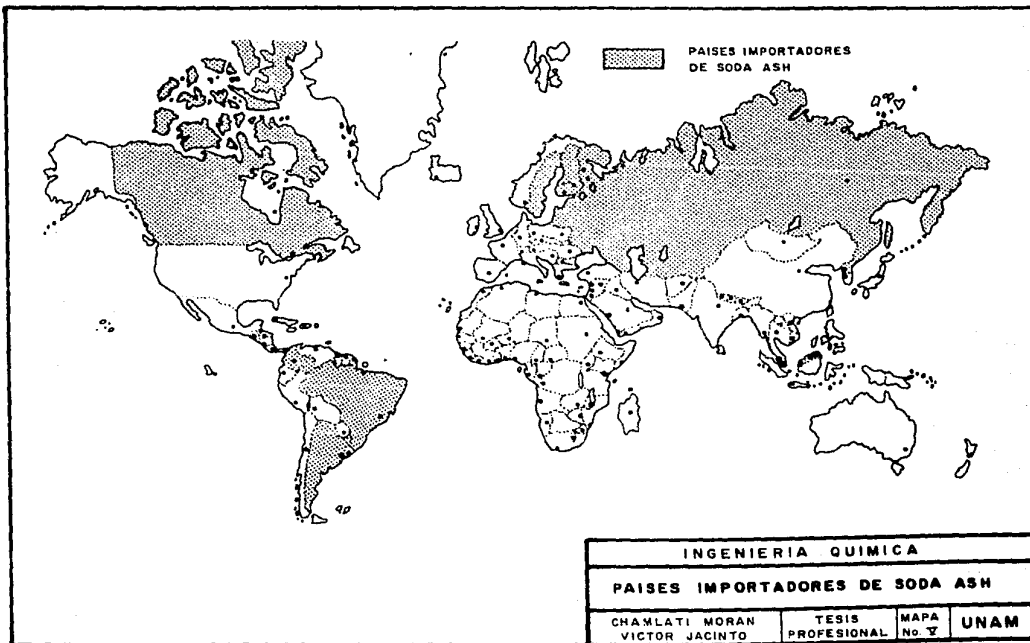
La segunda compañía en importancia es la FMC Corp. que fué la primera compañía en Estados Unidos que utilizó la Trona del Estado de Wyoming, cuya producción es de 2.60 millones de toneladas por año.

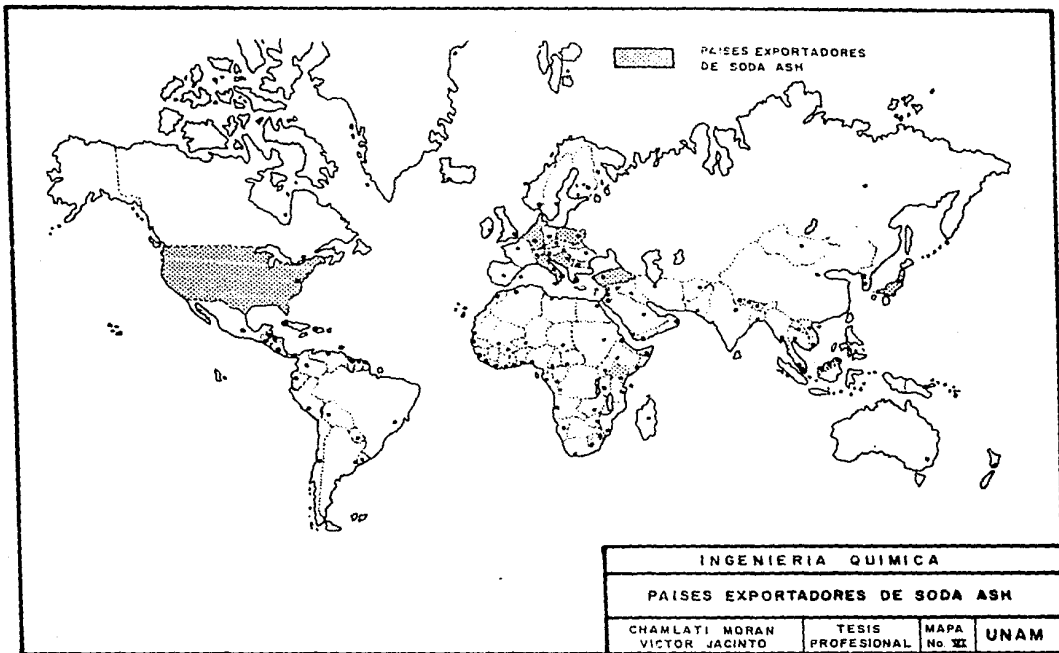
La ICI es la tercera planta en el mundo con una capacidad de 1.7 millones de toneladas por año. Esta compañía es propietaria de la Magadi Soda Co. ubicada en Kenia y de la ICI de Pakistan Ltd., el resto de sus plantas se encuentran ubicadas en Inglaterra. La ICI nace debido a una agrupación para explotar el procedimiento Solvay por parte de los directores industriales de las fabricas inglesas Leblanc y de esta forma aparece la empresa más grande de la Industria química inglesa.

Otras compañías productoras de Soda Ash pero de menor importancia son:

Allied Chemical Company
Stauffer Chemical Company
Kerr-Mc Gee Corporation
Texas Gulf Inc.

Todas estas ubicadas en la Unión Americana.





Sección 2.- Mercado de Abastecimientos de Materias Primas

Las materias primas usadas en el proceso sosa-amoniaco son:

- Sal común (Cloruro de Sodio)
- Piedra Caliza (Carbonato de Calcio, CaCO_3)

Además interviene como catalizador el amoniaco (NH_3) que por las pérdidas que existen de este material dentro del proceso, puede considerarse como una materia que constantemente debe ser adquirida.

2.1.1.- Sal Común

La sal común se encuentra en abundancia en forma de salmuera, como en el agua de mar o lagos salados, y en forma sólida en yacimientos subterráneos.

La pureza que presenta el cloruro de sodio obtenido de sus diferentes formas naturales, es bastante alta y varía de acuerdo a la fuente natural, pero en general el promedio de pureza que se obtiene de los diferentes proveedores tiene una pureza cercana al 98%.

Los productores de sal común se localizan a lo largo de toda la República Mexicana, los principales productores junto con su ubicación se encuentran en la tabla XIV y mapa VII.

Tabla XVI.- Productores de Sal

Compañía	Ubicación
Industria Salinera de Yucatán	Río Lagartos, Yuc.
Sales del Istmo	Coatzacoalcos, Ver.
Salinas del Pacífico	Isla del Carmen, B.C.
Salinas del Rey	Laguna del Rey, Coah.
Productores Salinos de Lomas del Real	Altamira, Tamps.
Eliseo Guajardo Cantú	Matamoros, Tamps.
Sulfato de Viezca	Viezca, Coah.
Cía. Salinera de Yavaros	Navojoa, Son.
Ejido de Palomas	Cd. Jiménez, Chih.
Homero, Hnos.	La Cruz, Sin.
Sales Industriales	Matamoros, Tamps.
Salinas El Fraile	Salina Cruz, Oax.
Antonio Bolado Salinas	Matamoros, Tamps.
Industria del Alkali, S. A.	Monterrey, N.L.
Sosa Texcoco, S. A.	Ecatepec, Mex.
Industria Química del Istmo	Salina Cruz, Oax.
Reactivos Analíticos, S. A.	
Química del Rey, S. A.	

referencia 1 y D

En total la producción nacional es de más de ocho millones de toneladas por año.

En el país existen 144 empresas productoras de sal. La empresa más importante es la Cia. Exportadora de Sal, S. A., ubicada en Guerrero Negro, B. C., cuya producción es exportada en su totalidad. La capacidad de esta planta es de cuatro millones de toneladas anuales.

México se ha significado por ser un país exportador de sal, las exportaciones que se ha realizado se pueden ver en la tabla XVII.

Tabla XVII .- Exportaciones de Sal

Año	Ton/Año
1977	3 691 209
1978	4 460 079
1979	1 652 358
1980	62 608
1981	3 017 098
1982	4 688 281
1983	7 789 258
1984	9 675 395

referencia C



Los principales países a los que se exporta sal son: Estados Unidos, Japón, Canadá, Nicaragua, Belice y Cuba.

La sal común, es considerada como un artículo de primordial importancia, tanto para la industria como para el consumo humano, sus principales usos se encuentran en la tabla XVIII.

Tabla XVIII.- Usos de la Sal Común

Industria	% Distribución
Consumo Humano	24
Ganado	4
Pieles	4
Tratamiento de Agua	7
Hidróxido de Sodio	18
Carbonato de Sodio	22
Otros	21
Total	100

referencia: D

2.1.2.- Piedra Caliza

La piedra caliza, es una roca compuesta por lo menos de un 50% de carbonato de calcio, con porcentajes variables de impurezas. Por fortuna, los yacimientos de piedra caliza que se encuentran en México, tienen entre 80 y 90% de calidad promedio.

La explotación de los yacimientos de piedra caliza se efectúa a través de innumerables compañías, los principales yacimientos con una capacidad de 300 000 ton/año con una vida útil de por lo menos 75 años, se encuentran en las siguientes localidades:

- Cd. Juárez, Chih.
- Chihuahua, Chih.
- El Fuerto, Son.
- Tamuín, S.L.P.
- Cd. Valles, S.L.P.
- Atotonilco, S.L.P.
- Cd. Obregón, Son.
- Zapotiltic, Jal.
- León, Gto.
- Jasso, Hgo.
- Apasco, Mex.
- Los Reyes, Mex.

Otros estados con grandes yacimientos de piedra caliza son:
(ver mapa VIII)

- Baja California Sur
- Baja California Norte
- Zacatecas
- Puebla
- Veracruz
- Campeche
- Yucatán
- Morelos
- Nuevo León



La producción se localiza en la Zona Central de la República Mexicana.

Se estima que el total de la producción de piedra caliza es de alrededor de 500 000 toneladas por año.

Los principales usos del carbonato de calcio que se encuentra en piedra caliza, se mencionan en la tabla XIX.

Tabla XIX.- Usos de la Piedra Caliza

Industria	% Distribución
Agricultura	1.21
Construcción	9.88
Química (incluye cemento)	49.81
Metalurgia	18.07
Tratamiento de agua	7.61
Cal	13.42
Total	100.00

referencia: E

2.1.3.- Amoniaco

El amoniaco producido en México es de alta pureza con concentraciones de 99% en promedio, en el proceso Solvay, el amoniaco interviene como catalizador, sin embargo existen pérdidas considerables de esta materia a lo largo del proceso. Es por esta razón que varios autores suelen considerarlo como materia prima, pero de menor importancia comparada con la sal común y piedra caliza.

En nuestro país, el amoniaco es producido por dos compañías, éstas son Fertimex y Pemex, cuyas plantas se encuentran distribuidas a lo largo de la república, como en la mayoría de sus procesos interviene de alguna manera el amoniaco, sobre todo en el caso de Fertimex, que lo utiliza como materia prima para fertilizantes.

Las principales ciudades donde es posible obtener amoniaco son:

Cd. Camargo, Chih; Coatzacoalcos, Ver; Cosoleacaque, Ver; Cuauhtitlan, Mex; Guadalajara, Jal; Lázaro Cardenas, Mich; Minatitlan, Ver; Monclova, Coah.; Pajaritos, Ver.; Querétaro, Qro.; Salamanca, Gto.; Salina Cruz, Oax.; Torreón, Coah. y Tula, Hgo.

En el mapa IX se puede observar la localización del amoniaco en México.

El amoniaco durante los últimos años ha sido exportado, las exportaciones realizadas en los últimos años se encuentran en la tabla siguiente:

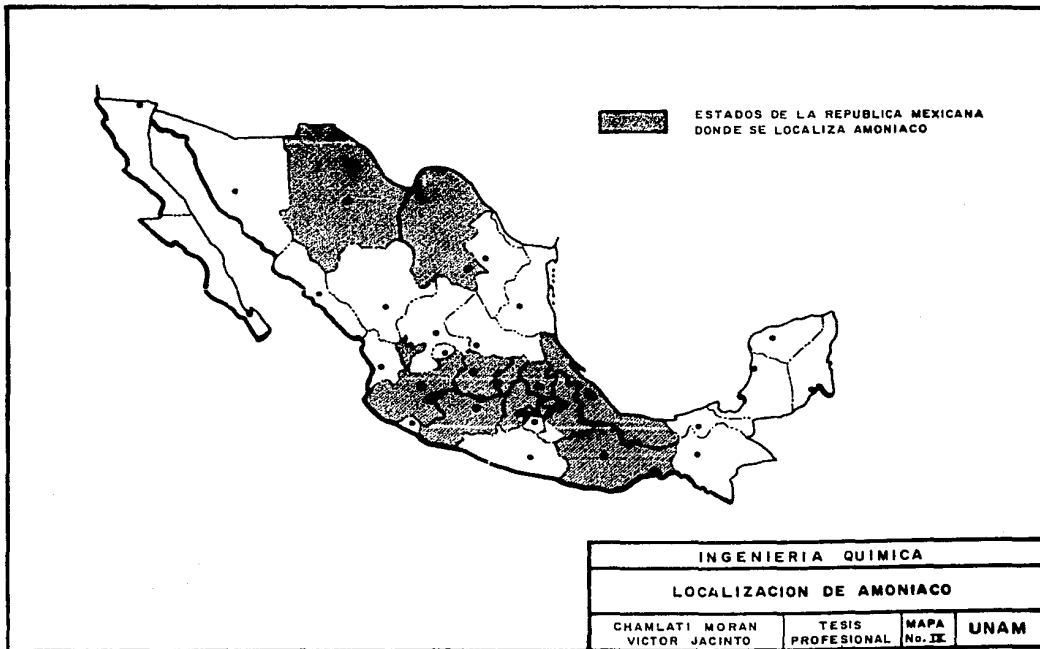
Tabla XX.- Exportaciones de Amonfaco

Año	Ton/Año
1977	15 695
1978	615 807
1979	752 469
1980	683 831
1981	836 140
1982	836 212
1983	1 340 456
1984	783 964

referencia C

Los principales países a los cuales se exporta amonfaco son: Estados Unidos, España, Suecia, Bélgica, Costa Rica, Francia, Guatemala, Nicaragua, Cuba y otros más.

Como se menciona en la tabla, las exportaciones de NH_3 han aumentado en los últimos años aunque disminuyó en 1984, se espera que aumente en los próximos años.



Los principales usos del amoníaco se encuentran al ser utilizados como materia prima para producir:

- Fertilizantes
- Soluciones Nitrogenadas
- Sulfato de Amoníaco
- Urea
- Acido Nítrico

2.1.4.- Precios de Venta de las Materias Primas del Proceso Solvay

Los precios de venta de las más importantes materias primas utilizadas en el proceso Solvay son:

- Sal Común	\$/Ton. 20 500
- Piedra Caliza	23 000
- Coque	15 000
- Amoníaco	100 000

Estos precios serán los utilizados para realizar el análisis financiero y de rentabilidad.

2.2.- Materias Primas del Proceso de Purificación de Trona

En México, la Trona es también conocida con el nombre de Tequesquite, los cuales son una mezcla de cloruro de sodio, sulfato de sodio, cloruro de potasio, tetraborato de sodio, materia orgánica y desde luego en mayor proporción carbonato de sodio y bicarbonato de sodio.

Lamentablemente en México solo se ha encontrado un lugar donde la cantidad del yacimiento es lo suficientemente alta como para satisfacer la necesidad de 300 000 toneladas de soda ash que se necesitarían en 1996. Este lugar es el Lago de Texcoco, que actualmente está siendo explotado por Sosa Texcoco, S. A., con una concesión de exclusividad hasta 1993.

Debido a esto, el procedimiento de purificación de yacimientos naturales es inaplicable en México por carecer de yacimientos naturales que permitieran la construcción de una planta de este tipo.

Existe la esperanza de que continuando con las exploraciones que se realizan en nuestro territorio, las cuales son manejadas por el gobierno federal, se logre encontrar nuevos yacimientos cuya cantidad de carbonato de sodio sea apreciable, lo que permitiría que nuestro país pudiera explotar sus recursos naturales.

**2.2.1.- Países y Ubicación donde hay Depósitos de Trona
que más se conocen**

A F R I C A .

País	Ubicación
Egipto	Wady Natrun
Kenia	Lago Magadi y Lago Natrón
Sudáfrica	Pretoria Matzap

A M E R I C A .

Canadá	Prince George, Areas de British Columbia, Lagos de Green Timber Plateau, Manitoba y Sasdatchewan.
Argentina	Grandes depósitos (Rincón de los Andes)
Bolivia	Región Lago Poopo y Titicaca
Brasil	Lagos del Interior
Chile	Antofagasta
México	Lago de Texcoco
Perú	Chilca, Ica y Pisco
Venezuela	Valle Lagunilla
Estados Unidos	California (Lago Owens y Lago Searles), Idaho (pequeños depósitos zona central)

Pais**Ubicación****Estados Unidos****Oregón, (Lagos Albert y Summer) Washington (Lagos de Wilson Creek)****E U R O P A****Alemania****En Prussia, Mayence, Basin, Enwilbach, Offenbach, Tertiary y Diluvium****Italia****Región de Nápoles****Hungría****Distrito de Szegedin****A S I A****China****Lagos de Norte, Límites de Mongolia, Manchuria, Lago Dtabusunor en Kirin, Inner en Mongolia Sin Yuan Heilungkiang, Liao Ning, Jehol, Chanar, Shansi, Shensi, Kansú, Desiertos Alcalinos del Tibet.****India****Distrito de Parantiz, Distrito de Ahmadabad, Dodmele, Distrito de Misor.****Paquistán****Lagos Alcalinos de Khaipur.****Turquía****Región Lago Van.**

País**Ubicación****U R S S**

Valle Kulunda, Lago de Laka Tanata, en el desierto de Kulundia, Lagos de Mikhailor en la región Alta, del Valle Don, Lago Abaiakn en Yakutim (Siberia), Lago Doronisky, Lagos de Petuknov en Siberia, Lagos Salinos Cercanos al Mar Caspio, Lago Baikal, y en Armenia en los Lagos del Llano Arexes.

2.3.- Conclusiones del Análisis de Abastecimiento de Materias Primas.

Las materias primas básicas que se utilizan en el proceso Solvay las cuales son: Piedra Caliza y Sal Común, se encuentran en abundancia a lo largo y ancho de la República Mexicana. La Sal Común tiene sus principales centros de producción en el norte del país, así como en los litoriales del Golfo de México y Región Central del Edo. de Nuevo León.

La piedra caliza se encuentra en abundancia en el centro de la República, principalmente en los Estados de Hidalgo, México y San Luis Potosí; así como en el Estado de Nuevo León en el norte.

Se considera que no existe problema en el abastecimiento de las materias primas, por encontrarse en abundancia y porque en la actualidad se realizan exportaciones de estos materiales.

El amoniaco que es utilizado como catalizador dentro del proceso Solvay, se encuentra también en abundancia y es uno de los productos químicos que más se exportan.

Debido a que carecemos de yacimientos de Trona que es el mineral natural que contiene soda ash y encontrándose solo un yacimiento de importancia, sobre el que existe una concesión para su explotación hasta 1993. Por lo mencionado anteriormente el proceso de purificación de Trona queda descartado en el presente estudio por carecer de materia prima suficiente.

2.4.- Subproducto Cloruro de Calcio (CaCl_2)

La producción comercial de cloruro de calcio fue desarrollada alrededor de 1860 como resultado de la próspera manufactura de soda ash por el proceso soda al amoníaco, el cual básicamente consiste en la reacción de cloruro de sodio con carbonato de calcio para formar carbonato de sodio (Soda Ash) y cloruro de calcio después de la introducción de amoníaco en varias etapas de la operación de descomposición. En la actualidad el mayor volumen de cloruro de calcio se deriva de la evaporación de salmueras subterráneas.

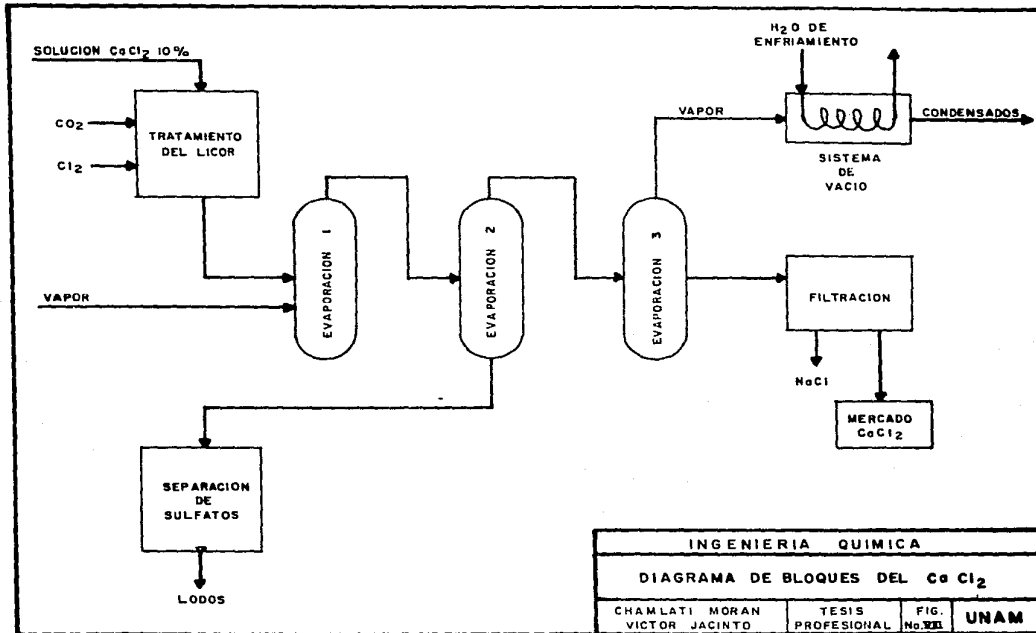
La planta de cloruro de calcio de Industria del Alcalí inicio su producción en marzo de 1980.

El cloruro de calcio se obtiene del subproducto de la planta de soda ash, siendo éste subproducto una solución de cloruro de calcio al 10%.

La producción de esta planta se exporta la mayor parte a los Estados Unidos y el resto es para consumo nacional.

La figura a continuación ilustra el proceso de producción de CaCl_2 ; teniendo inicialmente una solución al 10%, se obtiene como producto final una solución de CaCl_2 al 40% en peso.

Una nueva variación al proceso ha hecho que se obtenga actualmente a un 70% en peso.



2.5.- Producto Suplementario

Sosa Cáustica (NaOH)

Se obtiene por electrólisis o por el proceso cal-soda, el método más usado en México es el electrolítico el cual se obtiene a partir de la siguiente reacción:

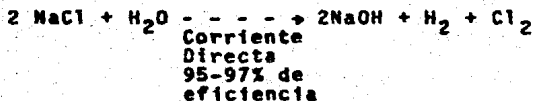


Tabla XXII.- Perfil de Distribución del Mercado en 1984.

Mercado	%
Celulosa y Papel	28.1
Química y Autoconsumo	20.0
Pemex	17.8
Jabón y Detergentes	13.3
Textil	2.5
Embotelladores	4.8
Distribuidores	7.5
Otros (Aluminio)	6.0
Total	100.0

referencia: }

Los mercados en los cuales hay una competencia muy pequeña son en los de Celulosa y Papel, Química y la de Jabón y Detergentes, debido a que tienen precios similares y si agregamos que en 1984 se importaron 75 000 toneladas de sosa cáustica con lo que se puede considerar que es inexistente la competencia.

CAPITULO IV.-

ESTUDIO DEL PROCESO Y SU ELABORACION

En el presente estudio, se realiza una descripción general y posteriormente una descripción detallada del proceso seleccionado, que fue el proceso soda al amoníaco, mejor conocido como proceso Solvay.

La descripción incluye un diagrama de bloques y un diagrama de flujo del proceso, con lo cual se facilita su entendimiento.

Junto a lo anterior, se da a conocer el balance de materia del proceso Solvay, con lo cual se logra determinar el tamaño de los equipos mayores del proceso a emplear.

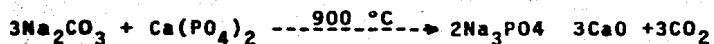
Sección 1.- Propiedades

1.1.- Tabla XXIII.- Propiedades Físicas

La soda ash (carbonato de sodio) de fórmula Na_2CO_3 , químicamente puro es un polvo de color blanco, cristalino e higroscópico, cuyas propiedades físicas se listan a continuación:

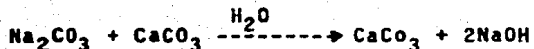
Nombre Químico	Carbonato de Sodio
Peso Molecular	105.989
Punto de Fusión	851° C:1564 °F
Gravedad Específica, 4 C	2.533
20 C	2.533
Calor Específico 25 C	0.249 Cal/gr C
45 C	0.256 Cal/gr C
Calor de Fusión, 851 C	75.5 Cal/gr
	135.9 Btu/lb
Calor de Formación, 25 C	-2550 Cal/gr
	-4590 Btu/lb
Calor de Hidratación	
Monhidratado, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	30.0 Cal/gr Na_2CO_3
	54.0 Btu/lb Na_2CO_3
Heptahidratado, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	156.4 Cal/gr Na_2CO_3
	281.5 Btu/lb Na_2CO_3
Decahidratado, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	208.8 Cal/gr Na_2CO_3
	375.8 Btu/lb Na_2CO_3
Solubilidad, 0 C	7 gr Na_2CO_3 en 100 gr H_2O
35.4 (max)	49.5 gr Na_2CO_3 en 100 gr H_2O
100 C	44.7 gr Na_2CO_3 en 100 gr H_2O
Equivalente Alkali	100% Na_2CO_3 en 100 gr H_2O)
Equivalente Acido	11b $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 0.688$ 1b HCl

A elevadas temperaturas, se funde y reacciona fuertemente como base, por ejemplo:

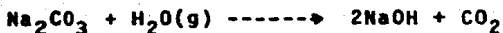


Otros ejemplos de la reacción de la soda ash a altas temperaturas, es su reacción con sílica para formar silicatos de sodio, con pentóxido de vanadio para dar vanadatos, alumina que de aluminatos o cualquier otro óxido o anfotérico que reaccione con bases fuertes.

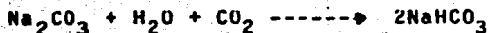
La reacción del carbonato de sodio con óxido de metales alcalino-térreos en solución o suspensión acuosa es una reacción típica para producir el hidróxido de sodio:



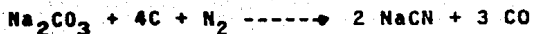
Puede reaccionar con vapor de agua para dar también el hidróxido:



Puede obtenerse bicarbonato de sodio a partir de soda ash mediante la siguiente reacción:

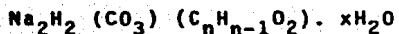


Para formar el cianuro de sodio sigue la siguiente reacción:



a 975 grados centígrados, esta reacción es conocida como proceso Cianuro-Dupont.

En química orgánica, el carbonato de sodio reacciona con el acetato de calcio para dar acetato de sodio, con los ácidos grasos forma compuestos representados por la fórmula general:



de gran aplicación en la industria del jabón.

Además actúa en varias reacciones como catalizador, como ejemplo tenemos la descomposición del formaldehído para dar alcohol metílico.

Sección 2.- Descripción General del Proceso

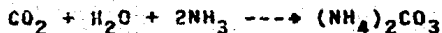
El proceso Solvay se basa en la reacción de bicarbonato de amonio con disolución saturada de cloruro de sodio, en la que se produce bicarbonato de sodio sólido, insoluble en la disolución de cloruro de amonio. Todo el proceso puede considerarse como una serie de reacciones químicas. Las materias primas son sal común (NaCl), amoníaco y carbonato de Calcio.

Así, el proceso Solvay, ejemplo de economía industrial, puede resumirse como sigue:

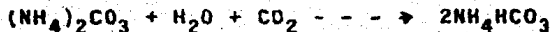
Se satura primero una disolución de cloruro de sodio con gas NH_3 y luego con CO_2 ; éste se obtiene calentando piedra caliza (material rico en carbonato de calcio), formandose como subproducto óxido de calcio (cal viva);



el dióxido de carbono reacciona con el NH_3 disuelto, formandose $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

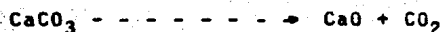


que con exceso de dióxido de carbono origina el bicarbonato de amonio.

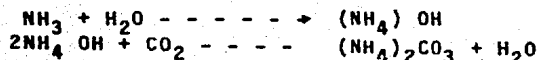


Sin embargo, esta reacción no se lleva a cabo de manera directa, por lo que se requiere seguir el siguiente procedimiento para llevarla a cabo:

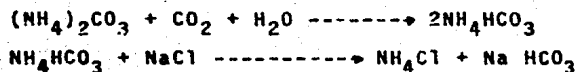
- 1).- Se produce CO_2 a partir del carbonato de calcio:



- 2).- Se efectúan las siguientes reacciones para producir el carbonato de amonio:



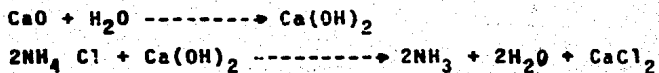
- 3).- El bicarbonato de sodio se produce utilizando al carbonato de amonio producido en el paso y NaCl .



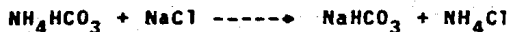
- 4).- El siguiente paso es producir carbonato de sodio a partir del bicarbonato.



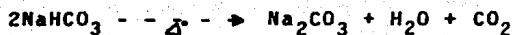
- 5).- Para mejorar la economía del proceso se recupera amoníaco de la siguiente manera:



y se precipita bicarbonato de sodio, dejando cloruro de amonio en disolución.



El bicarbonato de sodio se separa por filtración y mediante calentamiento de éste se obtiene soda ash.

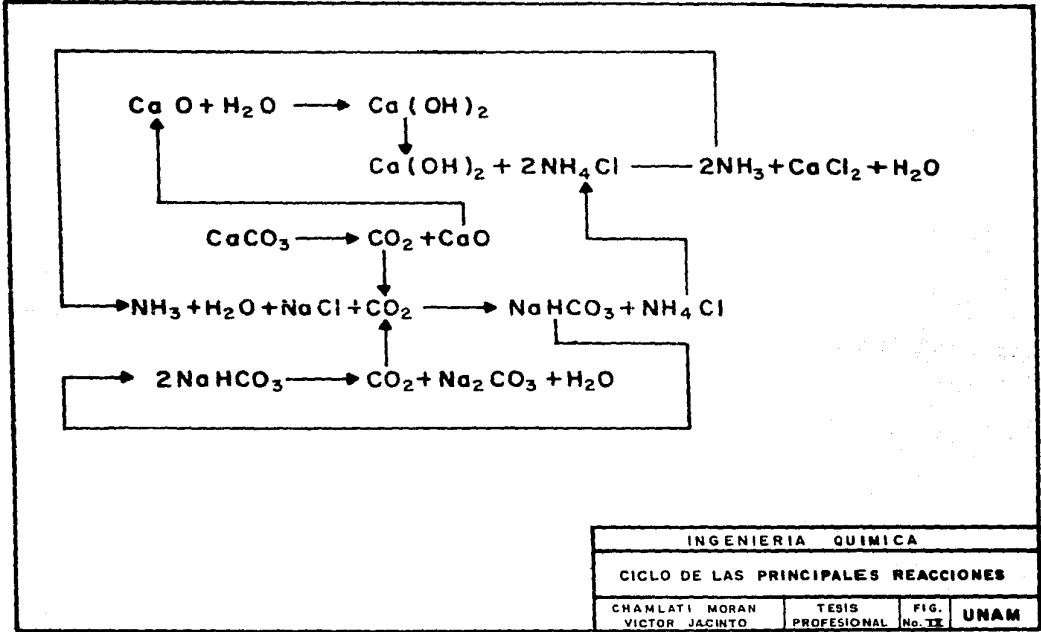


Para recuperar el NH_3 de la disolución de cloruro de amonio se trata ésta con cal apagada:



y por este mecanismo se aprovecha el amoniaco de nuevo.

Con el fin de visualizar mejor la optimización de los recursos en el proceso Solvay, se adjunta la figura (IX).



Sección 3.- Descripción Detallada del Proceso Solvay

El proceso Solvay (proceso soda al amonfaco) está constituido por las siguientes etapas de operación (ver diagrama de bloques y diagrama de flujo de proceso):

- 3.1) Preparación y Purificación de la Salmuera.
- 3.2) Elaboración de Lechada de Cal y Bióxido de Carbono.
 - a) Producción de Cal y Bióxido de Carbono.
 - b) Preparación de Lechada de Cal
- 3.3) Producción de Carbonato de Sodio.
 - a) Amoniacación de la Salmuera.
 - b) Carbonatación de la Salmuera.
 - c) Filtración del Bicarbonato de Sodio.
 - d) Calcinación del Bicarbonato de Sodio.
 - e) Densificación del Carbonato de Sodio.
- 3.4) Recuperación de Amonfaco.

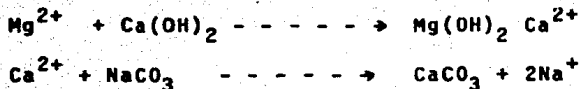
3.1).- Preparación y Purificación de la Salmuera

La sal común (cloruro de sodio) utilizada en el proceso en forma de solución saturada, puede ser artificial como la producida a partir de sal gema y agua, o natural como la que se encuentra en lagos salados.

En este caso particular, la sal común (cloruro de sodio) será alimentada a el proceso en forma de grano por la corriente (1) al tanque sedimentador TS 101, el cual se encuentra provisto con agitador.

Para formar la salmuera se introduce al TS 101 por la corriente (2) agua de proceso hasta formar una solución saturada de cloruro de sodio. Esta solución contiene como principales impurezas sales (cloruros, sulfatos, etc.) de calcio, magnesio y hierro. Las sales de calcio y las de magnesio deben eliminarse para evitar incrustaciones en el equipo de proceso.

La eliminación se efectua mediante la adición de lechada de cal (corriente (3)) y carbonato de sodio (corriente (4)) a la solución saturada de sal que se encuentra en el TS 101. Las reacciones químicas que se producen en el tanque son:



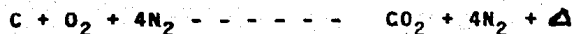
La mezcla resultante se decanta y se separa los lodos producidos por la corriente (5). De esta manera la solución salina clarificada pasa a través de la bomba de alimentación BA 101 y por la corriente (6) al siguiente paso del proceso para producir carbonato de sodio.

3.2.)- Elaboración de Lechada de Cal y Bióxido de Carbono
a) Producción de Oxido de Calcio y Bióxido de Carbono.

La cal (óxido de calcio), necesaria para recuperar amoníaco del cloruro de amonio generado durante el proceso y el bióxido de carbono empleado en la carbonatación de la salmuera amoniacada, son producidos a partir de la calcinación de piedra caliza a 1000 C.

La piedra caliza (carbonato de calcio), es alimentada por la corriente (7) a un horno vertical (HV 201) junto con coque (corriente (7)) y aire (corriente (9)), estos dos últimos para generar el calor necesario para la calcinación.

Las principales reacciones que se llevan a cabo en el horno HV 201 son:



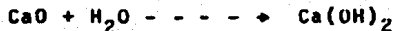
El bióxido de carbono que sale por la corriente (10) no excede el 40% de concentración, el resto será O_2 que no ha reaccionado junto al N_2 inerte. Este corriente (10) se conducida al evaporador EV 201 donde se reduce la temperatura de la mezcla de 1000 °C a 60C, produciendo vapor saturado a una temperatura de 120°C que sale por la corriente (14), mientras que por la corriente (13) se alimenta al agua de proceso necesaria.

El vapor generado en el EV 201 es empleado en la sección de destilación de amoníaco.

La mezcla a 60° C sale por la corriente (12) conteniendo un ex-ceso de bióxido de carbono, por lo que se efectúa una purga por la corriente (11) para ajustar la cantidad necesaria de CO_2 , la cual fluye a través de la corriente (15) hacia el compresor CA 201 para que sea impulsada hacia la sección de carbonatación de la salmuera amoniacada por la corriente (16).

b) Preparación de Lechada de Cal.

Del horno HV 201 sale por la corriente (17) una mezcla de cal e impurezas provenientes tanto de la piedra caliza como del coque. Esta corriente (17) llega al tanque sedimentador TS 201, el cual se encuentra provisto con agitación. En este tanque TS 201 se agrega la mezcla que salió del horno, agua de proceso (corriente (18)) que se alimenta al proceso por la corriente (20). Con esto se lleva a cabo la siguiente reacción:



La lechada de cal obtenida debe tener una composición en masa de 70% de agua y 30% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Esta lechada es conducida por la corriente (21) a la bomba BA 201 para posteriormente ser enviada por la corriente (3) a la sección de purificación de la salmuera y por la corriente (22) a la sección de recuperación de amoníaco.

Por la corriente (23) salen lodos que corresponden a las impurezas insolubles de la mezcla que sale del horno HV 201 y que sedimentan en el tanque TS 201.

3.3).- Producción de Carbonato de Sodio

a).- Amoníacación Salmuera

La solución salina clarificada en la sección de preparación y purificación de la salmuera pasa por la corriente (6) a una torre de absorción de amoníaco (Ta 301) compuesto por dos partes, la primera es un absorbedor débil y la segunda un absorbedor fuerte, el absorbedor débil se encuentra encima del absorbedor fuerte.

Al absorbedor débil se le alimenta por el domo la solución salina (corriente (6)) y por el fondo una mezcla de CO_2 , NH_3 , H_2 , O_2 y vapor de agua (corriente (24)) que proviene de las torres de carbonatación TC 302. La corriente (24) corresponde a una recirculación de CO_2 y NH_3 para no perder a este último. Los gases N_2 y O_2 son los que permanecen inertes durante su estadía en la torre TC

302, mientras que el vapor de agua es aquel que es arrastrado por los gases de salida.

Por la corriente (25) salen los gases que no fueron absorbidos en la torre TA 301, estos son nitrógeno, oxígeno y bióxido de carbono que no se absorbió por completo. Junto con estos gases sale agua que es arrastrada y parte del amoníaco que se pierde.

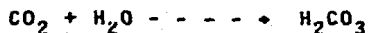
La solución salina ligeramente amoniacada que sale por el fondo del absorbedor débil, pasa al absorbedor débil, pasa al absorbedor fuerte por el domo y se pone en contacto con amoníaco proveniente de la sección de recuperación de amoníaco. Este amoníaco, que viene por la corriente (26) junto con CO_2 , se alimenta por el fondo de la torre TA 301.

Por la corriente (27) se alimenta amoníaco anhidro de reposición (2 a 4 Kg por tonelada de carbonato de sodio producido), la principal pérdida se debe al $(\text{NH})_2\text{SO}_4$ que se llega a formar por las impurezas que se alimentan al proceso, y por fugas en los equipos.

Del fondo de la torre TA 301 sale por la corriente (28) una solución cuyo análisis tiene los siguientes resultados:

	g/l a 38°C
NH_3	90
CO_2	40
NaCl	260

La absorción que se lleva a cabo es una absorción con reacción, las principales reacciones son:



Las reacciones anteriores son exotérmicas, de ahí que la torre de absorción (TA 301) deba de tener un serpentín de enfriamiento, para mantener la torre a 38°C.

El medio de enfriamiento utilizado es agua de enfriamiento, la cual se alimenta por la corriente (29) y sale por la corriente (30).

El licor amoniacado que sale del absorbedor TA 301 por la corriente (28) pasa por la bomba BA 301 para ser enviado a las torres de carbonatación TC 302 y TC 301.

b).- Carbonatación de la Salmuera Amoniada.

El licor amoniacado (corriente (28)) entra a un tren de torres de carbonatación, en las cuales se forma el bicarbonato de sodio en la parte superior de la torre, mientras que en la parte inferior se cristaliza el bicarbonato de sodio.

En el tren de torres de carbonatación existe siempre una torre (TC 301) que se encuentra en limpieza, mientras que el resto de las torres (TC 302) se encuentran funcionando normalmente a una presión de 3 atm.

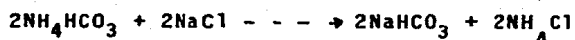
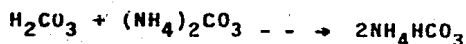
La limpieza se lleva a cabo ya que el bicarbonato de sodio se incrusta en los serpentines de enfriamiento junto con los cristales de bicarbonato de amonio.

Para limpiarlos, se introduce por el domo de la torre un flujo de solución salina amoniacada (corriente (28)) y por el fondo una corriente de CO_2 y NH_3 (corriente (46)) proveniente de la calcinación del bicarbonato de sodio. Manteniendo los serpentines fuera de servicio, el calor generado por la disolución de dióxido de carbono y el amoníaco en la salmuera propicia la disolución de los cristales limpiando de esta forma la torre.

Cuando la torre se encuentra en limpieza recibe el nombre de torre de precarbonatación.

El licor que sale de la torre de precarbonatación TC 301 por la corriente (31), pasa por la bomba BA 301 y entra por el domo a la torre de carbonatación TC 302. En esta torre se pone en contacto con una corriente de CO_2 al 40% (corriente (16)) alimentada a la mitad de la torre y otra al 90% (corriente (45)) que se introduce a la torre por el fondo.

Las reacciones que se producen en la torre TC 302 son:



El bicarbonato de sodio formado es cristalizado dentro de la torre, de manera que salga por la corriente (32) en suspensión junto con el cloruro de amonio, cloruro de sodio que no reaccionó, bicarbonato de amonio y agua.

El proceso en estas torres, es el corazón del proceso Solvay, es una absorción gas-líquido pero se complica por la precipitación del bicarbonato de sodio.

El principal problema de estas torres es el control de la temperatura que determina la formación de cristales, en el fondo de la torre. Esta debe ser de 60°C en la parte superior y de 25 a 30 °C en la sección inferior de la torre.

Para mantener la temperatura se utiliza un serpentín por el que fluye agua de enfriamiento. Este serpentín se encuentra hasta la mitad de la torre y tiene su alimentación por la corriente (33) y su salida por la corriente (34).

La suspensión que sale por la corriente (32) pasa por la bomba BA 303 para ser enviada a la sección de filtración de bicarbonato de sodio.

c).- Filtración del Bicarbonato de Sodio.

La suspensión que sale de la torre de carbonatación TC 302 por la corriente (32) se alimenta a un filtro rotatorio al vacío (FR 301). La filtración se efectúa a una temperatura de 30°C.

La torta filtrada tiene la siguiente composición:

	% masa
H ₂ O	15
NH ₄ HCO ₃	3
NaHCO ₃	82

Por la corriente (35) sale la torta para ser alimentada al calcinador CR 301, mientras que por la corriente (36) sale la solución rica en NH₄Cl hacia la bomba BA 304 que la alimenta a la torre de destilación de amoníaco TD 401.

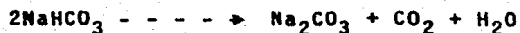
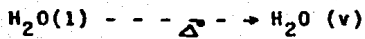
d).- Calcinación del Bicarbonato de Sodio.

El bicarbonato de sodio húmedo (corriente (35)) se carga a un secador rotatorio que hace las veces de calcinador (CR 301).

Este se encuentra cerrado por ambos extremos de manera que puedan recuperarse los gases desprendidos.

El secado y la calcinación, que se efectúan a una temperatura de 200 °C, se hace utilizando vapor de agua de alta presión que calienta al CR 301 de forma indirecta. El vapor es alimentado por la corriente (37) y sale como agua líquida después de ceder su calor latente por la corriente (38).

Las reacciones que se llevan a cabo son:



Los gases de salida (corriente (39)) contienen CO_2 , NH_3 y vapor de agua, estos gases se enfrían a 25°C en el evaporador EV 302, donde parte del vapor de agua es condensado arrastrando amoníaco (corriente (40)). El medio de enfriamiento es agua de proceso (corriente (41)) que se convierte en vapor a 120 °C que sale por la corriente (42) para ser utilizada en la sección de recuperación de amoníaco. Los gases enfriados salen por la corriente (43) para ser comprimidos a 3 atm en el compresor CA 301. De este salen por la corriente (44) para dirigirse a la sección de carbonatación de la salmuera amoniacada.

Por la corriente (47) sale la soda ash ligera que se divide en tres partes, una que se dirige a la sección de preparación y purificación de la salmuera (corriente (4)), otra que se envía a la próxima sección del proceso, que es la densificación de soda ash, por la corriente (48) y la última (corriente (49)) que es uno de los productos deseados.

e).- Densificación de Carbonato de Sodio

La soda ash densa, se produce agregando a la soda ash ligera agua caliente (aproximadamente a 100 °C) suficiente para formar $\text{NaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (monohidrato de carbonato de sodio) y se recalcula.

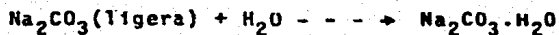
Para ello la corriente (48) se alimenta al tanque TH 301, al cual llega agua caliente por la corriente (50). Esta agua proviene de la corriente (51) que se calienta en el cambiador CC 303 a 100C utilizando para ello vapor de agua que se alimenta por la corriente (52) y sale por la corriente (53).

El monohidrato de carbonato de sodio sale por la corriente (54) para dirigirse al secador rotatorio SK 301 que actúa de la misma manera que el CR 301. En este se forma la soda ash densa que sale por la corriente (55), mientras que por la corriente (56) sale el vapor de agua desprendido.

El vapor de agua utilizado para el calentamiento, se suministra al secador por la corriente (57) y sale como agua líquida.

por la corriente (58).

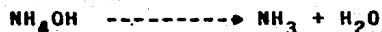
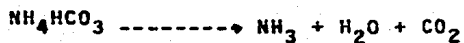
Las reacciones que se producen en esta sección son:



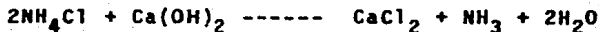
3.4).- Recuperación de Amonfaco.

El licor que sale del filtro FR 301 por la corriente (36) es una solución rica en NH_4Cl que también contiene NaCl y bicarbonato de amonio disueltos en agua. Esta corriente se combina con la corriente (59) que es vapor de agua condensado en el cambiador de calor CC 401 que arrastra amonfaco, la nueva corriente (60) se combina con la corriente (40) que también contiene amonfaco disuelto en agua. Con esto se genera la corriente (61). Esta corriente es alimentada al domo de la torre de destilación TD 401.

La torre TD 401 se divide en dos porciones, en la parte superior por calentamiento se descompone el bicarbonato de amonio y el hidróxido de amonio para dar amonfaco. Las reacciones que se llevan a cabo son:



De esta primera sección de la torre TD 401 sale por el fondo la solución rica en NH_4Cl y NaCl , esta se combina con lechada de cal que es alimentada por la corriente (22), generandose con ello la siguiente reacción:



Esta reacción se efectúa a una temperatura de 120°C

El amoníaco formado asciende por la torre y sale por la corriente (62), mientras sube por la corriente (63) sale una solución que contiene CaCl_2 , NaCl , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y menos del 0.1% o como en la mayoría de los casos, se considera como corriente de desecho.

El calentamiento de la torre se efectúa mediante vapor vivo que alimentado por la corriente (64).

El amoníaco que sale por la corriente (62) junto con CO_2 y agua se envía al cambiador de calor CC401 donde se enfría a 60 grados centígrados utilizando agua de enfriamiento que se alimenta por la corriente (65) y sale por la corriente (66).

El agua se condensa arrastando amoníaco sale por la corriente (59) para unirse con la corriente (36).

El amoníaco que sale del cambiador CC 401 por la corriente (26) se recircula al proceso enviándolo al fondo de la torre de absorción TA 301, con lo cual se cierra el ciclo del proceso Solvay.

Sección 4.-

Secciones Necesarias en una Planta de Soda Ash.

La superintendencia de suministros básicos maneja las siguientes secciones:

- Agua y Salmuera
- Planta Separadora de Sólidos
- Manejo y disposición de desperdicios
- Vigilancia y conservación de áreas e instalación fuera de la planta

Sección de purificación de la salmuera:

Se eliminan impurezas para que la salmuera ingrese en buenas condiciones.

Sección de Carbonatación:

Es el conjunto de columnas o torres de carbonatación. El gas es alimentado por la parte inferior y la solución por la parte superior en contracorriente, el gas y la salmuera amoniacada.

Sección Destilación:

La fase líquida con alto contenido de amoníaco es enviada a destilación.

Sección Hidratación:

Elaboración de la lechada de cal para recuperar el amoníaco

Sección Filtración:

Filtro por medio de vacío y máquinas centrifugas. Se separa el sólido del líquido de las columnas.

Sección Secadores:

Se forma con los secadores rotatorios los cuales se encuentran ligeramente inclinados hacia el frente para facilitar el flujo del producto a la descarga.

Sección Carga de Hornos:

Se maneja la materia prima como piedra caliza y coque. Se encarga de alimentar la materia necesaria para hornos para producir CO_2 y cal.

Sección Compresores:

El comprimir el gas es con el propósito de vencer la presión que ejerce la columna de nivel que tienen las torres de carbonatación.

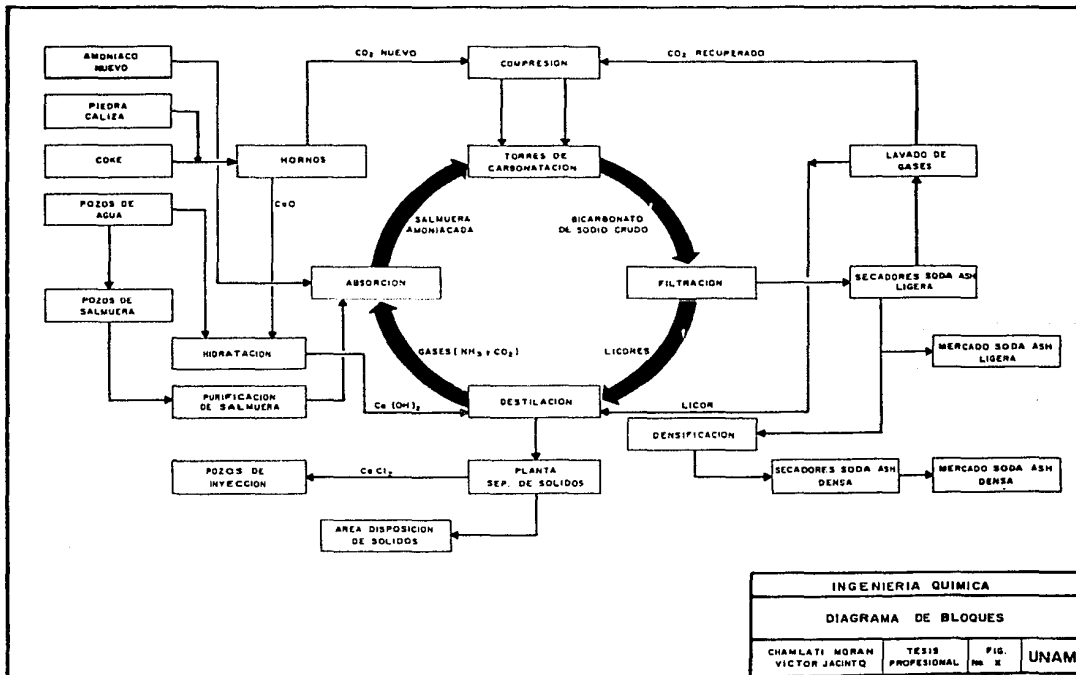
Sección Transportadores:

Se requiere equipo de transportación tales como elevadores de canchales, transportadores de gusano, ductos bandas transportadoras, transportadores enfriadores, etc.

Sección de Tráfico y Embarques:

Envío adecuado y oportuno a los clientes o bien al consumidor recibe el producto terminado en la estación de descarga y lo embolsa en la bodega, dándole una distribución muy meticulosa.

Sección 5.- Balance de Materia



Sección 6.- Equipo

El equipo básico para instalar una planta productora de soda ash, con una capacidad de 300 000 toneladas por año, que utiliza el proceso Solvay se ilustra en la Tabla XXIV.

Este equipo solo se refiere al que tiene un costo significativo en la inversión fija del proyecto.

Las variables más importantes que determinan el tamaño de cada uno de los equipos se obtuvieron de la bibliografía o por medio de métodos convencionales.

Los cálculos se fortalecen un poco más con la visita que efectué a la planta que utiliza el proceso Solvay, ubicada en Villa de García, N.L., donde conocí el tamaño del equipo. Además me fueron recomendadas las medidas apropiadas para el equipo significativo por parte del gerente de planta.

Tabla XXIV.- Lista de Equipo para el proceso Solvay.

Clave	Nombre	Tamaño	NºEquipos	Observaciones
TA 301	Torre de Absorción	D:100 in H: 12 pt	5	Acero al carbón Anillos raschig 1"
TC 302	Torre de Carbonato	D:120 in 55 platos	5	Acero al carbón
TD 401	Torre de Destilación	D:100 in 60 platos	4	Acero al carbón
TH 301	Tanque Hidratador	V:840 gal.	1	Acero al carbón
TS 101	Tanque Sedimentador	V: 38000 gal.	2	Acero al carbón
TS 201	Tanque Sedimentador	V: 21250 gal.	2	Acero al carbón
CC 303	Cambiador de Calor	A:18 ft ²	1	Acero al carbón
CC 401	Cambiador de Calor	A:105 ft ²	4	Acero al carbón
EV 201	Evaporador	A:135 ft ²	1	Acero al carbón
EV 302	Evaporador	A:285 ft ²	3	Acero al carbón
CR 301	Calcinador Rotatorio	A:1200 ft ²	3	Acero al carbón tipo indirecto utiliza vapor
SR 301	Secador Rotatorio	A:600 ft ²	2	Acero al Carbón tipo indirecto utiliza vapor
HV 201	Horno Vertical	D: 15 ft H: 95 ft	4	
FR 301	Filtro	A: 50 ft ²	8	Filtro Rotatorio al vacfo.
CA 201	Compresores	P:9300 HP	2	Centrifugos
CA 202				

D; diámetro, H: altura, V: volumen, A: Area, P: Potencia.

Referencia 35 y 20

CAPITULO V.
LOCALIZACION DE LA PLANTA

El presente capítulo, determina el lugar óptimo donde se puede ubicar una planta productora de soda ash en la República Mexicana.

El método aplicado es el de centroides para localizar los lugares orientados a la materia prima para el proceso Solvay.

Los lugares de esta manera obtenidos, son evaluados junto con los principales centros de consumo utilizando criterios tales como: transporte, materia prima, disponibilidad de agua, mano de obra, energía, factores climatológicos, etc.

De esta manera se logra establecer el lugar en donde el establecimiento de una planta que utiliza el proceso Solvay es el óptimo.

El método que se utilizará para establecer el lugar óptimo, en donde se deberá instalar la planta, es el siguiente:

1) Utilizando el método de centroides el cual consiste en la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$Y = \frac{\sum (Y_i \times P_i)}{P_j}$$

$$X = \frac{\sum (X_i \times P_i)}{P_j}$$

donde: Y_i = latitud del lugar i
 X_i = longitud del lugar i
 P_i = importancia del lugar i

Con las ecuaciones anteriores se encuentra el lugar óptimo para el abasto de cada una de las materias primas.

2) Localización de los principales centros de consumos.

3) Evaluar los lugares obtenidos mediante los siguientes criterios:

- Materia Prima
- Transporte
- Agua de Proceso
- Eliminación de desechos
- Energía Eléctrica

- Mano de Obra
- Factores Comunitarios
- Factores Ambientales
- Estimulos Fiscales
- Mercado
- Materiales e insumos

El mecanismo en que serán aplicados estos criterios se encuentran en la tabla siguiente.

Tabla XXV. Criterios para la localización de la planta.

Factor	Criterio	Rango
Materia Prima	Cercanía a la fuente de abastecimiento.	
Sal común	Materia prima de gran importancia.	0-10
Piedra caliza	Materia prima de gran importancia.	0-8
Amoníaco	Poco Volumen de Compra	0-2
Transporte	Medios de transporte que tiene la comunidad	0-6
Agua de Proceso	Disponibilidad	0-8

Factor	Criterio	Rango
Eliminación de desechos.	Espacio y disposiciones legales	0-4
Energía Eléctrica	Disponibilidad	0-8
Mano de Obra	Disponibilidad	0-8
Factores comunitarios	Cantidad de servicios y actitud de la comunidad	0-4
Factores ambientales	Condiciones climatológicas favorables	0-2
Estímulos fiscales	Disponibilidad	0-7
Mercado	Cercanía	0-10
Materiales e insumos	Disponibilidad de materiales auxiliares y suministros de fabricación.	0-4

Desarrollo del Procedimiento

1) Los lugares para obtener materia prima incluyendo su ubicación geográfica se encuentran en la Tabla XXVI.

Tabla XXVI.- Ubicación de Materias Primas

Coordenadas (grados)	X	Y
Población		
Sal Común		
Río Lagartos, Yuc.	88.15	21.57
Coatzacoalcos, Ver.	94.45	18.12
Isla del Carmén, B.C.	111.18	25.96
Laguna del Rey, Coah.	103.33	27.29
Altamira, Tamps.	97.90	22.35
Matamoros, Tamps.	97.52	25.85
Viesca, Coah.	102.94	27.90
Navojoa, Son.	109.54	27.09
Cd. Jiménez, Chih.	106.41	31.61
La Cruz, Sin.	106.90	23.93
Salina Cruz, Oax.	95.33	16.20
Piedra Caliza		
Cd. Juárez, Chih.	106.41	31.61
Chihuahua, Chih.	106.45	28.45
El Fuerte, Sin.	108.50	26.40

Coordenadas (grados)	X	Y
Población		
Tamuin, S. L. P.	98.74	22.0
Cd. Valles, S.L.P.	99.0	22.0
Atotonilco, S.L.P.	100.5	22.0
Cd. Obregón, Son.	109.88	27.54
Zapotiltic, Jal.	103.43	19.64
León, Gto.	101.64	21.14
Jasso, Gto.	99.34	20
Tula, Hgo.	99.33	20.07
Apasco, Mex.	99.16	19.97
Los Reyes, Mex.	98.94	19.45
Amonfaco		
Cd. Camargo Chih.	105.25	27.72
Coatzacoalcos, Ver.	94.45	18.12
Cosoleacaque, Ver.	94.62	18
Cuautitlán Mex.	99.18	19.80
Guadalajara, Jal.	103.34	20.67
Lazaro Cardenas, Mich.	102.19	17.94
Minatitlán, Ver.	94.50	18.29
Monclova, Coah.	101.38	26.93
Querétaro, Qro.	100.34	20.61
Salamanca, Gto.	101.18	20.57
Salina Cruz, Oax.	95.33	16.20
Torreón, Coah.	103.40	25.55
Tula, Hgo.	99.34	20.07

referencia D y E

Aplicando el método de centroides se localizan los lugares óptimos para el suministro de materias primas, los cuales son:

Sal Común	X= 100.67	Saltillo, Coah.
	Y= 24.59	
Piedra Caliza	X= 102.41	Zacatecas, Zac.
	Y= 23.1	
Amonfaco	X= 99.58	Cd. Valles, S.L.P.
	Y= 20.81	

2) Las otras ciudades a evaluar son: los principales centros de consumo como son:

- México, D. F.
- Monterrey, N.L.
- Guadalajara, Jal.

3) La evaluación se ilustra en la Tabla XXVII.

Tabla XXVII .- Evaluación de las Posibles Ciudades

Ciudad	Saltillo	Zacatecas	Cd. Valles	Monterrey	México	Guadalajara
Factor (rango)						
Sal (0-10)	10	6	8	9	3	4
P.C. (0-8)	5	8	8	6	4	3
Amonfaco(0-6)	1	0	2	2	2	2
Transporte (0-6)	5	4	4	6	6	6
Agua de Proc. (0-8)	6	2	6	6	6	7
Eliminación de desechos (0-4)	3	4	4	2	2	2
Energía Elec. (0-8)	7	5	8	5	8	8
Mano de obra (0-8)	6	4	4	8	8	7
Factores Ambientales (0-2)	1	1	1	1	2	2
Estímulos Fiscales (0-7)	4	7	7	5	1	4
Mercado (0-10)	8	3	6	10	10	8
Materiales e insumos(0-4)	2	2	2	4	4	4
Total	64	49	60	71	58	61

4) La planta se localizará en Monterrey, Nuevo León.

Es la ciudad más importante del Estado de Nuevo León (capital del estado), ha ocupado por años el segundo lugar en la República Mexicana como centro industrial.

Actualmente Monterrey cuenta con una población de aproximadamente 2.335 millones de habitantes (estimación S.P.P.), ocupando el tercer lugar en población después de las ciudades de Guadalajara y México, hay inmigración de los estados aledaños.

Características Físicas

Altura sobre el nivel del mar:	538
Latitud:	25°41'N
Longitud:	100°19'0
Temperatura máxima(media mensual):	27.8 C
Temperatura mínima(media mensual):	16.5 C
Temperatura media:	22.1 C
Temperatura máxima absoluta:	43.5 C
Temperatura mínima absoluta:	-6.0 C
Humedad relativa media:	54%
Presión barométrica media:	760.7 mm
No. de días con lluvia apreciable	59 días/año
No. de días con heladas	1 día/año
Precipitación anual:	602 mm
Vientos dominantes del Este	
Velocidad media:	3.9 m/seg
Clima:	húmedo, semi-cálido
Zona sísmica (sismos raros o desconocidos)	

Población Económicamente Activa

1980

Rama de Actividad	No.(miles de personas)	%
Agropecuaria	8.1	1.3
Extractiva	1.3	0.2
Petróleo	(-)	(-)
Transformación(manufact.)	177.6	27.9
Construcción	48.8	7.7
Electricidad	2.7	0.4
Comercio	78.6	12.3
Comunicaciones y Transp.	32.1	5.0
Servicios	136.3	(-)
Gobierno	(-)	(-)
No especificada	152	23.8
Total	637.5	100.0

Tasa de Desocupación

La tasa de desocupación en 1984 fué de 10.6%

Salario Mínimo General

1 9 8 4		1 9 8 5	
1° En a 10 Jun.	11 Jun. a 31 a Dic.	1° En. a 3 Jun.	4 Jun. a 31 Dic.
\$625	\$750	\$975	\$1 150

Tiendas de Autoservicio

En 1984 existían 135 tiendas de autoservicio.

B a n c a
(1983)

Instituciones de Crédito (sucursales):	225
Instituciones de Seguros:	28
Uniones de Crédito:	3
Almacenes Generales de Depósito:	6

Medios Publicitarios
(1984)

Estaciones de radio AM loc.	20
Estaciones de radio FM loc.	13
Canales de T.V. locales	3
Periodicos Locales (diarios)	9

Servicios Hospitalarios
(1983)

	No.	No. de Camas
I M S S	7	2016
I S S S T E	1	86
Total	8	2102

Recursos Humanos

Sus recursos humanos son uno de los factores más sobresalientes de Monterrey. Cuenta con uno de los mejores sistemas universitarios del país con un total de 13 establecimientos. En general existen muy buenos servicios educativos.

La Ciudad de Monterrey ubicada en la carretera principal Norte Sur de la República, dista 959 kilómetros del Distrito Federal y 230 kilómetros de la frontera con Laredo Texas. Es un importante nexo ferroviario de 700 km con líneas que llegan a Tampico, Monclova, Laredo, Matamoros y el Distrito Federal (vía Saltillo). Existe un aeropuerto comercial el cual ofrece servicio continuo por aviones tipo Jet a las ciudades más importantes del país. Asimismo cuenta con vuelos a Houston, Dallas-Fort-Worth, San Antonio y Los Angeles.

Monterrey dispone de servicios públicos eficientes; una excelente red de telégrafo, teléfono, telex y televisión. Además de buenos hoteles, periódicos y muy buen servicio de transporte.

Para espectáculos y lugares de diversión se cuenta con numerosos teatros, clubes, restaurantes y otros centros sociales. En conclusión podemos decir que es una ciudad moderna, limpia y ordenada.

V i v i e n d a

	Miles	%
Con agua entubada	311.8	86.7
Con drenaje ó albañal	293.9	79.8
Con cuarto de baño con agua corriente	247.9	68.9
Total	359.5	100%

Para este proceso en particular, Monterrey se ubica dentro de la zona donde existen yacimientos de sal (Villa de García) y piedra caliza, además se encuentra en el lugar apropiado para abastecer a la planta de amoníaco.

El mercado de consumo se encuentra allí mismo y se encuentra muy bien comunicado para proveer a los demás centros de consumo.

Además de que existen promoción para la instalación de industrias en las afueras de Monterrey y un ambiente óptimo para el desarrollo de la planta.

CAPITULO VI
CAPACIDAD DE LA PLANTA
E INVERSIONES NECESARIAS

En este estudio se menciona la capacidad de la planta que fué calculada en el estudio de mercado y se estima la inversión fija necesaria para instalar una planta productora de soda ash que aplique el proceso Solvay.

Para ello, se utilizan los equipos considerados en el capítulo del estudio del proceso y su elaboración y las gráficas de costo de equipos que se encuentran en la literatura.

Junto a la inversión fija se obtiene el capital de trabajo necesario para que la planta labore, este se determina utilizando el estimado de inventarios de materia prima, producto en proceso y producto terminado, así como lo esperado en efectivo en caja y bancos, cuentas por cobrar y cuentas por pagar.

Finalmente, se determina la inversión total que requiere el proceso Solvay a lo largo de su vida útil, esto se logró al sumar la inversión fija y el capital de trabajo.

Sección 1.- Capacidad de la Planta

La capacidad de la planta fué determinada en el estudio de mercado al realizar la proyección de la demanda. Esta capacidad fué de 300 000 toneladas.

Los criterios empleados para obtener la capacidad de la planta fuerón dados por:

- Los altos volúmenes que se importan actualmente
- Carencia de proyectos a futuro para crear plantas de soda ash
- Al realizar la proyección de la demanda se consideraron el efecto de las restricciones a las importaciones y el crecimiento de la demanda.
- Factores cualitativos.

Sección 2.- Inversión Fija

2.1.- Costo del Equipo Mayor de Proceso:

Equipo	Clave	Costo (M.N.)
Torres de Absorción	TA 301	48 332 060
Torres de Carbonatación	TC 301	594 783 723
	TC 302	148 695 932
Torres de Destilación	TD 401	506 679 228
Tanque Hidratador	TH 301	3 152 555
Tanques Sedimentadores	TS 101	49 239 900
	TS 201	37 230 200
Cambiadores de Calor	CC 303	1 200 973
	CC 401	15 012 162
Evaporadores	EV 201	10 208 232
	EV 302	43 734 099
Calcinadores	CR 301	310 512 092
Secadores	SR 301	103 504 029
Horno Vertical	HV 201	739 235 768
Filtros	FR 301	12 828 666
Compresores	CA 201	1 089 962 368
	CA. 301	3 714 311 987

referencia 2

2.2.- Estimación de la Inversión Fija
(Método de Giral y Coautores)

1.- Costo estimado del equipo $I_B =$	3714 millones
2.- Costo del equipo ya instalado $I_E = 1.43 I_B =$	5311 millones
3.- Tubería para la planta $= 30\% I_E =$	1593.3 millones
4.- Instrumentación automática $= 15\% I_E =$	796.6 millones
5.- Desarrollo de terreno y construcciones $= 40\% I_E =$	2124.4
6.- Servicios $= 25\% =$	1327.7
7.- Líneas exteriores $= 5\% I_E =$	265.5
8.- Inversión Física $+ I_f = (2 \text{ a } 7)$	11 418.6
9.- Ingeniería y construcción $= 35\% I_f =$	3 996.5
10.- Imprevistos $= 10\% I_f =$	1 141.8
11.- Factor de Tamaño $= 5\% I_f =$	570.9
12.- Inversión Fija $= I_f = (8 \text{ a } 11)$	17 127.9

Inversión Fija = 17 128 millones

Sección 3.- Capital de Trabajo
3.1.- Inventario de Materia Prima
(un mes de operación)

Año	MMS
1987	642.06
1988	840.08
1989	1 008.10
1990	1 176.11
1991	1 344.13
1992	1 512.15
1993	1 680.17
1994	1 848.18
1995	2 016.20
1996	2 016.20

3.2.- Inventario de Producto en Proceso

Dado el tiempo en que se lleva a cabo el proceso es muy pequeño, el inventario de productos en proceso será considerado como despreciable.

3.3. Inventario de Producto Terminado**Un mes de producción valuado al costo de manufactura.**

Año	MM\$
1987	993.37
1988	1 241.71
1989	1 490.06
1990	1 738.40
1991	1 986.75
1992	2 235.09
1993	2 483.43
1994	2 731.78
1995	2 980.12
1996	2 980.12

3.4.- Efectivo en Caja y 3.5.- Cuentas por Cobrar.**El efectivo en Caja y Cuentas por pagar se consideran también como un mes de producción valuado al costo de manufactura.**

3.6.- Cuentas por Pagar
(Un mes de ventas)

Año	MM\$
1987	1 103.75
1988	1 379.68
1989	1 655.62
1990	1 931.56
1991	2 207.50
1992	2 483.43
1993	2 759.37
1994	3 035.31
1995	3 311.25
1996	3 311.25

3.7.- Estimación del Capital de Trabajo

Capital de Trabajo= Inventario de materia prima más inventario de producto en proceso más inventario de producto terminado más efectivo en caja más cuentas por cobrar menos cuentas por pagar.

Año	MM\$
1987	2 739.18
1988	3 461.47
1989	4 153.78
1990	4 846.07
1991	5 538.38
1992	6 230.67
1993	6 922.97
1994	7 615.27
1995	8 307.57
1996	8 307.57

Sección 4.- Inversión Total.
(Inversión Fija más Capital de Trabajo)

Año	MM\$
1987	19 867 .18
1988	20 589 .47
1989	21 281 .78
1990	21 974 .07
1991	22 666 .38
1992	23 358 .67
1993	24 050 .97
1994	24 743 .27
1995	25 435 .57
1996	25 435 .57

CAPITULO VII
ANALISIS FINANCIERO Y
DE RENTABILIDAD

En el presente capítulo, el objetivo es estimar si es rentable el establecimiento de una planta de soda ash en México.

Sección 1.- Presupuesto de Ingresos

Se consideran como únicos ingresos aquellos generados por la venta de soda ash.

Año	Producción Ton/Año	Ventas MM\$
1987	100 000	15 500
1988	125 000	15 625
1989	150 000	18 750
1990	175 000	21 875
1991	200 000	25 000
1992	225 000	28 125
1993	250 000	31 250
1994	275 000	34 375
1995	300 000	37 500
1996	300 00	37 500

Sección 2.- Presupuesto de Egresos

2.1.- Costos Variables de Operación.

2.1.1.- Consumo y Costo de Materias Primas

Sal Común

Año	Consumo Ton/Año	Compra MM\$
1987	181 723	3 725.32
1988	227 154	4 656.65
1989	272 585	5 587.99
1990	318 015	6 519.30
1991	363 446	7 450.64
1992	408 877	8 381.97
1993	454 308	9 313.31
1994	499 738	10 244.60
1995	545 169	11 175.90
1996	545 169	11 175.90

Piedra Caliza

Año	Consumo Ton/año	Compra MM\$
1987	160 970	3 702.31
1988	201 212	4 627.87
1989	241 455	5 553.46
1990	281 697	6 479.03
1991	321 939	7 404.59
1992	362 182	8 330.19
1993	402 424	9 255.75
1994	442 667	10 181.30
1995	482 909	11 106.90
1996	482 909	11 106.90

Amoníaco

Año	Consumo Ton/año	Compra MM\$
1987	452	45.20
1988	565	56.50
1989	678	67.80
1990	790	79.00
1991	903	90.30
1992	1 016	101.60
1993	1 129	112.90
1994	1 242	124.20
1995	1 355	135.50
1996	1 355	135.50

Coque.

Año	Consumo Ton/año	Compra MM\$
1987	10 037	150.55
1988	12 546	188.19
1989	15 055	225.82
1990	17 564	263.46
1991	20 073	301.09
1992	22 583	338.75
1993	25 092	376.38
1994	27 601	414.01
1995	30 110	451.65
1996	30 110	451.65

Volumen Total de Compra de Materia Prima
(Suma del costo de la sal común, piedra
caliza, amonfaco y coque)

Año	Compra MM\$
1987	7 623.38
1988	9 529.21
1989	11 435.07
1990	13 340.79
1991	15 246.62
1992	17 152.51
1993	19 058.34
1994	20 964.11
1995	22 869.11
1996	22 869.11

2.1.2.- Servicios Auxiliares

Los costos de los servicios que utiliza el proceso Solvay son:

Servicios	\$/Ton Na_2CO_3
Agua de Proceso	7 046.00
Agua de Enfriamiento	1 212.00
Vapor 29 psias	2 257.00
Vapor 227 psias	1 445.00
Electricidad	1 880.00
Total	13 840.00

Con estos costos el presupuesto de egresos por servicios auxiliares será:

Año	Costo MM\$
1987	1 384
1988	1 730
1989	2 076
1990	2 422
1991	2 768
1992	3 114
1993	3 460
1994	3 806
1995	4 152
1996	4 152

2.1.3.- Mano de Obra de Operación

El consumo por mano de obra es de 3.5 h-hombre/Ton, si se considera un costo de 300 pesos por hora más un 30% de prestaciones, el costo por tonelada producida de soda ash es de 1 365 pesos por tonelada.

El Presupuesto con el Costo Anterior será de:

Año	Costo MM\$
1987	136.50
1988	170.62
1989	204.75
1990	238.87
1991	273.00
1992	307.12
1993	341.25
1994	375.37
1995	409.50
1996	409.50

2.1.4.- "Personal de Supervisión"
20% de la mano de obra de operación.

Año	Costo MM\$
1987	27.30
1988	34.12
1989	40.95
1990	47.77
1991	54.60
1992	61.42
1993	68.25
1994	75.07
1995	81.90
1996	81.90

2.1.5.- Mantenimiento y Reparación
5% de la Inversión Fija

Año	Costo MM\$
1987	856.4
1988	856.4
1989	856.4
1990	856.4
1991	856.4
1992	856.4
1993	856.4
1994	856.4
1995	856.4
1996	856.4

**2.1.6.- Suministro de Operación
30% de mano de obra de operación**

Año	Costo MM\$
1987	40.97
1988	51.18
1989	61.42
1990	71.66
1991	81.90
1992	92.13
1993	102.37
1994	112.61
1995	122.85
1996	122.85

**2.1.7.- Regalfas
1% de las ventas**

Año	Costo MM\$
1987	125.00
1988	156.25
1989	187.50
1990	218.75
1991	250.00
1992	281.25
1993	312.50
1994	343.50
1995	375.00
1996	375.00

2.1.8.- Total de Costos Variables de Operación

El total es igual a la suma del costo de materia prima, mano de obra, personal de supervisión, servicios auxiliares, mantenimiento y reparaciones, suministro de operación y regalías.

Año	Costo MM\$
1987	10 193.53
1988	12 527.38
1989	14 862.09
1990	17 227.49
1991	19 561.77
1992	21 864.80
1993	24 199.11
1994	26 533.31
1995	28 866.76
1996	28 866.76

2.2.- Costos Fijos de Inversión

2.2.1.- Depreciación y Amortización

Se considera la depreciación como 10% anual de la Inversión fija.

Con lo anterior la depreciación será igual a 1 712.8 millones de pesos anuales en el lapso de 10 años de vida del proyecto.

2.2.2.- Seguros e Impuestos

Se consideran como el 1% de la Inversión Fija, lo cual representa 171.28 millones de pesos cada año durante la vida del proyecto.

2.2.3.- Total de Costos Fijos de Inversión

El costo total de los costos fijos de inversión, está dado por la suma de la depreciación y amortización y seguros e impuestos; lo que representa un total de 1884 millones de pesos cada año.

2.3.- Costos Fijos de Operación

Se consideran como el 45% del costo anual de la mano de obra de operación y supervisión.

Año	Costo MM\$
1987	73.71
1988	85.97
1989	110.56
1990	128.99
1991	147.42
1992	165.84
1993	184.27
1994	202.70
1995	221.13
1996	221.13

2.4.- Gastos Generales

2.4.1.- Gastos Administrativos
10% de los ingresos por ventas

Año	Costo MM\$
1987	1 250.00
1988	1 562.50
1989	1 875.00
1990	2 187.50
1991	2 500.00
1992	2 812.50
1993	3 125.00
1994	3 437.50
1995	3 750.00
1996	3 750.00

2.4.2.- Gastos de Distribución y Ventas

Año	Costo MM\$
1987	500.00
1988	625.00
1989	750.00
1990	875.00
1991	1 000.00
1992	1 125.00
1993	1 250.00
1994	1 375.00
1995	1 500.00
1996	1 500.00

2.4.3.- Gastos de Inversión y Desarrollo
1% de los ingresos por ventas

Año	Costo MM\$
1987	125.00
1988	156.25
1989	187.50
1990	218.75
1991	250.00
1992	281.25
1993	312.50
1994	343.75
1995	375.00
1996	375.00

2.4.4.- Total de los Gastos Generales

En la suma de los gastos administrativos, gastos de distribución y venta y gastos de investigación y desarrollo.

Año	Costos MMS
1987	1 875.00
1988	2 343.75
1989	2 812.50
1990	3 281.25
1991	3 750.00
1992	4 218.75
1993	4 687.50
1994	5 156.25
1995	5 650.00
1996	5 650.00

2.5.- Presupuesto de Egresos

Es igual a la suma de los costos variables de operación, costos fijos de inversión, costos fijos de operación y gastos generales.

Año	Egresos
1987	14 026.24
1988	16 841.10
1989	19 669.15
1990	22 521.73
1991	25 343.39
1992	28 133.39
1993	30 954.88
1994	33 776.26
1995	36 621.89
1996	36 621.89

Sección 3.- Utilidad de Operación

Es la diferencia de los presupuestos de ingresos y egresos.

Año	Utilidad MM\$
1987	(1526.24)
1988	(1216.10)
1989	(919.15)
1990	(646.73)
1991	(343.19)
1992	(8.39)
1993	295.12
1994	598.74
1995	878.11
1996	878.11

Sección 4.- Punto de Equilibrio

El volumen de soda ash que debe elaborarse con el fin de no tener utilidades ni pérdidas, se determina con el punto de equilibrio económico. La ecuación que se aplica es la siguiente:

$$V_m = \frac{C_f}{P - C_v}$$

Donde

V_m = Producción mínima económica.

C_f = Costos Fijos Totales.

C_v = Costos variables unitarios

P = Precio de venta.

$$V_m = \frac{6\ 877.02}{0.125 - 0.096225} = 238.72$$

$$V_m = 238\ 972 \text{ toneladas}$$

Esta cantidad representaría una venta de:

29 871.5 millones de pesos.

Sección 5.- Rendimiento de la Inversión

Periodo	Utilidad MM\$
1	(1 526.24)
2	(1 216.10)
3	(919.15)
4	(646.73)
5	(343.19)
6	(8.39)
7	295.12
8	598.74
9	878.11
10	878.11

Suma de Utilidades = (2 009.72)

Promedio = (200.97)

$$ROI = \frac{(200.97)}{17\ 128.00} \times 100 = (1.17)$$

Esté valor del rendimiento de la inversión nos señala que el proyecto no es rentable.

El tiempo de recuperación de la inversión de 17.4 años por lo cual queda fuera del periodo de vida del proyecto.

**Sección 6.- Rendimiento Ingenieril de la Inversión
(ROI Ingenieril)**

Periodo	Utilidad más Depreciación
1	186.56
2	496.70
3	793.65
4	1 066.07
5	1 369.61
6	1 704.41
7	2 007.92
8	2 311.54
9	2 590.91
10	2 590.91

Suma de utilidades = 15 118.28

Promedio = 1 511.83

ROI Ingenieril = $\frac{1\ 511.83}{17\ 128.00} \times 100 = 8.83\%$

El rendimiento ingenieril obtenido es muy bajo como para no realizar el proyecto.

**Sección 7.- Conclusiones del Análisis
Financiero y de Rentabilidad.**

De acuerdo a los criterios de análisis seleccionados en el presente capítulo, se determinó que el proyecto para instalar una planta de soda ash en México mediante el proceso Solvay no es recomendable.

El proyecto no es rentable debido a los altos costos de las materias primas y equipo. Además del bajo precio que tiene la soda ash, el cual no puede aumentarse demasiado debido a los bajos precios que rigen el mercado mundial.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La soda ash es un producto de vital importancia ya que se utiliza en la elaboración de vidrio, jabones, detergentes, tripolifosfato de sodio, tratamiento de aguas, extracción de metales industria química en general.

La primer forma en que se obtuvo fue a través de plantas que al quemarlas proporcionaban un porcentaje considerable de soda ash, siendo su uso principal en la elaboración de vidrio y jabones. Además se obtenía de lagos salados, los cuales por su ubicación ofrecían desventajas; posteriormente se crearon los procesos Leblanc, electrolítico y Solvay, siendo éste último el más utilizado actualmente junto con el proceso de purificación de trona.

En México es fabricado por dos compañías que son Industria del Alcalí, S. A. y Sosa Texcoco, S. A. La primera utiliza el proceso Solvay, mientras que la segunda lo obtiene por purificación de la salmuera del Lago de Texcoco cuál es el único yacimiento de este material que se ha encontrado en México con capacidad de explotación industrial.

En la actualidad la producción nacional (460,000 toneladas) es insuficiente por lo que se ha importado de los Estados Unidos, por lo cual, para satisfacer completamente sus necesidades, se importan cerca de 100 000 toneladas y se espera que para 1996 sea de 300 000 toneladas.

En este estudio se encontró que mientras nos se encuentran yacimientos de Trona de México, el proceso más conveniente para producir soda ash es el Solvay el cual utiliza materias primas de fácil acceso como son: sal común, piedra caliza y amoníaco.

El lugar óptimo para instalar una planta de este tipo es Monterrey, N.L. debido a que es un centro de consumo y posee buenas vías de comunicaciones a los demás centros de consumo, además de la cercanía a los lugares donde se encuentran las materias primas.

En el capítulo de capacidad de la planta e inversiones necesarias, se determinó que el equipo necesario para instalar una planta productora de soda ash tiene un costo de 17 128 millones de pesos.

Desafortunadamente, de acuerdo a la evaluación económico realizada, la producción de soda ash por medio del proceso soda al amoníaco no es rentable en México. Esto se debe al alto costo de las materias primas y al alto costo del equipo, de la soda ash en el mercado nacional e internacional y a la explotación a muy bajos costos de los yacimientos naturales de trona en California, Wyoming, E. U. Las reservas estimadas en Wyoming son de alrededor de 15.5 billones de toneladas métricas.

Una variaciones al proceso Solvay ha sido propuesta, pero se encuentra en la etapa inicial de desarrollo, el cual podría resolver muchos problemas.

La soda ash ha tenido un incremento en el uso de detergentes y jabones, dándose una pequeña disminución en el vidrio debido a que ha sido desplazado en pequeña proporción por los plásticos.

En México conviene que las deficiencias sean cubiertas mediante ampliaciones de fábricas ya existentes o bien explorar más nuestro territorio en busca de yacimientos naturales en los cuales se pueda implantar el proceso de purificación de Trona que es el más rentable en el mundo actualmente.

Debido a que México ha ingresado al GATT, las importaciones aumentaran si no se restringen. Ocaionando posiblemente el cierre de la planta que aplica el Método de Solvay y a la vez traería como consecuencia una fuga mayor de divisas.

INSTITUCIONES Y EMPRESAS VISITADAS

- A).- Industria del Alcall, S. A.
-Félix Parra No 39 2o. Piso
San José Insurgentes, México, D.F.
-Villa de García, N.L.
- B).- Sosa Texcoco, S. A.
Paseo de la Reforma No. 2113
9o. Piso México, D.F.
- KM. 24 Carretera México-San Cristobal
Ecatepec, Edo. de México
- C).- Instituto Mexicana de Comercio Exterior
Alfonso Reyes No. 30 P.B. Col. Condesa
México, D.F.
- D).- Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas
Legaria 634, Col. Irrigación
México, D.F. ., C.P. 11500
- E).- Instituto Mexicano del Cemento y Concreto, A. C.
Insurgentes Sur 1846, Col. Florida, México, D.F.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) Anuario de la Industria Química Mexicana en 1984
ANIQ
- 2) Aries, R. S. and R. D. Newton
Chemical Engineering Cost Estimation
First Edition
Mc Graw-Hill
New York 1955
pags. 20-72
- 3) Ballor, J. C. et al
Comprehensive Inorganic Chemistry
Pergamon Edition
U. K. 1973, pags. 453-460
- 4) Cannon, M. S. and R.C., Brasted
Comprehensive Inorganic Chemistry
Volume Six, The Alkali Metals
First Edition
Van Nostrand Company
U. S. A. 1957
- 5) Chemical Marketing Reporter
(News Paper)
Second class p. o. entry
septiembre de cada año
- 6) Considine M. M. Douglas
Chemical and Process Technology Encyclopedia
Mc. Graw Hill Book Company
Part. II
pags. (1049, 1050)
U. S. A. 1974
- 7) De Bussy, J. H.
Materials and Technology
Volume II
First Edition; Longmans
London 1968, pags. 450-457
- 8) Directorio de Empresas, Productos Servicios y Distribuidores
de la Industria Química Mexicana 1986.
ANIQ

- 9) Encyclopedia of Science and Technology
Volume 12
First Edition
Mc Graw Hill
U. S. A. 1971
pags. 462-496
- 10) Faith, Keyes and Clark's
Industrial Chemical
4th Edition;
A Wiley Interscience Publications
Second Edition
Wiley
U. S. A. 1980
- 11) Foust, A. S. et al
Principles of Unit Operations
Wiley
U. S. A. 1980
- 12) Gufa de la Industria Quimica; Productos Quimicos
Litompretores, S. A.
México 1983
- 13) Hall, R. S. et al
Current Cost of Process Equipment
Chemical Engineering
April 15, 1982
pags. 80-116
- 14) Henglein, F. A.
Compendio de Tecnología Química
Segunda Edición
Manuel Marin, Editor
Barcelona 1943, pags. 370-371
- 15) Hesseland, M.
Prácticas de Química Industrial
Manuel Marin, Editor
Barcelona 94-95
- 16) Himmelblau, D. F.
Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química
Primera Edición
C E C S A
México 1979

- 17) **Industridata de Empresas Grandes 1985-1986**
Mercamétrica Ediciones, S. A.
Novena Edición
México 1986
- 18) **Kent, J. A.**
Riegel's Hand book of Industrial Chemistry
Seventh Edition
Van Nostrand Reinhold Company
U. S. A. 1974
pags. 125-132
- 19) **Kern, D. Q.**
Process Heat Transfer
Mc Graw-Hills, Tokyo 1950
- 20) **Kirk-Othmer**
Encyclopedia of Chemical Technology
Volume 1
Third Edition
Wiley, U.S.A.
- 21) **La Minería en México**
S P P; S P F I
México 1981
- 22) **Lange, N. A.**
Handbook of Chemistry
Sixth Edition
Hadbook Publishers, Inc.
Sandusky Ohio 1946
pags. 166-171
- 23) **Localización Industrial en México**
American Chamber of Commerce of México, A. C.
México 1986
pags. 166-171
- 24) **Mancera, E. Octavio**
Carbonato de Sodio Natural
Tesis UNAM (Escuela Nacional de Ciencias Químicas).
- 25) **Manuel para Estudios Económicos en Mexico 1983-1984**
Octava Edición
Mercamétrica Ediciones, S. A.
- 26) **Mercamétrica de 80 Ciudades Mexicanas (1985-1986)**
Mercamétrica Ediciones
México 1986
Pags. 302-312

- 27) Meissner, H.
Process and Systems in Inorganica Chemistry
First Edition
Prentice Hall
U. S. A. 1971
pags. 207-211
- 28) Metales Industriales
Escuela Nacional de Ciencias Químicas
México 1955
pags. 8-11
- 29) Molinari, H.
Química General y Aplicada a la Industria Química
Inorgánica
Tomo II.- Metales
Segunda Edición
Gustavo Gil
Barcelona 1934
pags. 115-133
- 30) O Con, J. y G. Tojo
Problemas de Ingeniería Química
Operaciones Básicas
Tercera Edición
Aguilar
Madrid 1976
- 31) Perry, R. H. and C. H. Chilton
Chemical Engineers Hand book
Fifth Edition
Mc Graw Hill
Tokyo 1973
- 32) Peters, M. W. et al
Plant Design and Economic for Chemical Engineers
First Edition
U. S. A. 1970
- 33) Popper, Herbert
Modern Cost Engineering Techniques
Mc Graw Hill Inc.
U. S. A. 1970
- 34) Producción Química Mexicana 85
Litógrafos, S. A.
México
- 35) Shreve, R. N.
Industrias de Proceso Químico
Primera Edición
Editorial Dossat, S. A.
Madrid 1954
pags. 353-365

- 36) Sittig, M
Inorganic Chemical and Metallurgical Process Encyclopedia
Noyes Development Corporation
U. S. A. 1968
pags. 636, 660, 667
- 37) Smith, J. M. and H. C. Van Ness
Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics
Third Edition
Mc Graw 1975
Tokyo 1975
- 38) Soto, Rodríguez, Humberto e. t. a. l.
La Formulación y Evaluación Técnico-Económica de
Proyectos Industriales
2a. Edición
Editovisual CENETI
México 1978
- 39) Stohamann, F. and B. Kerl
Gran Enciclopedia de Química Industrial
Volumen XII. Metales
Francisco Seix-Editor
Barcelona
pags. 711-776
- 40) Supplement to Mellor's
Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical
Chemistry
Volume II
Supplement II. The Alkali Metals
part. I
First Edition
Longmans.
U.K. 1961
- 41) Taggart, A. F.
Handbook of Mineral Dressing, Ores and Industrial
Minerals
First Edition
Wiley
U. S. A. 1927
- 42) Te Pang Hou
The Manufacture of Soda
Reinhold Publishing Corp. New York, 1942.

- 43) The Economics of Soda Ash
First Edition
Roskill Information Services, Ltd.
London 1981
- 44) The Merc Index
teht Edition
U. S. A. 1983
pag. 1232
- 45) Thorpe, E.
Enciclopedia de Quí mica Industrial
Volumen 6
Editoria Labor
Barcelona 1926
pags. 205-253
- 46) Thuesen, H. G. e.t.a.l.
Economía del Proyecto en Ingeniería
Primera Edición
Prentice Hall
México 1976
- 47) Ullmann, F.
Enciclopedia de Química Industrial
Sección II.- Industria Química Inorgánica y sus Productos
Tomo II
Gustavo Gili Editor
Barcelona 1931
pags. 505-546
- 48) Vian, A.
Curso de Introducción a la Química Industrial
Primera Edición
Alhambra
Madrid 1976
pags. 74-82
- 49) Welty, J. R. e. t. a. l.
Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer
Second Edition
Wiley
U. S. A. 1976
- 50) Winnancker, K. y Weingaerter, E.
Tecnología Química
Segunda parte.- Química Industrial Inorgánica.
Gustavo Gili
Barcelona 1958