

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO ECONOMICO Y ANTEPROYECTO PARA
LA INSTALACION DE UNA PLANTA DE HIPOCLO-
RITO DE CALCIO EN EL ESTADO DE VERACRUZ.

153

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N

CARLOS ENRIQUE GUTIERREZ LEDUC
JAVIER GONZALEZ PEREZ



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 esta 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.

CLAS. Tesis
ADQ. 1975
FECHA 11.1.1978
PROC.



QUINDÍO

A nuestros padres:

Lic. David E. Gutiérrez O. y Profra. Alicia Leduc G.

Sr. Augusto González G. y Sra. María Dolores Pérez.

A Mayda y Leticia.

Con cariño a nuestros hijos:

Roberto y Carlos Antonio.

CONTENIDO DE LA TESIS

NUMERO DE PAGINA

| | |
|---|-----|
| Introducción | |
| Breve historia del producto y derivados. | 1 |
| Capítulo I | |
| Información técnica. Constantes y propiedades. | 4 |
| Capítulo II | |
| Usos. | 14 |
| Lista de patentes. | 23 |
| Capítulo III | |
| Principales procesos de fabricación de hipoclorito de calcio. | 39 |
| Capítulo IV | |
| Importación, exportación y consumo nacional. | 50 |
| Capítulo V | |
| Breves consideraciones. | 54 |
| Ventajas del proceso elegido. | 55 |
| Diagrama de bloques del proceso de fabricación. | 58 |
| Explicación y cálculos de proceso y equipos. | 58 |
| Cálculo de la eficiencia de reacción. | 62 |
| Dimensionamiento del reactor | 66 |
| Diagrama de flujo del proceso. | 78 |
| Filtración. | 83 |
| Secado. | 87 |
| Diagrama completo del proceso. | 89 |
| Capítulo VI | |
| Estudio Económico. | 90 |
| Estimación de inversión. | 90 |
| Estimación de costos de producción y administración. | 92 |
| Estimación total anual. | 95 |
| Ingresos, utilidades e impuestos. | 95 |
| Balance proforma. | 96 |
| Estado de pérdidas y ganancias proforma. | 98 |
| Diagrama del punto de equilibrio. | 100 |
| Capítulo VII | |
| Conclusiones y recomendaciones. | 101 |
| Bibliografía | 104 |

INTRODUCCION

La industria es el factor común del desarrollo de todos los países, en consecuencia en nuestro país debemos encaminar nuestros esfuerzos y estudios para el mejor aprovechamiento de los recursos naturales, materias primas, productos intermedios y subproductos.

Lamentablemente en nuestro medio industrial se desperdicia una gran cantidad de subproductos susceptibles de regeneración y aprovechamiento por escasez de técnica adecuada, y falta de recursos económicos.

En la presente tesis, para la selección de este producto se consideró la existencia de una demanda nacional demostrada por la importación realizada durante los últimos años; considerándose igualmente el crecimiento de la industria nacional que utiliza el producto en calidad de insumo y la existencia en el estado de las materias primas necesarias para su elaboración.

Los criterios para seleccionar el producto fueron los siguientes:

a) El sugerido por la Secretaria de Industria y Comercio a través de su lista de 369 productos industriales susceptibles de industrialización en el país con el objeto de sustituir importaciones.

b) Se consideró los recursos naturales y materias primas que el estado posee, produce o es susceptible de explotarse dentro de su territorio.

c) En lo referente a la potencialidad del mercado nacional se consideró la utilización del producto seleccionado, el valor de sus importaciones y la tendencia positiva de la demanda nacional.

Por lo que respecta a la selección de la zona, se consideró en primer término la existencia de una infraestructura más o menos desarrollada, principalmente en lo referente a comunicaciones y transportes, aunada a una existencia previa de zonas auxiliares de servicio en cantidad suficiente, es decir, de mano de obra, agua para usos industriales, y finalmente agua potable y energía eléctrica suficiente.

La zona Coatzacoalcos, en la cual se piensa ubicar esta planta cuenta con una red de comunicaciones que satisface sus necesidades.

BREVE HISTORIA DEL PRODUCTO Y DERIVADOS

El hipoclorito de calcio se conoce también con el nombre de "cloruro de cal" o "cal clorada" y es un producto formado por la acción del cloro sobre el hidrato de calcio, y contiene:



en distintas proporciones, además de pequeñas proporciones de impurezas, es, en realidad, un cuerpo sumamente complejo formado en su mayoría de hipoclorito de calcio, al que parece debe sus propiedades.

El hipoclorito de calcio fue descubierto en 1798 por Charles Tennant, quien sustituyó en la absorción del cloro los compuestos alcalinos caros por cal, siendo el abaratamiento del producto y proceso el primer efecto notable, así como el principal.

En 1799 se erigió la primer fábrica de hipoclorito de calcio, en St. Rollex, cerca de Glasgow. Posteriormente, en 1875, Kingsett prepara el hipoclorito de calcio cristalino por evaporación del polvo blanqueador, cristalizándose en diminutas agujas con tres moléculas de agua de cristalización, desde 1906 crece el número de patentes y el vo-

lumen de producción del hipoclorito de calcio, indicando el interés de la industria química en su elaboración.

La capacidad de producción fué incrementada en los tiempos de la primera guerra mundial, y en Estados Unidos de América se produjeron 70,000 toneladas en 1919, la producción declinó a 50,000 toneladas en 1922 y llegó aproximadamente a 115,000 toneladas en 1925, a partir de lo cual decreció sucesivamente hasta 63,000 toneladas en los días de 1931, para 1939 la producción decreció hasta 13,000 toneladas.(11)

Durante la segunda guerra mundial, una capacidad considerable fué instalada como una precaución para contrarrestar el gas de guerra, pero esto no fué necesario, porque las plantas ya instaladas trabajarían a su máxima capacidad, cumpliendo con las necesidades existentes.

La mayor explotación del hipoclorito de calcio es debida a la Chemische Fabrik Griesheim-Elektron, A.G. quien fabrica un producto conocido como "perchloron", el cual contiene aproximadamente un 75% de cloro activo.

INFORMACION TECNICA. CONSTANTES Y PROPIEDADES

Hipoclorito de calcio y derivados.

Durante las diferentes etapas de que fué objeto el estudio de la preparación del hipoclorito de calcio, se encontrarón diversos -- compuestos neutros y básicos, la mayoría de los cuales estan contenidos en la tabla I.

Hipoclorito de calcio neutro anhidro.

Su fórmula es $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, su peso molecular es de 142.99. No ha sido preparado en alguna clase de cristales con forma reconocible, lo que acontece es que el dihidrato neutro sufre una transformación a un bajo hidrato, posiblemente a la forma anhidra, a 74°C .; la rapidez con que esta descomposición acontece hace difícil separar y examinar los cristales que son formados.

La forma anhidra es preparada a partir de una deshidratación del dihidratado. Sucediendo entonces que el dihidratado es doblado a lo largo de un borde común, como las pastas de un libro, la forma anhidra sera entonces de placas irregulares juntas o adyacentes a lo largo de un borde. Sus índices de refracción son algo difíciles de determinar con exactitud, siendo estos entre 1.535 y 1.550, durante las investigaciones de Bunn, Clark y Clifford a este respecto encontrarón un valor alto de 1.650 y 1.690. (11)

Hipoclorito de calcio neutro dihidratado.

Su fórmula es $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Su peso molecular es 179.03

Por lo que respecta a su preparación se obtiene como pequeñas láminas de forma tetragonal, doblado sobre los bordes o bien traslapadas, es decir pequeñas láminas parcial o totalmente cubiertas con otras, su tamaño es de 5 a 8 micras por lado y algunas veces tienen una forma -- irreconocible, otras veces se obtienen cristales grandes de aproximadamente 40 o 50 micras por largo y 4 o 5 micras de ancho, estos últimos cristales muestran también una forma tetragonal, comunmente con caras de 45°, siendo sumamente frágiles y por lo mismo requieren de un cuidadoso manejo. Algunas veces estos cristales son llamados trihidratados y cuando se les prepara pobremente se obtienen valores excesivos de agua de dos y media veces hidratado, sucediendo esto por la oclusión de la solución entre las paredes del cristal. La solución ocluida generalmente se diferencia por lo que respecta a la composición del licor madre, del cual son separados los cristales. Con los cristales grandes, el agua de el hidratado se puede considerar de, una manera definitiva como menor al dos y medio veces hidratado y cercano al dihidratado. Por lo que respecta a sus índices de refracción son de 1.530 y 1.630.

Hipoclorito de Calcio hemibásico.

Su fórmula es $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 1/2 \text{Ca}(\text{OH})_2$. Su peso molecular es 180.04.

Sobresale de los demás por la variedad de formas en que se encuentra. A temperaturas bajas su forma es de agujas finas, puntadas en ambos extremos; su tamaño puede ser de menos de 10 micras de longitud y menos de una micra de ancho. En soluciones apropiadas a una temperatura de 55 o 50°C. se pueden obtener cristales de cien a doscientas micras de longitud y con cuarenta o cincuenta micras de ancho, punteados unicamente en un extremo y con una hendidura en el o--

tro, siendo este extremo el máximo grosor. Esta hendidura es una característica de las condiciones de crecimiento, y también ocurre en cristales que se forman por abajo de 35°C. Los cristales grandes son fácilmente filtrables y se secan en aire a temperatura de 110 a 120°centígrados, en cambio, los cristales pequeños son a veces imposibles de filtrar o lavar, entonces la lechada que los contiene se torna viscosa. Este material se llama con frecuencia "monobásico" o "dos-tresbásico", y algunas veces hidratado, esta variedad de nombres resulta de la dificultad para separar los cristales que se forman por temperaturas por abajo de los 35°C. Por lo que respecta a sus índices de refracción son de 1.52, 1.56 y 1.61, siendo de elongación negativa.(11)

Hipoclorito de calcio dibásico.

Su fórmula es $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2 \text{Ca}(\text{OH})_2$. Su peso molecular es de 291.18.

Este es un compuesto intermedio importante para algunos de los procesos existentes para la preparación del hipoclorito de Calcio su forma es de cristales con un contorno perfectamente hexagonal, de 20 a 25 micras de diámetro y 2 a 4 micras de espesor esto es fácil de obtener de la solución.

Existen cristales más gruesos de arriba de 100 micras de espesor y varios cientos de micras de diámetro, mostrando una forma de cristal hemiedral, es decir cristales que presentan modificaciones únicamente en la mitad de las aristas y de los ángulos correspondientes, algunas veces triangulares y con índices de refracción de 1.510 y 1.585. Estos cristales pueden ser obtenidos muy puros, siendo la mayoría de las impurezas existentes del medio

filtrante, los cristales son secados por medio de aire a una temperatura de 110 a 125°C, el licor madre forma un polvo que se separa posteriormente del producto en tal forma que el material seco obtenido es sumamente puro. La sal dibásica se disuelve lentamente en agua formando una solución con un contenido aproximado de cinco a seis por ciento de cloro disponible después de una considerable agitación; por el contrario, a partir del material neutro anhidro se obtienen soluciones con un contenido de un 15 a 20% de cloro disponible, estas mismas soluciones se obtienen a partir del hemibásico después de un tiempo moderado. Los licores madres se tratan frecuentemente con cal con el objeto de precipitar el compuesto dibásico, el cual contiene una parte de cloro que puede ser recuperable con el objeto de reducir las pérdidas en el filtrado. Sin embargo los cristales dibásicos que se forman a partir de soluciones con un alto contenido de cloruro de calcio se forman pobremente y presentan dificultades para su filtración.

Hipoclorito de calcio tetrabásico.

Su fórmula es $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 4 \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$. Su peso molecular es de 982.75.

Es este un compuesto inestable, formado por cloración de una lechada de cal enfriándose hasta 22°C., esta formación es únicamente parcial. Su forma es de agujas en tamaños variados, las agujas grandes se pueden lograr en un tanque de enfriamiento, de los llamados de "congelamiento". Las lechadas no son recobrables, pero son disueltas posteriormente con agua caliente y vapor.⁽¹¹⁾

Cloruro de calcio monobásico hidratado.

Su fórmula es $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Su peso molecular es de 203.11.

Este compuesto es un importante constituyente de todas las preparaciones desde el punto de vista comercial de Hipoclorito de Calcio, siendo formado durante la etapa de secado, debido a la reacción del cloruro de calcio con cal. La presión de vapor que ejerce el agua sobre el hidrato es menor que la que ejerce sobre el cloruro de calcio monohidratado, teniéndose por consecuencia que la unión del agua en este compuesto sea sumamente difícil de quitar, apareciendo ordinariamente en el producto final. Este hidrato tiene una forma característica, semejando una espiga con toldo, cuando es formado lentamente de las soluciones, siendo usualmente submicroscópico en tamaño, de forma semejante a los polvos de blanqueo.(11)

Hidróxido de calcio.

Su fórmula es $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Su peso molecular es 74.10. Se obtiene en forma de grandes cristales dobles, de 100 micras o más de diámetro, por medio de un filtrado lento de los cristales laminares grandes del dibásico, los cuáles son transformados a cal sin que cambie su forma cristalina.

La cal que se usa en las preparaciones de Hipoclorito de Calcio produce algunos carbonatos de calcio, óxidos de manganeso y magnesio, sílice e hidróxido de aluminio y fierro. El sulfato de calcio es obtenido en cantidades suficientes como para poder ser fácilmente distinguible en el producto final. Estos materiales no afectan de manera alguna el proceso excepto como insolubles.

Polvos de Blanqueo.

Cuando son preparados adecuadamente tienen una forma de polvo seco, con una estabilidad favorable y con un contenido de cloro-disponible de no más de un 37%. Son llamados también "cloruro de cal" o "cal clorada".

Se pueden considerar como compuestos de distintos materiales y no como mezcla de Hipocloritos de Calcio, cloruros y sales básicas.

La composición de este compuesto no ha podido ser encontrada a la fecha. Durante los trabajos de investigación efectuados con este objeto encontró Mellor basándose en trabajos de E. Von Meyer en 1889, lo siguiente:

"Los polvos de blanqueo han sido objeto de numerosas investigaciones hechas con el objeto de llegar a su constitución, y puede decirse que no obstante estos esfuerzos, su composición dudosa prevalece, no encontrándose tampoco alguna substancia parecida de composición simple."

Estudios en forma intensiva sobre estos polvos de blanqueo fueron continuados durante 1930, sin éxito alguno. Posteriormente Bunn, Clark y Clifford, en 1935, reportaron trabajos que incluían estudios microscópicos y de rayos X. A partir de entonces los trabajos y referencias literarias fueron decreciendo rápidamente.

Las características de composición de los polvos de blanqueo no son estables cuando estos están en contacto con una solución acuosa. Cuando los polvos de blanqueo son calentados por arriba de 40° C., el Hipoclorito de Calcio hemibásico, el dihidratado neutro y el clo

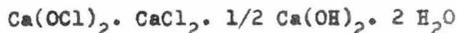
ruro de calcio básico, así como soluciones acuosas, pueden llegar a ser formados, dependiendo esto de la composición que tuvieron los polvos de blanqueo antes del calentamiento, si posteriormente esta mezcla es enfriada no se obtiene el producto original. Los polvos de blanqueo que han sido alterados de esta manera forman una pasta húmeda y son más corrosivos y menos estables. De igual manera por almacenamientos prolongados a una temperatura de 0°C., no se logra un proceso reversible para que el material calentado regrese a su forma original de polvos de blanqueo normales.

Las propiedades anteriormente mencionadas hacen el estudio del compuesto sumamente difícil, sin embargo, durante la preparación de los polvos de blanqueo, la cal hidratada usada con este fin, puede variar bastante en reactividad, dependiendo de su origen y de su composición en la roca de cal original, igualmente depende de los métodos de quemado e hidratado usados en su preparación. En el proceso de preparación de los polvos de blanqueo existen de uno a varios puntos en los cuales la velocidad de absorción del cloro es marcadamente decreciente. Si se continua clorando después de este punto aparecen la delicuesencia y algunas veces un "punto húmedo".

Los trabajos más recientes asignan dos fórmulas para los polvos de blanqueo.



y



La primera de las fórmulas anteriores corresponde a más o menos un 35% de blanqueador y algunas veces con un contenido de agua de 50 a 60% mayor que el especificado en la fórmula, durante las investigaciones de Bunn, Clark y Clifford, se mostró que el cloruro de-

calcio básico hidratado, $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, era un constituyente promi-
nente de algunas preparaciones de polvos de blanqueo y postularón -
que el cloruro de calcio formado durante el proceso de preparación de-
los polvos de blanqueo formaba parte de este compuesto. La mezcla re--
sultante no debería ser higroscopica, y la cloración despues del punto
donde toda la cal era unida con este compuesto era más difícil que la-
cloración en el punto donde la cal estaba presente en forma libre. El-
compuesto estaba ciertamente presente en los polvos de blanqueo calen-
tados por arriba de los 40°C ., o que tienen una conveniente humedad, -
pero no es un constituyente prominente a bajas temperaturas o delicue-
sencias menores. Una gran cantidad de polvos de blanqueo preparados du-
rante las dos guerras mundiales contienen más de un 37% de cloro dispo-
nible, y el hidróxido de calcio residual se logro bajar de un 10 a un-
4%, estos polvos de blanqueo fueron generalmente delicuesentes y menos
estables en comparación con los polvos de baja reactividad, sin embar-
go la reducción que se logro por cargos de flete y pérdidas en los lo-
dos fue acompañada de una pérdida de estabilidad que fue algunas veces
conveniente y otra no, segun el propósito a que se destinarón.

En resumen, no hay una composición "promedio" para los pol-
vos de blanqueo, el hidróxido de calcio varia desde un 18% hasta un 4%
el cloro disponible desde un 33% hasta un 42%, en otras raras ocasio--
nes tiene un porcentaje mayor; el cloro total es generalmente de un 2-
a 3% mayor que el cloro disponible; el agua es usualmente de un porcen-
taje de 13 a 14%, sin embargo se ha conseguido en algunos polvos un se-
cado parcial; el clorato de calcio es de un porcentaje usualmente bajo
excepto cuando la cloración sufre un cambio a 40% de cloro disponible-
los carbonatos e insolubles son de 3 a 5%.

La manufactura de polvos de blanqueo standard viene sufrien-
do una discontinuación grande en los últimos tiempos.

| COMPUESTO | FORMULA | FORMA |
|---|--|--|
| Neutro anhídrido | $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ | Placas y masas irregulares |
| Neutro Dihidratado | $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ | Placas tetragonales, - dobladas sobre los bor- des como pastas de li- bro. |
| Neutro Trihidratado | $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ | Placas tetragonales |
| Hemibásico | $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 1/2\text{Ca}(\text{OH})_2$ | Agujas punteadas. |
| Dibásico | $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2 \text{Ca}(\text{OH})_2$ | Placas hexagonales -- cuando el cristal es - plano, hemiedral cuan- do es grueso. |
| Tetrabásico | $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot$ $4 \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 24 \text{H}_2\text{O}$ | Agujas de varias pulga- das de longitud. |
| Cloruro de calcio Monobásico hidratado | $\text{CaCl}_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot$ H_2O | Hexagonos hemimórficos |
| Hidróxido de Calcio | $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | Placas hexagonales |
| Polvos de blanqueo o Cloruro de cal | Fórmula empírica $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot$ $\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ | Polvo blanco con fuer- te olor a cloro |

TABLA I. HIPOCLORITO DE CALCIO Y DERIVADOS.

CONSTANTES FÍSICAS

Debido a la dificultad que ofrecen algunas formas del hipoclorito de calcio, para poder determinar su forma con exactitud, y como de igual manera sucede con su fórmula, es lógico que se encuentren dificultades bastantes serias para poder determinar distintas características físicas de ellas, presentamos aquí un breve resumen de la literatura que se ofrece a este respecto.

Hipoclorito de calcio neutro anhidro.

Su peso molecular es de 142.99 y es de forma irregular, por lo que respecta a su punto de ebullición no se conoce debido a que se descompone a 100°C., es decir se descompone aún antes de su punto de fusión, es soluble en agua fría e insoluble en alcohol. (15).

Hipoclorito de calcio neutro trihidratado.

Su peso molecular es de 197.03 con forma de placas tetragonales, a 60°C pierde sus tres moléculas de agua y no se conocen sus demás propiedades debido a este hecho. (15).

Hipoclorito de calcio dibásico.

Solo existen datos acerca su solubilidad que es ligeramente soluble en soluciones con 5 o 6% de cloro disponible, por lo que respecta a su solubilidad en agua caliente es desconocida debido a que se descompone en esta, así mismo se descompone en ácidos. (15).

CAPITULO II

USOS Y LISTA DE PATENTES

USOS

A continuación se presenta una lista, más o menos detallada de los principales usos del hipoclorito de calcio y sus derivados, así como una breve explicación de la forma en que este es aplicado.

✓ 1) Hipoclorito de calcio como blanqueador de la pulpa de madera del abedul. (16).

La pulpa es calentada, secada y blanqueada con Cl_2 , $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, NaOCl , Na_2O_2 y ClO_2 en diferentes proporciones, el cloro libre no influye en el blanqueo.

J 2) Hipoclorito de calcio como blanqueador de algodón.

Blanquea la pulpa de algodón a un pH de 10.5 y a una temperatura mayor de 90°F, durante una hora. (16)

J 3) Hipoclorito de calcio como blanqueador de una mezcla de madera dura y tierna. (16)

Es un proceso de dos etapas para blanqueo, estudiado a escala de laboratorio. En la primer etapa la pulpa es clorada durante 60 minutos y despues es tratada con 1 o 1.5% de NaOH a temperatura ambiente. El consumo de cloro es de 60% en esta etapa.

En la segunda etapa se blanquea con $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ a una consistencia de la pulpa de 6%, 37°F y pH de 8.0 a 10.0; el consumo total de cloro es de 80 - 95%. El blanqueo se considera adecuado y satisfactorio para el producto deseado.

✓ 4) Hipoclorito de calcio como blanqueador de fibras sintéticas. (16).

Blanquea fibras sintéticas obtenidas de polyacrilatos, resinas poliéster y cloruro de vinilo u otros polímeros sintéticos. Estas fibras son tratadas con él en presencia de ácido cianhídrico.

✓ 5) Hipoclorito de calcio como blanqueador de la pulpa de eucalipto para la fabricación de papel. (16).

El proceso es de dos etapas y esta regido por una patente australiana sin detalles conocidos perteneciente a la Australian Paper-Manufactures Ltd.

6) Hipoclorito de calcio como blanqueador de madera enmohecida. (16).

La superficie de la madera es tratada con hipoclorito de calcio y un álcali como Na_2CO_3 ; en relación de 5 a 1, usándose un catalizador oxidante como KI.

✓ 7) Hipoclorito de calcio como blanqueador de pulpa de celulosa. (16)

La pulpa es blanqueada con Hipoclorito de Calcio y con agentes activos como ésteres sulfatados.

✓ 8) Hipoclorito de calcio como blanqueador en el lavado de ropa. (16)

Es un compuesto particular, consistente de hipoclorito de calcio con un 70% de cloro disponible, soda ash, calcita, cal activa y NaCl diluido, esta mezcla además de ser un excelente blanqueador tiene un efecto que hace menor la necesidad de jabón para la formación de es-

puma.

9) Hipoclorito de calcio como blanqueador de pulpas semiquímicas. (16).

Con Na_2SO_3 y Na_2S . Método japonés desarrollado en la Universidad de Kyoto. Pulpas semiquímicas fueron preparadas a partir de un 62 - 81% de madera del tipo "Pinus Densiflora" por cocimiento de ella con Na_2SO_3 . Na_2S en solución. La pulpa semiquímica fue blanqueada con $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ y NaClO_2 en una única etapa de blanqueo con $\text{Ca}(\text{OCl})_2$.

Se logro un blanqueo de un 91 - 97% de blanqueo de la pulpa semiquímica.

10) Hipoclorito de calcio como blanqueador de astillas de madera. (16)

Desarrollo alemán en 1965; las astillas de madera son movidas continuamente; con compresiones y descompresiones alternadas de una solución de hipoclorito; la cual es sujeta a electrólisis para remover el hidrógeno.

11) Hipoclorito de calcio como blanqueador de polímidas textiles (nylon). (16)

Desarrollo español. Los textiles son primero tratados a la temperatura ambiente y a un pH de 3 - 4, por un tiempo de 15 - 20 minutos, con una solución de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ (0.5 g. de Cloro activo por litro) y despues a 90 - 95° por 5 ó 30 minutos con una solución de Na_2SO_4 para remover el cloro totalmente; cuya ausencia es comprobada despues con una solución acidificada de KI.

12) Hipoclorito de calcio como desinfectante contra la bacteria de las patatas. (16).

Desarrollo ruso. Los datos estan dados para las propiedades desinfectantes de AcOH , HCl , acido láctico, NaOH , EtOH , $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ y formalina contra tres tipos de bacteria "Potato Disease", usando luz ultravioleta en conjunción con H_2SO_4 al 2% y se encontró que es el mejor bactericida para el "Bacillus Mesentericus".

13) Hipoclorito de calcio como desinfectante de albercas.

Usado por la Smith Coll, Northampton, Mass. $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ en soluciones que no contengan ácido cianúrico, son eficientes bactericidas, el procedimiento de laboratorio fue desarrollado por el U.S. Dept. de agricultura.

14) Hipoclorito de calcio como desinfectante de agua para beber. (16).

Desarrollado el proceso en Praga. $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ concentrado con "Bacillus Cereos".

15) Hipoclorito de calcio como deodorante en tabletas de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. (16).

Una mezcla efervescente y polietileno o propileno es usado como deodorante, debido al polietileno las tabletas flotan en agua, descomponiendose en 5 - 10 minutos y deodorizando el aire sobre el agua.

16) Hipoclorito de calcio como deodorante de agua de desperdicios conteniendo aceite. (16).

17) Hipoclorito de calcio como desinfectante sólido.(16)

Es un compuesto sólido que contiene un hipoclorito de calcio que es estable en el estado sólido y un bromuro, ambos componentes son anhídros o tienen el agua de hidratación firmemente unida. El hipoclorito es $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, con ácido cianúrico y ácido tricloro cianúrico, - los cuales son mezclados con KBr o NaBr y se obtiene una mezcla estable sólida. Es posible obtener varias mezclas y se proporcionan datos sobre sus propiedades durante su venta en Diversy Corp. E.U.

18) Hipoclorito de calcio como desinfectante del aire.(16).

Proceso Búlgaro. Se probó en una caja de aerosol, que mezclas de NaClO , $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ y superfosfato de calcio como activador son un efectivo desinfectante del aire contra "Streptococcus Pirogenes, Corynebacterium Xerosis, Staphylococcus Aureus y Escherichia".

19) Hipoclorito de calcio como erradicador de tinta (16).

Patente italiana. Los materiales tratados que pueden ser usados para erradicar la tinta de la pluma atómica son preparados a partir de soluciones que contienen $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ (25-75%), Et-O-Ac (15-45%), - en volumen, y agua.

La solución esta saturada con CO_2 y puede ser guardada en un recipiente que tenga una boquilla de spray.

20) Hipoclorito de calcio como fungicida para orquideas .

Las orquideas pueden ser limpiadas satisfactoriamente de esporas parásitas u otros organismos con hipoclorito de calcio.

21) Hipoclorito de calcio como fungicida para frutas cítricas. (16).

Para períodos de almacenamiento de más de 2 meses, los tratamientos químicos son necesarios; los efectos de el hipoclorito de calcio varían según diferentes frutas.

22) Hipoclorito de calcio como fungicida. (16).

Desarrollo japonés en 1962. 5 Kg. de $KMnO_4$ disueltos en 37.5 lt. de agua caliente, 7 Kg. de cal clorada a 48° y 500 g. de azul de metileno son mezclados con agitación adicionándose después 50 Kg. de cresol. La solución fue más efectiva que las preparaciones de azufre usados con este fin.

23) Hipoclorito de calcio para obtener un licor blanqueador. (16).

Método de E.U.A. de la Hooker Chemical Corp. de Junio 2, de 1959.

24) Oxidación de ciertas cetonas a ácidos por una solución de hipoclorito de calcio. (16).

En general, 0.1 moles de la cetona fueron agregados a una solución de 50 g. de "HTH" $Ca(OCl)_2$ patentado por Mathieson Alkali Works. A $60-70^\circ$, el $NaClO$ residual es destruido con una solución acuosa de $NaHSO_3$; la fase acuosa se acidifica con HCl y el ácido recristaliza a partir del agua.

Los ácidos que se pueden preparar son: $BzOH$ de Et-2-tiofenico a partir de Pr₂-tienil-cetona, 5 metil-2-tiofenico de el 5-metil-2-propionitiofeno y el 2-furoico de el Et-2-furilcetona.

25) Hipoclorito de calcio para purificar el acetileno .

Desarrollo japonés. 200ml. de una solución de polvos de blanqueo y una solución acuosa de NaClO_2 acidificada con AcOH es usado para el tratamiento de gas C_2H_2 crudo.

26) Hipoclorito de calcio como medicamento para animales de granja.

Es usado para control de pestes en algunos animales de granja. Se logra un buen control de insectos y son medicamentos a base de hipoclorito de calcio y "uralita" .

27) Hipoclorito de calcio usado para la purificación de polvos metálicos que contienen cromo . (16)

Patente francesa. En un proceso para la purificación de polvos metálicos que contienen cromo por tratamiento térmico con halógenos gaseosos conteniendo pequeñas cantidades de hidrógeno, la atmósfera de halógenos gaseosos es generada por descomposición de un compuesto de fórmula MoX_2 (X = halógenos), de preferencia $\text{Ca}(\text{OCl})_2$.

28) Hipoclorito de calcio para refinación de azúcar. (16).

Usando el hipoclorito de calcio se hace innecesarias la alcalinización del licor y se reducen las pérdidas por polarización del azúcar.

29) Hipoclorito de calcio usado para remover los mercaptanos de los aceites de hidrocarburos.

Se trata el aceite con hipoclorito mezclándose en 2 pasos a $15-35^\circ \text{F}$ de 1 a 30 minutos, usando una solución alcalina.

30) Hipoclorito de calcio usado en la refinación del petróleo. (16).

Patente de E.U.A. $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ es usado para refinar nafta, - por circulación de una lechada de cal y cloro con una bomba centrífuga a través de un tanque de concreto. El cloro es introducido dentro de - la línea de succión de la bomba y enviado a la pared del tanque, una - velocidad de bombeo de 600 galones por minuto será efectiva para bom- - bear 1 tonelada de cloro en 2.5 hrs. Un diagrama esta dado.

✓ 31) Hipoclorito de calcio para tratamiento de fibra de lana.

Desarrollo japonés en 1934. Para tratar la lana merino con un contenido de grasa de 1.23-1.37%. Se usa hipoclorito de calcio con - cloro disponible en solución. La pérdida de cloro es una función lineal de la cantidad de lana disuelta.

32) Hipoclorito de calcio para el uso de una planta de tratamiento de aguas.

Proceso desarrollado en Long Beach California. Estudios de laboratorio muestran que al aplicar cloro para un suministro de agua - en dosis mayores de 26 p.p.m. antes de la descarga dentro de un reci- - piente, cerca de un 40% de cloro fué perdido debido a la acción de la - luz, del sol y el viento, al aplicar cloro como $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ se obtuvo un - ahorro del 31% de cloro y 76% de NaOH requerida para el ajuste del pH - del agua final, de la misma manera el cloro fué menos efectivo como - blanqueador en la obscuridad, y el $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ fué igualmente efectivo en la luz que en la obscuridad.

33) Hipoclorito de calcio para tratamiento de carbón negro.

Los lodos que contienen carbón negro provenientes de un generador "Fauser" pueden ser absorbidos por medio de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, previa agitación durante 2 horas de la mezcla.

LISTA DE PATENTES

A continuación se presenta una lista de las principales patentes que rigen tanto a la fabricación, como a los usos del hipoclorito de calcio, el orden llevado en la numeración es exclusivamente cronológico.

1) Fabricación de hipoclorito de calcio básico.

Patente Británica No. 188,662. Noviembre 8 de 1922.

Para la "Chemische Fabrik Griesheim-Elektrón".

Describe la forma de producción de hipoclorito de calcio básico por medio de cloración de una lechada de hidróxido de calcio, - la reacción esta tan controlada, que el hipoclorito de calcio se puede producir en las concentraciones que se deseen.

2) Fabricación de hipoclorito de calcio.

Patente Británica No. 195,366. Marzo 6 de 1923.

Para la "Mathieson Alkali Works Inc."

Para la producción de hipoclorito de calcio se pasa clorodentro de un recipiente, el cual contiene agua y carbonato de calcio, - esta solución alcalina es neutralizada con HCl, formandose HClO, el HClO es entonces extraido de la solución por medio de un solvente inmiscible en agua y que no disuelva a el cloruro, tales solventes suelen ser CCl₄, CHCl₃, C₂H₄Cl₂, C₂H₂Cl₄ y Et₂O, en cada caso sólo uno de estos solventes debe ser agregado junto con pequeñas cantidades de un alcano tal como el isopropano. Por medio del licor madre es separado el HClO, el cual formó un compuesto separable con el alcano adicionado, - la separación se lleva a cabo por decantación. Para la producción del

hipoclorito de calcio basta agregar entonces agua para dar un pequeño exceso de la sal hidratada, $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, pero los productos obtenidos contienen una proporción considerable de cal libre, la cual se puede separar por tratamiento con H_2O , filtrando y evaporando la solución de hipoclorito hasta que se seque.

3) Fabricación de hipoclorito de calcio.

Patente Británica No. 323,205. Agente 18 de 1928.

Para la "Mathieson Alkali Works Inc."

Una solución de un alcali cáustico tal como NaOH es clorada y después tratada con CaCl_2 , después el hipoclorito alcalino formado puede ser separado por decantación, la solución remanente puede ser usada para el blanqueo o puede ser tratado con cal para recobrar el cloro disponible como un hipoclorito básico.

4) Fabricación de hipoclorito de calcio.

Patente Británica No. 317,233. Agosto 18 de 1928.

Para la "Mathieson Alkali Works Inc".

Cal junto con un exceso de alcali cáustico es clorada en presencia de agua y la lechada resultante es entonces tratada con un compuesto de calcio como CaCl_2 para convertir el hipoclorito metálico alcalino en hipoclorito de calcio.

5) Fabricación de hipoclorito de calcio.

Patente Británica No. 321,250. Agosto 18 de 1928.

Para la "Mathieson Alkali Works Inc".

$\text{Ca}(\text{OCl})_2$ es obtenido por cloración de una solución o suspensión de cal y un alcali cáustico como NaOH en agua. La contaminación del hipoclorito de calcio con CaCl_2 es prevenida por filtración del

producto.

6) Fabricación del hipoclorito de calcio.

Patente Británica No. 321,720 Agosto 18 de 1928.

Para la "Mathieson Alkali Works Inc."

Es una variación de la anterior en la cual los materiales pueden ser clorados simultaneamente o bien el alcali puede ser clorado primero y la cal entonces añadida. Varios otros detalles y modificaciones son descritos.

7) Fabricación del hipoclorito de calcio.

Patente Británica No. 357,798 Octubre 28 de 1929.

Por I. G. Fabenind.

Para obtener un producto sólido, una solución de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, baja en cantidad de CaCl_2 , es transformada a una solución altamente alcalina por adición o formación de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, y entonces es rapidamente evaporada con aire caliente o un gas inerte y se producen cristales anhidros debido a una deshidratación.

8) Fabricación del hipoclorito de calcio seco.

Patente Alemana 550,907 Octubre 29 de 1929.

Por I. G. Fabenind.

Un alcali caústico es añadido a una solución de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, el cual es entonces atomizado y evaporado para ser secado en aire caliente.

9) Fabricación del hipoclorito de calcio.

Patente Británica 354,093. Septiembre 17 de 1929.

Por I. G. Fabenind.

Cristales de hipoclorito de calcio son obtenidos a partir de un licor de CaCl_2 por adición de una conveniente proporción de Na_2CO_3 .

10) Fabricación de licores de blanqueo a partir de hipoclorito de calcio.

Patente de Bélgica 377,385. Marzo 31 de 1931.

Para la "Société Solvay and Cie".

Cloro y cloruro de cal diluido en un gran volumen son puestos en contacto uno con otro en un gran recipiente, a través del cual son circulados de arriba hacia el fondo y descargados dentro del mismo recipiente en el cual el licor final y el cloruro de cal son mezclados.

11) Fabricación de hipoclorito de calcio neutro.

Patente francesa No. 720,404. Julio 22 de 1931.

Para la "Société Solvay and Cie".

$\text{Ca}(\text{OCl})_2$ practicamente neutro es obtenido por una mezcla de CaO y cloro en un proceso ciclico, comprimiendo su cloración en una solución acuosa separandose $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ neutro.

12) Fabricación de hipoclorito de calcio.

Patente francesa No. 727,662. Diciembre 3 de 1931.

Para la "Société Solvay and Cie".

$\text{Ca}(\text{OCl})_2$ es obtenido a partir de CaCl_2 , por tratamiento de una solución de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ (la cual es precipitada de una lechada de cal) con una solución de un metal alcalino, entonces el calcio insoluble es precipitado. Cristales de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ son separados de la solución y secados.

13) Fabricación de hipoclorito de calcio.

Patente rusa No. 53,139. Noviembre 30 de 1933.

Por G. A. Dmitriev.

Describe la preparación de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ por cloración de una lechada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ la cual contiene además NaOCl y NaCl , el producto filtrado es tratado con sulfato de sodio.

14) Fabricación de hipoclorito de calcio.

Patente británica No. 404,627. Enero 15 de 1934.

Por Francis T. Mehan.

Describe la obtención de hipoclorito de calcio en forma tetragonal, la cual es fácilmente filtrable para posteriormente ser secada.

15) Fabricación de hipocloritos metálicos.

Patente británica No. 570,962. Julio 31 de 1945.

Por Clifford A. Hampel . (Para la Mathieson Alkali Works--
Inc.)

Hipocloritos metálicos son producidos por tratamiento de un alcali o una tierra de un metal alcalino con un alkyl hipoclorito en la fase vapor, en presencia de agua.

16) Fabricación de hipoclorito de calcio dibásico.

Patente británica No. 574,979. Enero 29 de 1946.

Para la "Pennsylvania Salt Co."

$\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2$ es preparado por mezclas de apreciables cantidades de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con una solución acuosa conteniendo cristales de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y añadiendo a la suspensión sales de hipoclorito para convertir el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2$.

La temperatura durante la conversión no debe ser menor de 25°F, preferiblemente 40°F.

17) Fabricación de hipoclorito de calcio.

Patente de E.U.A. No. 2'469,901. Mayo 10 de 1949.

Por Jerome W. Spraner. (Para la Pennsylvania Salt Co.)

$\text{Ca}(\text{ClO})_2$ neutro en cristales facilmente filtrables y de buen tamaño son producidos por adición de cloro a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en suspensión, la cual contiene no más de 33% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y menos de 0.15 partes de CaSO_4 por 100 partes de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. La velocidad por minuto del cloroañadido es de 1 a 2% de la cantidad para la completa cloración y la temperatura es controlada entre 10°F y 25°F. El contenido de CaCl_2 es mantenido en 35 partes por 100 partes de agua.

La fórmula aproximada para los cristales obtenidos es - -
 $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$.

18) Fabricación de hipoclorito de calcio como deodorizante en combustibles sólidos.

Patente española No. 200,118. Noviembre 14 de 1951.

Por Ernesto García Rodríguez.

Esta patente esta descrita en las hojas correspondientes a USOS.

19) Fabricación de soluciones de hipoclorito de calcio.

Patente francesa No. 999,281. Enero 29 de 1952.

Para el "Centro d'études pour l'industrie".

El hipoclorito de calcio es usado en titulaciones de soluciones de cloro, para conocer la concentración. El $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ es mezclado con agua a 20°F agitandose por 12 horas, obteniendose una solución

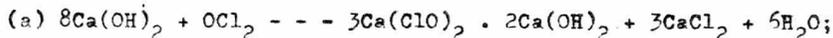
de 39° de titulación clorimétrica.

20) Fabricación de hipoclorito de calcio.

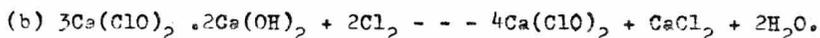
Patente francesa No. 1'019,027. Enero 15 de 1953.

Por André J. Vorburge. (Para Potasse et Produits Chimiques).

Una lechada de cal es clorada en 2 etapas, la etapa primaria consiste de la formación de $3\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (I). Las reacciones básicas son :



y



La cal hidratada fue suspendida en agua de tal forma que la concentración final de CaCl_2 fue de 300 - 400 g/l (usándose una recirculación de los licores madres de (b) y fue tratada con cloro a 40 - 50°F, siendo toda la cal transformada dentro de (I). Alrededor de 0.7 Kg. de cloro fueron necesitados por Kg. de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. La reacción fue completada cuando la alcalinidad fué de 40 - 70 g/l de $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

De (I) los cristales son grandes y fácilmente filtrables.

Los licores madres contenían $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ con 60 - 80 g/l; -- CaCl_2 350 - 400 g/l y $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ 10 g/l. Los cristales filtrados en (I) son secados. Una tonelada de 95% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, da alrededor de una tonelada de (I) con un contenido de 75 - 80% de cloro activo, con un consumo de cloro de alrededor de 900 Kg.

21) Fabricación de hipoclorito de calcio como blanqueador de nylon.

Patente española No. 210,197 . Octubre 28 de 1953.

Para "Seda de Barcelona, S.A."

Esta patente esta descrita en las páginas correspondiente a USOS.

22) Fabricación de hipoclorito de calcio como blanqueador de maderas enmohecidas.

Patente alemana No. 933,891. Octubre 6 de 1955.

Para Heinrich Gerdennitsh.

Se trata la madera durante 4-6 hr. con hipoclorito de calcio y Na_2CO_3 . Y con un catalizador oxidante como KI.

23 Fabricación de hipoclorito de calcio como blanqueador de ropa.

Patente de E.U.A. No. 2'733,120. Enero 31 de 1956.

Por Homer L. Robson y M.H. Sheltnire. (Para Olin Mathieson Chemical Corp.)

Describe la obtención de un blanqueador de ropa compuesto fundamentalmente de hipoclorito de calcio en presencia de no más de 200 partes por millar de jabón.

24) Fabricación de hipoclorito de calcio como blanqueador de ropa.

Patente de E.U.A. No. 2'753,241. Julio 3 de 1956.

Por James D. Mac Mahon. (Para Olin Mathieron Chemical Corp.)

Hipoclorito de calcio seco es usado en lavado de ropa, su composición es de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, Na_2CO_3 , TSP y CaO .

25) Fabricación de hipoclorito de calcio como materia prima para preparar polvos de blanqueo.

Patente alemana No. 957,565. Febrero 7 de 1957.

Para la "Farbwerke Hoechst Akt".

La patente describe la obtención de un producto de 40% de cloro activo.

26) Fabricación de hipoclorito de calcio como materia prima para obtener polvos de blanqueo.

Patente de E.U.A. No. 2,806,765. Septiembre 17 de 1957.

Por Homer L. Robson y Alan C. Stoneman. (Para Olin Mathieson Chemical Corp.)

La cal es clorada en un proceso a contracorriente en 3 etapas y secado mecánicamente. La primera etapa da un producto libre de agua y con una tercera parte de la cal clorada. Por control de temperatura, humedad, velocidad de reacción y contenido de cloro de el aire; se logra un producto conteniendo 36% de cloro disponible.

27) Fabricación de hipoclorito de calcio como desinfectante sólido.

Patente de E.U.A. No. 2,815,311. Diciembre 3 de 1957.

Por John G. Ellis. (Para Diversey Corp.)

A partir de una mezcla de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, ácido di y tricloro cianurico, clorotelamina KB, cloramina "B", cloramina "T", fosfato trisodico se obtiene un producto sólido sumamente estable de distintas propiedades desinfectantes según las cantidades usadas.

28) Fabricación de hipoclorito de calcio como blanqueador.

Patente de E.U.A. No. 2,820,767. Enero 21 de 1958.

Por H.L. Robson (Para Olin Mathieson Chemical Corp.)

Carbonatil celulosa de sodio (5%) y 15% de Na_2SO_4 disuelto

en agua son mezclados y secados por espreo a 500°F. El producto final contiene hipoclorito de calcio con 52 partes, cal 3, tripolifosfato de sodio 3 y NaCl 26 partes, por cada 100 partes de producto.

29) Fabricación de hipoclorito de calcio como blanqueador en lavado de ropa.

Patente de E.U.A. No. 2,829,110. Abril 11 de 1958.

Por Homer L. Robson. (Para Olin Mathieson Chemical Corp.)

Describe la obtención de un producto principalmente compuesto de hipoclorito de calcio, soda "ash", calcita, cal y NaCl, para aborrar el uso de jabón casero.

30 Fabricación de hipoclorito de calcio como materia prima para obtener cloruro de cal.

Patente rusa No. 110,484. Junio 25 de 1958.

Por I. G. Martyushin y N. I. Lozben.

Se obtiene cloruro de cal por cloración de la cal a contra corriente.

31) Fabricación de hipoclorito de calcio.

Patente británica No. 798,201. Julio 16 de 1958.

Para "Olin Mathieson Chemical Corp."

El método describe la fabricación de CaOCl con 10-35% de cloro disponible que es estable y rápidamente soluble en agua.

El producto se usa en el hogar en el lavado de ropa.

32) Fabricación de licor de blanqueo de hipoclorito de calcio.

Patente de E.U.A. No. 2,889,199. Junio 2 de 1959.

Para la "Hooker Chemical Corp."

Se describe un proceso automático para obtener un licor de $\text{Ca}(\text{OCI})_2$. Una mezcla de CaO-lechada-cloro es pasada a través de un conducto de retención por tiempo suficiente para obtener la cloración deseada. La mezcla es entonces pasada a través de un clasificador de líquidos, en donde el $\text{Ca}(\text{OCI})_2$ en forma de licor es recobrado.

La mezcla de CaO-lechada-cloro es pasada por una tubería con la turbulencia necesaria para una rápida reacción. El licor de blanqueo obtenido del clasificador contiene 30 g/l de cloro activo disuelto, 0.13% de sólidos suspendidos y 0.45 g/l de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ disuelto.

33) Fabricación de licor de blanqueo.

Patente de E.U.A. No. 2,965,443.

Es una continuación de la anterior. Aquí se obtiene una mejor estabilidad y uniformidad.

El proceso contiene mezclas controladas de lechada de cal y cloro pasando la mezcla por un conducto hasta que se obtiene la cloración deseada.

34) Fabricación de hipoclorito de calcio.

Patente de E.U.A. No. 2,869,988. Enero 20 de 1959.

Por Gunter H. Gloss. (Para la " International Minerals and Chemical Corp."

El hipoclorito de calcio es obtenido por cloración de hidróxidos alcalinos. Antes de la cloración de una lechada de cal, esta es calentada arriba de 50°C , clorada parcialmente y después enfriada a 40°C . Durante la cloración la lechada es agitada vigorosamente.

35) Tratamiento de carbón negro por hipoclorito de calcio.
Patente japonesa No. 15,768. Octubre 4 de 1959.

Por Norio Utsumi y Mamoru Chitane. (para la "Tokio Ammonium Sulphate Industry Co.")

A 100 g. de lodos conteniendo carbón negro proveniente de un generador de gas "Fausser" se les ajustó el pH. a 9 con NH_3 ; se adicionaron 0.6 g. de polvos de blanqueo con 70% de cloro disponible y la mezcla se agitó durante dos horas siendo después filtrada, el producto obtenido fué secado y los lodos fueron eliminados, obteniendose carbón negro cuyo poder absorbente se regeneró.

36) Hipoclorito de calcio como erradicador de tinta.

Patente italiana No. 610,057. Octubre 5 de 1960.

Por Phillippe Gain.

Esta patente esta descrita en la sección correspondiente a USOS.

37) Hipoclorito de calcio usado para la purificación de --
polvos metálicos que contiene cromo.

Patente francesa No. 74,172. Marzo 6 de 1961.

Por Phillippe Galmiche y André Hivert. (Para la "Office -
Nätinal d' Etudes et de Recherches Aeronautiques".)

38) Soluciones acuosas de hipoclorito de calcio.

Patente francesa No. 1,301,173. Septiembre de 1961.

Por Wolfgang Siems y Günter Barthel. (Para la "Pintsch Bam-
ag A".)

Una lechada de cal es circulada por inyección desde la parte superior de una torre vacía, la cual es cónica en su parte superior

la lechada se pone en contacto con gas de cloro, el cual es introducido desde la parte inferior de la torre. Dos torres pueden ser conectadas con el fin de que el gas circule de una a otra, mientras que el líquido pasa por separado en cada torre. La concentración del líquido en la segunda torre es baja. El agua usada para esta preparación debe ser enfriada previamente por medio de un inyector de reacción de vacío, el cual le da una temperatura aproximada de 30°C. La relación de CaO : -- cloro total, es aproximadamente 1.8 : 1, y la relación de la velocidad lineal parcial del gas a la entrada de la torre de reacción contra el flujo de la lechada de cal es aproximadamente de 0.2 : 1.

El método da un rendimiento aproximado de 95-97%.

39) Hipoclorito de calcio como fungicida.

Patente francesa No. 1,272,919. Enero 23 de 1962.

Esta patente esta descrita en la sección correspondiente a USOS.

40) Fabricación de hipoclorito de calcio dibásico.

Por Robert D. Gleichert. (Para la "Pittsburgh Plate Glass Co.")

Patente de E.U.A. No. 3,134,641. Mayo 26 de 1964.

NaClO en solución equivalente a el CaCl_2 presente es añadi do a una lechada de $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y HClO. El pH. es mantenido - entre 10 y 10.5 .

41) Preparación de soluciones acuosas de hipoclorito de -- calcio por cloración de una lechada de cal.

Patente alemana No. 1,177,191. Octubre 8 de 1964.

Soluciones de hipoclorito de calcio pueden ser preparadas a partir de cloro gaseoso húmedo, o mezclas de cloro y gases inertes, en un recipiente especial, el cloro es pasado a través de dos torres de espreado, ambas colocadas en serie en la dirección del flujo, igualmente ambas torres tienen su propia recirculación de la lechada de cal con el objeto de una mejor reacción. La concentración de hipoclorito de calcio en la última torre debe ser baja comparada con la concentración de Ca(OH)_2 . El líquido que será elaborado debe ser preenfriado.

La relación molar $\text{C}_2\text{O} : \text{Cl}_2$ es ajustada para ser menor de 1.8 : 1.0, y la relación de la velocidad parcial del gas cloro entrando a la torre de reacción contra la velocidad de la lechada de cal en la torre de reacción no debe de ser mayor de 0.2 .

42) Blanqueo de fibras sintéticas con hipoclorito de calcio.

Por Pierre Lhoste y Jean Bouvet.

Patente francesa No. 1,430,916. Marzo 11 de 1966.

El hipoclorito de calcio blanquea fibras sintéticas obtenidas de polyacrilato, resinas poliéster, cloruro de vinilo y otros polímeros sintéticos. El uso en presencia de ácido cianúrico, da mejores resultados. El pH. debe ser ajustado de 5 a 8 y T de 10 - 30°F, después el blanqueo se lleva a 100°F durante 1 minuto.

43) Fabricación de hipoclorito de calcio.

Patente de E.U.A. No. 3,328,306. Julio 27 de 1967.

Por David G. Ellis. (Para la "Lubrizol Corp.")

44) Fabricación de hipoclorito de calcio.

Patente de E.U.A. No. 3,251,647. Mayo 17 de 1966.

Por Bernard H. Nicolaisen. (Para la "Olin Mathieson Chemical Corp.")

Se obtiene por reacción de cloro gaseoso con una solución acuosa de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y NaOH , el producto de la reacción es alimentado a un clasificador- evaporador continuo al vacío, en donde $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ y NaCl son cristalizados en diferentes tamaños.

45) Tratamiento de aguas por medio de tabletas de hipoclorito de calcio.

Patente de E.U.A. No. 3,276,949. Octubre 4 de 1966.

Por Homer L. Robson y Roy H. Hodges. (Para "Olin Mathieson Chemical Corp. ")

Mezclas que contienen de 0.8 a 2 partes de Na_2SO_4 por una $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, son preparadas en forma de tabletas con una envoltura de polyester, siendo usadas en tratamiento de aguas.

46) Hipoclorito de calcio usado en la refinación de azúcar.

Patente checoeslovaca No. 118,843. Junio 15 de 1966.

Por Vaclav Sazavsky.

El hipoclorito de calcio fue agregado durante la descomposición del azúcar al llevarse a cabo la eliminación de agua por evaporación, reduciendo las pérdidas por polarización en el azúcar y haciendo innecesario el alcalinizado del licor madre.

47) Hipoclorito de calcio como deodorante.

Patente de E.U.A. No. 3,509,269. Enero 3 de 1967.

Para "Olin Mathieson Chemical Corp."

Fuerón fabricadas tabletas de hipoclorito de calcio que -- flotan en agua, descomponiéndose en 5-10 minutos y deodorizando el aire que se encuentra sobre el agua.

48) Proceso de fabricación de hipoclorito de calcio neutro.

Patente rusa No. 194,064. Marzo 30 de 1967.

Por G. A. Dimitriev y M. M. Aleksandrova.

El hipoclorito de calcio neutro es preparado por medio de una cloración en dos fases, de una suspensión calcarea con separación de la sal básica formada en la primera etapa, disolviéndose esta sal en agua y llevando a cabo una segunda cloración.

49) Producción continua de soluciones acuosas de hipoclorito de calcio.

Patente alemana No. 1,243,159. Junio 29 de 1967.

Por Günter Scholz y Günter Barthel.

La producción de la solución se logra por medio de una dilución de cal altamente clorada y reducida por dos áreas de reacción en serie, las cuales están conectadas por una tubería. Si se logra un buen control de la reacción el cloro puede ser incrementado a 90%. Dos recipientes de 1000 litros cada uno requieren de 220 Kg/hr de cal y un total de 6 m³ de solución por hora de Ca(ClO)₂.

El cloro alimentado al primer recipiente reaccionante es de 120 Kg/hr y en el segundo recipiente es de 42 Kg/hr. El rendimiento del Ca(ClO)₂ fue de 96.1%.

CAPITULO III

PRINCIPALES PROCESOS DE FABRICACION DE HIPOCLORITO DE CALCIO

I) Proceso químico de la fabricación de hipoclorito de calcio como polvo blanqueador.

El hipoclorito de calcio en forma de polvo blanqueador es preparado por exposición de cal hidratada con cloro gaseoso. El hidróxido de calcio debe de contener de un 2 a 5% de agua al iniciarse la reacción, durante la reacción es liberada una temperatura de aproximadamente 255°C por cada libra de cloro absorbido, el cloro es usualmente diluido con aire, con el fin de facilitar que el calor de reacción sea disipado, lo más rápidamente posible, mucho del calor de reacción es disipado por conducción y algo más por evaporación del agua que contiene el hidróxido de calcio, la conducción es a través de los polvos de blanqueo hacia la cámara de proceso o coraza del equipo de reacción y durante la reacción la absorción del cloro gaseoso es francamente rápida, variando la velocidad de reacción de acuerdo al equipo usado y a la cal suministrada, para evitar la formación de cloratos, el polvo debe de permanecer abajo de 35°C.

Hasta antes de la primera guerra mundial, la mayor parte de los polvos de blanqueo fueron preparados en cámaras, esta forma de producción se siguió llevando a cabo hasta el año de 1930, las cámaras tenían aproximadamente las siguientes dimensiones, de 10 a 12 pies de ancho por 7 pies de altura y 50 a 100 pies de longitud, el piso era de concreto recubierto con loza refractoria, los lados y el domo de la cá-

mara fuerón recubiertos con plomo, finalmente las puertas de comunicación con la cámara fuerón usualmente de acero pesado, cubiertas de plomo y arregladas para cerrar estrechamente, la cal hidratada se espreaba sobre el piso hasta alcanzar una altura de 3 ó 4 pies y el cloro usualmente se mezclaba con aire, normalmente había varias cámaras en serie, la última de las cuales quitaba todo el cloro remanente sin reaccionar, cuando la cámara principal alcanzaba una reactividad satisfactoria se detenía la absorción, el cloro residual era sacado con aire y este aire formaba parte del que suministraba con cloro a la siguiente cámara, cuando la atmósfera estaba suficientemente libre de cloro la cámara era abierta y los polvos de blanqueo eran pasados a tambores situados bajo la cámara.

La producción de blanqueadores de hipoclorito de calcio también era hecho por medio del llamado "blanqueo mecánico", en donde la cal hidratada y el gas cloro eran agitados con aire uno contra otro, tanto la cal hidratada como el cloro eran mezclados en aparatos especiales, de los cuales los principales eran el "Hasenclever", el "Backmann" y el de tubos largos o diseño de Rudge.

En el "Hasenclever" una serie de tubos horizontales son colocados uno arriba del otro y una espiral mueve la cal a lo largo del tubo, esta cae dentro del siguiente tubo y regresa al final de la alimentación, cayendo entonces dentro del tercer tubo y así sucesivamente en toda la serie, el aire era empezado usualmente a ser añadido desde el primer tubo y el cloro desde el segundo, el aire que sale del tubo más alto tenía usualmente un contenido bajo de cloro.

En la cámara "Backmann", la cal era cargada por el domo y el aire con cloro gaseoso era desprendido desde el fondo, la cámara constaba de varios pisos de igual diseño y los pisos arriba del tercero tenían usualmente tuberías de enfriamiento en ellos.

El diseño de tubos largos declinó después de la primera guerra mundial, en este diseño, la cal hidratada conteniendo alguna humedad es alimentada a un extremo de un tubo rotatorio, con una longitud de aproximadamente 100 pies, por la otra parte del tubo es inyectado aire, el cual contiene aproximadamente un 10 % de cloro gaseoso. En este equipo, las corrientes de gas sacan la mayoría del calor producido en la reacción.

II) Proceso alemán para la fabricación de hipoclorito de calcio.

Fué el primer hipoclorito de calcio en el mercado y era esencialmente una mezcla de hipoclorito de calcio hemibásico con distintas impurezas. Este producto contenía cerca de 65 % de cloro disponible, del 15 al 18 % de hidróxido de calcio, de 5 a 9 % de cloruro de calcio y cerca de un 2 % de agua e insolubles.

El proceso de manufactura consistía en la cloración de una lechada espesa de cal, en un recipiente construido de acero pesado el cual constaba de agitación, la temperatura de la reacción era controlada de 35 - 45 °C, durante la reacción, la lechada de cal era convertida primero a hipoclorito de calcio dibásico, y entonces el dibásico era convertido después a cristales de hipoclorito de calcio, hemibásico el cual era filtrado y prensado para quitarle los licores madres, después, los cristales eran granulados y secados por medio de aire a la presión atmosférica.

III) Proceso Mathieson para la fabricación de hipoclorito de calcio.

Las investigaciones de Olin Mathieson demostraron que cuando se mezclaban partes equivalentes de hipoclorito de sodio y cloruro de calcio, el resultado de la reacción era un par estable constituido por hipoclorito de calcio y cloruro de sodio.

El hipoclorito de calcio dihidratado es relativamente fácil de secar, teniendo una presión de vapor de alrededor del 18 % de la del agua. En el principal proceso patentado por Mathieson, una lechada de cal y sosa cáustica en cantidades equivalentes es clorada y enfriada hasta -12°C ., separándose el 80 % del cloro disponible con una sal triple cuya fórmula era $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot \text{NaClO} \cdot \text{NaCl} \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, la forma de esta sal era hexagonal y se lograba separar fácilmente del licor madre por medio de centrifugación, los cristales eran entonces añadidos a la lechada de cal clorada, la cual contenía una cantidad de cloruro de calcio equivalente al contenido de hipoclorito de sodio de los cristales, la mezcla era calentada para precipitar el hipoclorito de calcio dihidratado con el cloruro de calcio remanente disuelto, la lechada era entonces filtrada y la torta formada era entonces secada en vacío. El producto formado contenía de 2.5 a 4.5 % de cal, y por lo tanto se formaban pequeños lodos, el total de cloro disponible era de 70 % y el cloruro de sodio era de 16 a 18 %.

IV) Proceso American Perchloron.

La Cía. manufacturera de sal Pennsylvania opera una modificación del proceso alemán, en la cual la cloración es llevada pasando el punto hemibásico y formando cristales de hipoclorito de calcio dihidratado. La lechada es filtrada cuando los cristales son mayores y la torta es prensada y resquebrajada para finalmente ser secada en una co-

rriente de aire.

El producto contiene sobre el 70% de cloro disponible, de 12 a 16% de cal y alrededor de un 7% de cloruro de calcio.

V) Proceso de la Imperial Chemical Ind. Co.

Esta basado en encontrar los mejores cristales de hipoclorito de calcio dihidratados para poder filtrarse, estos pueden ser obtenidos a partir de licores bajos en cloruro de calcio, el hipoclorito de calcio dibásico es obtenido en cristales hexagonales limpios, en parte por cloración directa de las lechadas de cal y en parte por tratamiento de las pastas de cal con licores madres, el último proceso no daba más que cristales pequeños, los cuales estaban suspendidos en el agua o en licores madres. La lechada resultante cuando esta totalmente clorada -- contiene una cantidad de cloruro de calcio equivalente a la mitad del hipoclorito de calcio presente. Esta lechada de hipoclorito de calcio dihidratado es filtrada y secada bajo vacío. El producto contiene de 6- a 8% de cal, alrededor de 8% de cloruro de calcio y un 70% de cloro disponible.

VI) El proceso francés THANN.

Consiste de la preparación de hipoclorito de calcio dibásico por medio de una torta centrifugada, la cual es añadida a la salmuera del licor madre de hipoclorito de calcio y cloruro de calcio, con el objeto de saturarla. Esta lechada es clorada y adiciones del hipoclorito de calcio dibásico son hechas de tiempo en tiempo para mantener suficiente cal en la lechada. El agua es añadida con el dibásico. Porciones de la lechada son retiradas a intervalos y filtradas retornando --

se al clorador. Si permanece la lechada completamente diluida hay un mejor desarrollo de los cristales dihidratados neutros. El exceso de licor madre es calentado a 40°C. y un exceso de cal es añadido; esta mezcla es entonces parcialmente clorada para obtener los cristales dibásicos requeridos. La proporción de cloro disponible que sale con los filtrados finales es menor que en el proceso de la ICI, pero un circuito cerrado es requerido y los volúmenes de las lechadas son mayores que en cualquier otro proceso.

VII) Proceso Aussig Verein.(Checoeslovaquia)

Excepto en el tratamiento del filtrado de la lechada dihidratada, este proceso es similar al proceso Thann. En todos los procesos basados sobre el dibásico, la disponibilidad de cristales más filtrables es un factor dominante.

Un número grande de métodos de secado han venido siendo -- probados en la planta Verein, incluyendo el secado por medio de un espreador a la atmósfera, un secado en tambores de vacío y secado en etapas de vacío, el producto final obtenido contiene de 8 a 10 % de cal y sobre un 70% de cloro disponible.

VIII) Proceso Columbia.

Este proceso esta patentado por la Columbia Alkali Corp, - Division of Pittsburgh Plate Glass Co.

Esta basado en la preparación de una corriente de gas la cual contiene monóxido de cloro y produciendo ácido hipocloroso neutralizandose este con una lechada de cal para producir una solución de hipoclorito de calcio de alta pureza, para obtener el producto final se-

co, un gas conteniendo alrededor de un 10 % de cloro, CO_2 , CO y aire, saturado con vapor de agua a 20°C . es pasado a través de un enfriador de aire de tubos largos a contracorriente con soda ash, la soda ash -- reacciona con el CO_2 y el vapor de agua para forma bicarbonato de so-- dio, el cual reacciona con el ácido hidroclórico presente para formar-- CaCl_2 . Cerca de la mitad de la soda ash alimentada es convertida a clo-- ruro de sodio. El cloro forma ácido hidroclórico y ClO de acuerdo a la siguiente ecuación:



y



el Cl_2O a una presión de 7 a 10 mm de mercurio es lavado - fuera con agua y el gas residual es reintegrado a los tubos, una peque-- ña porción del gas es venteado para guardar el equipo bajo una succión ligera.

La solución absorbida es enfriada ligeramente abajo de 0°C y viene a ser del 5 al 8 % de la solución de ácido hipocloroso, la so-- lución de ácido frío es entonces cuidadosamente neutralizado con una - lechada de cal y se deja reposar, después el licor transparente es se-- cado por medio de un espreador para obtener un material conteniendo de 6 a 9 % de agua y alrededor de la misma cantidad de CaCl_2 . Recientemen-- te, este material ha sido densificado y secado además bajo vacío, para obtenerse un producto más estable con un 70% de contenido de cloro -- disponible.

IX) Proceso Japonés.

Hasta antes de la segunda guerra mundial existían en Japón 5 plantas produciendo hipoclorito de calcio, sin embargo no se encuentran descripciones detalladas del proceso seguido por dichas plantas, si bien mucho del proceso es conocido por el examen de los productos, la mayor -- parte del tonelaje fué producido basandose en la manufactura de los polvos de blanqueo. Los reactivos concentrados existentes en los polvos de blanqueo fueron agitados dentro de una solución diluida de cal clorada la cual estaba saturada del mismo hipoclorito de calcio. La lechada fué filtrada y la torta fué secada. Se obtuvieron cristales de hipoclorito de -- calcio hemibásico en buen tamaño para poder ser filtrados y secados a 115 grados centígrados y a la presión atmosférica.

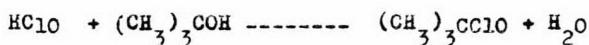
X) Proceso de la Diamond Alkali Co.

Dicha planta fué construida buscando suplir la U.S. Chemi-- cal Warfare Service para lograr la descontaminación del gas de guerra-- llamado " iperita ".

Una solución de hidróxido de sodio fué pasada bajo una to-- rre de absorción, siendo el contacto regulado para una absorción máxima de cloro. Una lechada de cal fué pasada bajo otra torre y esta absorbio el cloro y algo de CO_2 . Los dos licores fueron entonces mezclados de tal forma que el hipoclorito de sodio y el licor cáustico eran equivalentes a el cloruro de calcio en el licor calino, entonces se obtuvo una lechada de hipoclorito de calcio neutral y cloruro de sodio, con un porcentaje superior al 25 % de cáustica clorada el cloruro de sodio podía ser precipitado y la fuerza del producto final incrementada. La lechada fue secada -- por un proceso de espreado a la luz, obteniendose un material seco de alrededor de 45% de cloro disponible, el cual cumplía con los requerimientos del U.S. Dept.

XI) Proceso Orgánico. (13).

Los solventes orgánicos pueden ser empleados para extraer ácido hipocloroso libre y este ácido es entonces extraído del solvente en forma libre, se ha encontrado que los alcoholes terciarios son los solventes más satisfactorios, el alcohol terbutílico ha sido preferido sobre el alcohol teramílico porque tiene una mejor disponibilidad para los fines buscados. Si el alcohol terbutílico es agitado con una solución de un hipoclorito y cloro es pasado a través de esta mezcla el cloro transformara la sal de hipoclorito a un ácido hipocloroso libre, el alcohol terbutílico reaccionara con el ácido hipocloroso libre para dar hipoclorito terbutílico, con una gravedad especifica de 0.965, insoluble en agua, la reacción es :



el hipoclorito terbutílico tiene un olor ofensivo, y es moderadamente estable a la temperatura ambiente por cortos períodos, la estabilidad es lograda con tetracloruro de carbono u orto dicloro benceno. El hipoclorito terbutílico tiene un punto de evaporación súbita de -10°C y constituye un serio material inflamable ardiendo rápidamente con una flama humeante y mal olor.

El hipoclorito terbutílico reacciona con cal para dar Hipoclorito de calcio y alcohol terbutílico, el cual es removido parcialmente por filtración y despues por destilación. Un hipoclorito de calcio básico es facilmente obtenido mediante este proceso, y bajo condiciones adecuadas se obtiene hipoclorito de calcio dihidratado muy puro, el cual puede ser secado bajo vacio para dar un producto de 90-95% de hipoclorito de calcio. En lugar de un alcohol terciario, ciertos derivados de aminas, tales como la acetanilida substituida pueden ser empleados para extraer el

ácido hipocloroso y para formar hipoclorito de calcio por reacción de la cloramina con cal. Los derivados de la amina pueden ser sólidos o estar disueltos en solventes adecuados. Las soluciones de hipoclorito de calcio deben de ser concentradas por evaporación.

XII) Otros Procesos.

Muchos otros procesos y variaciones de los ya descritos --- han sido descubiertos, sin embargo no han alcanzado a obtenerse en una forma comercial debido a que no ofrecen una ventaja sobre los procesos ya existentes. No se han encontrado procesos comerciales para hipocloritos de 95% de pureza aunque este se ha obtenido a nivel de laboratorio, sin embargo no puede substituir, de una manera económica a el hipoclorito de 70-75% que existe actualmente en el mercado.

Una consideración primordial en la selección de un proceso es la cantidad de cal, carbonato de calcio y otros insolubles que pueden ser admitidos en el proceso, debido a que éstos casi seguramente formaran lodos, los cuales deben ser descartados para la inmensa mayoría de los usos, estos materiales causan pérdidas químicas y de cloro disponible en las plantas en los cuales son usados. El rango permitido de cloruro de calcio y el contenido de clorato en el producto estara fijado por el método de secado.

Los procesos humeantes y polvosos requieren un manejo realmente efectivo debido a que mas de cuatro partes por millón de cloro en el aire es objetable para tener una exposición prolongada.

Así mismo las condiciones de corrosión son frecuentemente severas y se requieren equipos especiales para esto. Para muchas operacio

nes se requiere una gran cantidad de equipo de seguridad, principalmente-
mascaras contra gases y ropa especial para evitar quemaduras.

CAPITULO IV

Importaciones, exportaciones y consumo nacional.

a) Producción Nacional.

El hipoclorito de calcio es un producto que no es fabricado en el país, por tanto no hay producción nacional registrada, Guanos y Fertilizantes de México, S.A. lo obtienen como un subproducto, el que no es aprovechado industrialmente.

b) Importaciones.

El hipoclorito de calcio se importa bajo la fracción arancelaria número 2831 A001, las cantidades importadas se detallan a continuación:

| <u>ANO</u> | <u>VALOR</u> | <u>TONELADAS</u> |
|------------|-----------------|------------------|
| 1962 | \$ 1,600,000.00 | 273 |
| 1963 | \$ 1,700,000.00 | 329 |
| 1964 | \$ 3,100,000.00 | 571 |
| 1965 | \$ 2,564,298.00 | 516.2 |
| 1966 | \$ 2,467,000.00 | 533 |
| 1967 | \$ 2,958,138.00 | 705.5 |
| 1968 | \$ 3,440,000.00 | 764 |
| 1969 | \$ 3,731,440.00 | 837 |
| 1970 | \$ 3,903,000.00 | 873 |
| 1971 | \$ 4,000,000.00 | 895 |
| 1972 | \$ 4,093,500.00 | 915 |

Fuente informativa: Dirección General de Estadística. Secretaría de Industria y Comercio.

c) Consumo Nacional.

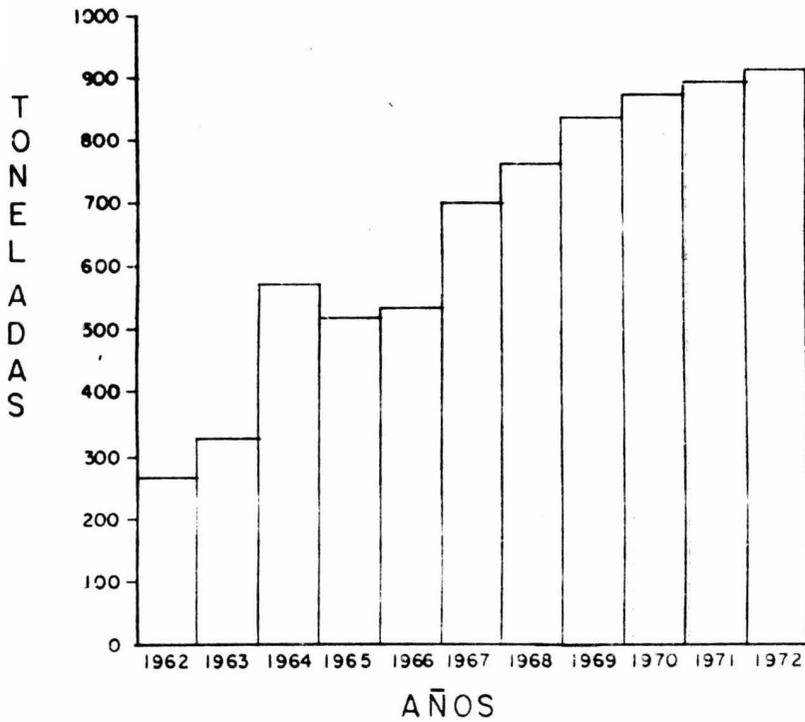
El consumo nacional esta regido por la producción nacional mas las importaciones. En nuestro caso el consumo nacional se reduce a lo explicado en el inciso anterior.

d) Características del mercado.

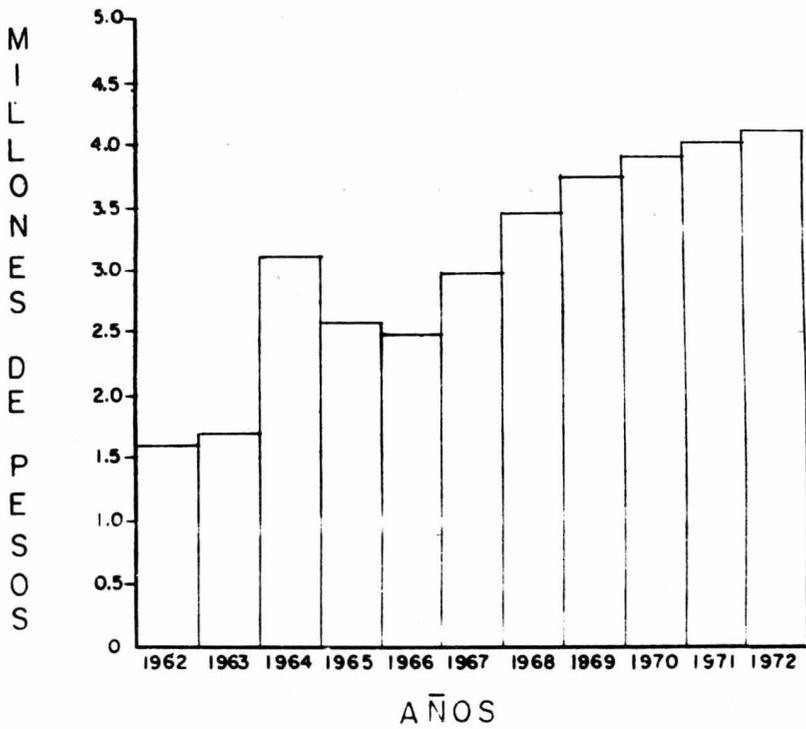
Es claro que la demanda del Hipoclorito de calcio tiene - una tendencia positiva, considerandose pues, que una planta con una capacidad aproximada de 1000 toneladas anuales tendría garantizado su mercado.

La demanda nacional estimada por la Asociación Latinoamericana de libre comercio es de aproximadamente 850 toneladas en los próximos años, (850 ton/año).

VOLUMEN DE LA IMPORTACION



VALOR DE LA IMPORTACION



CAPITULO V

Breves Consideraciones. Ventajas del Proceso. Explicación del Proceso. Cálculos de Proceso y Equipos.

Breves Consideraciones.

Debido a las observaciones hechas en capítulos anteriores acerca de la complejidad del producto, así como de la variedad de procesos para la fabricación de las distintas formas del hipoclorito de calcio industrial, se tuvo la dificultad de seleccionar el proceso a estudiar y desarrollar; por ser el presente trabajo solamente un anteproyecto, y debido a los fines perseguidos por este, no fué posible, desgraciadamente, analizar concienzudamente los variados procesos industriales para la fabricación del hipoclorito de calcio, sin embargo se estudio en lo posible las ventajas del presente proceso sobre los demás existentes, las cuales se enuncian en el punto siguiente.

El presente trabajo se basó en trabajos hechos por la Mathieson Alkali Works, Inc. sobre la fabricación de hipoclorito de calcio neutro, debido a que, como mencionamos párrafos arriba, ofrecía considerables ventajas sobre otros, y porque a juicio personal, el tiempo durante el cual la compañía mencionada había trabajado sobre la materia le daba una garantía al presente estudio.

Ventajas del Proceso.

A continuación se presenta una breve exposición de las ventajas del presente método sobre los usados normalmente para la fabricación de hipoclorito de calcio.

El método general de producción, consiste esencialmente - - de la cloración de lechadas de cal; durante la cloración, la cal es transformada en hipoclorito, el cual cristaliza para formar lechadas de cristales de hipoclorito, estos cristales son separados del licor madre por filtración o centrifugación; a pesar de que este método general de producción es bien conocido, en su aplicación práctica presenta considerables - dificultades, por ejemplo; es bien conocido que una lechada de cal puede ser clorada a temperaturas ordinarias (ambiente), sin embargo, bajo estas condiciones existen grandes posibilidades de formación para compuestos de hipoclorito de calcio del tipo básico, los cuales dificultan el espesado de la lechada en forma tal que muy posiblemente el clorado de esta no sea satisfactorio.

Profundizando un poco, el sistema usual es llevar la primera etapa de la cloración a una temperatura que oscila entre 35-45°C., temperatura a la cual el hipoclorito de calcio dibásico se forma, este cristaliza en forma hexagonal y no ofrece problemas para el espesamiento de la lechada, a pesar de esto, si la cloración es llevada de principio a fin a tales temperaturas, es casi seguro la precipitación de hipoclorito de calcio del tipo hemibásico (este compuesto es llamado también monobásico y 2-3 básico, aunque lo más probable es que su composición sea de acuerdo con la fórmula $2 \text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$, aunque esto no ha sido comprobado irrefutablemente), este hipoclorito forma cristales listados que interfieren el desarrollo adecuado de los cristales de hipoclorito de calcio neutro formado.

Con el objeto de evitar estos problemas, la cloración es detenida algunas veces en el momento en que los cristales presentes en la lechada son predominantemente del compuesto hemibásico, los cuales generalmente son más filtrables; sin embargo, como se ve, lo que sucede en realidad, es que lo que se continúa clorando posteriormente es una lechada de hipoclorito de calcio hemibásico con muy poco del neutro.

Por otro lado, también se puede suspender la cloración en el punto en el cual los sólidos presentes son predominantemente del compuesto dibásico, entonces se procede a enfriar la lechada a 15-20°C. y se sigue la cloración hasta el final en este rango de temperatura; aún cuando una lechada de hipoclorito de calcio neutro puede ser obtenida por este proceso, el hipoclorito de calcio neutro obtenido es en forma de finos cristales y la lechada es difícil de filtrar, tal problema parece que se debe a la tendencia de la lechada a permanecer sobresaturada y formar, debido a esto, cristales de hipoclorito de calcio neutro muy pequeños y en gran cantidad, con el objeto de reducir esta tendencia, se formó el compuesto neutro en presencia de una siembra de cristales grandes de hipoclorito de calcio neutro previamente formados y añadidos al compuesto neutro, sin embargo, es claro que por este procedimiento es necesario emplear fuertes cantidades de cristales grandes de Hipoclorito de calcio neutro como siembra, para así reducir la formación de cristales pequeños.

Con otra variación en el proceso de fabricación se trató de obtener mejores cristales de hipoclorito de calcio neutro, por medio de un adelgazamiento de la lechada para evitar la sobresaturación de esta y su consiguiente precipitación del compuesto neutro en pequeñas partículas o cristales; sin embargo, esta solución se volvió antieconómica debido a el incremento de los volúmenes a filtrar, lo cual incrementaba

de igual forma las pérdidas por filtración, igualmente, el aumento de capacidad significaba un aumento en el número de tanques para manejar dichos volúmenes, con el consiguiente costo que implica la manipulación de grandes cantidades debido a la mano de obra.

Ahora bien, las lechadas con una pobre filtrabilidad son objetables por razón de que forman pastas con un alto contenido de licor madre, el cual es rico en CaCl_2 , el CaCl_2 debido a sus propiedades higroscópicas resiste el secado y causa considerables pérdidas de hipoclorito de calcio neutro durante la operación de secado. La cantidad de CaCl_2 remanente en la pasta decrece al mismo ritmo en que se incrementa la filtrabilidad. Para reducir este contenido de CaCl_2 se prepararon de una forma normal cristales del compuesto dibásico, los cuales fueron separados de su licor madre por medio de filtración, para ser nuevamente resuspendidos en agua, continuándose después la cloración hasta formar hipoclorito de calcio neutro; la separación antes descrita ocasionaba que una porción considerable de CaCl_2 fuera removida y por lo tanto la lechada final de hipoclorito de calcio neutro contiene una pequeña porción de CaCl_2 , obteniéndose por lo tanto unos cristales de hipoclorito de calcio neutro con buen tamaño y buena filtrabilidad; es decir, mientras menor es el contenido de CaCl_2 en las soluciones previas, mejor es la filtrabilidad de los cristales obtenidos, debido al mejor tamaño de estos.

Tales separaciones y resuspensiones de los cristales dibásicos son sin embargo objetables, ya que hay que incrementar grandemente la capacidad requerida en los tanques y también se incrementan las pérdidas de hipoclorito de calcio en los filtrados.

Durante la explicación del proceso, la cual se da a continuación, se mencionan otras importantes ventajas del presente proceso sobre algunos otros conocidos.

EXPLICACION DEL PROCESO

CALCULOS DE PROCESO Y EQUIPOS. DIAGRAMA DE BLOQUES.

En el proceso que se describe a continuación, lechadas de hipoclorito de calcio neutro con excelente filtrabilidad pueden ser preparadas, evitando las dificultades mencionadas en párrafos anteriores.

Los cristales de hipoclorito de calcio neutro serán preparados por adición a una velocidad uniforme de una lechada de hipoclorito de calcio dibásico a una lechada previamente preparada de hipoclorito de calcio neutro; con una cloración simultánea a la adición, la cloración será por inyección de cloro.

La densidad de la fase líquida de la lechada dibásica usada no excederá de 47° Tw. y preferiblemente deberá estar entre 40 y 44 °Tw. el contenido de cal libre en esta lechada será controlado a un valor inferior a 1.5 % en peso de principio a fin de la cloración.

En la cloración, el Cl_2 reacciona con el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ presente en la lechada dibásica, de acuerdo como se indica en la ecuación:



En otras palabras, dos moles de cloro son requeridas para reaccionar con cada mol de hipoclorito de calcio dibásico.

Este proceso tiene la ventaja de poder adaptarse a un trabajo continuo o a uno intermitente.

El presente proceso no depende del uso de un método en particular para preparar la lechada de hipoclorito de calcio dibásico, sin embargo, es importante mencionar que mejores cristales de hipoclorito de calcio neutro se obtendrán cuando los cristales de la lechada dibási

ca sean mayores, de igual forma, la lechada dibásica no es necesario -- filtrarla o centrifugarla para ser resuspendida posteriormente, pero -- tal procedimiento puede ser seguido si se desea.

BALANCE DE MATERIA

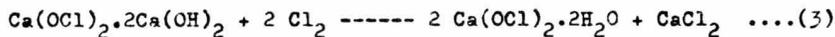
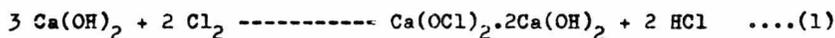
Se desean producir 1000 Toneladas anuales.

Se consideraron 300 dias hábiles anuales.

1000 ton/año x 1 año/300 dias

. o sea 3.333 ton/día

Las reacciones del presente proceso son:



De la ecuación (1):

P.M. $\text{Ca(OH)}_2 = 74.08$

P.M. $\text{Cl}_2 = 35.35(2) = 70.9 \approx 71$

P.M. $\text{Ca(OCl)}_2 = 143$

P.M. $\text{HCl} = 36.45$

ENTRADA

| | Número de átomos | | | | | Peso en Kg. | | | | Peso Total en Kg. |
|-------------------|------------------|----|---|---|----|-------------|----|---|-----|-------------------|
| | No.moles | Ca | O | H | Cl | Ca | O | H | Cl | |
| Ca(OH)_2 | 3 | 3 | 6 | 6 | - | 120 | 96 | 6 | - | 222 |
| Cl_2 | 2 | - | - | - | 4 | - | - | - | 142 | 142 |

Suma = 364

TESIS PROFESIONAL

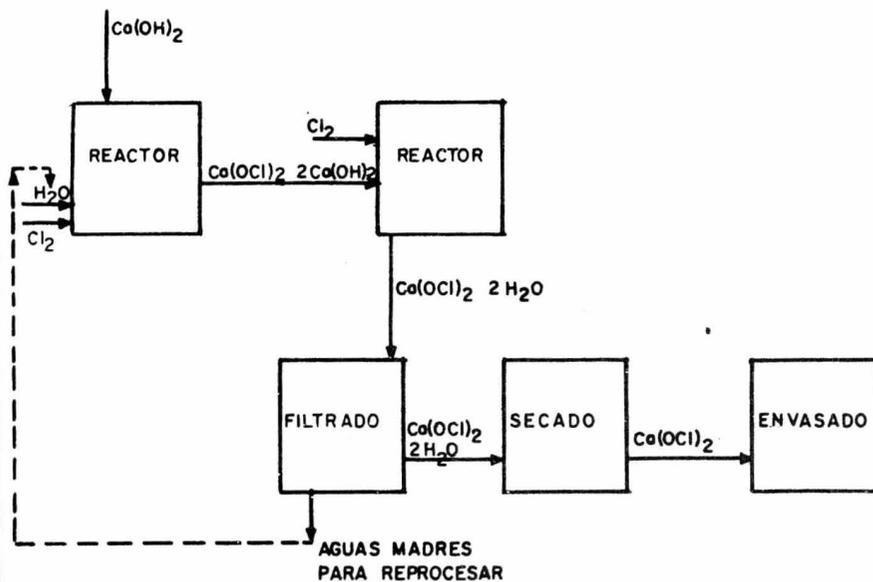


DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE FABRICACION DE HIPOCLORITO DE CALCIO NEUTRO

De la ecuación (3):

$$P.M. Ca(OCl)_2 \cdot 2H_2O = 179$$

ENTRADA

| | Número de átomos | | | | | Peso en Kg. | | | | Peso Tot. |
|----------------------|------------------|----|---|---|----|-------------|----|---|-----|-----------|
| | No. moles | Ca | O | H | Cl | Ca | O | H | Cl | |
| Ca(OCl) ₂ | 1 | 1 | 2 | - | 2 | 40 | 32 | - | 71 | 143 |
| Ca(OH) ₂ | 2 | 2 | 4 | 4 | - | 80 | 64 | 4 | - | 148 |
| Cl ₂ | 2 | - | - | - | 4 | - | - | - | 142 | 142 |
| Suma = | | | | | | | | | | 433 |

SALIDA

| | Número de átomos | | | | | Peso en Kg. | | | | Peso Tot. |
|----------------------|------------------|----|---|---|----|-------------|----|---|-----|-----------|
| | No. moles | Ca | O | H | Cl | Ca | O | H | Cl | |
| Ca(OCl) ₂ | 2 | 2 | 4 | - | 4 | 80 | 64 | - | 142 | 286 |
| H ₂ O | 2 | - | 2 | 4 | - | - | 32 | 4 | - | 36 |
| CaCl ₂ | 1 | 1 | - | - | 2 | 40 | - | - | 71 | 111 |
| Suma = | | | | | | | | | | 433 |

Balace de Ca(OH)₂:

$$Ca(OH)_2 \text{ Total} = 222 \text{ Kg.} + 74 \text{ Kg.} = 296 \text{ Kg.}$$

Como es ya conocido, las reacciones químicas no tienen un rendimiento del ciento por ciento, debido a lo cual, antes de continuar con el balance de Ca(OH)₂ calcularemos la eficiencia de la reacción.

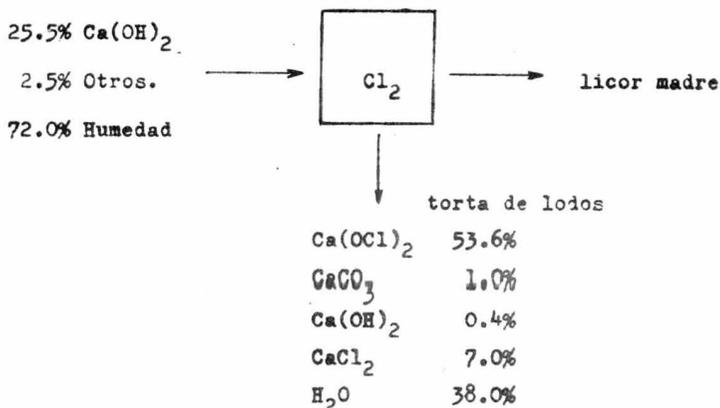
CALCULO DE LA EFICIENCIA DE REACCION.

La reacción de cloración del hidróxido de calcio es algo compleja, ya que a medida que dicha reacción avanza, va formando diversos hipocloritos más o menos complejos. Para el cálculo de la eficiencia de reacción supondremos una única reacción que comprende desde la mezcla agua hidróxido de calcio hasta la formación del compuesto neutro buscado por medio de cloración.

Durante pruebas hechas en el laboratorio, el promedio de los análisis hechos a las tortas de hipoclorito de calcio neutro obtenido fue el siguiente:

| | | | |
|---------------------------|-------|-------|---------|
| $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ | ----- | 53.6% | } 100 % |
| CaCO_3 | ----- | 1.0% | |
| $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | ----- | 0.4% | |
| CaCl_2 | ----- | 7.0% | |
| H_2O | ----- | 38.0% | |

Tomando como base 100 Kg. de mezcla agua- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ la proporción de esta mezcla debera ser: 25.5% $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 72% de humedad y 2.5% de otros.



Calculo de la masa total en la torta de lodos.

Tomando como cantidad base 100 Kg. de mezcla, y como sustancia base el agua:

$$0.72 (100) = 0.38 X$$

$$X = \frac{72}{0.38} = 189.4 = \text{aprox. } 190 \text{ Kg. de torta de lodos}$$

Kg. de Ca(OH)_2 presentes originalmente = 25.5 Kg.

Kg. de Ca(OH)_2 no reaccionados:

$$190 (0.004) = 0.96 = \text{aprox } 1 \text{ Kg.}$$

De donde:

$$\begin{array}{rcl} 25.5 & \text{-----} & 100\% \\ 1 & \text{-----} & X\% \end{array} \quad X = 3.94\%$$

de donde podemos deducir, dando un ligero margen de seguridad, que la eficiencia de la reacción sera de aproximadamente 95%.

Prosiguiendo con el balance de Ca(OH)_2 :

$$296 \text{ Kg.} \times 1.05 = 310.8 \text{ Kg.}$$

de donde:

$$\begin{array}{rcl} 310.8 \text{ Kg.} & \text{-----} & 322 \text{ (P.M. de } \text{Ca(OCl)}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O)} \\ X & \text{-----} & 3333 \text{ Kg. (Producción diaria)} \end{array}$$

Por lo tanto, $X = 3217 \text{ Kg de } \text{Ca(OH)}_2/\text{día}$

Balance total de cloro:

$$\text{Cloro total} = 142 \text{ Kg.} + 142 \text{ Kg.} = 284 \text{ Kg.}$$

$$\begin{array}{rcl} 284 \text{ Kg.} & \text{-----} & 613 \text{ Kg.} \\ X & \text{-----} & 3333 \text{ Kg.} \end{array}$$

de donde $X = 1544 \text{ Kg de Cloro/día.}$

Balance de agua añadida al reactor.

Del cálculo de la eficiencia de la reacción, el total de sólidos añadidos al agua es de 28%.

$$\begin{array}{rcl} 28 \text{ Kg. de Ca(OH)}_2 & \text{-----} & 72 \text{ Kg. de agua añadida} \\ 3217 \text{ Kg. de Ca(OH)}_2 & \text{-----} & X \end{array}$$

de donde $X = 8272 \text{ Kg. de agua/ día.}$

En el proceso estudiado en este anteproyecto se preparará la lechada dibásica a partir de una lechada de cal, llevando la cloración hasta una densidad de 44°Tw. ; esta densidad se toma con el objeto de evitar una precipitación del compuesto hemibásico, lo cual ocurre a densidades ligeramente más altas.

Esta lechada dibásica es pasada a velocidad constante a un tanque de mezclado y clorado parcialmente lleno con hipoclorito de calcio neutro previamente preparado y con una cantidad de cal libre menor de 1.5% y de preferencia a 0.5% en peso, simultáneamente, el cloro es añadido a la mezcla de lechadas a una velocidad que depende de la composición que tenga la lechada dibásica, tratando de mantener la alcalinidad de la mezcla constante. Durante la etapa de adición de lechada dibásica y clorado, la temperatura de reacción de la mezcla deberá ser abatida hasta $15\text{-}20^{\circ}\text{C.}$; a temperaturas superiores, se interfiere el crecimiento de los cristales del compuesto neutro, similarmente, se encontró que a temperaturas inferiores a 10°C. la velocidad de cloración es sumamente lenta.

En la operación para este proceso, cuando el tanque de cloración y mezclado está prácticamente lleno, la adición de la lechada dibásica se suspende al igual que la cloración en el punto en que se desea preparar determinada cantidad del compuesto neutro.

CALCULO DEL VOLUMEN DEL REACTOR DE CLORADO Y MEZCLADO

La densidad de la lechada dibásica debora estar preferi--
blemente entre 40 y 44° Tw.

42 °Tw. tienen una Spg. de 1.21

$$\rho_{\text{soln.}} = \text{Spg.} \times \rho_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} \text{ a } 20^\circ\text{C.} = 1 \text{ g/c.c.}$$

$$\rho_{\text{soln.}} = 1.21 \times 1 \text{ g/c.c.} = 1.21 \text{ g/c.c.}$$

$$\rho = w/V ; \text{ de donde } V = w/\rho$$

$$V_{\text{Ca(OH)}_2} = \frac{3217000 \text{ g}}{1.21 \text{ g/c.c.}} = 2660000 \text{ c.c.} = 2.66 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{agua}} = \frac{8272000 \text{ g}}{1.21 \text{ g/c.c.}} = 6830000 \text{ c.c.} = 6.83 \text{ m}^3.$$

$$V_{\text{reactor}} = V_{\text{Ca(OH)}_2} + V_{\text{agua}}$$

$$V_{\text{reactor}} = 2.66 + 6.83 = 9.49 \text{ m}^3.$$

Dado que el reactor es agitado, se considera con un 15%
de volumen en exceso sobre el volumen calculado.

$$V_{\text{diseño}} = 1.15 V_{\text{calculado}}$$

$$V_{\text{diseño}} = 10.91 \text{ m}^3 = 11 \text{ m}^3 \text{ aprox.}$$

DIMENSIONAMIENTO DEL REACTOR

Dadas las condiciones de operación del reactor, no se tomaron en cuenta los siguientes factores:

Espesor de placa.- Debido a que el producto final es un material altamente corrosivo, las tablas de corrosión sobre materiales de construcción para recipientes, recomiendan el uso de equipos vidriados en donde la corrosión es nula y solo en condiciones sumamente extremas presenta un valor menor a 0.005 in. por año. (14),(10).

Presión.- Las pruebas hechas en el laboratorio demostraron que la presión de reacción era despreciable (menor de 5 lb/in²).

Otros.- Dado el volumen del reactor, tampoco se consideró necesario calcularlo tomando en cuenta factores de sismo, viento, etc.

Dadas estas circunstancias, se procedera a diseñar dicho reactor de acuerdo a la superficie mínima del mismo para su construcción.

$$S_{\text{reactor}} = 2 S_{\text{cabezas}} + S_{\text{cuerpo cilindrico}}$$

$$V_{\text{reactor}} = 2 V_{\text{cabezas}} + V_{\text{cuerpo cilindrico}}$$

Considerando que se usan cabezas elípticas, se tiene:

a) Para la superficie:

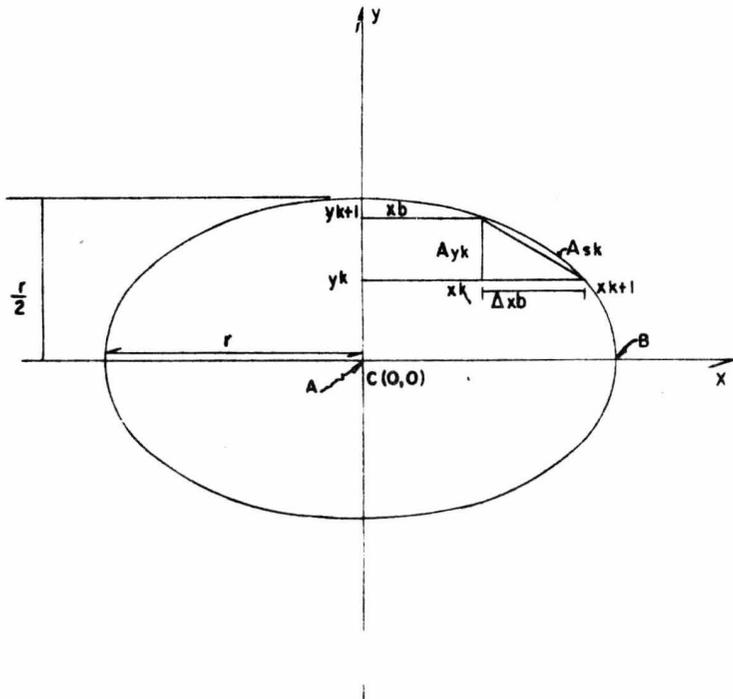
Se consideró la ecuación de la elipse con centro en el origen y eje mayor en el eje de las Xs.

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

TESIS PROFESIONAL



ELIPSE CON CENTRO EN EL ORIGEN
PARA EL CALCULO DE SUPERFICIE DE
LA CABEZA ELIPTICA DE UN REACTOR

para $a = r$ y $b = r/2$

$$\frac{x^2}{r^2} + \frac{y^2}{r^2/4} = 1 \quad ; \quad \frac{x^2}{r^2} + \frac{4y^2}{r^2} = 1$$

multiplicando ambos miembros por r^2 :

$$x^2 + 4y^2 = r^2 \quad \dots(1)$$

El area de la superficie de revolución de la elipse generada por el giro del arco AB de la curva respecto al eje "y", esta dada por la ecuación:

$$dS_y = 2\pi x \, dS$$

integrando la expresión diferencial respecto al eje "y":

$$\int_{S=0}^S dS_y = 2\pi \int_{y=0}^{r/2} x \, dS \quad \dots(2)$$

dS esta definida por la ecuación:

$$dS = \sqrt{1 + (dx/dy)^2} \, dy \quad \dots(3)$$

la diferencial del espacio de la ecuación (1) es:

$$2x \, dx/dy + 8y = 0 \quad ; \quad 2x \, dx/dy = -8y$$

$$dx/dy = -8y/2x \quad ; \quad dx/dy = -4y/x$$

substituyendo en la ecuación (3)

$$dS = \sqrt{1 + (-4y/x)^2} \, dy$$

$$dS = \sqrt{1 + \frac{16y^2}{x^2}} \, dy$$

o bien ;

$$dS = \frac{\sqrt{x^2 + 16y^2} dy}{x} \dots(4)$$

substituyendo la ecuación (4) en la (2):

$$S = 2\pi \int_0^{1/2} x \frac{\sqrt{x^2 + 16y^2}}{x} dy$$

$$S = 2\pi \int_0^{1/2} \sqrt{x^2 + 16y^2} dy$$

efectuando la integración indefinida por sustitución trigonométrica:

nométrica:

$$\int \sqrt{x^2 + 16y^2} dy \quad ; \quad \text{cuando ocurre } a^2 + u^2$$

hagase $u = a \operatorname{tg} z$

en nuestro caso: $a^2 = x^2$; $u^2 = 16y^2$ por lo tanto:

$a = x$ $u = 4y$; como $u = a \operatorname{tg} z$, substituyendo

$4y = x \operatorname{tg} z$; $y = \frac{x}{4} \operatorname{tg} z$; derivando:

$$dy = \frac{x}{4} \sec^2 z dz \quad \text{substituyendo valores,}$$

$$\int \sqrt{x^2 + 16y^2} dy = \sqrt{x^2 + x^2 \operatorname{tg}^2 z} (x/4) \sec^2 z dz$$
$$\int \sqrt{x^2 + 16y^2} dy = (x/4) \int \sqrt{x^2(1 + \operatorname{tg}^2 z)} \sec^2 z dz$$

ahora bien, $1 + \operatorname{tg}^2 z = \sec^2 z$ por lo tanto

$$\int \sqrt{x^2 + 16y^2} dy = (x/4) \int x \sec^2 z \sec z dz$$
$$= (x^2/4) \int \sec^3 z dz$$

esta integral se resuelve directamente con la fórmula ---

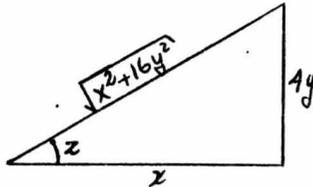
siguiente:

$$\int \sec^3 ax \, dx = 1/2a \left[\operatorname{tg} ax \sec ax + \log \operatorname{tg} (ax/2 + \pi/4) \right]$$

Para nuestro caso:

$$a = 1 ; \quad x = z ; \quad dx = dz$$

$$\frac{x^2}{4} \int \sec^3 z \, dz = \frac{x^2}{8} \left[\operatorname{tg} z \sec z + \log \operatorname{tg} (z/2 + \pi/4) \right]$$



$$y = \frac{x}{4} \operatorname{tg} z \quad \text{ya que:}$$

$$\operatorname{tg} z = \frac{4y}{x}$$

$$\sec z = \sqrt{\frac{x^2 + 16y^2}{x^2}}$$

$$\frac{x^2}{4} \int \sec^3 z \, dz = \frac{x^2}{8} \left[\frac{4y}{x} \frac{\sqrt{x^2 + 16y^2}}{x} + \log \operatorname{tg} (x/2 + \pi/4) \right]$$

recordando que $S = 2\pi \int_0^{r/2} \sqrt{x^2 + 16y^2} \, dy$
y substituyendo, se tiene:

(entre los límites de 0 a r/2)

$$S = \frac{2\pi x^2}{8} \left[\frac{4(r/2)}{x} \frac{\sqrt{x^2 + 16(r/2)^2}}{x} + \log \operatorname{tg} (x/2 + \pi/4) \right]$$

$$S = \frac{\pi x^2}{4} \left[\frac{2r \sqrt{x^2 + 4r^2}}{x^2} + \log \operatorname{tg} (x/2 + \pi/4) \right]$$

para un radio $x = r$;

$$S = \frac{\pi r^2}{4} \left[2r \frac{\sqrt{r^2 + 4r^2}}{r^2} + \log \operatorname{tg} (r/2 + \pi/4) \right]$$

$$S = \frac{\pi r^2}{4} \left[2r \frac{\sqrt{5r^2}}{r^2} + \log \operatorname{tg} (r/2 + \pi/4) \right]$$

$$S = \frac{\pi r^2}{4} \left[\frac{2r \cdot r}{r^2} \sqrt{5} + \log \operatorname{tg} (r/2 + \pi/4) \right]$$

$$S = \frac{\pi r^2}{4} \left[2\sqrt{5} + \log \operatorname{tg} \left(r/2 + \pi/4 \right) \right]$$

ahora bien, como:

$$\log \operatorname{tg} \left(u/2 + \pi/4 \right) = \log \left(\sec u + \operatorname{tg} u \right)$$

substituyendo los valores de $\sec u$ y $\operatorname{tg} u$:

$$\log \left(\sec u + \operatorname{tg} u \right) = \log \left[\frac{\sqrt{x^2 + 16y^2}}{x} + \frac{4y}{x} \right]$$

haciendo $y = r/2$ y $x=r$;

$$\log \left(\sec u + \operatorname{tg} u \right) = \log \left[\frac{\sqrt{r^2 + 16 (r/2)^2} + 4 (r/2)}{r} \right]$$

$$\log \left(\sec u + \operatorname{tg} u \right) = \log \frac{\sqrt{r^2 + 4r^2} + 2r}{r}$$

$$\log \left(\sec u + \operatorname{tg} u \right) = \log \frac{r\sqrt{5} + 2r}{r}$$

por lo tanto:

$$S = \frac{\pi r^2}{4} \left[2\sqrt{5} + \log \left(2 + \sqrt{5} \right) \right]$$

efectuando las operaciones y dejando en función de r :

$$S = 0.7854 \left(4.472 + \log 4.236 \right)$$

$$S = 0.7854 \left(4.472 + 0.6269 \right)$$

$$S = 4 r^2$$

$$S_{\text{cilindro}} = 2\pi r h \quad \dots \text{área lateral}$$

$$S_{\text{reactor}} = 2\pi r h + 2 \left(4 r^2 \right)$$

$$S_{\text{reactor}} = 6.28 r h + 8 r^2 \quad \dots \left(I' \right)$$

b) Para el volúmen de una cabeza elíptica :

Sea la elipse de la página 73 ; su ecuación es:

$$\frac{x^2}{r^2} + \frac{(y-b)^2}{b^2} = 1$$

$$dV = \pi x^2 dy \quad ; \quad x^2 = r^2 \left[1 - \frac{(y-b)^2}{b^2} \right]$$

multiplicando por π ambos miembros y efectuando el binomio cuadrado perfecto :

$$\pi x^2 = \pi r^2 \left[1 - \frac{(y^2 - 2yb + b^2)}{b^2} \right]$$

$$\pi x^2 = \pi r^2 \left[1 - \frac{y^2}{b^2} + 2yb/b^2 - b^2/b^2 \right]$$

$$\pi x^2 = \pi r^2 \left[\frac{2yb - y^2}{b^2} \right]$$

$$\pi x^2 = \frac{\pi r^2}{b^2} (2yb - y^2)$$

Substituyendo la diferencial de volúmen y efectuando la integración:

$$V = \int_0^h \frac{\pi r^2}{b^2} (2by - y^2) dy$$

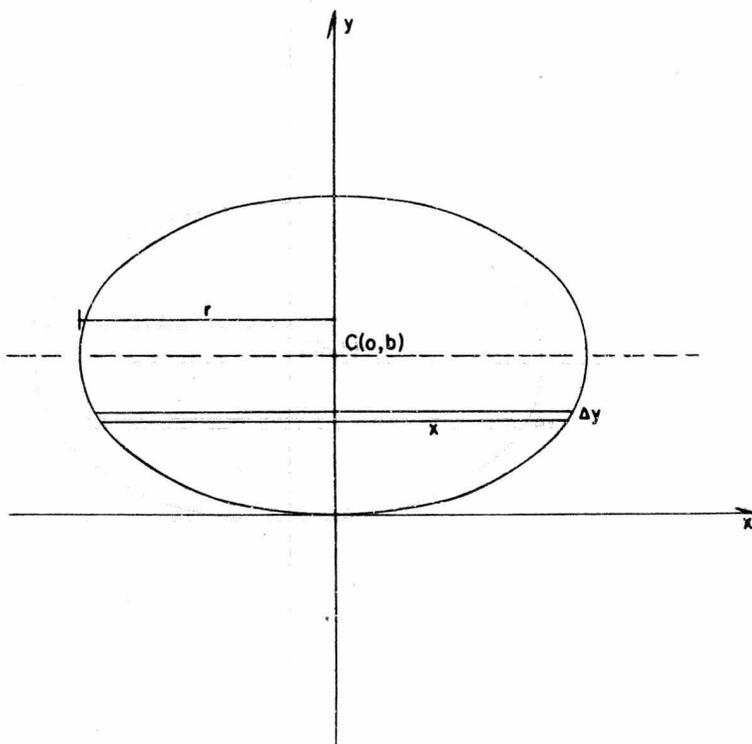
haciendo $h = r/2$ y $b = r/2$ (caso de cabezas elípticas):

$$V = \frac{\pi r^2}{b^2} \int_0^h (2by - y^2) dy = \frac{\pi r^2}{b^2} (by^2 - y^3/3) \Big|_0^h$$

$$V = \frac{\pi r^2}{b^2} (bh^2 - h^3/3) \Big|_{h=r/2, b=r/2}$$

$$V = \frac{\pi r^2}{r^2/4} \left[r/2 \cdot r^2/4 - r^3/8 \cdot 3 \right] = 4\pi \left[\frac{r^3}{8} - \frac{r^3}{8 \cdot 3} \right]$$

$$V = \frac{4\pi r^3}{8} (1 - 1/3) = \frac{4\pi r^3}{8} (2/3)$$

FACULTAD DE QUIMICAU. N. A. M.TESIS PROFESIONAL

ELIPSE CON CENTRO FUERA DEL ORIGEN
PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DE LA
CABEZA ELIPTICA DE UN REACTOR

$$V_{\text{cabeza}} = \frac{\pi r^3}{3}$$

Por lo tanto, el volumen del reactor estará dado por:

$$V_{\text{reactor}} = \frac{2\pi}{3} r^3 + \pi r^2 h$$

$$V_{\text{reactor}} = 2.09 r^3 + 3.1416 r^2 h \quad \dots (II')$$

ahora bien, si a cada constante la llamamos de acuerdo a las siguientes literales:

$$\begin{aligned} a &= 8 \\ b &= 6.28 \\ c &= 2.09 \\ d &= 3.1416 \\ b &= 2 d \end{aligned}$$

$$S = ar^2 + 2d r h \quad \dots (I')$$

$$V = cr^3 + d r^2 h \quad \dots (II)$$

Para el cálculo del costo mínimo del reactor en función del área, se supondrá que el costo por ft^2 de superficie de cabeza elipsoidal es p_1 $\$/\text{ft}^2$, el costo por ft^2 de superficie de cilindro es p_2 $\$/\text{ft}^2$, y definiendo a r_p como la relación de costos de la cabeza elipsoidal al costo del cilindro (ambos por ft^2)

$$r_p = p_1 / p_2$$

de modo que para hacer mínimo el precio del recipiente contamos con las dos ecuaciones siguientes:

$$P = a p_1 r^2 + 2 d p_2 r h \quad \dots (I)$$

$$V = c r^3 + d r^2 h \quad \dots (II)$$

diferenciando estas dos últimas ecuaciones respecto a r e igualando las derivadas a cero (Teorema de Fermat):

$$\frac{dP}{dr} = 2a p_1 r + 2d p_2 r \frac{dh}{dr} + 2d p_2 h = 0 \quad \dots \text{(III)}$$

$$3c r^2 + dr^2 \frac{dh}{dr} + 2 dr h = 0 \quad \dots \text{(IV')}$$

dividiendo la ecuación anterior entre 1/r ;

$$3c r + dr \frac{dh}{dr} + 2 dh = 0 \quad \dots \text{(IV'')}$$

multiplicando esta ecuación por $2p_2$:

$$6c p_2 r + 2 d p_2 r \frac{dh}{dr} + 4 dp_2 h = 0 \quad \dots \text{(IV)}$$

restando las ecuaciones (III) y (IV):

$$2 a p_1 r + 2 dp_2 r \frac{dh}{dr} + 2 dp_2 h = 0 \quad \dots \text{(III)}$$

$$-6 c p_2 r - 2 dp_2 r \frac{dh}{dr} - 4 dp_2 h = 0 \quad \dots \text{(IV)}$$

$$(2a p_1 - 6 c p_2) r - 2 dp_2 h = 0 \quad \dots \text{(V')}$$

$$(a p_1 - 3 c p_2) r - dp_2 h = 0$$

$$h = \frac{(a p_1 - 3 c p_2) r}{d p_2} ; \text{ substituyendo } r_p$$

$$h = \frac{(a r_p - 3 c) r}{d} \quad \dots \text{(V)}$$

Substituyendo h de la ecuación (V) en la ecuación (II), y tomando el volumen de diseño se tiene:

$$V_{\text{diseño}} = c r^3 + \frac{dr^2}{d} (a r_p - 3c) r$$

$$V_{\text{diseño}} = cr^3 + (a r_p - 3 c) r^3 \quad \dots \text{(VI)}$$

simplificando la ecuación anterior:

$$V_{\text{diseño}} = (c + a r_p - 3c) r^3$$

$$V_{\text{diseño}} = (a r_p - 2c) r^3$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{diseño}}}{(a r_p - 2c)}} \quad \dots \text{ (VII)}$$

CALCULO NUMERICO DE LAS DIMENSIONES DEL REACTOR

La r_p recomendada o práctica para volúmenes aproximados a 11 m^3 es de 1.9, substituyendo valores en la ecuación VII:

$$r = \sqrt[3]{\frac{11 \text{ m}^3}{(8) 1.9 - (2) 2.09}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{.11}{11.02}}$$

$$r = 1 \text{ m.}$$

para el cálculo de la altura; substituyendo valores en la ecuación (V):

$$h = \frac{[8(1.9) - 3(2.09)]}{3.1416} 1$$

$$h = \frac{8.93}{3.1416} = 2.8 \text{ m.}$$

Para el presente proyecto, sera necesario el uso de dos reactores como el calculado anteriormente, sin embargo los detalles sobre esto se daran mas adelante durante la explicación del diagrama de flujo, a continuación se mencionaran algunos puntos de considerable importancia de acuerdo a la patente.

Las lechadas del compuesto dibásico con una densidad superior a 47°Tw . no pueden ser almacenadas sin sufrir ninguna alteración; - a que el compuesto dibásico tiende a transformarse en hemibásico, siendo esta razón por la cual no se pueden almacenar lechadas del compuesto neutro a ninguna temperatura, debido a que los cristales del hemibásico presentan serios problemas de filtración.

Lechadas de cal parcialmente cloradas, en que la densidad sea menor de 30°TW . no pueden ser almacenadas debido a formaciones del compuesto básico el cual se presenta a temperaturas inferiores a 23°C ., dando ocasionar bloqueos totales a tuberias y tanques.

Para el presente proceso es conveniente usar lechadas dibásicas que esten constituidas principalmente por cristales grandes del compuesto dibásico y una fase líquida con densidad de 40 a 47°Tw .; sin embargo es posible operar este proceso hasta con lechadas dibásicas con 30°Tw . de densidad, aunque obviamente su uso introduce dificultades en la filtración.

Otra ventaja en el uso de lechadas dibásicas con densidad de 40 a 47°Tw . es el fácil mezclado de la lechada dibásica con la neutra, dando por resultado una concentración más uniforme en los tanques de mezclado y clorado.

La adición al proceso de una lechada dibásica con densidad de 30 a 35°Tw . puede causar serias diluciones, tanto que la concentración de sales disueltas puede variar seriamente el mezclado y clorado en los tanques; sin embargo, con la adición de lechadas dibásicas de

40 a 47°Tw. dicho problema de dilución se reduce hasta el punto de no causar dificultades. Los problemas de dilución son difíciles de solucionar debido a la formación de cristales del compuesto neutro delgados y frágiles comparados con los obtenidos normalmente; debido a esto no es posible usar una agitación violenta durante su precipitación ya que se tendería a quebrarlos en pequeños fragmentos, reduciendo así la filtrabilidad de la lechada final.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OBTENCION DE HIPOCLORITO
DE CALCIO NEUTRO

Para el presente proceso los dos reactores estaran de acuerdo al diagrama de flujo de la página 79 de donde:

$$\Delta Z \text{ g/gc} + \Delta P/\rho + \Delta u^2/2 \text{ gc} + hf_L = w$$

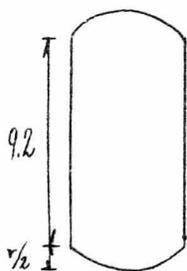
reduciendo la fórmula anterior:

$$\Delta Z \text{ g/gc} + hf_L = w$$

$$\Delta Z \text{ g/gc} = h + r/2$$

$$r/2 = 3.28/2 = 1.64 \text{ ft.}$$

$$\Delta Z \text{ g/gc} = 9.2 + 1.64 = 10.84 \text{ ft.}$$



(de la figura de la página 67)

ALTURA DEL REACTOR

$$hf_L = \frac{f L u^2}{2D \text{ gc}}$$

Suponiendo un diámetro nominal de 2 pulgadas en tubería de acero inoxidable cédula 40 S.

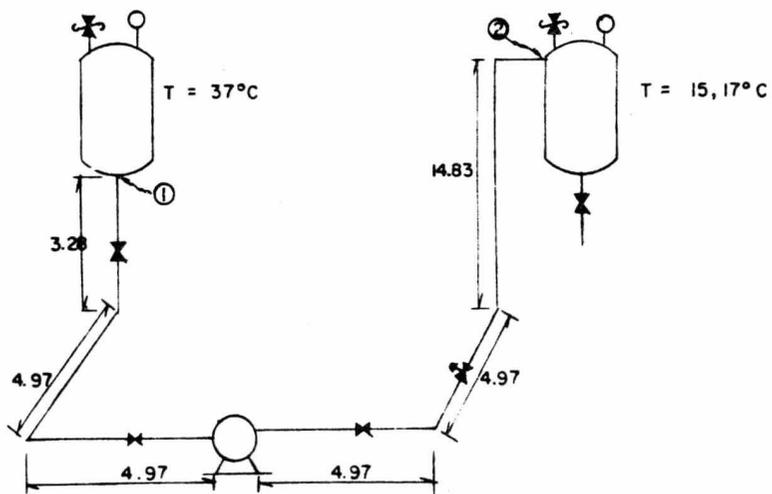
FACULTAD DE QUIMICAU. N. A. M.TESIS PROFESIONAL

DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS REACTORES
USADOS EN EL PROCESO DE FABRICACION
DE HIPOCLORITO DE CALCIO NEUTRO

$$d_i = 0.1722 \text{ ft.} \quad A = 0.02330 \text{ ft}^2$$

$$Q = 25 \text{ gal/min} = 0.0557 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$u = 2.39 \text{ ft/seg.} \quad ; \quad u^2 = 5.71 \text{ ft}^2/\text{seg}^2$$

$$\rho = 75 \text{ lb/ft}^3 \quad ; \quad \mu = 20 \text{ c.p.s.}$$

$$Re = \frac{D u \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{0.1722 \text{ ft} \times 2.39 \text{ ft/seg} \times 75 \text{ lb/ft}^3}{6.72 \times 10^{-4} \times 20 \text{ lb/ftseg}} = 2378 = Re$$

$$f = 64/Re = 0.027$$

Longitud equivalente de accesorios.

$$5 \text{ codos de } 90^\circ = 5 (L/D) = 5 (30) = 150 \text{ ft}$$

$$3 \text{ valvulas de compuerta} = 3(35) = 105 \text{ Ft}$$

$$1 \text{ valvula check} = 135 \text{ ft}$$

$$(L/D) = 150 + 105 + 135 = 390 \text{ ft.}$$

$$L = 390 (d) = 390 (.1722) = 77 \text{ ft (accesorios)}$$

$$L_{\text{tub}} = 26.24 + 10.84 = 37.08 \text{ ft}$$

$$L = L_{\text{acc.}} + L_{\text{tub.}} = 37 + 67 = 104 \text{ ft.}$$

$$hf_L = \frac{0.027 \times 104 \text{ ft} \times 5.71 \text{ ft}^2/\text{seg}^2}{2 (0.1722 \text{ ft} \times 32.2 \text{ ft/seg}^2)} = 1.5 \text{ ft}$$

$$w = 2 \text{ s/gc} + hf_L = 10.84 + 1.5 = 12.34 \text{ ft.}$$

$$HP = \frac{Q \rho w}{550 \eta}$$

$$\text{HP} = \frac{0.0557 \text{ ft}^3/\text{seg} \times 75 \text{ lb}/\text{ft}^3 \times 12.34 \text{ ft}}{550 \text{ ft lb}/\text{seg} \times 0.75}$$

se considero una eficiencia de 75 % para la bomba.

$$\text{HP} = 0.12 = 1/8$$

Para nuestro proceso consideraremos el uso de una bomba de 3/4 de HP para el buen manejo del fluido. La bomba a utilizar sera de engranes.

Ambos reactores contaran con un agitador de baja velocidad (80 rpm). La temperatura en el primer reactor es elevada hasta 37°C. y es mantenida así por medio de enfriamiento en la chaqueta del reactor. Al término de la adición del cloro la solución se agita durante 10 minutos y el licor debiera tener una densidad de 44° Tw.

Esta lechada dibasica formada va a ser bombeada al segundo reactor a 25 gal/min. Dicho reactor se llenara previamente con hipoclorito de calcio neutro (siembra) ya preparado con un contenido aprox. de 0.1 % en peso de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Este contenido de cal libre se permitio que se incrementase hasta 0.5 % y en este punto la introducción del cloro dentro del reactor fue errancada. El cloro se adiciono en forma líquida e inyectado al reactor por medio de una valvula de aguja. La velocidad de adición del cloro fue ajustada para mantener el contenido de cal libre de la lechada a 0.5%. La temperatura del segundo reactor fue mantenida entre 15 y 17°C. durante la adición de cloro por medio de enfriamiento en la chaqueta del reactor.

Se debe de mencionar que en un términ o aproximado de 3 a 3.5 hs. la mitad de la lechada dibásica añadida deberá estar convertida en neutra, para en ese momento parar la adición de cloro y lechada dibásica y proceder a descargar para la filtración la lechada formada, dejan una cantidad en el reactor como siembra para proceder a convertir el resto de la lechada dibásica a neutra.

FILTRACION

Para el presente estudio, no se diseñara el filtro a utilizar y solo se mencionaran las consideraciones que se tomarón para la selección del filtro.

Generalmente las cuestiones más importantes a considerar en la selección de un filtro son las siguientes: (17)

- 1) La naturaleza del líquido.

Para nuestro caso se trata de una lechada.

- 2) pH. del líquido.

Para nosotros es de

- 3) Solubles presentes en el líquido y su concentración.

CaCl_2 con conc. de 10 a 15% aprox.

- 4) Naturaleza de los sólidos en suspensión.

$\text{Ca}(\text{OCl})_2$; CaCO_3 ; $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y CaCl_2 .

- 5) Concentración de estos sólidos.

En el mismo orden: 21%, .4%, 0,2% y 4%. El resto es agua.

- 6) Estructura de las partículas sólidas.

Cristales sumamente frágiles.

- 7) Tamaño de partícula y forma.

Agujas de 4 a 5 micras de ancho y de 40 a 50 micras de largo.

- 8) Densidad del líquido a filtrar.

1.21 g/c.c.

INFORMACION ACERCA DEL PROCESO PARA LA FILTRACION

1) ¿ Que es lo importante en la filtración ? ¿ El filtrado o los sólidos?

Para nuestro caso los sólidos.

2) Especificaciones del filtrado.

Contenido máximo de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ de 0.5%.

3) Especificaciones de la torta filtrada.

$\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 53.6% ; CaCO_3 1.0% ; $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0.4% y CaCl_2 7%,
y 38% de Humedad.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

1) Como es el líquido.

Lechada poco viscosa de aproximadamente 60 c.p.s.

2) La producción del líquido a filtrar es continua o ---
discontinua.

En nuestro caso es discontinua.

3) Cual es la velocidad de filtración.

5000 gal/batch

4) Procesos posteriores al filtrado.

Secado y envasado.

5) Material recomendado para la construcción del filtro.

Acero inoxidable.

6) Descripción del lugar donde se piensa instalar el filtro.

En el interior y en el piso.

Despues de las consideraciones anteriores y basados en --
 Cartas de Selección de Filtros de acuerdo a las necesidades del presente estudio (se presentan algunas de dichas cartas) se decido filtrar la lechada a traves de un filtro de vacio de tambor rotativo. Este filtro, de una manera breve trabaja haciendo que la torta filtrada se recoga de un recipiente lleno de lechada sumergiendo la superficie del tabor y aplicando vacio. Entonces la torta es arrastrada a lo largo del tambor , donde recibe sucesivamente un lavado y exprimido, por medio de la aplicación ccontinua de vacio en el interior del tambor. Este último paso -- (el lavado) puede ser suprimido si no se hace necesario dada las características del producto.

Filter-Selection Chart According to Slurry Characteristics[†]—Table II

| Filter Type | Slurry Class* | | | | | Footnote No. | Filter Type | Slurry Class* | | | | | Footnote No. |
|------------------------------------|---------------|---|---|---|---|--------------|------------------------------------|---------------|---|---|---|---|--------------|
| | A | B | C | D | E | | | A | B | C | D | E | |
| Continuous Vacuum Drum | | | | | | | Continuous Vacuum Precoat | | | x | x | | 8 |
| Multicompartment | | x | x | | | 1 | Continuous Pressure Precoat | | | x | x | | 8 |
| Sieve compartment | | x | x | | | 2 | Batch Vacuum Leaf | | x | x | | | 9 |
| Internal drum | | x | x | | | 3 | Batch Nutsche | | x | x | x | x | 10 |
| Hopper dewaterer (or filter dryer) | | x | x | | | 4 | Batch Pressure | | | | | | |
| Top feed | | x | x | | | 4 | Plate and frame | | x | x | x | x | 11 |
| Continuous Horizontal | | | | | | | Vertical leaf | | x | x | x | x | 12 |
| Scroll discharge | | x | x | | | 5 | Tubular element | | x | x | x | x | 13 |
| Tilting pan | | x | x | | | 5 | Horizontal plate | | x | x | x | x | 14 |
| Belt | | x | x | | | 5 | Cartridge | | | | | x | 15 |
| Continuous Disk (vacuum) | | x | x | | | 6 | Centrifugal Filters | | x | x | | | 16 |
| Continuous Disk (pressure) | | x | x | | | 7 | Mechanical Screens | | x | x | | | 17 |
| Continuous Drum (pressure) | | x | x | | | 7 | | | | | | | |

* Type A has high solids concentration (say greater than 20%), is free draining and fast settling. Slurry is difficult to pick up at low filtration rates.

* Type B forms cake rapidly, has medium solids concentration, is reasonably fast settling but capable of suspension in drum filter trough.

* Type C forms cake slowly and has low solids concentration. Thin cakes are sometimes difficult to discharge.

* Type D has low solids concentration and forms slowly a difficult to discharge cake.

* Type E has very low solids concentration. The clarified filtrate is usually recovered.

1. These filters are applicable when vacuum can be used or when most slurries of types B and C can be handled in large scale production.

2. Used when high drum speeds are applicable, and when well washed, thin cakes can be discharged.

3. Useful for fast filtering slurries when cake can be held on by vacuum.

4. Good for special free filtering material applications and for dry cake.

5. Good place for free-draining materials and when good washing is required.

6. Used when large throughputs are required in small size units. Washing, however, is very difficult, and cake yield is low.

7. The use of part of the vacuum filter permits increasing the pressure differential.

8. Suitable for clarification and for materials that blind normal cloth surface.

9. Good for separating wash liquor and for handling large quantities of similar materials. Filter, however, requires large floor space, and presents handling problems.

10. Suitable for practically any separation where automatic units are considered.

11. This most widely used separation device is particularly good for batch processes, as well as when many products must be handled by one unit. Large installations can be automated to reduce labor requirements.

12. Useful for toxic and valuable-liquor applications, where complete enclosure is desired. Good washing can be achieved, and automatic discharge can be arranged.

13. This is comparable to the plate and frame type, except that dry cake discharge is not possible. Filter is useful for fine clarifications.

14. This is a good polishing filter—with low final holdup—when filtration must be interrupted. Precoat, filter papers, etc., can be used for special polishing applications.

15. Very suitable for clarification and removal of fine particles, as well as for straining and classification duties. Solids capacity is small.

16. Although suitable for slurry types A and B—especially when dry cakes are required—it is expensive in certain materials.

[†] From Ref. 9 at end of article.

Filter-Selection Chart* According to Slurry Solids Content and Particle Size--Table III

| Equipment | Solids Content ^a | | Particle-Size Range, ^c Microns | Relative Performance ^b | | | | |
|----------------------------|-------------------------------|---------|---|-----------------------------------|--------------|------------------|------------------|---|
| | For Which Effective, Weight % | | | Cake Dryness | Cake Washing | Filtrate Clarity | Crystal Breakage | |
| Centrifuges | | | | | | | | |
| Centrifuge | 10 | to 50 | 2 | to 30,000 | 9 | 6 | 5 | 6 |
| Scroll screen (no scroll) | 10 | to 40 | 60 | to 30,000 | 7 | — | 5 | 7 |
| Disc centrifuge | 0.005 | to 0.08 | 0.1 | to 100 | — | — | 6-7 | — |
| Disc centrifuge | 0.1 | to 2 | 0.1 | to 100 | 3 | — | 6-7 | — |
| Disc centrifuge | 0.08 | to 1 | 0.1 | to 100 | 3 | — | 6-7 | — |
| Oscillating | 40 | to 70 | 60 | to 30,000 | 7-9 | 5 | 4 | 3 |
| Roller | 20 | to 80 | 40 | to 70,000 | 9 | 5 | 4 | 4 |
| Scraper | 10 | to 50 | 2 | to 30,000 | 9 | 6 | 5 | 5 |
| Scraper with dewaterer | 9 | to 40 | 30 | to 30,000 | 6 | 5 | 4 | 5 |
| Scroll dewaterer | 7 | to 60 | 1 | to 30,000 | 4 | 3 | 4 | — |
| Scroll screen | 30 | to 60 | 100 | to 20,000 | 9 | 5 | 4 | 4 |
| Gravity Filters | | | | | | | | |
| Drum | 0.08 | to 0.8 | 50 | to 6,000 | 8 | — | 6-7 | — |
| Flat bed | 0.05 | to 5 | 1 | to 90,000 | — | 7 | 7-8 | — |
| Rotating screen | 0.009 | to 0.1 | 100 | to 10,000 | — | — | 6 | — |
| Sand | 0.002 | to 0.01 | 0.1 | to 50 | — | — | 7-9 | — |
| Table pan | 5 | to 70 | 50 | to 80,000 | 5-7 | 9 | 7 | 8 |
| Traveling screen | 0.009 | to 0.1 | 100 | to 10,000 | — | — | 6 | — |
| Vibrating screen | 0.1 | to 1 | 30 | to 100,000 | 5 | 5 | 6 | — |
| Compression Filters | | | | | | | | |
| Automatic filter press | 0.2 | to 40 | 1 | to 200 | 7 | 7 | 7-8 | — |
| Press pan | 10 | to 60 | 1 | to 200 | 7 | 7 | 7-8 | — |
| Scraper | 10 | to 70 | 1 | to 200 | 6 | — | — | — |
| Pressure Filters | | | | | | | | |
| Cartridge | 0.002 | to 0.02 | 0.6 | to 50 | 5 | 7 | 7-9 | 8 |
| Drum | 0.7 | to 8 | 5 | to 200 | 5-6 | 7 | 7-8 | 8 |
| Leaf | 0.002 | to 0.1 | 1 | to 200 | 5 | 7 | 7-8 | 8 |
| Leaf, vertical | 0.002 | to 30 | 1 | to 100 | 6 | 7 | 7-9 | 8 |
| Leaf, horizontal | 0.002 | to 0.06 | 1 | to 100 | 5 | 8 | 8-9 | 8 |
| Leaf, vertical | 0.008 | to 0.4 | 1 | to 110 | 5-6 | 6 | 7-8 | 8 |
| Plate | 0.002 | to 0.02 | 0.2 | to 60 | — | — | 7-9 | — |
| Scraper | 0.002 | to 0.02 | 4 | to 600 | — | — | 7 | — |
| Tabular element | 0.002 | to 0.1 | 0.5 | to 100 | 5 | 7 | 7-8 | 8 |
| Vacuum Filters | | | | | | | | |
| Drum | 8 | to 50 | 20 | to 80,000 | 5-7 | 9 | 7 | 8 |
| Leaf | 4 | to 40 | 1 | to 700 | 2-3 | 2 | 6 | 8 |
| Drum | 5 | to 70 | 1 | to 600 | 4-5 | 7 | 7-8 | 8 |
| Leaf | 0.07 | to 2 | 1 | to 500 | 4-5 | 9 | 7 | 8 |
| Precoat drum | 0.01 | to 0.1 | 0.6 | to 100 | — | — | 8 | — |
| Suction strainers | 0.02 | to 0.09 | 50 | to 200 | — | — | 7 | — |
| Table pan | 8 | to 50 | 20 | to 80,000 | 5-7 | 9 | 7 | 8 |
| Tabular element | 0.08 | to 2 | 1 | to 150 | 2-3 | — | 7 | — |

* Adapted from Evans Data Manual (Ref. 2).

^a Approximate values.

^b Performance rating: 9 = highest.

SECADO

Finalmente, para tener un producto en condiciones adecuadas para la venta, es necesario proceder a secar el filtrado, con el objeto de subir la concentración del Hipoclorito de Calcio a un nivel comercial de 70 %, evaporandole aproximadamente 19% de humedad.

Las condiciones finales (teóricas) del producto serán las siguientes:

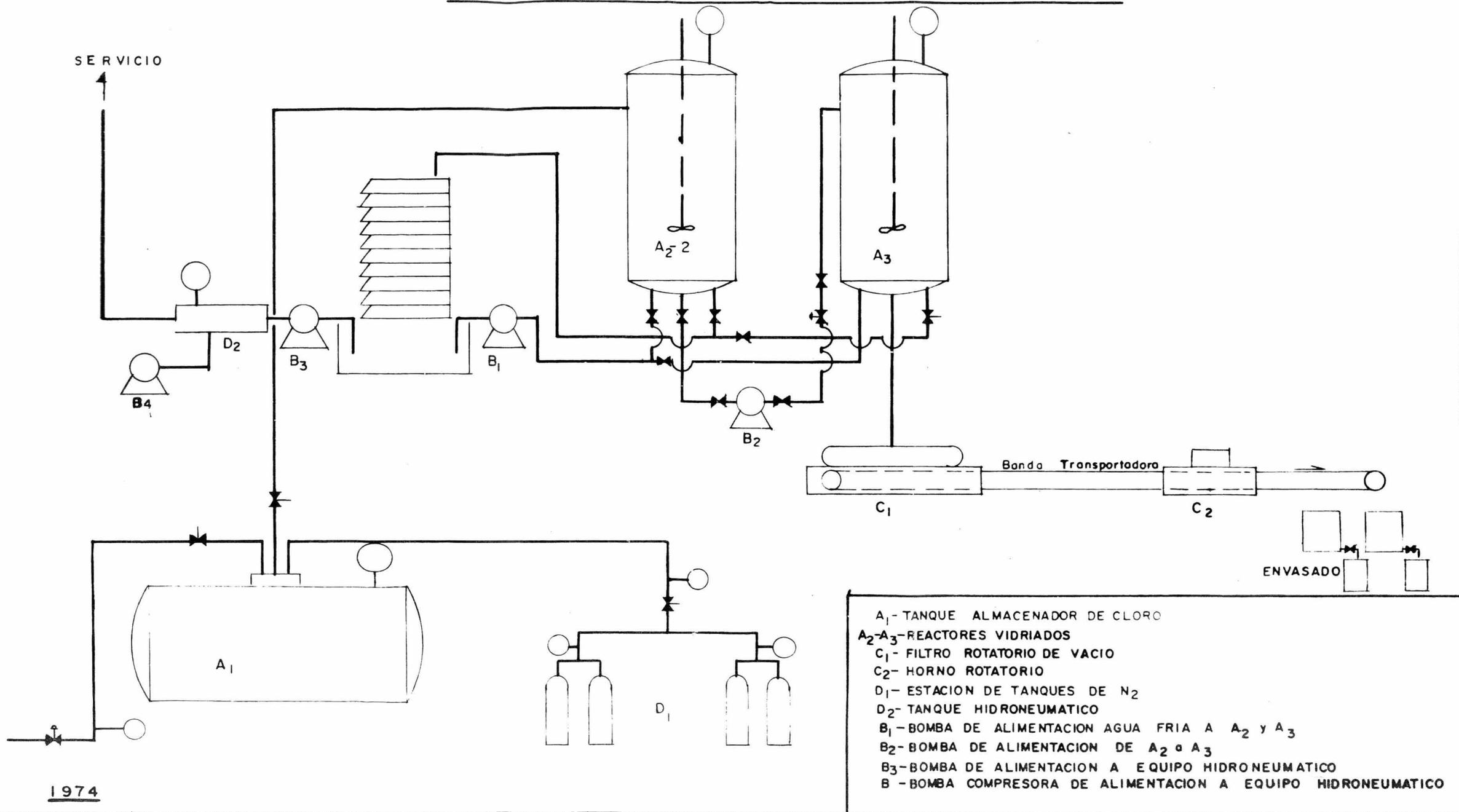
| | |
|---------------------------|-------|
| $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ | 70% |
| H_2O | 19% |
| CaCl_2 | 9% |
| CaCO_3 | 1.5% |
| $\text{Ca}(\text{OH})_2$ | .5% |
| | <hr/> |
| | 100% |

La aplicación de los principios básicos al diseño del equipo para secado, no es cosa sencilla ni directa; además de la dificultad para predecir la curva de velocidad de secado, surgen otros problemas que tienen que ver con las condiciones del secado a través del secador, la diferencia de área para la transferencia de calor y para la transferencia de masa, el patrón de flujo gaseoso y el efecto de la variable de operación, así como la selección del equipo bajo las condiciones del producto seco. Naturalmente que deben de tomarse en consideración también los factores acerca del costo de operación en relación con las condiciones más deseables para el producto, desde el punto de vista de la venta. Por estas razones, la selección del secador se basa generalmente en pruebas preliminares, secando el material bajo condiciones de producción simuladas. La mayor parte de los fabricantes de secadores

mantienen laboratorio de servicios en los cuales se encuentran secadores de tipo piloto. El cliente puede secar en ellos muestras de su material, variando las condiciones de operación con el fin de encontrar las combinaciones óptimas entre el tipo de equipo y las condiciones de operación.

Debido a las razones anteriores, el secador a usar no se procedió a calcular pero se recomienda usar un secador rotatorio debido a que los materiales en polvo, que fluyen libremente, son muy difíciles de mantener sobre una banda transportadora metálica o de cualquier otra índole. Estos materiales pueden secarse en un aparato de tipo rotatorio en donde los sólidos se secan en forma continua pasando por el centro de un tambor rotatorio, en tanto que el aire se sopla a través de la cascada. Deflectores internos levantan el sólido controlando su caída a través de la corriente de aire. El secador está inclinado, en forma tal que los sólidos encuentren gradualmente su camino desde el punto de carga hasta la terminal de su salida. Los gases combustibles, así como el vapor sobrecalentado o aun los medios eléctricos, se utilizan para calentar el aire como el medio de secado. (9)

PROCESO DE OBTENCION DE HIPOCLORITO DE CALCIO NEUTRO



- A₁- TANQUE ALMACENADOR DE CLORO
- A₂-A₃-REACTORES VIDRIADOS
- C₁- FILTRO ROTATORIO DE VACIO
- C₂- HORNO ROTATORIO
- D₁- ESTACION DE TANQUES DE N₂
- D₂- TANQUE HIDRONEUMATICO
- B₁-BOMBA DE ALIMENTACION AGUA FRIA A A₂ y A₃
- B₂-BOMBA DE ALIMENTACION DE A₂ a A₃
- B₃-BOMBA DE ALIMENTACION A EQUIPO HIDRONEUMATICO
- B₄-BOMBA COMPRESORA DE ALIMENTACION A EQUIPO HIDRONEUMATICO

CAPITULO VI

ESTUDIO ECONOMICO

Para el presente estudio se tomó como base a dos guías de información para el estudio de una nueva empresa. Dichas guías fueron proporcionadas por el Banco de México a través de su departamento de investigaciones industriales y por el Banco Nacional de México, S.A.

La proporcionada por el Banco de México, principalmente fué la base para estimación de inversiones, interviniendo también la forma proporcionada por el grupo BANAMEX. Los estados financieros proforma, fueron elaborados de acuerdo a la forma proporcionada por el grupo BANAMEX.

ESTIMACION DE INVERSION

Requerimientos estimados de capital para una producción anual de 1000 toneladas de hipoclorito de calcio operando 300 días al año y un turno por día.

| a) Capital fijo | <u>Miles de pesos</u> |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Maquinaria y equipo: | |
| (1) Tanque almacenador de cloro | 90.00 |
| (1) Reactor (1) con accesorios | 600.00 |
| (1) Reactor (2) con accesorios | 600.00 |
| (2) Motores y bombas | 91.00 |
| (2) Filtro rotatorio con accesorios | 100.00 |
| (2) Horno rotatorio con accesorios | 100.00 |
| (2) Bandas transportadoras | 40.00 |
| (2) Tuberías y accesorios | 100.00 |

Miles de pesos

| | |
|--|---------------|
| (2) Estación de empaque | 100.00 |
| Almacén de refacciones y mantenimiento | <u>179.00</u> |
| sub-total | 2000.00 |
| (3) Terreno de 5000 m ² a \$30.00 m ² | 150.00 |
| (3) Edificio con 400 m ² de construc- ción de tipo sencillo a \$ 800.00 el metro cuadrado | <u>320.00</u> |
| sub-total | 2470.00 |

Fuentes informativas:

(1) Pfaudler Inter-American Corp.

Rochester 3, New York, U.S.A.

(2) Departamento de compras de

Condumex, S.A.

Poniente 140 # 720

Col. Industrial Vallejo.

(3) Construcciones industriales y

proyectos, S.A.

Avenida Monte Tauro 216-A

México, 10, D.F.

Miles de pesos

b) Capital de trabajo.

| | |
|---|----------------|
| Inventario de materias primas | 140.90 |
| Inventario de productos | 479.65 |
| Servicios | 10.88 |
| Seguros | 1.63 |
| Fuerza de trabajo directa e indirecta | <u>71.70</u> |
| sub-total | 704.76 |
| <u>Total de capital fijo y de trabajo</u> | <u>3174.76</u> |

ESTIMACION DE COSTOS DE PRODUCCION Y ADMINISTRACION

Fuerza de Trabajo directa

7 obreros sin especialización

con sueldo anual de \$22500.00 c/u 157.50

Fuerza de trabajo indirecta

1 gerente y director técnico con

sueldo anual de \$ 120000.00

1 contador con sueldo anual

de \$80000.00

1 técnico de producción con sueldo

anual de \$ 80000.00

2 empleados de oficina con sueldo

anual de \$ 30000.00 c/u

Miles de pesos

2 empleados de confianza con
sueldo anual de 30000.00 c/u
1 vendedor con sueldo anual
de \$ 40000.00

Total 440.00

Prestaciones:

20% de los renglones anteriores 119.50

sub-total 717.00

Materia prima.

965.1 Ton de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a

\$ 250.00 Ton 241.30

463.2 Ton de cloro a \$1000.00 Ton 463.20

sub-total 704.50

Depreciación y amortización.

10% sobre el total de maquinaria

y equipo 200.00

5% sobre el total de edificios 16.00

sub-total 216.00

Miles de pesos

Servicios

Energía eléctrica

462,650 Kw-hr/año a \$0.20 Kw-hr 92.53

Energéticos

4500 m³ de gas natural a \$3.25 m³ 14.62

Agua

2481.6 m³ anuales de agua a \$0.70 1.74

sub-total 108.89

Seguros.

Seguro global sobre maquinaria,

equipos, edificios, inventarios

y materias primas. 16.30

sub-total 16.30

Total de costos de producción y administración

1762.69

ESTIMACION TOTAL ANUAL

Miles de pesos

| | |
|---|---------|
| a) Estimación de costos de producción y administración | 1762.69 |
| b) Imprevistos(15% sobre estimación de costos de producción y - administración) | 264.40 |
| c) Gastos financieros | 111.15 |
| d) Gastos de venta (5% sobre el valor de las ventas) | 260.00 |
| Estimación total anual | 2398.24 |

INGRESOS UTILIDADES E IMPUESTOS

| | |
|--|---------|
| a) Ingresos por la venta de 1000 Ton al precio unitario de \$5200.00 | 5200.00 |
| b) Utilidad antes del ISR y reparto de utilidades. | 2801.76 |
| c) Pago de impuestos totales | 1400.88 |
| <u>Estimación de la utilidad neta</u> | 1400.88 |

HIPOCLORITO DE CALCIO, S.A.

BALANCE PROFORMA

AÑO

Inicial. Miles de pesos

ACTIVO

Activo circulante

Excedentes de efectivo y

efectivo de operación 274.767

Cuentas por cobrar 686.9175

Inventarios 1785.9855

Total de activo circulante 2747.67

Inmuebles, planta y equipo. 2470.00

Cargos diferidos

Depreciación y amortización (10% sobre
maquinaria y equipo y 5% sobre edificios) 216.00

sub-total 2254.00

Total suma activo 5001.67

HIPOCLORITO DE CALCIO S.A.

BALANCE PROFORMA

AÑO

Inicial. Miles de pesos

PASIVO

Pasivo circulante

| | |
|--------------------------------|----------|
| Proveedores, cuentas por pagar | 549.53 |
| a corto plazo | 137.3825 |
| a largo plazo | 412.1475 |
| Obligaciones en circulación | 1111.50 |

Capital contable

| | |
|-----------------------|---------|
| Capital social | 1939.76 |
| Superavit | 1400.88 |
| Suma pasivo y capital | 5001.67 |

HIPOCLORITO DE CALCIO S.A.

ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS PROFORMA

Año inicial Miles de pesos

UNIDADES VENDIDAS

1000 Ton a \$5200.00 Ton

VENTAS NETAS 5200.00

COSTOS Y GASTOS

Costo de lo vendido 1397.92

UTILIDAD BRUTA 3802.08

Administrativos y generales 629.17

Gastos de venta 260.00

Gastos financieros (financiamiento,
depreciación y amortización). 111.15

UTILIDAD ANTES DE I.S.R. Y PARTICIPACION

DE UTILIDADES 2801.76

I.S.R. Y PARTICIPACION DE UTILIDADES 1400.88

UTILIDAD NETA 1400.88

DIVIDIENDO REPARTIDO

$$\frac{\% \text{ de utilidad neta}}{\text{ventas netas}} = \frac{1400.88}{5200.00} = 26\%$$

DATOS PARA EL DIAGRAMA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

Capacidad : 1000 toneladas anuales.

COSTOS FIJOS

COSTOS VARIABLES

| | <u>miles de pesos</u> | | <u>miles de pesos</u> |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| Depreciación y amortización | 216.00 | Materias Primas | 704.50 |
| Fuerza de trabajo | 717.00 | Servicios | 108.89 |
| Seguros, imprevistos | 95.62 | Imprevistos | 185.08 |
| Gastos financieros | 111.15 | Gastos de venta | 260.00 |
| | | Impuestos | 1400.88 |
| Total | 1139.77 | Total | 2658.85 |
| Costos totales : | | | 3798.62 |
| Ventas : | | | 5200.00 |

TESIS PROFESIONAL

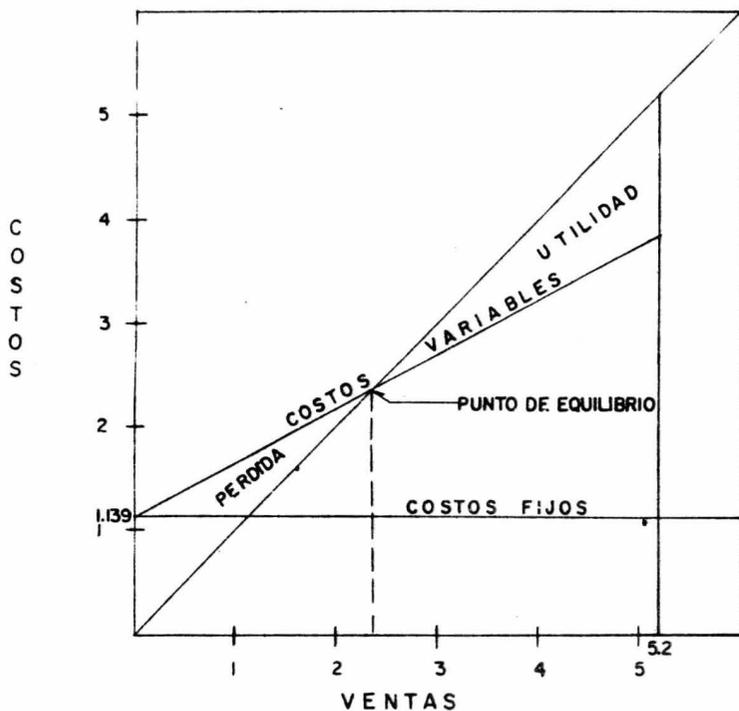


DIAGRAMA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sobre el presente trabajo es conveniente destacar las principales conclusiones y recomendaciones (a juicio del autor), algunas positivas y otras negativas, pero todas de importancia.

Sobre la introducción:

1) El pensamiento de tratar de optimizar al máximo el aprovechamiento de las materias primas existentes en el mundo y en especial en nuestro México.

2) El hecho verdadero, del precio que se paga por industrializar un país, al desperdiciar, en la mayoría de los casos materias primas y subproductos susceptibles de integrarse en procesos secundarios que permitan la creación de nuevas fuentes de trabajo y progreso, principalmente en nuestros días plagados de crisis de energéticos, alimentos, materias primas y tantos otros factores de indole diversa.

Sobre el capítulo II de información técnica:

1) El objetivo fundamental de conocer lo mejor posible el producto a fabricar, con el objeto de hacer procesos mas económicos o bien simplemente mejorarlos, así como para obtener una mejor calidad en el producto terminado.

2) Estudiar la posibilidad de utilizar los subproductos generados en las distintas reacciones del proceso, para integrarse lo mejor posible y así lograr un aprovechamiento mejor de toda la materia prima utilizada.

Sobre el capítulo III de principales procesos de fabricación:

1) El conocimiento necesario de los diferentes procesos de fabricación de hipoclorito de calcio que implica el conocer diferentes tipos de tecnología que lleva a tratar de incorporar lo mejor de cada uno, sus ventajas y cualidades en uno solo, con el resultado de la obtención de un mejor y mas barato producto fabricado.

2) Este capítulo, permitio así mismo, mediante el conocimiento de distintas tecnologías, el seleccionar a juicio de los autores el que más ventajas ofrecia de indole práctica y económica.

Sobre las importaciones, exportaciones y consumo nacional.

1) La información necesaria para poder determinar, junto con la producción de otros países, en un momento determinado, la capacidad de la planta a construir así como los planes futuros para expansiones y aún el abarcar mercados exteriores.

Sobre la parte técnica y económica de esta tesis.

1) Quizá la más importante conclusión es que aunque la presente tesis es unicamente un anteproyecto, y su realización clara requiere un estudio mucho más profundo que el aquí realizado, desde el punto de vista técnico y económico, se trató sin embargo de aprovechar la experiencia obtenida en unos pocos años de labor en la industria mexicana y concluir que el presente anteproyecto es susceptible de realizarse ya que se trató de considerar todos los factores posibles, tanto técnicos como económicos y humanos.

2) Finalmente, la recomendación de cuando un anteproyecto como el presente, demuestra sus cualidades que lo hacen viable y plausible, de ser posible y contando con los medios para ello o la forma de -

conseguirlos, debe de llevarse a cabo, no solamente por su aspecto económico, sino porque satisface las necesidades humanas que requiere un país como nuestro México.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Walas, Stanley: Reaction kinetics for chemical engineers. International Student Edition. McGraw-Hill.
- 2) Williams y Johnson: Stoichiometry for chemical engineers. McGraw-Hill.
- 3) Sokolnikoff, Ivan: Advanced Calculus. McGraw-Hill.
- 4) Kindle, Joseph: Theory and problems of plane and solid - analytic geometry. Schaum Publishing Co.
- 5) Ayres, Frank Jr.: Theory and problems of differential -- equations. Schaum Publishing Co.
- 6) Spiegel, Murray: Theory and problems of advanced calculus. Schaum Publishing Co.
- 7) McCabe y Smith: Unit operations of chemical engineering. McGraw-Hill.
- 8) Foust, Wenzel y Clump: Principles of unit operations. -- Wiley International edition.
- 9) Flow of fluids through valves, fittings and pipe. Crane-Co.
- 10) Perry, John: Chemical engineers' handbook. McGraw-Hill.
- 11) Kirk y Othmer: Encyclopedia of chemical technology, vols. IV y V.
- 12) Horwitz, William: Official methods of analysis of the - association of official agricultural chemists.
- 13) Weast, Robert: Handbook of chemistry and physics. Che-- mical Rubber Co.

- 14) Chemical engineering catalog for equipment materials of construction. A Chapman Rehinold publication.
- 15) Hütte: Manual del ingeniero químico. Gili Editorial S.A.
- 16) Distintos volúmenes del Chemical Abstracts. Secciones - química y fisicoquímica. American chemical society.
- 17) Chemical engineering. Sept. 1971.vol.78 #21.McGraw-Hill.