

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y
MANUFACTURERA



"OBTENCION DE BORAX Y ACIDO BORICO
A PARTIR DE LA BORONATROCALCITA -
ESTUDIO COMPARATIVO"

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO

MARGA ELIZABETH LOPEZ DIEZ
LUZ BEATRIZ LEONOR ANTAYHUA VARGAS

LIMA - PERU

1991

Dedico esta Tesis a la memoria
de mi Abuelo Julio Antayhua
Neira.

Dedico esta Tesis a mi Madre
Iris Diez de L6pez, por su
permanente aliento.

Nuestro eterno agradecimiento al Ingeniero
Manuel Nieto, por su desinteresada asesoría
en todo momento.

INDICE

CAPITULO I	INTRODUCCION	1
CAPITULO II	EVOLUCION HISTORICA Y CARACTERISTICA DE LOS PRODUCTOS : BORAX Y ACIDO BORICO	4
2.1	Evoluci3n Hist3rica	4
2.2	Característica de los Productos B3rax y Acido B3rico	9
2.2.1	B3rax	9
2.2.2	Acido B3rico	14
2.3	M3todos de Obtenci3n	19
2.3.1	B3rax	19
2.3.2	Acido B3rico	24
CAPITULO III	: ESTUDIO DE MERCADO ACIDO BORICO Y BORAX	30
3.1	Mercado Nacional	30
3.2	Mercado Internacional	30
CAPITULO IV	: ESTUDIO DE MATERIAS PRIMAS	53
4.1	Minerales Importantes de Boro	53
4.2	Boronatrocalcita	56
4.2.1	Características Importantes	56
4.2.2	Reacciones Importantes	57
4.2.3	Composici3n de la Boronatrocalcita Nacional	58
4.3	Acidos Minerales	59
4.3.1	Acido Sulf3rico	59
4.3.2	Acido Clorhídrico	60
4.4	Sales S3dicas	61
4.4.1	Bicarbonato de Sodio	61

	Pág.
4.4.2 Carbonato de Sodio	62
CAPITULO V : ESTUDIO DEL PROCESO	64
5.1 Resultados Experimentales	65
5.2 Cuadros	69
5.3 Análisis de Resultados (Selección del Proceso)	78
5.4 Esquema del Proceso	79
5.5 Equipo	81
CAPITULO VI LOCALIZACION Y DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA	103
CAPITULO VII : INGENIERIA DE PROCESO	106
7.1 Reacciones en el Proceso	106
7.1.1 Balance de Materias	106
7.2 Rendimiento Teórico	107
7.3 Rendimiento Efectivo	107
CAPITULO VIII ESTUDIO ECONOMICO	152
8.1 Inversión de Capital	152
8.1.1 Capital Fijo	152
8.1.2 Capital de Trabajo	158
8.2 Costo General	158
8.2.1 Costo de Manufactura	158
8.3 Rentabilidad	164
CAPITULO IX : ASPECTOS DE SEGURIDAD Y CONTAMINACION	165
CONCLUSIONES	168
TABLAS	170
BIBLIOGRAFIA	181
ANEXOS	

CAPITULO I

INTRODUCCION

Cumpliendo con lo establecido para el desempeño profesional hemos elaborado la presente tesis intitulada "Obtención de Bórax y Acido Bórico a partir de la Boronatrocalcita - Estudio Comparativo".

El objetivo de la presente Tesis es el de comparar distintos métodos de obtención de bórax y ácido bórico a partir de la boronatrocalcita, seleccionar el método más adecuado y diseñar la planta económicamente conveniente.

Estos productos tienen una amplia aplicación industrial, como en la industria del vidrio, medicina, curtiduría, producción de velas, como fundente en soldadura, fertilizantes, elaboración de papel satinado, etc.

Fundamentalmente se han realizado pruebas de laboratorio que consistieron en el ataque del mineral con reactivos diferentes a diferentes condiciones así como distintas operaciones que permitieron determinar según el rendimiento obtenido la selección del procedimiento adecuado.

Analizaremos la demanda tanto en el ámbito nacional, como internacional del ácido bórico y bórax, ya que actualmente se está exportando el ácido bórico y se tienen condiciones como para aumentar

el volumen de estas exportaciones a varios países, sobre todo del área andina.

Esta Tesis está dirigida al diseño de una planta para obtener bórax y ácido bórico para lo cual se ha diseñado los equipos necesarios y se ha realizado el estudio económico, así como otros puntos tales como mercado, seguridad industrial, etc.

Como consultas y fuentes de información de datos necesarios en los diseños, estimación de costos y otros se empleó textos, manuales y revistas especializadas.

En el estudio económico se ha considerado la inversión de capital, el costo general y la rentabilidad, para definir el tamaño de la planta.

El mineral empleado como materia prima proviene del yacimiento de bórax de la laguna de Salinas. La laguna se encuentra situada en la línea limítrofe de los Departamentos de Arequipa y Moquegua, al pie del volcán Pichu-Pichu. La cuenca hidrográfica de Salinas está limitada por los cerros que circundan la laguna. El depósito sedimentario sólo se conoce en su parte vecina a la superficie, es aquí donde se ha encontrado el borato que da importancia al yacimiento que es explotado actualmente por la Compañía del Boro y Derivados.

Esperamos que este trabajo pueda servir como fuente de consulta para otros temas de tesis, para lo cual también al final de él se consigna la bibliografía empleada.

Agradecemos muy sinceramente a los Ingenieros Teodoro Patiño, Manuel Nieto, Marcel Navarro y a nuestro asesor Ingeniero Roberto Caro que contribuyeron al logro de esta Tesis.

CAPITULO II

EVOLUCION HISTORICA Y CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS BORAX Y ACIDO BORICO

2.1 EVOLUCION HISTORICA

EN EL PERU :

En el siglo XIX, en el primer período de la minería peruana (1821-1833), Antonio Raimondi señaló la existencia de los boratos de Tarapacá que fueron explotados en los años 1864-1865 pero cuya explotación no tuvo significación económica.

Los yacimientos de bórax se encuentran en las provincias de Arequipa, Tacna, Parinacochas (Ayacucho) y Azángaro (Puno).

De estos yacimientos, el primero, de Arequipa, llamado Boratera de Salinas, tiene importancia comercial; el Chiricolpa (Tarata, Tacna) es de menor importancia.

Los yacimientos de Parinacochas (Ayacucho) en la laguna de Yncahuasi tienen una concentración de 0.12 g/cm^3 y el de Puno no tiene importancia económica.

El yacimiento denominado Borateras de Salinas fue descubierto en 1890 por un arriero argentino de apellido Venegas que pasó

por el lugar conduciendo una partida de mulas para su venta; como él era conocedor de los yacimientos argentinos, sospecho su existencia, hizo un pequeño pozo y encontró el bórax.

Se formó luego la compañía Boratera de Arequipa (1896) por iniciativa de Juan Manuel Ezcurra y comienza la explotación del Bórax en el Perú.

El "trust" mundial que dominaba el mercado trató de combatir esta producción, creó un "dumping" y al fracasar decidió comprar la Compañía Peruana, y así ingresó la "Bórax Consolidated" al mercado peruano, para terminar cerrando las minas que le interesaba a esta empresa, precursora de las transnacionales.

EN EL MUNDO

Acido bórico y boratos :

Los primeros conocimientos acerca del carácter del ácido bórico y sus propiedades químicas como engendrador de sales datan del año 1748, en el que Baron lo reconoció como uno de los componentes del bórax, obtenido por él artificialmente neutralizando con sosa la sal sedativa (sal sedativum Hombergii), introducida en la Terapéutica el año 1702 por el químico Guillermo Homberg.

Hasta mucho más tarde, el año 1776, no fueron señaladas por Hoefer las fumarolas de Toscana como yacimiento (aún hoy día el de más importancia), de ácido bórico libre. De fecha mucho más remota son las noticias que, por tradición nos llegan del compuesto más importante del ácido bórico, el ya citado bórax, nombre que se deriva de la palabra de origen árabe baurach, con la que se menciona ya esta sal en las obras de química de la edad media, del sabio árabe Dschbir (Geber en latín).

Durante siglos, el único mineral de boro conocido fue el tinkal, obtenido en los lagos interiores de la India y el cual ya en el año 1500 era refinado en Venecia, desde donde se enviaba al comercio como bórax veneciano. Hasta el año 1815, en que por Landerel se emprendió la explotación de las fumarolas de Toscana, no aparece en el mercado como nueva materia primero el ácido bórico toscano.

Por la explotación técnica de las termas naturales, así como por las perforaciones hechas con posterioridad por Durval, llegó la fabricación de Toscana a una altura que estos manantiales, juntamente con el tincal, cubrieron durante cincuenta años las necesidades comerciales en boratos. Pero cuando al principio de la década de 1860 fueron descubiertas las grandes existencias de bórax que almacenan los lagos de California (Clear y otros), la industria del bórax de los Estados Unidos, cada vez más floreciente y conocedora de las necesidades mundiales en boratos, hizo tal competencia a la de Toscana, desde

entonces estacionada, que no tardó mucho en obscurecerla.

Una segunda etapa en esta industria de los Estados de la Unión se inició con el descubrimiento de enormes cantidades de bórax natural cristalizado, en las costras salinas que cubren los terrenos pantanosos de Nevada, lo cual dió lugar a que se establecieran en las inmediaciones gran número de refinerías, que estuvieron en auge durante un período de diez años, hasta que con el laboreo de las minas chilenas de bórax cálcico (boraxcal) apareció una nueva concurrencia en el mercado de boratos.

Y por último, otra fase de esta industria en los Estados de la Unión la produjo el descubrimiento hecho por Coleman, hacia el año 1890, de grandes estratos de borato cálcico en las elevaciones montañosas volcánicas que limitan al Oeste de los terrenos pantanosos, y que se consideran como el origen de los yacimientos de bórax de aquella región.

Estos yacimientos de Colemanita, que transformaron por completo esta industria, fueron de la mayor significación, tanto por la abundancia del mineral como por su riqueza y fácil beneficio. En 1921, se reseñó un nuevo yacimiento en Clark County (Nevada) en el que se calcula hay más de medio millón de toneladas de colemanita.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS : BORAX Y ACIDO BÓRICO

2.2.1 Borax (Tetraborato de Sodio Decahidratado)

Características Generales

Características Físico-Químicas

Fórmula Química : $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

Apariencia : Cristales blancos monoclinicos

Peso Molecular : 382

Densidad : $1,715 \text{ kg/m}^3$

Capacidad Calorífica : $0.385 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

Calor de Disolución (1 mol de bórax por 1600 moles de agua) a 18°C : $-25,860 \text{ kcal/kmol}$

Punto de fusión : 75°C

Índice de refracción : 1.4694

Solubilidad en agua : 100 grs. de H_2O disuelven de borato anhidro $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$

TABLA DE SOLUBILIDAD

S : grs de soluto/100 grs de H₂O

<u>°C</u>	<u>gr</u>	<u>°C</u>	<u>gr</u>
5	1.3	60	19.9
21.5	2.8	70	24.4
30	3.9	80	31.4
45	8.1	90	40.8
50	10.5	100	52.3
55	14.2		

a 270°C, las soluciones acuosas de bórax contienen 10% de esta sal y tienen un peso específico de 1.050 o 10 Tw.

PH en solución acuosa : 9.2 - 9.3

- Un equivalente de bórax puede neutralizar dos equivalentes de ácido y dos equivalentes de álcali fuerte pueden ser esencialmente neutralizados por un equivalente de bórax.

PROPIEDADES :

El bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) es una sal hidratada que cristaliza en el sistema monoclinico, en cuanto al aspecto de los cristales, se encuentra a veces en grandes cristales prismáticos.

Según el grado de concentración y la temperatura de sus soluciones cristaliza :

a) Como bórax ordinario o prismático que es decahidratado, cuyos cristales se producen dejando cristalizar las soluciones de bórax a la temperatura ordinaria.

b) Como bórax octaédrico (llamado también bórax de joyeros), que es pentahidratado y se obtiene cuando la solución se deja cristalizar a una temperatura superior a 50°C.

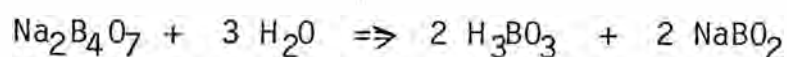
Bórax ordinario o prismático

Cristaliza en prismas monoclinicos grandes, transparentes y doble refringentes, con las aristas truncadas lateralmente.

El bórax cristalizado es bastante estable al aire y en atmósfera seca y no demasiado caldeada sólo se eflorece superficialmente.

Desecado largo tiempo al aire caliente el bórax pierde, poco a poco, según el aumento de temperatura su agua de cristalización sin fundirse.

La solución acuosa de bórax tiene reacción débilmente alcalina y cambia en pardo el color de una solución alcoholica de cúrcuma; una pequeña cantidad de un ácido mineral regenera el color amarillo primitivo, pero una mayor cantidad pone en libertad una cantidad suficiente de ácido bórico para producir la coloración parda característica. Esto es debido a un desdoblamiento hidrolítico del tetraborato sódico, en ácido bórico, de muy débil carácter ácido y borato alcalino; probablemente de acuerdo a la siguiente ecuación química :



El bórax tiene la propiedad de disolver muchos óxidos metáli-

cos (perla de bórax) con colores característicos (verde el cobre, azul el cobalto, amatista el manganeso, etc.). El bórax se disuelve en el agua pero es insoluble en el alcohol.

Se descompone fácilmente por los ácidos. El ácido clorhídrico deja por evaporación, cloruro sódico y ácido bórico libre.

Cuando se mezcla una parte de ácido tartárico con dos partes de una solución caliente de bórax, al enfriarse la mezcla se separa ácido bórico.

Bórax Octaédrico

Cristaliza en octaedros regulares transparentes, $d = 1.815$. Se diferencia del ordinario por una mucho mayor dureza.

El bórax octaédrico permanece translúcido en el aire seco y exento de polvo; en atmósfera húmeda o polvorienta se cubre fácilmente de una capa turbia y con absorción de agua, se convierte en bórax ordinario.

Funden más fácilmente que los cristales de bórax prismático, hinchándose menos y sin agrietarse.

Usos

- Por su cualidad de disolver óxidos de metales, el bórax se emplea como fundente en la soldadura, ya que no deja que se formen óxidos en las superficies que se sueldan.

- En la industria del esmaltado, para la preparación de los baños o cubiertas esmaltadas de que se revisten los utensilios de cocina y de laboratorio; en gran escala se emplea en la fabricación de objetos de loza, porcelana, etc., para la obtención del glaseado.
- En la industria del vidrio se usa en la fabricación de determinados vidrios, especialmente el de los cilindros para lámparas, que se someten al efecto de los grandes cambios de temperatura, así como también en la fabricación de vidrios para utensilios de laboratorio.
- Se emplea también en la obtención sintética de piedras preciosas (strass), como también para la fabricación de vidrios de colores.
- Se añade a la pasta de papel, con el objeto de obtener papel satinado de clase superior, así como papel incombustible y artículos de dicho papel.

En la industria del estampado sirve para fijar el hierro y la alúmina sobre las fibras del tejido.

- En el curtido de cueros, sobre todo en el llamado curtido al cromo, tiene empleo como desacidificante, y también como medio de conservación.
- La industria del lavado de la ropa blanca consume bórax por su menor alcalinidad respecto del carbonato sódico, y por tanto, de su más moderada acción para el tratamiento de

ciertas telas (lana y tejidos finos).

- Entra en la composición de muchos cosméticos y dentífricos.

- En la fabricación de las llamadas lacas al agua.

2.2.2 Acido Bórico

Fórmula Química	H_3BO_3 ó $B(OH)_3$
Peso Molecular	61.844
Punto de fusión	185°C
Coeficiente de dilatación	12° a 60°C 0.0015429 12° a 80°C 0.00147585
Calor de formación	7574 BTU/lb
Calor de solución	157 BTU/lb a 18°C
Capacidad Calorífica	0.339 kcal/kgr °C (25°C)
Densidad	Tabla VII
Capacidad Conductora	Tabla VIII
Acidez	La solución acuosa de ácido bórico es ligeramente ácida. Tabla IX.
Solubilidad	En agua Tabla XI. En glicerina Tabla X. En alcohol etílico a 15°C - 7.16% en peso. En alcohol metílico a 15°C - 21.2% en peso.

La solubilidad del ácido bórico es influida por otras sales. El cloruro de litio y el cloruro de sodio disminuyen la solubilidad; el cloruro de potasio y el de rubidio la aumentan. La adición de ácidos minerales reduce la solubilidad de este ácido. El nitrato de potasio, el sulfato de potasio, el nitrato de sodio, el sulfato de sodio y el cloruro de potasio aumentan la solubilidad del ácido bórico en agua. El bórax eleva la solubilidad del ácido bórico en virtud de la formación de iones poliboratos.

Calor de disociación	Tabla XII	
Constante de disociación	a 18°C	1.7×10^{-9}
	25°C	2.3×10^{-9}

Volatilidad

El ácido bórico se volatiliza con el vapor del agua hirviente; esta volatilización, sumamente considerable por lo que se refiere a su agua de hidratación, es insignificante al evaporar soluciones muy diluidas empleando bajas temperaturas, pero bastante intensa cuando se evaporan casi hasta sequedad soluciones concentradas.

Mucho más fácilmente que con el vapor de agua se volatiliza con los vapores del alcohol hirviente y en especial con el alcohol metílico, hasta el punto de que puede basarse sobre esta propiedad un método de determinación cuantitativa.

Con el éter sólo se volatilizan pequeñísimas cantidades de ácido bórico. Conservado durante largo tiempo a la temperatu-

ra ordinaria sobre ácido sulfúrico concentrado, el ácido bórico no pierde de peso ni aún en el vacío.

Calentado al aire seco no sufre pérdida de peso hasta los 50°C; de 65 a 70°C pierde ya agua de constitución, volatilizándose simultáneamente con ella una pequeña cantidad de ácido bórico. A 100°C se origina el ácido metabórico. Si la acción del calor se prolonga durante largo tiempo con aumento de la temperatura hasta 150 a 160°C se efectúa una separación de agua, originándose el ácido piro - o - tetrabórico. Al calentar hasta incandescencia se funde.

Cristalización

El ácido bórico cristaliza de soluciones acuosas calientes en forma de láminas blancas y brillantes, nacaradas que pertenecen al sistema triclinico.

Ensayo

Se limita a las impurezas procedentes de la fabricación por lo cual para el producto refinado se tienen menos exigencias que para el ácido bórico químicamente puro de la Farmacopea.

El ácido bórico refinado debe disolverse sin enturbiamiento en 25 partes de agua y alcohol. (El que se disuelva diáfananamente en alcohol no excluye la impurificación por el bórax).

La solución acuosa 1:50 no ha de dar más que un ligero enturbiamiento con el nitrato argéntico o con el bórico, o con el

oxalato amónico, lo mismo que con el fosfato sódico, previa adición de unas gotas de amoníaco.

Con el agua sulfhídrica apenas debe alterarse y con el ferrocianuro potásico, sólo azulearse ligeramente.

El ácido bórico químicamente puro se le exige en la mayoría de las farmacopeas la completa ausencia de metales, cloruros, sulfatos, sales de cal y magnesia, como también de hierro.

Determinación cuantitativa

Se lleva a cabo fácilmente por vía volumétrica según el método de Honing-Spitz-Jorgensen.

Se disuelven 10 gr en 500 cc de agua recién hervida, a 50 cc de solución, equivalentes a 1 gr de la sustancia se agregan 50 cc de glicerina pura (previamente neutralizada con hidrato sódico si presenta reacción ácida) y algunas gotas de solución de fenolftaleína; se valora con hidrato sódico o bórico N/2 (exento de carbonatos) hasta coloración roja; se agregan otros 10 cc de glicerina y si el color desaparece se valora nuevamente; y así sucesivamente hasta que la última adición de glicerina no haga desaparecer la coloración roja, lo cual sucede cuando una molécula de ácido bórico se ha combinado con una molécula de NaOH.

Usos :

El ácido bórico se emplea en cantidades considerables en la

industria del esmaltado, en la que tiene la doble finalidad de desescoriar el hierro, y como fundente bajo para conseguir un esmaltado liso y bien adherido.

En la fabricación de bujías esteáricas tiene empleo para el apresto de las mechas.

En la industria del vidrio, para la fabricación de vidrios resistentes contra las variaciones de temperatura (vidrio de Jena, para utensilios de laboratorio, tubos para lámparas, termómetros).

En medicina por sus propiedades antisépticas, se emplea para el tratamiento de las heridas; ejerce una acción paralizante sobre la proliferación de las bacterias y constituye un medio de conservación muy eficaz de los alimentos, pero cuyo empleo comercial está prohibido en muchos países.

El ácido bórico es usado en esmaltes para loza de barro, alfarería, azulejos, porcelana y equipo de cocina.

El ácido bórico de grado Radio es usado en la fabricación de condensadores electrolíticos y capacitores. Es también usado en procesamiento fotográfico y como reactivo en análisis químico.

El de grado N.F. cumple con las especificaciones de la National Formulary. Es usado como un catalizador donde se necesita ácido bórico puro y como "buffer" en aplicaciones farmacéuticas.

El de grado nuclear o S.Q. es usado para controlar el nivel de potencia de reactores nucleares.

El grado técnico es usado en una variedad de aplicaciones que no justifican los costos adicionales de los grados superiores.

2.3 METODOS DE OBTENCION

2.3.1 Bórax

Bórax ordinario o prismático $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

1. Del Tincal

El tincal se presenta en forma de eflorescencias salinas, en los lagos del Tibet, como pequeños cristales, azulado-verdosos, amarillos o casi blancos, cubiertos de una sustancia de naturaleza grasa o jabonosa, los que además de tener impurezas térreas, contienen mayores o menores cantidades de sal gema, yeso, etc.

La purificación del tincal consiste en eliminar la sustancia grasa, por medio de lechada de cal, para separarla en forma de jabón cálcico insoluble, o por tratamiento con lejía sódica diluida, que la disuelve y pone en condiciones de eliminarla después fácilmente por medio de lavados.

Los cristales ya limpios se disuelven en agua hirviendo, a la que se le agrega la necesaria

cantidad de carbonato de sodio calcinado para formar una lejía de 25°Bé y se lleva a cristalizar lentamente el líquido.

2. Del bórax en bruto

El bórax en bruto se encuentra en los denominados lagos de bórax, que son generalmente fondos de lagos que se han secado. De estos lagos se separan por evaporación natural, grandes cantidades de bórax, impurificado por algo de sal gema, fosfato y sulfato de sodio.

La refinación del bórax natural se efectúa disolviendo en agua hirviendo el bórax en cubas de madera y con intervención de un chorro fino de vapor hasta constituir un líquido que tenga en caliente 23°Bé. Dejándolo sedimentar, para que clarifique, las impurezas quedan en la superficie y pueden eliminarse mecánicamente luego, el líquido claro se lleva a cajas, en las que al cabo de 10 días, si la temperatura es de 25°C, terminará la cristalización. Después se lava los cristales y se purifica por recristalización.

3. Del ácido bórico en bruto

Este método era importante cuando se usaba como principal material el ácido bórico toscano. Todavía se emplea, en el caso del que se obtiene en América,

disgregando con ácido sulfuroso los minerales pobres en boratos, que se descomponen mejor por ácidos que directamente por carbonato y bicarbonato sódicos.

Un método se basa en neutralizar con carbonato sódico la solución acuosa de ácido bórico hirviendo.

En una tina forrada de plomo de tamaño adecuado para que no haya derrames por desprendimiento de ácido carbónico, se disuelve en agua bajo la acción directa de vapor el carbonato de sodio calcinado y se calienta hasta ebullición. Por un tubo de salida se conduce el ácido carbónico que se desprende, juntamente con una pequeña cantidad de carbonato amónico, procedente de las sales amónicas que acompañan al ácido bórico impuro toscano, a una vasija de absorción que contiene ácido sulfúrico, en la que queda todo el amoníaco en forma de sulfato.

Cuando el líquido marca de 21 a 22°Bé a la temperatura de ebullición se deja en reposo para que se clarifique, y una vez claro, luego de interrumpir la corriente de vapor durante unas 12 horas, se abre la llave y se recibe en las cajas de cristalización. El bórax impuro así obtenido se recrystaliza para purificarlo. Las aguas madres aún calientes, se siguen empleando como disolvente hasta su enriquecimiento en impurezas (sulfato y cloruro sódicos) que hace necesaria su ex-

clusión.

4. De la Boronatrocalcita

La disgregación se efectúa mediante el carbonato y bicarbonato sódicos.

Se coloca el mineral finamente pulverizado y mezclado con la cantidad calculada de disgregante, según su riqueza, en una vasija apropiada, dotada de agitador, en la que se hierve durante algunas horas, poniendo un pequeño exceso de carbonato de sodio, a fin de conseguir la más completa descomposición. Una vez realizada ésta, cuando una prueba del líquido filtrado marque 26°Bé, concentración necesaria para que cristalice, se lleva el contenido de la vasija a un filtro prensa previamente calentado y de capacidad suficiente para contener todo el precipitado de carbonato de calcio que se formó.

El filtrado caliente se vuelve a pasar por el filtro para clarificarlo y se lleva a vasijas de cristalización, la cual se da por terminada al cabo de varios días cuando la temperatura desciende a 30°C.

Extraídas las aguas madres, que suelen emplearse para disolver los disgregantes, se recogen los cristales depositados en una espesa capa en el fondo y paredes de las cajas, se lavan y se purifican por nueva cristaliza

ción, si fuera necesario.

En lugar de bicarbonato de sodio puede emplearse el carbonato en cantidades correspondiente y el ácido carbónico.

Bórax Octaédrico $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

1. Se obtiene concentrando a 30-32° BÉ las soluciones destinadas a la cristalización para refinar el bórax, o también disolviendo en agua hasta ese punto de concentración el bórax prismático ordinario; filtrando la solución y dejándola reposar en recipientes térmicamente aislados para que cristalice muy lentamente.

La temperatura más adecuada para la formación de bórax octaédrico es la de 80 a 60°C. A esta última hay que retirar la solución lo más rápidamente posible antes de que se enfríe más, pues de lo contrario, en lugar del bórax octaédrico se forma el prismático.

Separado el líquido, se lava lo cristalizado con agua pura y secándolo posteriormente.

Las aguas madres se concentran y dan, por cristalización, el bórax ordinario.

2.3.2 Acido Bórico

A) De los manantiales boricados en Toscana :

Se basa en la observación de que si bien el ácido bórico se volatiliza con el vapor de agua, soluciones aún débiles, como son las que se obtienen condensando las cantidades de agua que las fumarolas arrastran consigo, pueden concentrarse por evaporación hasta saturación, propiciándose así la cristalización.

Según esto, una obtención industrial del escaso ácido bórico contenido en las fumarolas (vapores acuosos calientes, acompañados de ácido carbónico, amoníaco e hidrógeno sulfurado, que se desprenden de las hendiduras y grietas de terrenos volcánicos), sólo es posible en el lugar y aprovechando ciertas ventajosas condiciones del terreno.

La explotación de las fumarolas consta de tres fases :

1. Conducir las corrientes de vapores a balsas artificiales llenas de agua en las que se disuelva, en lo posible, el ácido bórico que arrastran.
2. Llevar el agua de estas lagunas, que contienen aproximadamente 0.5% de ácido bórico, a recipientes de gran superficie cuyo fondo completamente plano, se calienta por otras fumarolas para provocar la evaporación, pero sin llegar a la ebullición.

3. Esta evaporación que se puede acelerar con viento favorable, conducirá al sistema hasta la cristalización del ácido bórico.

B) Del Bórax en bruto

Se hace reaccionar una solución clarificada de bórax, aproximadamente al 20% en peso, con la correspondiente cantidad de ácido sulfúrico o clorhídrico muy concentrados, los cristales producidos se centrifugan y lavan obteniéndose cristales de un ácido bórico industrialmente puro, que por recristalización todavía puede purificarse más. Este procedimiento en el que se pierde gran cantidad de ácido bórico en las aguas madres sólo puede emplearse allí donde se disponga de grandes cantidades, y a bajo precio, de la materia prima como ocurre, por ejemplo, en Alemania.

C) Del Boraxcal o de la Pandernita :

C1.- Ataque con ácido clorhídrico (Disgregación según Lunge).

El Boraxcal, finamente molido, se coloca en una tina abierta dotada de agitador, se mezcla bien con 4 partes de agua (mejor, aguas madres de cristalización) y la cantidad suficiente de ácido clorhídrico para que al cabo de dos horas de ebullición, lograda usando un fino chorro de vapor vivo, aún quede un ligero exceso de

ácido en la masa final. Entonces se deja sedimentar en caliente, se extrae mediante sifón el líquido claro, mientras que la parte insoluble después de atacada varias veces en la misma forma, se retira y se lava en caliente sobre un filtro aspirador. Del líquido claro extraído, que contiene en estado de libertad todo el ácido bórico del boraxcal, más la cal y la sosa en estado de cloruros, se separa por enfriamiento la mayor parte del ácido bórico, al cual, por aspiración y centrifugación se le priva de las aguas madres, y se lava con agua fría hasta que la cantidad de cloruros sea pequeña.

El producto así obtenido es un ácido bórico en bruto del mismo grado de pureza que el ácido bórico toscano; para purificarlo se somete a recristalización.

Las aguas madres, como asimismo las primeras del enjuague se evaporan para concentrarlas y de ellas aún se puede obtener por enfriamiento pequeñas cantidades de ácido bórico; las aguas restantes, de enjuague, se emplean para el lavado del nuevo ácido en bruto.

El procedimiento es sencillo y aplicable a la pandernita, en cuyo caso resulta, al final de las manipulaciones, una solución de cloruro cálcico, exenta de cloruro sódico y conteniendo solamente algo de cloruro y sulfato magnésico, lejía que es susceptible de

ulterior aprovechamiento.

C2.- Ataque con el ácido sulfúrico.

Se realiza en grandes vasijas revestidas de plomo, dotadas de agitadores y con calefacción directa por vapor. El ácido sulfúrico que ha de emplearse se diluye previamente con 3 a 4 partes de agua, a fin de que el yeso resultante sea finamente granuloso y lavable.

Terminada la descomposición se neutraliza el pequeño exceso de ácido sulfúrico con una determinada cantidad de boraxcal o de pandernita y la solución aún caliente se lleva a un filtro prensa, para separar el yeso y la sílice, que se lavan después con agua caliente.

En la disgregación del boraxcal, el sulfato sódico formado queda en las aguas madres resultantes de la cristalización del ácido bórico, y de ellas puede obtenerse por evaporación, después de haberlas empleado como diluyente en el próximo ataque. Al ácido bórico impuro obtenido se le priva por aspiración de las aguas madres, como en el caso anterior, y se lava con agua fría en la centrifugadora. Si se trata de la pandernita para lo cual es especialmente apropiado el procedimiento del ácido sulfúrico, las aguas madres contienen exclusivamente el magnesio de la materia prima al estado de sulfato y pueden, por tanto, seguir empleándose hasta que un aumento de las impurezas haga

necesaria la renovación.

D) De la estafurita

Este mineral se disgrega casi siempre mediante el ácido sulfúrico, aunque puede aplicarse el procedimiento de Lunge.

El fundamento de ello se encuentra principalmente en que el sulfato magnésico resultante es más fácil de purificar por cristalización y tiene más valor que el cloruro magnésico que resulta efectuando la desintegración por el ácido clorhídrico. En las aguas de cristalización queda siempre disuelto algo de ácido bórico, en cantidad tanto menor cuanto más concentradas se hallan.

De las aguas madres de cristalización del sulfato magnésico apenas si puede obtenerse ácido bórico, pues éste se separa juntamente con la sal magnésica.

Si el ácido bórico impuro contiene grandes cantidades de sulfato, se precipita éste agregando a la solución cloruro bórico; el hierro se separa mediante el hipoclorito cálcico o el permanganato de potasio, descolorando después el líquido por ebullición con carbón animal, dejándolo sedimentar y filtrándolo. La cristalización se lleva a cabo en cajas planas forradas de plomo.

El ácido bórico así refinado contiene casi siempre pequeñas cantidades de cal en estado de cloruro o sulfato. Por repetidas cristalizaciones en agua exenta de cal y de cloro se obtiene el ácido bórico químicamente puro.

CAPITULO III

ESTUDIO DE MERCADO

3.1 MERCADO NACIONAL

En el país se produce Acido Bórico como se observa en el Cuadro de Producción Nacional pero esta no cubre la demanda interna dado que se tiene un cuadro de importaciones de dicho producto.

En los últimos años los mayores proveedores del producto han sido Alemania, Estados Unidos y Países Bajos.

En cuanto al Bórax se puede observar que éste no se produce en el país ya que solamente se registran importaciones del mismo. Por tal motivo se cuenta con un amplio mercado nacional.

3.2 MERCADO INTERNACIONAL

El país exporta ácido bórico encontrando un amplio mercado entre los países del Grupo Andino especialmente Colombia, Ecuador y Venezuela y además el Brasil y Chile. El panorama para el Bórax es más alentador aún ya que en el Grupo Andino existe una fuerte demanda de este producto sobre todo de Venezuela que se cubre mayormente por importaciones de Estados

Unidos.

Por lo tanto para el diseño de la planta en cuanto a capacidad se tendrá en cuenta tanto el mercado nacional como el internacional, siendo nuestro producto principal el ácido bórico, se diseñará para cubrir un porcentaje de la demanda internacional del Pacto Andino.

En cuanto al Bórax, como subproducto dependerá de la producción de ácido bórico, con lo que se tendrá la capacidad de la planta.

PRINCIPALES PRODUCTORES MUNDIALES

El bórax constituye una de las más importantes fuentes de compuestos de boro.

La industria continúa estando dominada por los productores de Estados Unidos cuyos principales depósitos se encuentran en California.

Estados Unidos

Los más grandes productores son : United States Borax and Chemical Corporation por convenio de perforación con las minas de boratos de sodio de la Compañía Boron Open en California.

Los compuestos de boro de alta pureza están siendo producidos solamente en Wilmington California y en segundo lugar en Burlington Iowa.

El depósito de Boro de la US Borax and Chemical Corporation, localizado en el desierto de Mojave, 100 millas al Noroeste de Los Angeles, es el más grande depósito de boratos del mundo. La producción está basada en Bórax, Kernita y Ulexita.

El consumo en los Estados Unidos de materiales bóricos es difícil de estimar en razón de la amplia gama de sus productos y del gran volumen de sus exportaciones en ambas formas, como boratos naturales y procesados.

Turquía

La producción de boratos en Turquía está concentrada en el área de Bigadic, Emet y Kirka. Los depósitos al norte de Bigadic en la provincia de Balikesir, se estima que contienen las más grandes reservas de Colemanita y Ulexita del mundo.

La mayor parte de la producción de colemanita pertenece a la empresa gubernamental Etinbank.

Argentina

La producción Argentina de boratos de sodio se ha incrementado en los últimos años. Esta proviene de la mina de Tincalayu en la provincia de Salta, su capacidad es de aproximadamente 150,000 toneladas.

El principal productor es Boroquímica Ltd.

República Popular China

Grandes recursos de boratos se encuentran en el área del Lago Seco de Iksaydam en la provincia de Tsinghay. La industria de fibra de vidrio en China que consume grandes cantidades de boratos se ha expandido en los últimos años.

China ha estado embarcando productos bóricos anualmente hacia el Japón.

ACIDO BORICO

IMPORTACIONES

Año 1983

Alemania Occidental	18,746	(Kg)
España	120	
Estados Unidos	11,359	
Italia	70	
Japón	224	
Países Bajos	10,380	
Total Partida	40,899	

Año 1984

Alemania Occidental	15,183	(Kg)
Bélgica	5	
China Continental	2,200	
España	187	
Estados Unidos	1,642	
Francia	7,070	
Italia	4	
Países Bajos	11,208	
Total Partida	37,500	

Año 1985

Alemania Occidental	14,741
Bélgica	8,696
China-Taiwan (Formosa)	30
Estados Unidos	8,361
Japón	416
Países Bajos	5,392
Total Partida	37,636

Año 1986

País	Kilos
Alemania Occidental	2,917
España	54
Estados Unidos	9,501
Países Bajos	10,380
Reino Unido	525
Total Partida	23,377

Año 1987

País	Kilos
Alemania Occidental	2,577
Argentina	111
Chile	24
Estados Unidos	12,718
Países Bajos	10,874
Reino Unido	404
Total Partida	26,688

Año 1988

Alemania Occidental	9,566
España	180
Estados Unidos	11,651
Países Bajos	19,394
Reino Unido	316
Suiza	245
Total Partida	35,364

Año 1989

Enero - Julio

Alemania Occidental	1,717
Estados Unidos	2
Total Partida	1,719

Fuentes : Acuerdo de Cartagena
Ministerio de Industria

ACIDO BORICO

EXPORTACIONES

Año 1983

País	Kg
Brasil	82,876
Colombia	48,625
Ecuador	31,800
Venezuela	5,500
Total Partida	168,801

Año 1984

Brasil	98,360
Ecuador	33,100
Colombia	47,530
Venezuela	61,870
Total Partida	240,860

Año 1985

Brasil	71,490
Italia	30,900
Colombia	102,260
Venezuela	10,350
Total Partida	215,000

Año 1986

País	Kilos
Colombia	135,930
Ecuador	116,290
El Salvador	5,165
Venezuela	51,320
Total Partida	308,705

Año 1987

País	Kilos
Brasil	51,000
Colombia	188,100
Chile	5,100
Ecuador	70,480
Guatemala	9,208
Venezuela	44,025
Total Partida	367,913

Año 1988

Colombia	171,775
Ecuador	58,750
Venezuela	65,675
Total Partida	296,200

Año 1989 (Enero - Julio)

Colombia	92,430
Guatemala	5,138
Venezuela	43,090
Total Partida	140,658

ACIDO BORICO

Producción Nacional

Año 1982

<u>Mes</u>	<u>Kg</u>
Enero	4,844
Febrero	12,000
Marzo	27,750
Abril	31,250
Mayo	16,500
Junio	30,350
Julio	28,800
Agosto	28,000
Setiembre	26,450
Octubre	26,850
Noviembre	13,981
Diciembre	11,275
Total	258,050

Año 1983

<u>Mes</u>	<u>Kg</u>
Enero	24,000
Febrero	32,950
Marzo	36,450
Abril	28,450

Año 1983

<u>Mes</u>	<u>Kg</u>
Mayo	2,900
Junio	43,050
Julio	31,300
Agosto	41,300
Setiembre	20,650
Octubre	5,050
Noviembre	17,550
Diciembre	9,200
Total	292,850

Año 1984

<u>Mes</u>	<u>Kg</u>
Enero	23,100
Febrero	16,939
Marzo	20,511
Abril	28,500
Mayo	34,000
Junio	27,150
Julio	55,100
Agosto	56,500
Setiembre	60,450
Octubre	53,450
Noviembre	61,050
Diciembre	67,750
Total	504,500

Año 1985

Enero	61,150
Febrero	14,200
Marzo	62,200
Abril	52,600
Mayo	32,800
Junio	66,900
Julio	41,750
Agosto	37,550
Setiembre	59,650
Octubre	54,600
Noviembre	62,100
Diciembre	31,450
Total	576,950

Año 1986

<u>Mes</u>	<u>Kg</u>
Enero	42,550
Febrero	43,090
Marzo	54,300
Abril	57,550
Mayo	62,150
Junio	62,450
Agosto	53,900
Setiembre	46,850

Año 1986

<u>Mes</u>	<u>Kg</u>
Octubre	43,350
Noviembre	61,850
Diciembre	69,350
Total	646,200

Año 1987

Enero	59,700
Febrero	45,550
Marzo	51,200
Abril	54,050
Mayo	60,700
Junio	66,750
Julio	68,000
Agosto	63,800
Setiembre	69,700
Octubre	66,250
Noviembre	65,350
Diciembre	59,650
Total	730,700

Año 1988

Enero	64,300
Febrero	46,100
Marzo	57,820
Abril	55,900
Mayo	63,300
Junio	65,520
Julio	66,470
Agosto	66,450
Setiembre	65,270
Octubre	66,970
Noviembre	67,050
Diciembre	65,350
Total	750,500

* Fuentes : Ministerio de Industria
Química Oquendo S.A.

R E S U M E N

A C I D O B O R I C O

Año	Producción	Importación	Exportación	Demanda (Ton.)
1983	293	41	169	165
1984	504	37	241	300
1985	577	38	215	400
1986	646	23	309	360
1987	731	27	368	390
1988	751	35	296	490

Con estos datos se tratará de proyectar la demanda nacional ajustándolos a una línea de mínimos cuadrados, por medio de una calculadora programable que ejecuta la regresión lineal obteniéndose los siguientes resultados :

$$m = 53$$

$$b = - 104880.67$$

$$r = 0.9012$$

Proyectando la demanda nacional para los siguientes años se tendrá :

Año	Demanda (Ton)
1989	536
1990	589
1991	642
1992	695
1993	748

Luego consideramos la demanda del Acido Bórico en el Pacto Andino (GRAN).

Acido Bórico

Importaciones (Toneladas)

AÑO	GRAN	PERU	DEMANDA INTERNACIONAL
1982	898	143	755
1983	1022	41	981
1984	1552	37	1515
1985	1472	38	1434
1986	1187	23	1164
1987	1222	27	1195
1988	1050	35	1045

Proyectando la demanda internacional con el mismo método de la regresión lineal, se tendrá :

Año	Demanda Internacional (Ton)
1989	917
1990	799
1991	681
1992	563
1993	445

Como podemos apreciar de los cuadros anteriores para el año 1992 la demanda nacional es de 695 toneladas, por otro lado considerando que se cubrirá un 17% de la demanda del Pacto Andino (GRAN) que viene a ser :

$$563 \times 0.17 = 95.7$$

Se concluye que la producción debe ser :

$$695 + 96 = 791$$

Nuestro diseño de la planta será entonces para una producción de 791 Toneladas por año.

BORAX
IMPORTACIONES (Kg)

1983

<u>País</u>	<u>Kilos</u>
Alemania Occidental Rep.	1,295
Bélgica	1,115
Estados Unidos	50,344
Francia	266
Países Bajos	725
Total Partida	53,745

1984

Alemania Occidental Rep.	2,161
Bélgica	294
Corea del Norte	13
Estados Unidos	43,373
Francia	50
Suiza	10
Total Partida	45,901

1985

Alemania Occidental Rep.	1,814
Alemania Oriental	60
Bélgica	295
España	2
Estados Unidos	44,839
Total Partida	47,010

1986

<u>País</u>	<u>Kilos</u>
Alemania Occidental Rep.	3,906
Bélgica	319
Chile	2
España	2
Estados Unidos	51,883
Total Partida	56,112

1987

Alemania Occidental Rep.	5,396
Bélgica	109
Chile	7
España	514
Estados Unidos	95,705
Italia	11
Total Partida	101,742

1988

Alemania Occidental Rep.	2,129
Bélgica	98
Chile	17,850
Estados Unidos	144,290
Reino Unido	1,081
Total Partida	165,448

1989 (Enero - Julio)

Alemania Occidental Rep.	317
España	1
Estados Unidos	26,506
México	55
Total Partida	26,879

RESUMEN

BORATOS DE SODIO

Año	IMPORTACION (KILOS)
1983	53,745
1984	45,901
1985	47,010
1986	56,112
1987	101,742
1988	165,448

Como en el caso del Acido Bórico se ajustará estos datos según el método de los mínimos cuadrados, obteniéndose la proyección de la demanda para los años siguientes :

1989	171,000	171 (Ton)
1990	200,000	200
1991	229,000	229
1992	258,000	258
1993	287,000	287

Considerando un 40% de los Boratos de Sodio como Bórax se tendrá que la demanda nacional será :

$$258 \text{ (Ton)} \times 0.4 = 103.2 \text{ Ton}$$

Luego consideraremos la demanda de Boratos de Sodio en el Pacto Andino (GRAN) :

IMPORTACIONES (TON)

Año	GRAN	PERU	DEMANDA INTERNACIONAL
1982	1983	13	1970
1983	3110	54	3056
1984	4803	46	4757
1985	3784	47	3737
1986	7657	56	7601
1987	7900	101	7799
1988	8560	165	8395

Igualmente proyectaremos la demanda internacional con el método de mínimos cuadrados, obteniéndose :

Año	Demanda Internacional (Ton)
1989	9859
1990	10993
1991	12127
1992	13260
1993	14395

Considerando que un 40% de los Boratos de Sodio corresponde al Bórax se tendrá que la demanda internacional para el año 1992 será :

$$13,260 \times 0.4 = 5304 \text{ Ton}$$

La planta producirá 540 Ton por año con lo cual se cubriría la demanda nacional :

$$540 \times 103.2 = 436.8$$

Y para la demanda internacional

$$436.8/5304 = 0.082 \quad 8.2\% \text{ de la demanda int.}$$

CAPITULO IV

ESTUDIO DE MATERIAS PRIMAS

4.1 MINERALES IMPORTANTES DE BORO

Acido Bórico

El ácido bórico hállase en la naturaleza, especialmente en forma de sales, en considerable cantidad y bastante extendido, aunque sus yacimientos, por lo que se refiere a la explotación técnica, se limitan a unos pocos, si bien muy productivos.

Su fórmula es H_3BO_3 .

Al ácido bórico libre se encuentra mayormente en las fumarolas de Toscana, en la isla de Vulcano (Lipari) y en algunos lugares de California.

Tincal

Se obtiene en los lagos interiores de la India, en el Tibet, Tartaria, Ceilán.

Su fórmula es : $Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$

Bórax Natural

Se encuentra en los lagos de California (Clear y otros), en las costras salinas que cubren los terrenos pantanosos de Nevada y en Oregón.

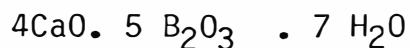
Su fórmula es : $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$

Pandermita

La Pandermita, mal llamada en el comercio boracita, toma su nombre en la ciudad marítima Panderma, en cuyas proximidades se prepara (triturándola) para la exportación.

El mineral se encuentra incluido en yeso, formando masas de forma arriñonada de diverso tamaño, alguna de las cuales alcanza hasta 1/2 Ton. de peso.

La pandermita en estado puro es de color blanco de nieve, su dureza es 3 y su fractura del aspecto de la porcelana; consta de borato cálcico casi puro, con sólo pequeñas cantidades de yeso y sílice y se halla libre de cloruro sódico, es de composición más uniforme, la cual descontadas las impurezas es :



con 50% de B_2O_3 , 32% de CaO y 18% de H_2O

Colemanita

Nombre dado en honor a su descubridor, W. Coleman, uno de los

primeros minerales productores de bórax en California.

Su fórmula es : $2 \text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. En estado puro contiene 55,7% de B_2O_3 .

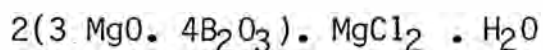
La riqueza del producto natural es mucho menor, dadas las grandes cantidades de ácido silícico y espato calizo que le acompañan.

Estasfurtita

Es una variedad de la boracita, mineral más raro.

Se encuentra en masas duras y microcristalinas, en forma de inclusiones esféricas, en la región de carnalita, como también en la cainita, de los yacimientos salinos de Stassfurt, en cuyas refinerías de sales se obtiene en estado bastante puro.

Consta de borato y cloruro magnésicos y su fórmula es :



La estasfurtita pura es finamente granosa o compacta, de fractura lisa, astillosa o foliácea, y de color blanco cretáceo; se disuelve con facilidad en los ácidos y por lo general retiene en su masa carnalita y a veces taquidrita, en forma de segregados.

La estasfurtita de la región de la carnalita tiene de peso específico 2,669 y se halla a veces teñida de verde por el cloruro ferroso.

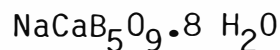
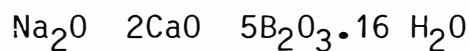
4.2 BORONATROCALCITA

La boronatrocalcita o ulexita es un borato doble de sodio y calcio.

Es una masa fibrosa a menudo impurificada con yeso y sal común, bajo dos formas, en gránulos y en masa compacta, esta última forma existe en mayor cantidad.

4.2.1 Características Importantes

1. Sus fórmulas posibles son :



2. Densidad a 20°C = 1.95 gr/cc

3. Calor específico = 136.8 BTU/lbmol °F = 0.377 BTU/lb°F

4. Peso molecular = 812

5. Conductividad Térmica $k = 0.44 \text{ BTU/hora pie}^2\text{°F/pie}$

6. Entalpía de formación $H_f = -3,294.44 \text{ Kcal/grmol}$

7. Dureza 1 en la escala de Mohs.

8. Funde fácilmente bajo la llama dando un vidrio claro.

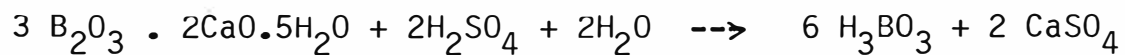
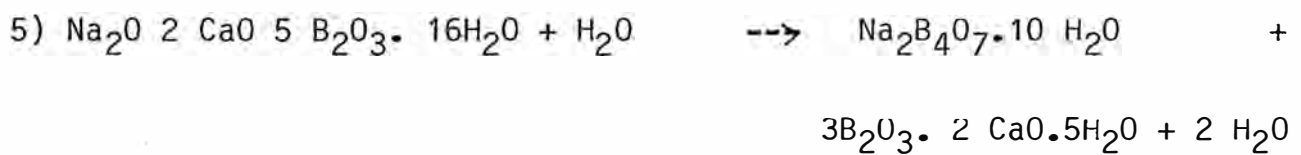
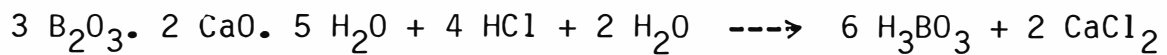
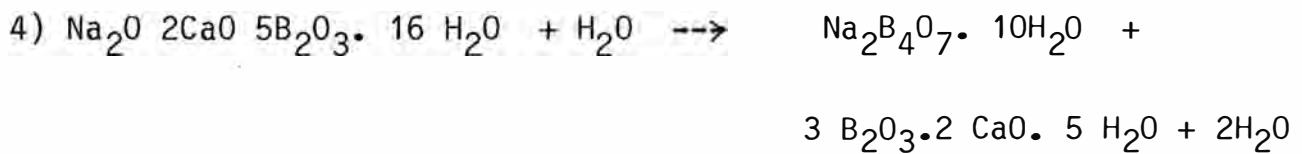
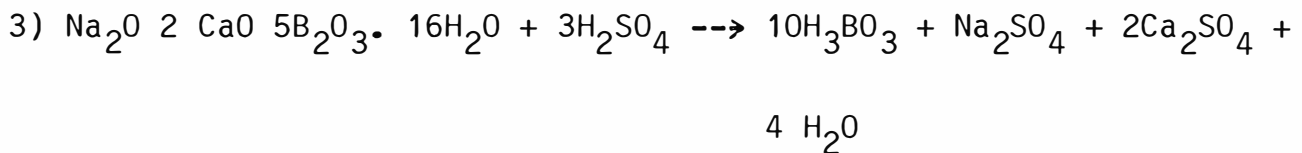
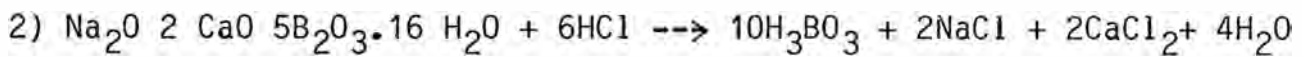
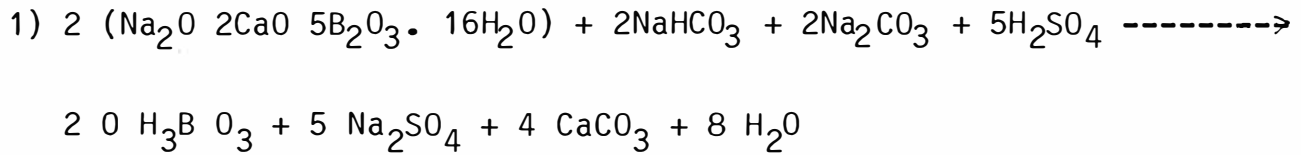
9. Coloración a la llama verde claro por presencia de boro.

10. Poco soluble en agua.

11. Soluble en ácidos clorhídrico y sulfúrico.

12. El mineral se encuentra en los yacimientos bajo la forma de montículos gruesos de color blanquesino y cuyas dimensiones alcanzan hasta 5 metros de diámetro, formado por capas y cubiertas de caliche compuesto de capa salina y calcárea.

4.2.2 Reacciones más Importantes



4.2.3 Composición de la Boronatrocalcita Nacional

El mineral con el que se trabajó, proveniente de las Salinas, de Arequipa, tiene las siguientes características :

COMPUESTOS	%
SiO ₂	3.58
Al ₂ O ₃	0.64
Fe ₂ O ₃	0.26
CaO	12.02
MgO	1.11
Na ₂ O	9.71
B ₂ O ₃	34.6
L.O.I. a 600°C	31.39

L.O.I. Pérdidas por combustión.

4.3 ACIDOS MINERALES

4.3.1 Acido Sulfúrico

Fórmula Química	:	H_2SO_4
Peso molecular	:	98.08
Punto de fusión	:	10.49 °C
Densidad relativa	:	1.834 18/4º
Punto de ebullición	:	340 °C
Características	:	En la forma comercial corriente se encuentra como un líquido viscoso.

El ácido sulfúrico fumante (aceite de vitriolo de Nordhauser o bien oleum) es una solución de 30 a 70% de anhídrido sulfúrico (SO_3) en ácido sulfúrico concentrado, y a la temperatura ordinaria está generalmente solidificado en cristales. Este lo mismo que el ácido sulfúrico concentrado, absorbe ávidamente el agua y destruye por ello las sustancias orgánicas (papel, telas, etc.) carbonizándolas.

Al mezclarse con el agua el ácido sulfúrico concentrado (y con mayor energía el oleum) desarrolla mucho calor, de modo que al diluirlo debe procederse con cautela, vertiendo siempre el ácido concentrado (formando un delgado filete) en gran cantidad de agua o de ácido diluido y nunca al revés (pues daría lugar a violentas proyecciones).

El ácido sulfúrico técnico contiene como impurezas principalmente arsénico (hasta 0.1%), también óxidos de nitrógeno (anhidridos nitroso y nítrico) e indicios de metales además se tiñe de un color pardo por sustancias orgánicas descompuestas (polvo).

La concentración del ácido sulfúrico diluido se expresa por el contenido centesimal de H_2SO_4 ó de SO_3 , ó por los grados BÉ (Beaumé). Tabla J

4.3.2 Acido Clorhídrico

Fórmula Química : HCl
Peso molecular : 36.47
Punto de fusión : -111 °C
Densidad relativa : 1.268 0° (aire = 1)
Punto de ebullición : -85 °C
Características : El ácido clorhídrico o muriático es gaseoso incoloro y de olor fuerte, forma nieblas en el aire húmedo.

Únicamente la solución acuosa de ácido al 20% tiene un punto de ebullición constante (110°C a la presión de 1 atm.); las soluciones diluidas desprenden primero agua y las concentradas HCl gaseoso.

El ácido bruto (industrial) está coloreado de amarillo por el cloruro férrico y contiene además generalmente arsénico, ácido sulfúrico, cloro, selenio (sedimento

rojo).

Concentraciones de las soluciones acuosas de HCl, Tabla II.

4.4 SALES SODICAS

4.4.1 Bicarbonato de Sodio

Fórmula Química	NaHCO_3
Peso molecular	84.01
Densidad relativa	2.20
Solubilidad	Tabla III
Características	El bicarbonato sódico no se funde, pero se descompone a temperaturas elevadas. A los 50°C comienza a perder gas carbónico y por encima de los 100°C se convierte en carbonato sódico.

En solución acuosa empieza a descomponerse a los 20°C en dióxido de carbono y carbonato de sodio; por ebullición la descomposición es total.

Los ácidos débiles lo descomponen fácilmente.

Como el bicarbonato de sodio es producto farmacéutico, debe cumplir estrictas especificaciones de pureza; el bicarbonato del comercio contiene 99.8 a 99.9 de la sal pura.

El bicarbonato de sodio se emplea como antiácido y para

la fabricación de levadura artificial, bebidas carbónicas, extinguidores de incendios, productos de cuero, textiles, cerámica y sales efervescentes.

4.4.2 Carbonato de Sodio

Fórmula Química : Na_2CO_3

Peso molecular : 106

Densidad relativa : 2.533

Punto de fusión : 851 °C

Características : Cuando no se anhidra se llama sosa sa cristalizada, con 10 moléculas de agua y contiene 63% de agua forma entonces grandes cristales incoloros de peso específico 1.446 kg/cm³ a 17 °C, que se deshacen en el aire y se funden a 34 °C.

Las soluciones de sosa tienen reacción alcalina y saponificante, por lo tanto disuelven las grasas animales y se les emplea para el desengrasado y el lavado.

La sosa pobre en agua (con 1 mol de agua) se encuentra en el comercio en forma de polvo fino, llamándose en Inglaterra 'cristal carbonate'. Generalmente la sosa comercial es anhidra (calcinada); es blanca, pulverulenta, se funde a 853 °C; al calor débil se disuelve lentamente en el agua.

Según el procedimiento de fabricación se distingue : sosa Leblanc y sosa de amoníaco. La primera se denomina

sosa calcinada I de 98 a 99% y en Inglaterra se llama álcali de 58% (referida a Na_2O); contiene generalmente como impurezas sulfatos, sulfito, tiosulfato, sal común, materia insoluble y agua. La sosa al amoníaco es muy pura (aproximadamente 99%) y contiene como impurezas, en general, tan sólo 0.5 a 1% de sal común.

Con el nombre de trona se designa la sosa obtenida por vía natural, con 35% de bicarbonato sódico, sal común, sal de Glauber (sulfato de sodio) y agua.

La designación de la riqueza de la sosa comercial es muy distinta; en Alemania se calcula en centésimas de CO_3Na .

En Inglaterra se emplean los grados Gay Lussac que se refieren al % de Na_2O , pero que tiene como base el equivalente inexacto (es decir las cantidades de ácido sulfúrico que se neutralizan con 100 partes de sosa), o bien se calcula según las centésimas de NaOH .

1º Peso Específico : Tabla IV.

2º Relación entre grados Tabla V.

3º Solubilidad : Tabla VI.

CAPITULO V

ESTUDIO DEL PROCESO

Se inició el estudio del proceso determinando el reactivo adecuado para obtener nuestros productos.

Primeramente atacamos el mineral mediante cinco procedimientos, basados en los métodos que posteriormente describiremos; de los cuales obtuvimos un mayor rendimiento al trabajar con ácido clorhídrico, como se verá en los resultados experimentales.

Pero debido al alto poder corrosivo de este ácido seleccionamos en su lugar al ácido sulfúrico.

En segundo lugar seleccionado el método procedimos a la obtención de bórax extrayéndolo del mineral con distintas proporciones de agua como se observará en los gráficos.

En tercer lugar se hicieron pruebas con los boratos de sodio producto de la extracción del bórax con distintas concentraciones de ácido sulfúrico, lo que igualmente se observará en los gráficos.

Finalmente en base a los datos obtenidos en el laboratorio procedimos al diseño del equipo.

5.1 RESULTADOS EXPERIMENTALES

PRUEBAS REALIZADAS CON LOS PRODUCTOS

- 1) Prueba de grado de acidez .- Se diluyeron las muestras en agua y se calentó hasta 60°C, posteriormente se sumergieron en las soluciones tiras de papel tornasol MN-UNIVERSAL Indikaterpaper (pH 1-14), se dejaron secar y se observó la coloración.
- 2) Prueba de la llama En una cápsula de porcelana se evaporó a sequedad, 5 ml de solución preparada de ácido bórico y bórax; luego de enfriar la cápsula se adicionaron unas gotas de ácido sulfúrico concentrado, se removió con una vagueta y se añadió 3 ml de alcohol etílico; se encendió la solución se observó la coloración.
- 3) Punto de fusión
 - a) Se tomaron muestras de 0.5 grs de muestra en una cápsula de porcelana, se pesó; luego de someter a fusión con un mechero Bunsen se anotó el tiempo de fusión y el peso.
 - b) Se llenó un capilar con muestra finamente molida (5 mm) se sujetó a un termómetro y sumergió el conjunto en aceite calentando hasta observar la primera gota de fusión.
- 4) Índice de refracción Utilizando el refractómetro ABBE-3L.

- 5) Solubilidad . Procurando mantener la temperatura constante se fueron disolviendo cantidades determinadas de producto en 10 ml de agua hasta que una parte del producto quedo sin disolver; se traslado la solución a un crisol de porcelana y se evaporó a sequedad, se pesó y determinó la cantidad de producto disuelto en agua.
- 6) Cristalización .- Se sobresaturó una solución con productos, calentando dichas soluciones, posteriormente se procedió a enfriarlas hasta notar la formación de cristales, los que fueron observados en microscópio, se anotaron las características observadas.

CUADRO DE PRUEBAS REALIZADAS CON LOS PRODUCTOS

PRUEBA	ACIDO BORICO	BORAX
Acidez	4.5 - 5	9.2 - 9.3
De la llama (Coloración)	Verde	Verde
Punto de fusión	185 °C	75 °C
Indice de Refracción	1.33	1.46
Solubilidad		
Agua 20 °C	22.2 gr/100 ml	2.5 gr/100 ml
Agua 100 °C	40.2 gr/100 ml	52.0 gr/100 ml
Cristales	Blanco triclinico	Blanco monoclinico
Densidad	1.4	1.7

RESULTADOS

EXPERIMENTALES

METODO	1	2	3	4	5
Boronatrocaltita (grs)	20	20	20	20	20
Reactante 100% en exceso)	NaHCO ₃ 8.3 grs Na ₂ CO ₃ 10.5 grs H ₂ SO ₄ 4N 120 ml	HCL 2M 54 ml	H ₂ SO ₄ 4N 72 ml	1) H ₂ O 100 ml 2) HCL 2M 36 ml	1) H ₂ O 100 ml 2) H ₂ SO ₄ 4N 48 ml
Tiempo de agitación (min)	30	30	30	30	30
Temperatura (°C)	100	100	100	100	100
Filtración	Al vacío	Al vacío	Al vacío	Al vacío	Al vacío
Tiempo de cristalización (hrs)	24	24	24	24	24
Producto	Acido Bórico	Acido Bórico	Acido Bórico	1) Bórax 2) Acido Bórico	1) Bórax 2) Acido Bórico
Rendimiento (% en peso de boronatrocalcita que reacciona	19.40	29.75	27.5	1) 15.26 2) 23.50	1) 14.80 2) 21.50

5.2 CUADROS

CUADRO N° 1

- Variando la relación Agua/Mineral.

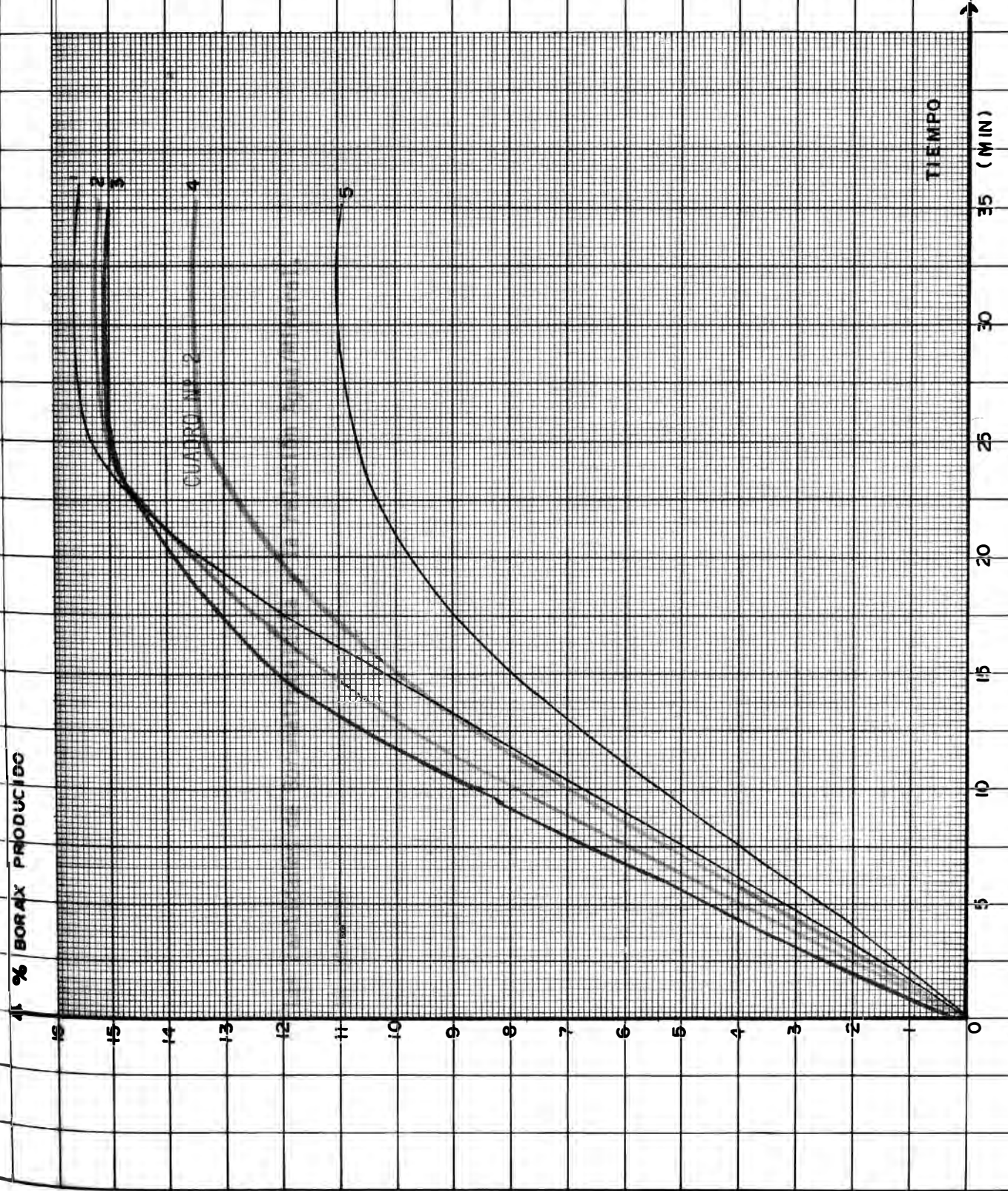
% B O R A X P R O D U C I D O

Tiempo

(min)	A/M = 6	A/M = 5.5	A/M = 5	A/M = 4.5	A/M = 4
5	3.20	3.92	4.45	3.55	2.54
10	6.71	7.97	8.52	6.98	5.39
15	11.59	11.19	12.07	10.07	7.93
20	13.27	13.56	13.98	12.13	9.66
25	15.40	15.20	15.00	13.40	10.67
30	15.48	15.18	15.05	13.47	11.00
35	15.50	15.20	15.06	13.50	10.89

Relación seleccionada A/M - 5 ya que a una mayor relación el % de variación no es considerable.

- 1: A/M = 6
- 2: A/M = 5.5
- 3: A/M = 5
- 4: A/M = 4.5
- 5: A/M = 4



CUADRO Nº 2

CUADRO Nº 2

- Variando las cantidades de Boronatrocalcita y la relación Agua/Mineral.
- Tiempo : 45 minutos

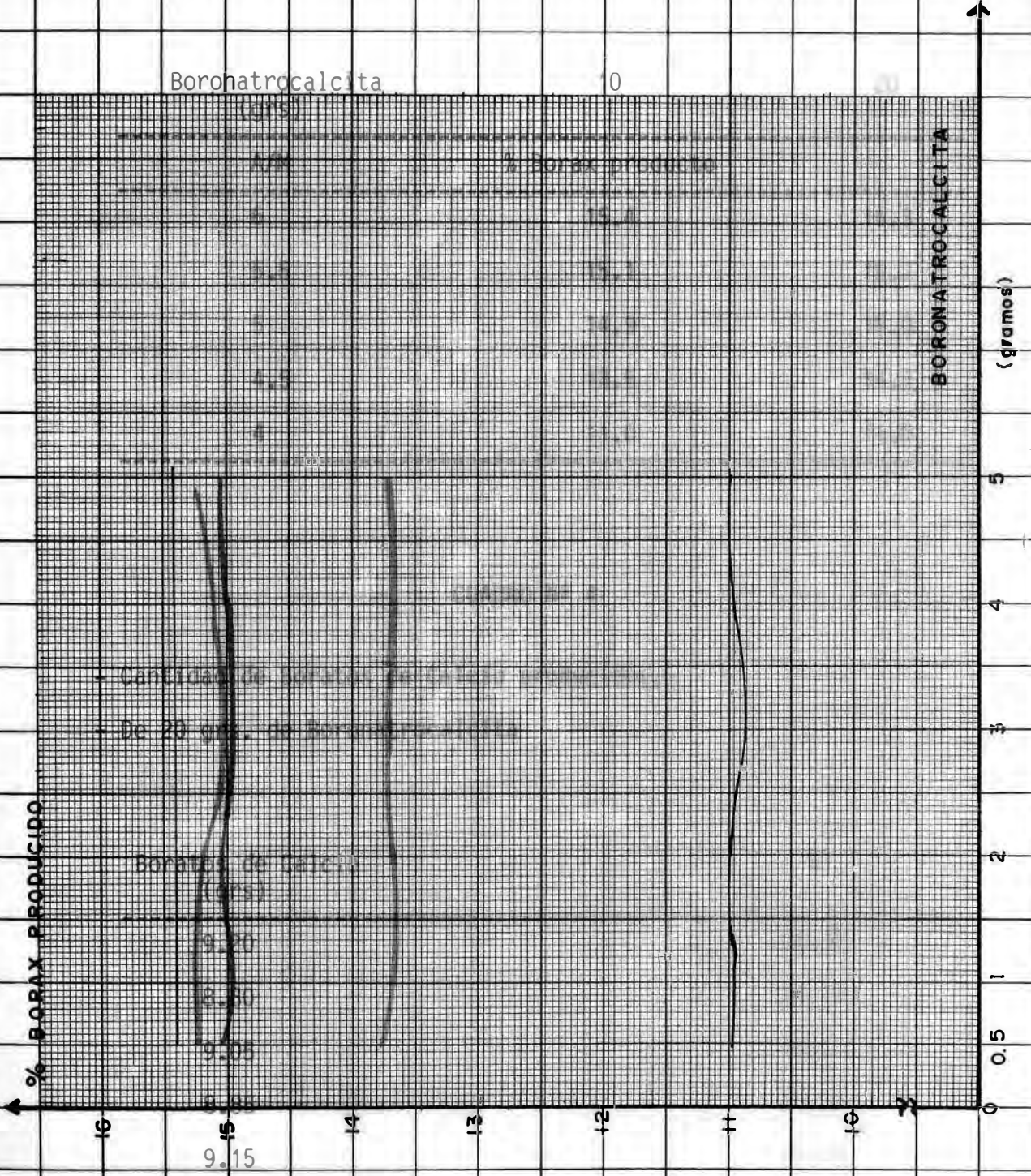
% B O R A X P R O D U C I D O

Boronatrocalcita (grs)	A/M = 6	A/M = 5.5	A/M = 5	A/M = 4.5	A/M = 4
0.5	15.42	15.23	15.03	13.74	10.97
1.0	15.40	15.25	14.95	13.65	10.95
2.0	15.41	15.19	15.06	13.68	11.00
3.0	15.39	15.00	14.95	13.70	10.85
4.0	15.40	15.10	15.00	13.67	10.95
5.0	15.39	15.25	15.02	13.70	11.00

CUADRO Nº 3

- 1: A/M = 6
- 2: A/M = 5.5
- 3: A/M = 5
- 4: A/M = 4.5
- 5: A/M = 4

Manteniendo una cantidad constante de Boronatrocalcita



Boronatrocalcita

BORONATROCALCITA (gramos)

% BORAX PRODUCIDO

Cantidad de Borax producido de 20 g.

Borax de calcio

9.15

CUADRO Nº 3

- Manteniendo una cantidad constante de Boronatrocalcita durante 1 hora.

Boronatrocalcita (grs)	10	20
A/M	% Borax producto	
6	15.4	15.3
5.5	15.1	15.2
5	14.9	15.0
4.5	13.5	14.3
4	11.0	11.0

CUADRO Nº 4

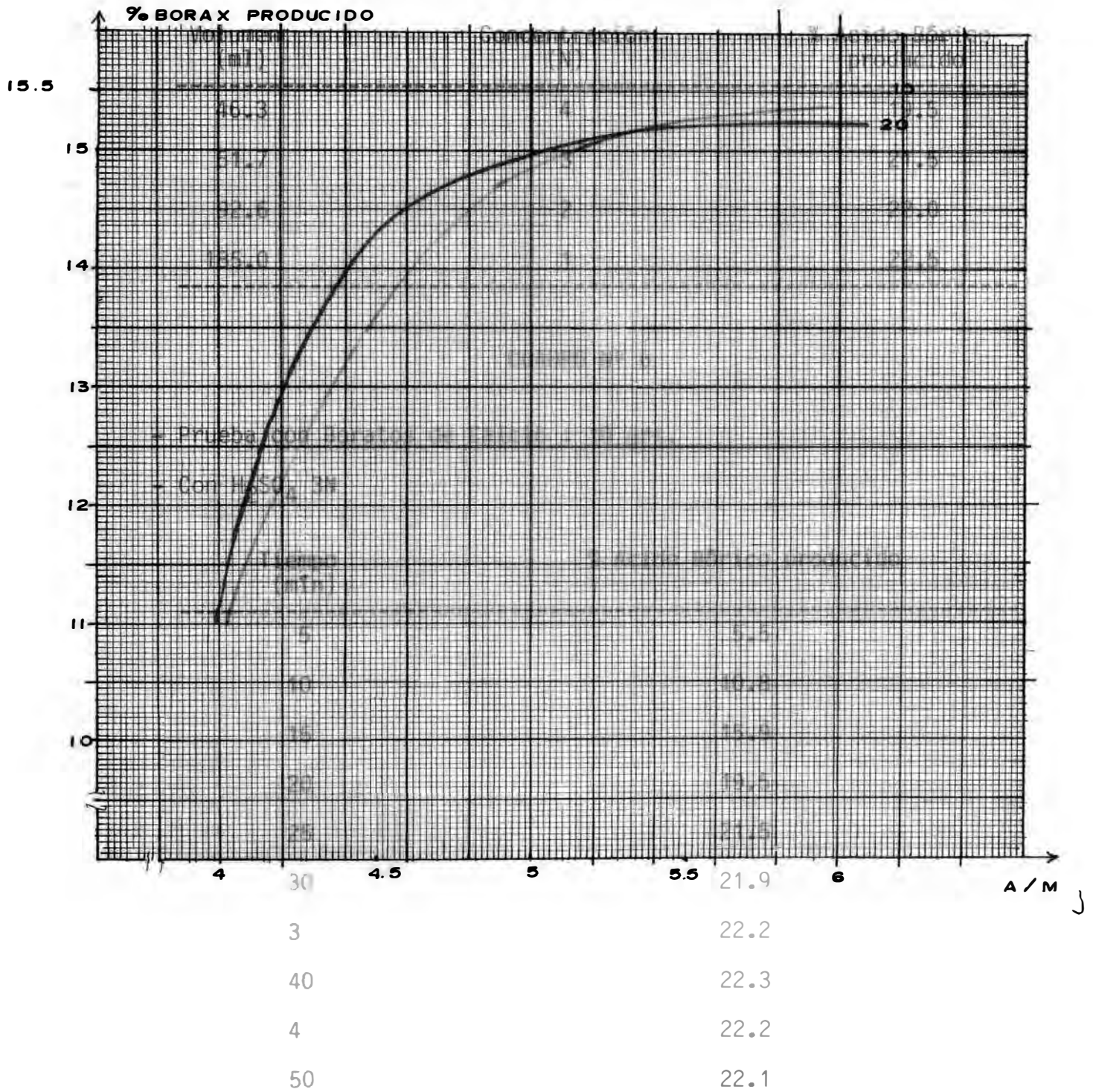
- Cantidad de Boratos de Calcio producidos.
- De 20 grs. de Boronatrocalcita

Boratos de Calcio (grs)	%
9.20	45.90
8.80	44.00
9.05	45.25
8.85	44.25
9.15	45.75

IA RO N° 5

GRAFICO N° 3 (Cuadro N° 3)

- Prueba con Boratos de Calcio 10 grs
- Con diferentes concentraciones de H_2SO_4
- Trabajando con 5.14 ml de H_2SO_4 36N



CUADRO Nº 5

- Prueba con Boratos de Calcio : 10 grs
- Con diferentes concentraciones de H_2SO_4
- Trabajando con 5.14 ml de H_2SO_4 36N

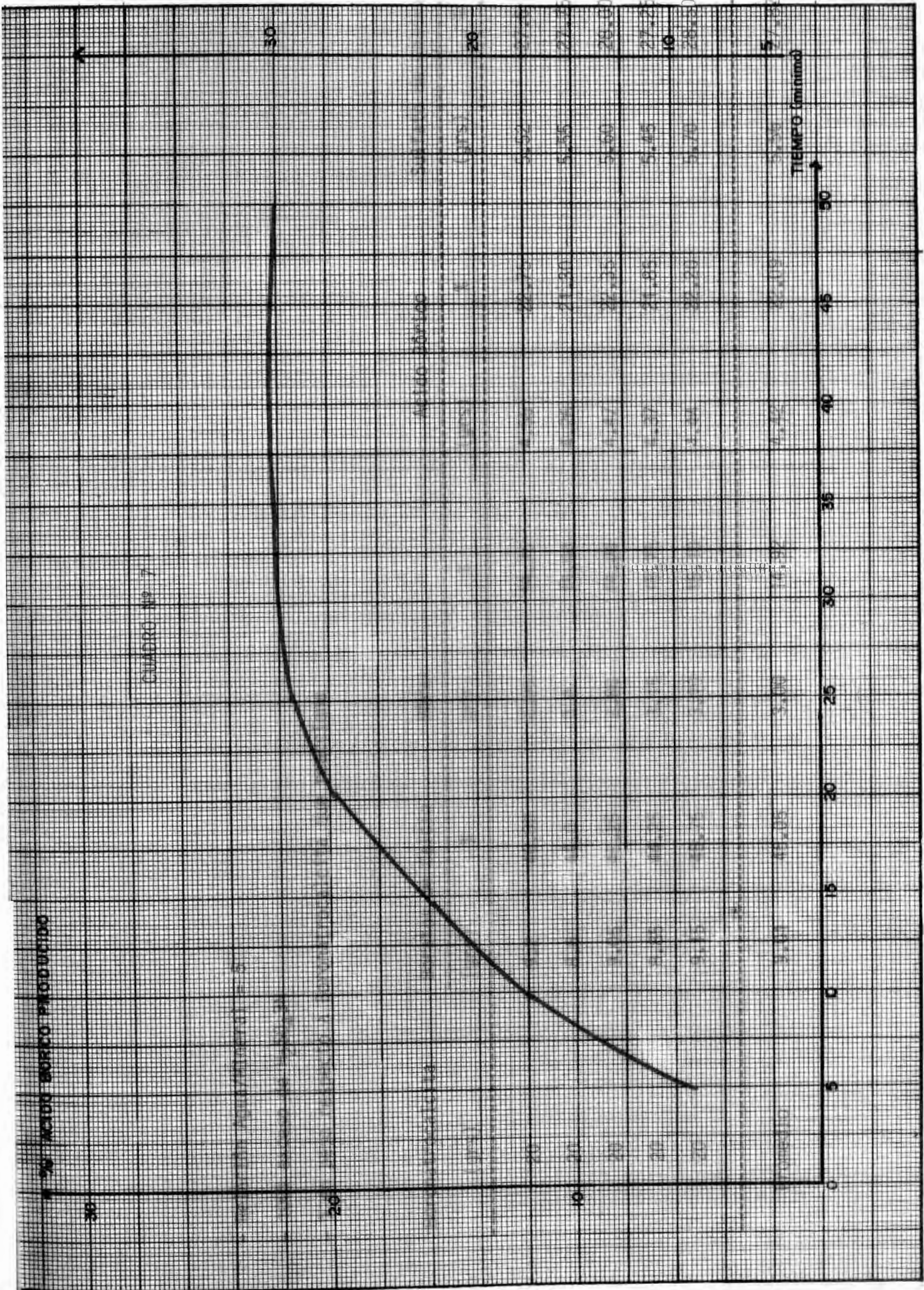
Volumen (ml)	Concentraci3n (N)	% Acido B3rico producido
46.3	4	19.5
61.7	3	21.5
92.6	2	22.0
185.0	1	22.5

CUADRO Nº 6

- Prueba con Boratos de Calcio : 10 grs.
- Con H_2SO_4 3N

Tiempo (min)	% Acido B3rico producido
5	5.5
10	10.8
15	15.9
20	19.5
25	21.5
30	21.9
35	22.2
40	22.3
45	22.2
50	22.1

GRAFICO N° 4 (Cuadro N° 6)



CUADRO N° 7

- Relación Agua/Mineral = 5
- 100% exceso de $H_2SO_4 3N$
- % en peso respecto a Boronatrocalcita que reacciona

Boronatrocalcita (grs)	Boratos de Calcio		Borax		Acido Bórico		Sulfato de Calcio	
	(grs)	%	grs	%	(grs)	%	(grs)	%
20	9.2	46.00	2.95	14.75	4.55	22.75	5.52	27.6
20	8.8	44.0	3.0	15.00	4.26	21.30	5.55	27.75
20	9.05	45.25	2.80	14.00	4.47	22.35	5.60	28.00
20	8.85	44.25	3.15	15.75	4.37	21.85	5.45	27.25
20	9.15	45.75	3.10	15.10	4.44	22.20	5.70	28.50
Promedio	9.01	45.05	3.00	14.92	4.42	22.09	5.56	27.82

5.3 ANALISIS DE RESULTADOS (Selección del Proceso)

- 1) Del cuadro de Resultados Experimentales, trabajamos inicialmente con los tres primeros métodos, y observamos como mejor reactante al HCL; posteriormente al seguir con el método 4 obtuvimos los dos productos deseados (Bórax y Acido Bórico); dado el alto poder corrosivo del HCL y viendo que el % de rendimiento entre los métodos 2 y 3 no era considerable procedimos a realizar pruebas con el método 5, del cual obtuvimos un rendimiento similar al del HCL; por consiguiente seleccionamos este último.

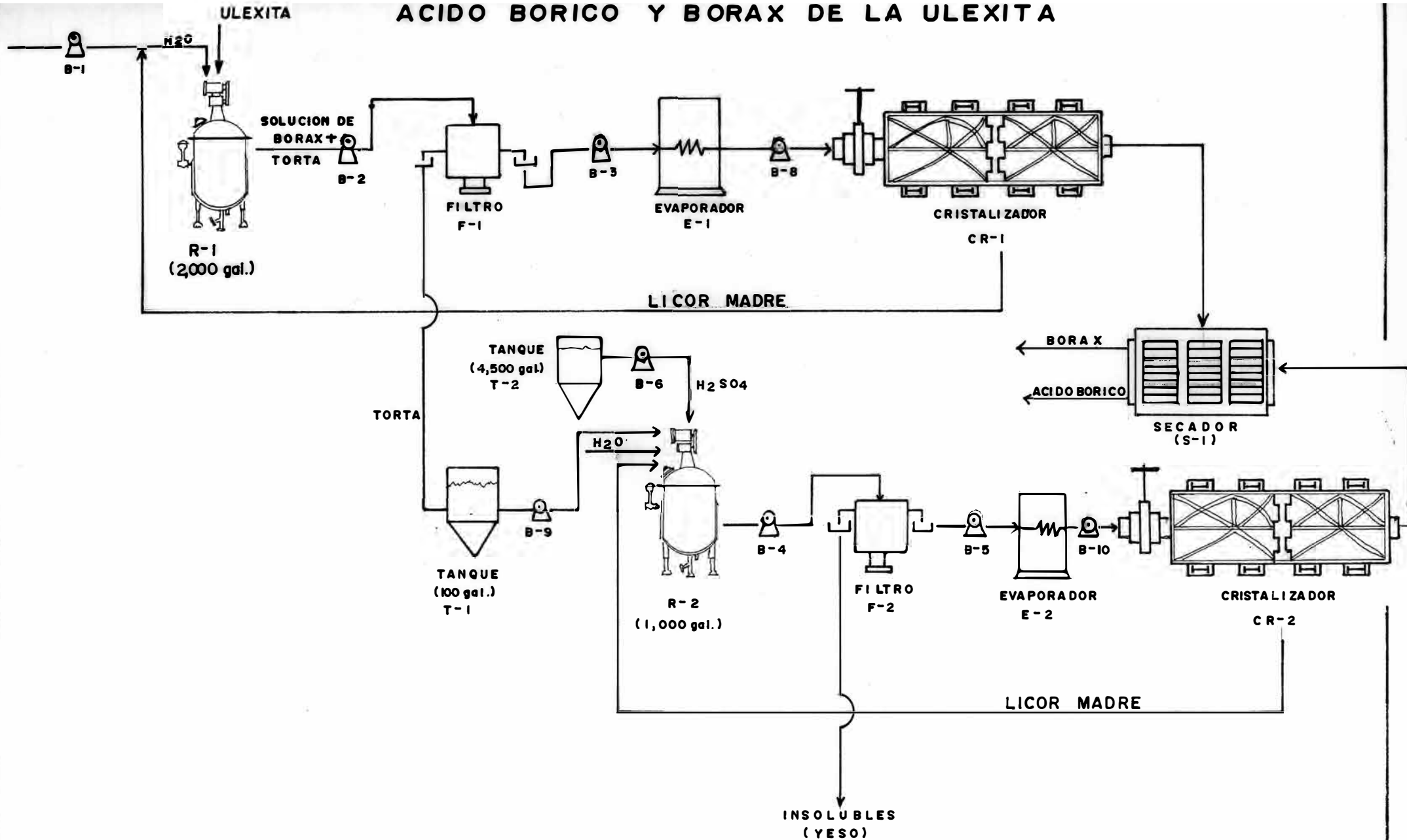
- 2) Seleccionado el método a seguir procedimos primeramente a variar la relación agua a mineral para la obtención de bórax, tomando muestras a distintos tiempos de reacción y graficamos la curva para cada relación A/M (Agua a mineral) y observamos los topes del % de Bórax producido (Cuadro 1). Verificamos los % obtenidos para un tiempo de reacción de 45 minutos realizando pruebas con distintos pesos de mineral (Cuadro 2), finalmente realizamos pruebas a 1 hora, con mayores cantidades de mineral (Cuadro 3). De los cuadros 1 y 2 se puede ver que al tener una mayor cantidad de agua se obtiene una mayor cantidad de Bórax; pero asimismo tenemos que los porcentajes de bórax obtenidos para las relaciones A/M: 5, 5.5 y 6 no difieren mucho y ya que trabajaremos con grandes cantidades de mineral en la planta existe el inconveniente de que se requerirá un mayor volumen de equipo y por consiguiente un aumento de costos, por

lo que seleccionamos la relación A/M:5 como óptimo en donde el % de Bórax obtenido respecto de la boronatrocalcita que ingresa es de 15%.

- 3) Teniendo la relación agua a mineral procedimos a medir la cantidad de Boratos de Calcio que se producen (Cuadro 4), ya que será utilizado para reaccionar con H_2SO_4 .
- 4) Con una cantidad adecuada de Boratos de Calcio se hizo reaccionar con distintas concentraciones de ácido (Cuadro 5), se puede apreciar que se llega a una dilución tal que el % de Acido Bórico obtenido se acerca al 22%, teniendo en consideración los volúmenes a manejar seleccionamos la concentración 3N.
- 5) Se hicieron pruebas con los Boratos de Calcio y H_2SO_4 3N, tomando muestras en distintos tiempos. (Cuadro 6), el porcentaje de rendimiento es cercano al 22%.
- 6) En el Cuadro 7 se muestra un resumen de las pruebas hechas y un promedio de los porcentajes obtenidos todos ellos respecto la cantidad de boronatrocalcita inicial, porcentajes considerados posteriormente en el diseño del equipo.

5.4 ESQUEMA DEL PROCESO

ACIDO BORICO Y BORAX DE LA ULEXITA



5.5 EQUIPO

REACTOR AGITADO (Ver Fig. Nº 1 y Nº 2)

El éxito de muchos procesos depende de una eficaz agitación de los fluidos que intervienen. La agitación se refiere al movimiento inducido de un material en forma determinada, generalmente circulatorio y dentro de algún tipo de recipiente, generalmente cilíndricos y con el eje vertical. El fondo del reactor no es plano sino redondeado de modo que se eliminen los bordes rectos o regiones en las cuales no penetrarían las corrientes de fluido.

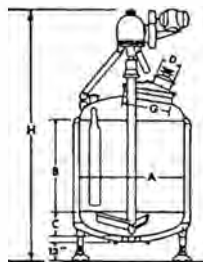
Los agitadores se dividen en dos clases los que generan corrientes paralelas y los que dan origen a corrientes en dirección tangencial o radial.

Los agitadores de turbina se asemejan a agitadores de múltiples y cortas paletas, que giran con velocidades elevadas sobre un eje que va montado centralmente dentro del tanque. Las paletas pueden ser rectas o curvas. Los agitadores de turbina son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades; en líquidos pocos viscosos, producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquidos estancado. En las proximidades del rodete existe una zona de corrientes rápidas, de alta turbulencia e intensos esfuerzos cortantes. Las corrientes principales son radiales y tangenciales. Las componentes tangenciales dan lugar a vórtices y torbellinos, que se deben evitar por medio de placas

Glass-lined reactors are available in a wide range of sizes and types to suit specific requirements.

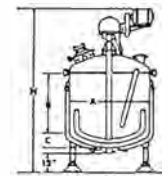
Heavy Duty Closed Reactors—HR Series

Capacity rated gallons	Dimensions (inches)					H approx.	Jacket heating surface sq. ft.	Pressures		Approx. weights of tanks with 90 lbs. P.S.I. jackets
	A	B	C	D	G			Int. P.S.I.	Jacket P.S.I.	
200	42	30	10½	12x16	24	120	43	150	90	3300
300	42	48	10½	12x16	24	138	59	150	90	3900
300	48	33	12	12x16	24	126	54	135	90	4100
500	48	58	12	12x16	24	151	80	135	90	5100
750	60	52	15	14x18	30	159	101	100	90	7050
1000	60	72	15	14x18	30	179	125	100	90	8100
1000	66	60	16½	14x18	30	168	122	90	90	8500
1500	78	65	19½	14x18	30	174	163	100	90	12100
2000	78	84	19½	14x18	30	198	193	100	90	14500
2000	96	77	24	18	36	207	236	100	90	24350
4000	96	109	24	18	36	239	303	100	90	29460
5000	114	91	28½	18	42	228	349	100	90	37600
6000	114	114	28½	18	42	251	407	100	90	41500
8000	120	140	30	18	48	304	490	100	90	50000
10000	120	181	30	18	48	358	595	100	90	60500



Clamp Top Reactors—CR Series

Capacity rated gallons	Dimensions (inches)					Jacket heating surface sq. ft.	Pressures		Approx. weights of tanks with *jackets
	A	B	C	D	H approx.		Int. (1) P.S.I.	Jacket P.S.I.	
50	30	16	4¾	8x10	81	13.6	40	*90 or 125	1300
75	30	25	4¾	8x10	90	19.5	40	*90 or 125	1500
100	30	34	4¾	8x10	99	25.4	40	*90 or 125	1700
100	42	14½	7½	12x16	84	20	40	*90 or 125	2000
150	42	23½	7½	12x16	93	28	40	*90 or 125	2300
200	42	32½	7½	12x16	102	36	40	*90 or 125	2600
200	48	24	8¾	12x16	97	40	40	*85, 100 or 125	2650
300	48	38	8¾	12x16	111	48	40	*85, 100 or 125	3100
400	48	52	8¾	12x16	125	63	40	*85, 100 or 125	3550
400	54	39	9¾	12x16	128	58	30	*75, 100 or 125	4150
500	54	51	9¾	12x16	140	71	30	*75, 100 or 125	5600
750	60	62	10¾	12x16	153	95	30	*75 or 100	6300
1000	66	66	11¾	12x16	159	114	30	*75 or 100	7550
1500	78	64	19½	12x16	169	150	30	*75 or 100	8600
2000	84	74	21	12x16	181	163	30	*75 or 100	11000



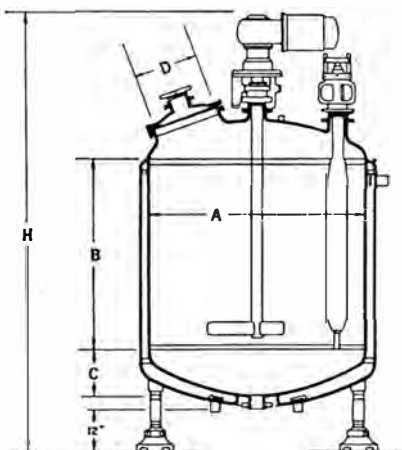
(1) Higher internal pressures available when heavy machined flanges are used.

Furnished in glass-on-steel or alloy metals, with thermal jacketing. Larger capacities and higher pressures available on request.

General Purpose Mixing Tanks—GP Series

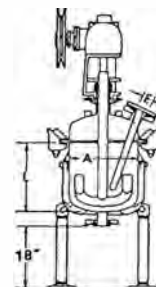
Capacity rated gallons	Dimensions (inches)					Jacket heating surface sq. ft.	Pressures		Approx. shipping weight
	A	B	C	D	H approx.		Int. P.S.I.	Jacket P.S.I.	
500	54	50	9¾	14x18	116	77	100	90 coin ω Vac	5,700
750	60	59	10¾	18x24	129	99	100	90 coin ω Vac	6,550
1,000	66	68	11¾	18x24	140	123	100	90 coin ω Vac	9,500
1,500	72	82	13¾	18x24	160	161	100	90 coin ω Vac	11,750
2,000	78	94	14½	18x24	174	199	100	90 coin ω Vac	15,250
2,500	84	101	15½	14x18	193	231	100	90 coin ω Vac	17,850
3,000	96	90	17½	18	188	249	100	90 coin ω Vac	21,900

Larger capacities and higher pressures available on request.



Laboratory and Pilot Plant Reactors—LR Series

Capacity rated gallons	Dimensions (inches)			Hand hole	Jacket heating surface sq. ft.	Pressures		Approx. weights of tanks*** with 40# int. P.S.I. & 75# P.S.I. jackets
	A	E*	L			Internal** P.S.I.	Jacket** P.S.I.	
2	8	2-1" radial	11¾	—	1.8	500	300	195
5	12	4-2" radial	13	±	3.3	40 to 500	100	240
10	14	4-2" radial	17	±	5.0	40 to 300	100	280
15	20	3-2" radial	18	5"x8"	7.5	40 to 300	100	460
25	20	3-2" radial	25	5"x8"	10.5	40 to 300	100	510
50	24	3-2" radial	28	5"x8"	14.6	40 to 300	100	675



*Listings indicate number and maximum size of openings usually furnished.

**Higher pressures also available on the 5 to 50 gallon sizes.

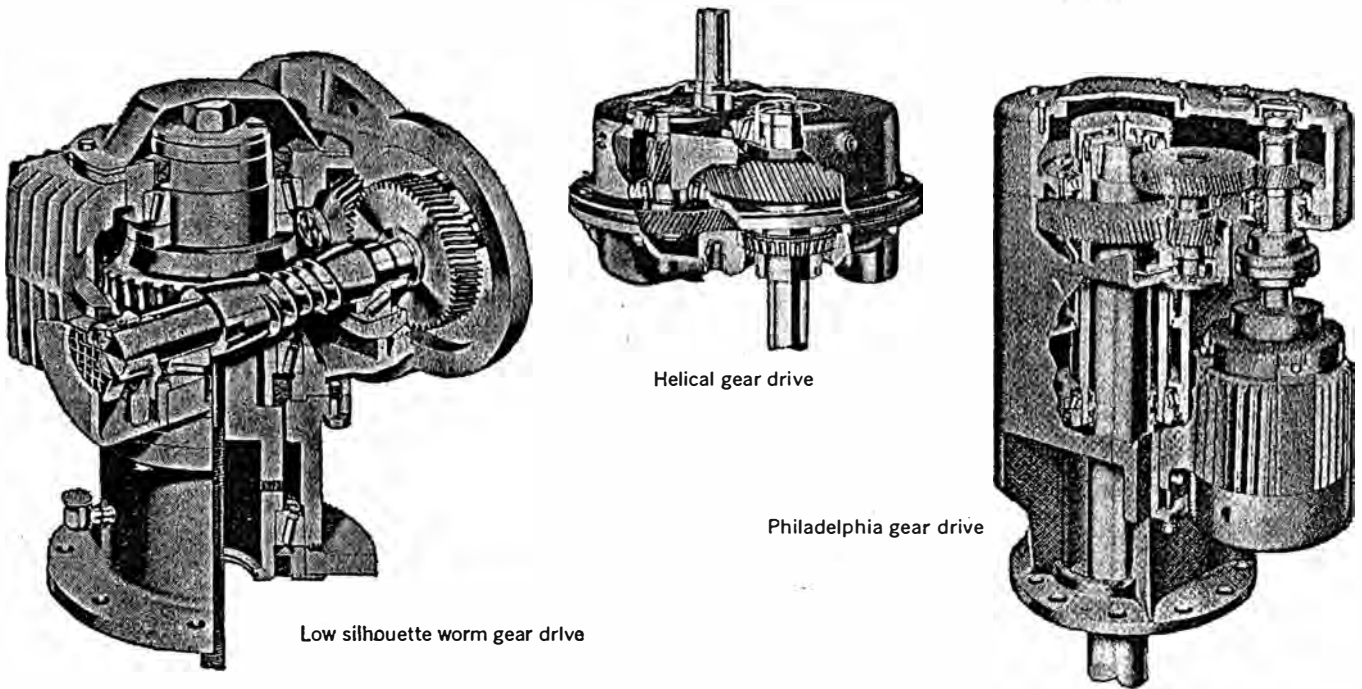
***Weights shown are tanks only exclusive of drive. Add approx. 225# for drive, motor and agitator on 5 to 50 gal. sizes.

±3"x5" handhole available in place of one 2" opening.

Furnished in glass-on-steel or alloy metals, with thermal jacketing. Designed for various internal pressures up to 500 psi and capacities up to 50 gallons. Jacket pressures up to 300 psi.

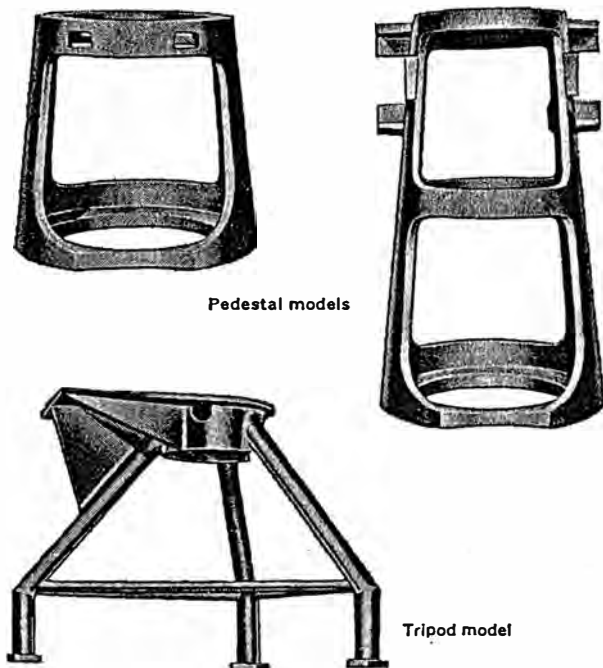
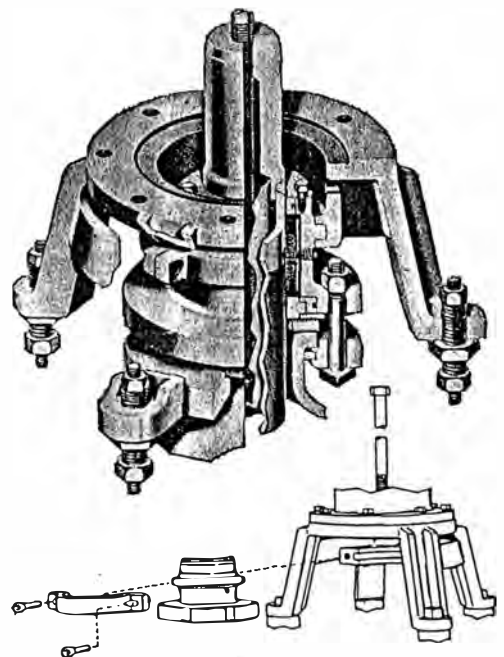
FIGURA Nº- 1

Reactor drive assemblies and components.



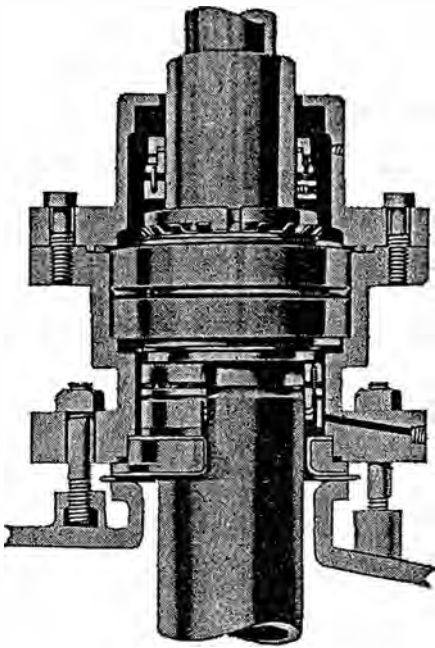
DRIVE ASSEMBLIES — Glascote offers a complete line of trouble-free drives, ranging from big-load capacity, low-silhouette worm gear drives and helical gear drives to Philadelphia gear drives and V-belt types for small laboratory units. New low silhouette worm gear drives are available from 1 to 60 hp. Glascote can also supply variable-speed and gear head motor drives as well as V-belt reducers.

CARTRIDGE SEAL — This exclusive cartridge design for Glascote LS Drives makes for easy, fast removal. Clamp and two cap screws hold seal in position. Entire cartridge can be removed and immediately replaced without removing drive assembly (see drawing below). Reduces costly downtime. A "reserve seal" can be quickly installed. Removed seal cartridge can be taken to bench for disassembly and servicing.

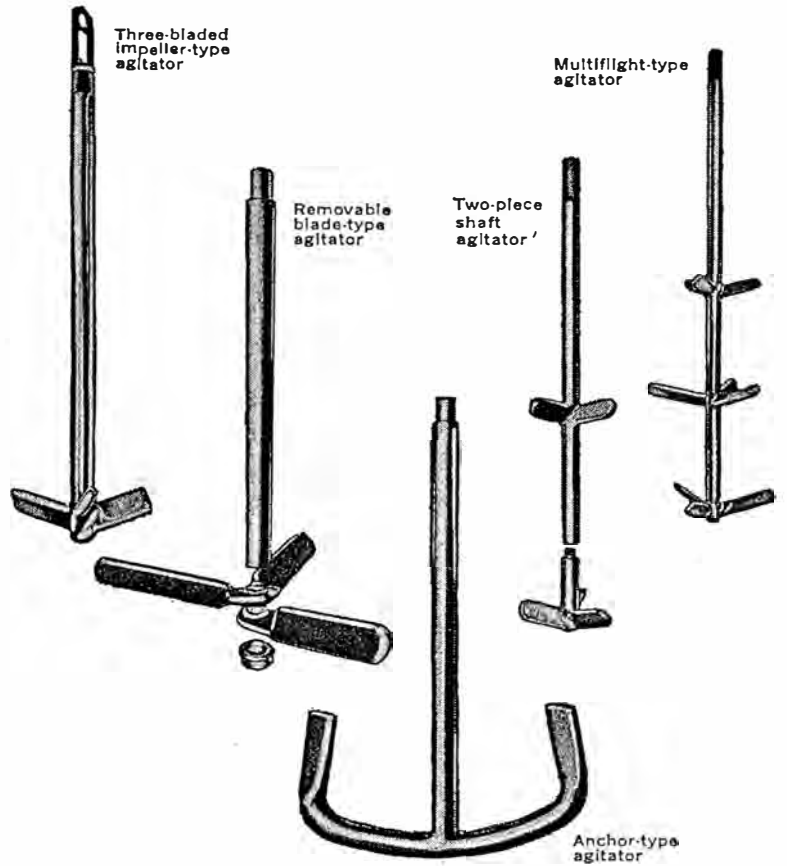


DRIVE SUPPORTS — Glascote offers two types of drive supports: the compact pedestal support (short and tall) and the tripod support. In choosing one of these types, the customer is assured a drive support that will fit his process . . . be suitable for the particular drive employed . . . and provide flexible space arrangement for opening or nozzle placement.

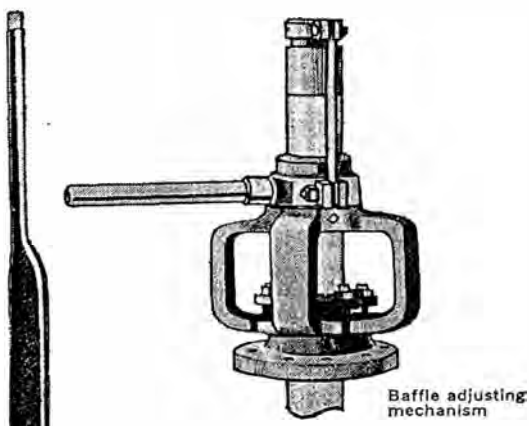
FIGURA Nº 2
Glass-coated reactor accessories.



EXCLUSIVE ROTARY MECHANICAL SEAL — Glas-cote's unique design provides two major advantages: (1) Eliminates leakage under pressure (toxic or explosive conditions) and reduces maintenance. (2) Permits efficient use of higher operating pressures and prevents contamination of vessel contents. Other features include preloaded, double-tapered roller bearings, glass-coated gland insert, glass-coated agitator shaft and Teflon packing.



AGITATORS — Glas-cote agitators are available in a wide range of types in either glass-on-steel or alloy materials. These will provide the optimum agitation effectiveness for your process. Glas-cote can also custom-design, custom-build any type of agitator for individual specifications.



BAFFLES — Glas-cote produces beaver-tail glass-on-steel adjustable baffles with or without restricted thermometer well tips. Restricted thermometer well tips provide maximum temperature sensitivity. The restricted tip can be an integral part of the baffle or it can be removable (up to three removable tips on one baffle). Glass-on-steel, alloy or tantalum sheath can be specified for the restricted tip.

NEW BOTTOM DRAIN VALVE—Equal outlet diameters of vessel and valve insure full flow. Ram-type closure and all-wetted surfaces protected with high voltage tested glass fused on cast iron. Nonrising stem of stainless steel protects against atmospheric contamination. Grease-lubricated double ACME threads for smooth valve operation. Positive seat is of glass-filled Teflon.



deflectoras o un anillo difusor con el fin de que el rodete sea más eficaz.

FILTRO CONTINUO DE VACIO (Ver Figura Nº 3)

Los procesos de gran capacidad han hecho imperativo el desarrollo de filtros continuos y se encuentran en uso diferentes variedades. En todos los filtros continuos de vacío se aspira el líquido a través de un medio filtrante móvil, depositándose una torta de sólidos. Esta se saca de la zona de filtración, se lava, se seca por aspiración y se descarga del medio filtrante, que entra nuevamente en la suspensión para otra carga de sólidos. Una parte del medio filtrante está en todo momento en la zona de filtración, otra en la zona de lavado y otra en la zona de descarga de sólidos, de forma que tanto la descarga de sólido como la de líquido son continuas. La diferencia de presión a través del medio filtrante en un filtro continuo de vacío no es elevada, y ordinariamente está comprendida entre 25 y 50 cm de Hg. Los distintos tipos de filtros difieren en el modo de admisión de la suspensión, la superficie filtrante y la descarga de sólidos. Sin embargo, todos ellos aplican el vacío desde una fuente estacionaria a las partes móviles del aparato, a través de una válvula rotatoria.

FILTRO PRENSA DE MARCOS Y PLACAS (Ver Fig. Nº 4, 5 y 6)

El filtro prensa, ha sido el aparato para filtración más ampliamente usado en la industria química; tiene la ventaja de

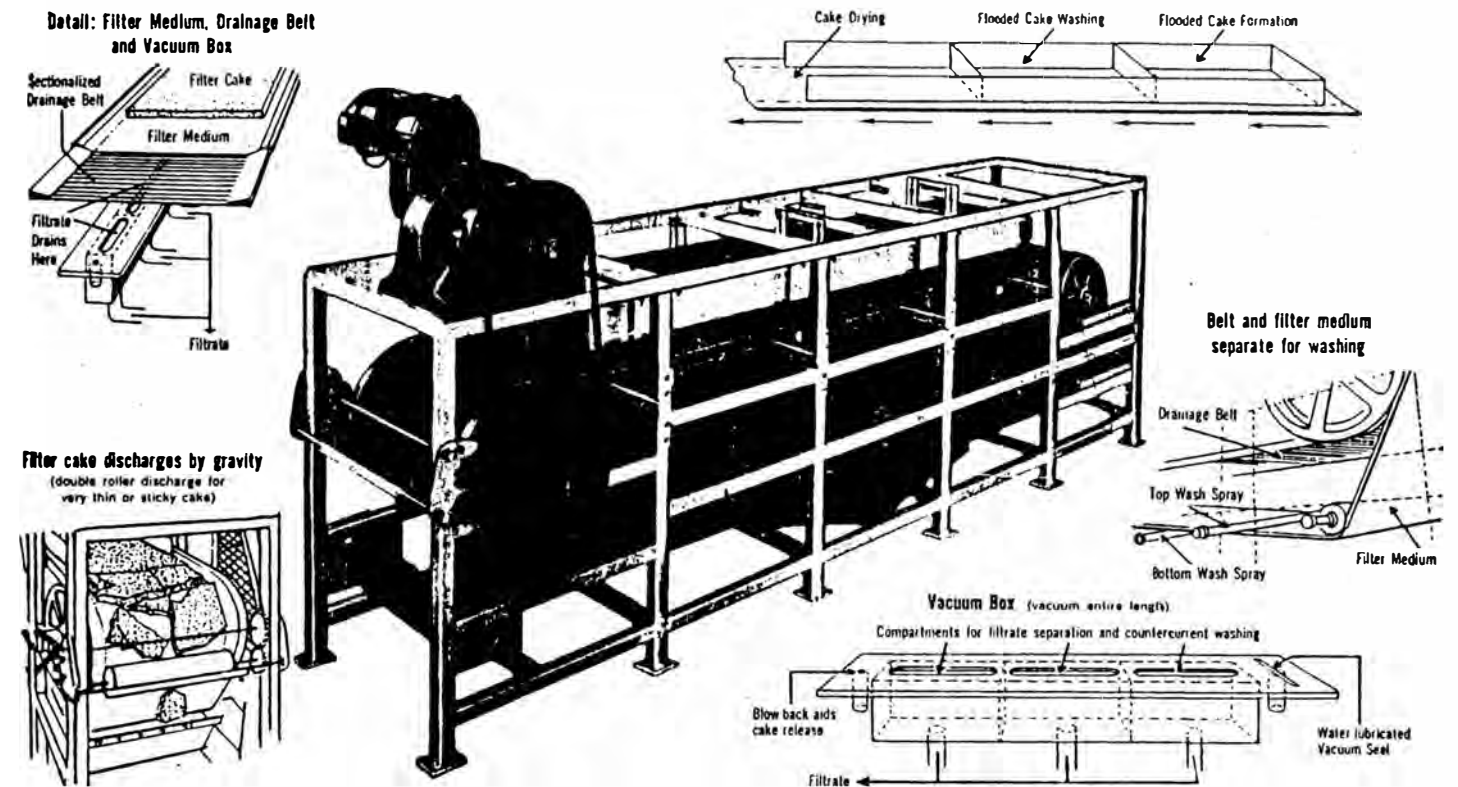
THE STRAIGHT LINE FILTER CONTINUOUS VACUUM FILTER

The Straight Line Filter is a greatly improved horizontal belt vacuum filter designed for high filtration efficiency, low cost operation, and quick, simple maintenance. It requires less headroom and floor space than most equipment of equal capacity.

A fully proven, exclusive method of vacuum seal for the sectionalized drainage belt provides definite and

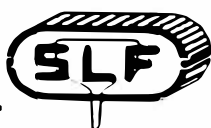
quick controlled vacuum application at any point, sharp separation of filtrate segments, and complete drainage of the belt.

Experience has shown that the Straight Line Filter can handle either coarse or fine slurries of almost any type. Built-in flexibility permits counter-current or other type of filter cake washing and definite separation of filtrates.



ADVANTAGES OF THE STRAIGHT LINE FILTER*

- Continuous vacuum filtration.
- Handles coarse or fine particles (sands to pigments or starches).
- No slurry or vat agitators—less power and maintenance.
- Processing can be done on filter.
- Filter cycle and operation visible at all times.
- Filter Cake:
 - formed by vacuum or gravity. ■ does not crack during formation or washing. ■ is flood washed—eliminates channelizing—all wash liquid contained only in wash section. ■ can be washed or leached counter-currently. ■ is discharged by gravity or method suitable for a specific cake.
- Filter Media:
 - can be washed on both sides either continuously or intermittently—prevents “blinding”. ■ can be replaced in less than half an hour by unskilled labor.
- Unique Self-aligning Rubber Drainage Belt Carries Filter Medium:
 - is sectionalized for complete, quick and distinct drainage and separation of filtrates. ■ is corrosion resistant. ■ is easily kept clean—ideal for hygienic applications.
- Vacuum Box Divisions:
 - permit complete separation and removal of filtrates. ■ are adaptable for counter-current washing. ■ permit a different vacuum in each division.
- A separate blow-off chamber prevents blow-back of filtrate.
- All parts are visible and accessible, permitting observation of entire operation and easy cleaning.
- Flexibility and control of operation assured by variable speed drive and instrumentation.
- Built-in flexibility permits multi-product application.
- Available in various materials of construction.



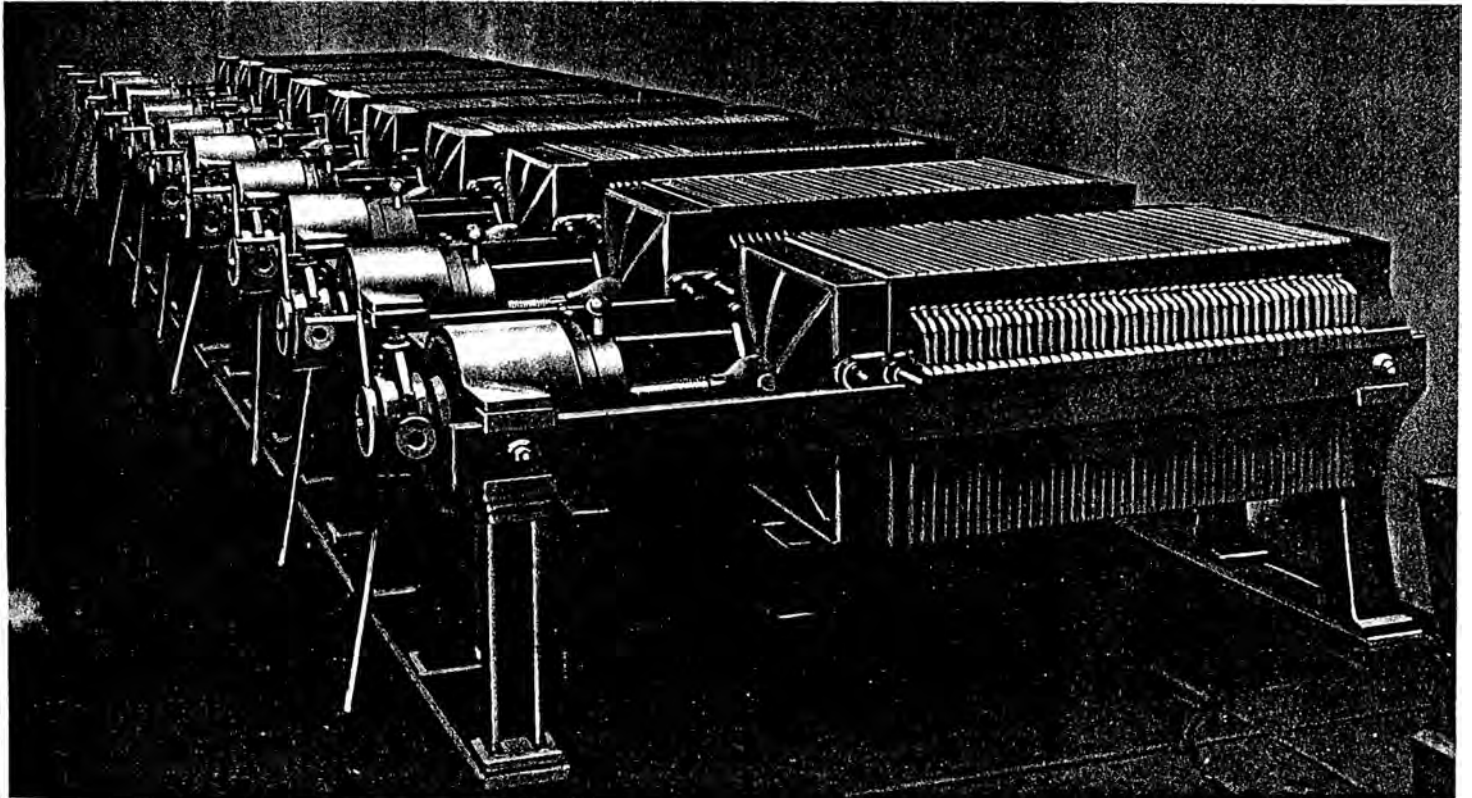
STRAIGHT LINE FILTERS, INC.

P.O. BOX 1911, WILMINGTON, DELAWARE 19899, Phone: (302) Olympia 4-88015

FIGURA N^o 4

S. H. JOHNSON & CO. LTD

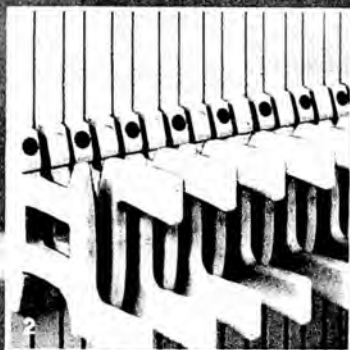
Carpenters Road, London, E.15
Telephone: MARYland 1863
Telegrams: Filtrum, Phone, London



A battery of filter presses with hydraulic screw-bush tightening gear

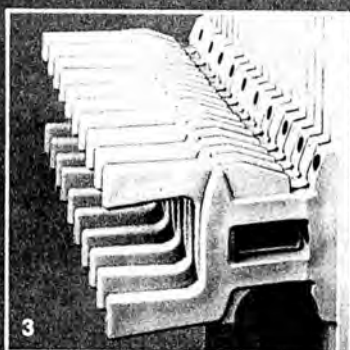
Asas sólidas (PP), atornilladas:

- fácil y seguro manejo
- rápidamente cambiables



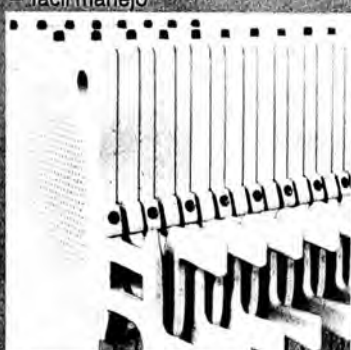
Guía de asa en un solo lado:

- los conductos son bien equilibrados



En colores, para distinguir las diferentes funciones:

- montaje rápido y correcto
- fácil manejo

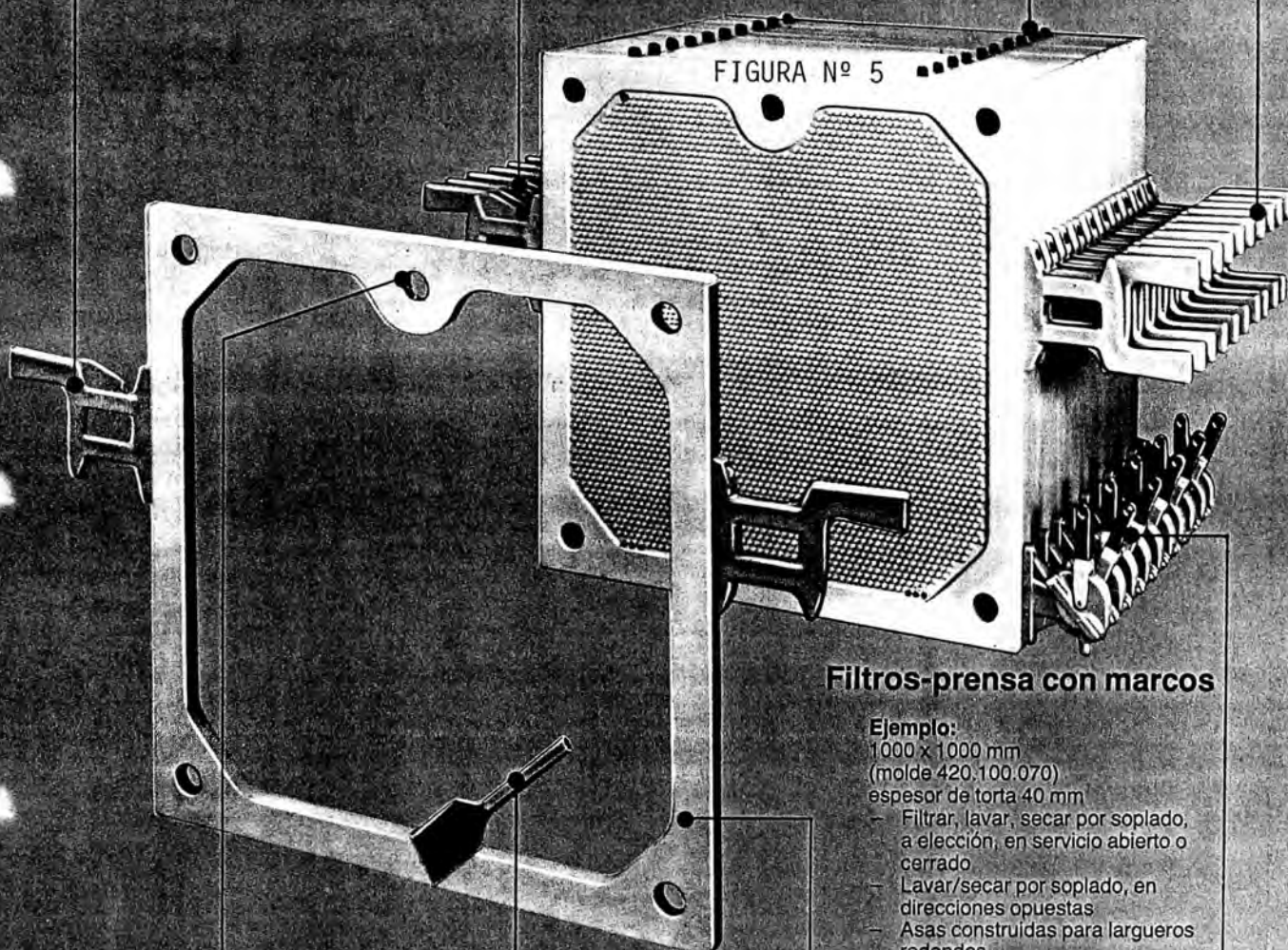


Asas en diferentes tipos de construcción:

- apropiadas para cada tipo de largueros



FIGURA Nº 5



Filtros-prensa con marcos

Ejemplo:

1000 x 1000 mm
(molde 420.100.070)
espesor de torta 40 mm

- Filtrar, lavar, secar por soplado, a elección, en servicio abierto o cerrado
- Lavar/secar por soplado, en direcciones opuestas
- Asas construidas para largueros redondos



Conducto para la suspensión en el marco:

- con sección transversal grande
- cónicamente alargado



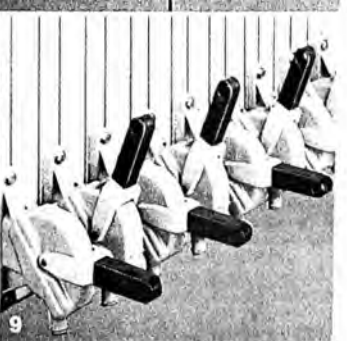
Raspadores en PE:

- en diferentes durezas
- para limpiar superficies de contacto y telas filtrantes



Superficies de contacto lisas:

- mejor impermeabilización
- contribuyen a proteger las telas filtrantes



Llave de paso de vías múltiples con membrana (PP):

- para poder elegir entre un servicio abierto o cerrado

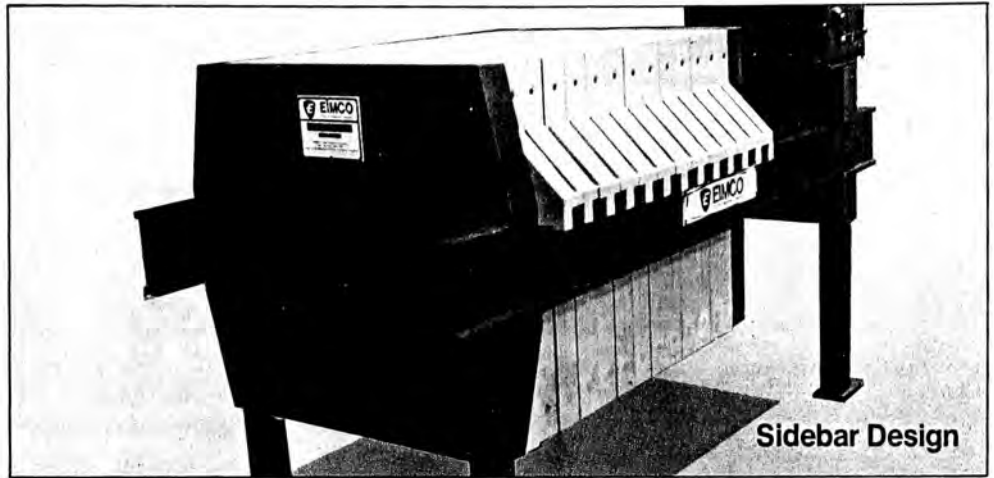


Driver, Leading the Way With . . . Skeleton Configurations

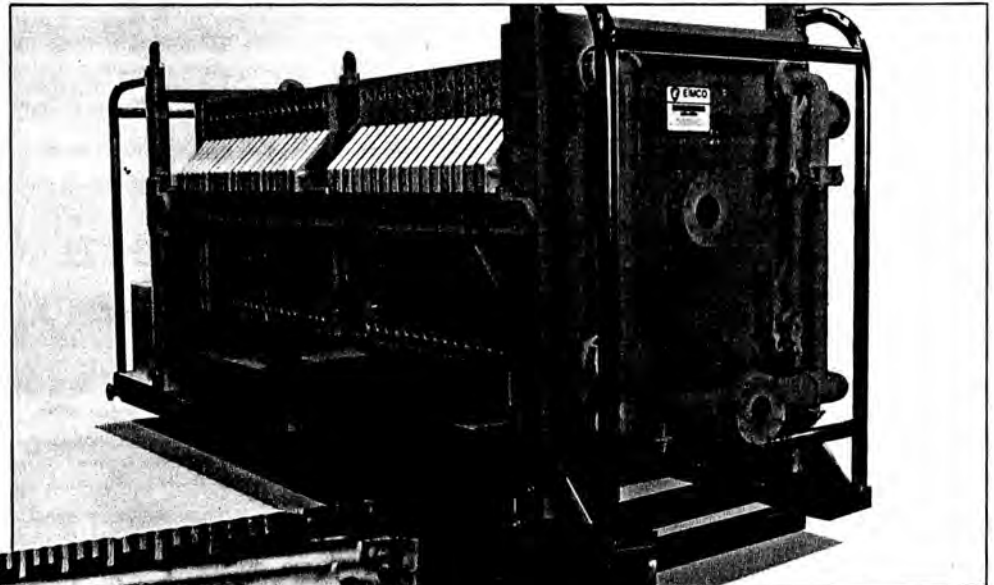
tal skeletons are normally constructed of fabricated mild steel, although other materials can be specified. Sidebar designs utilize parallel bars mounted between end supports. These support the plate stack, serve as the pivoting point for the shifting mechanism, and contain the shifting forces of the press.

Skid mounted, portable designs are ideally suited for oil field and hazardous waste duty.

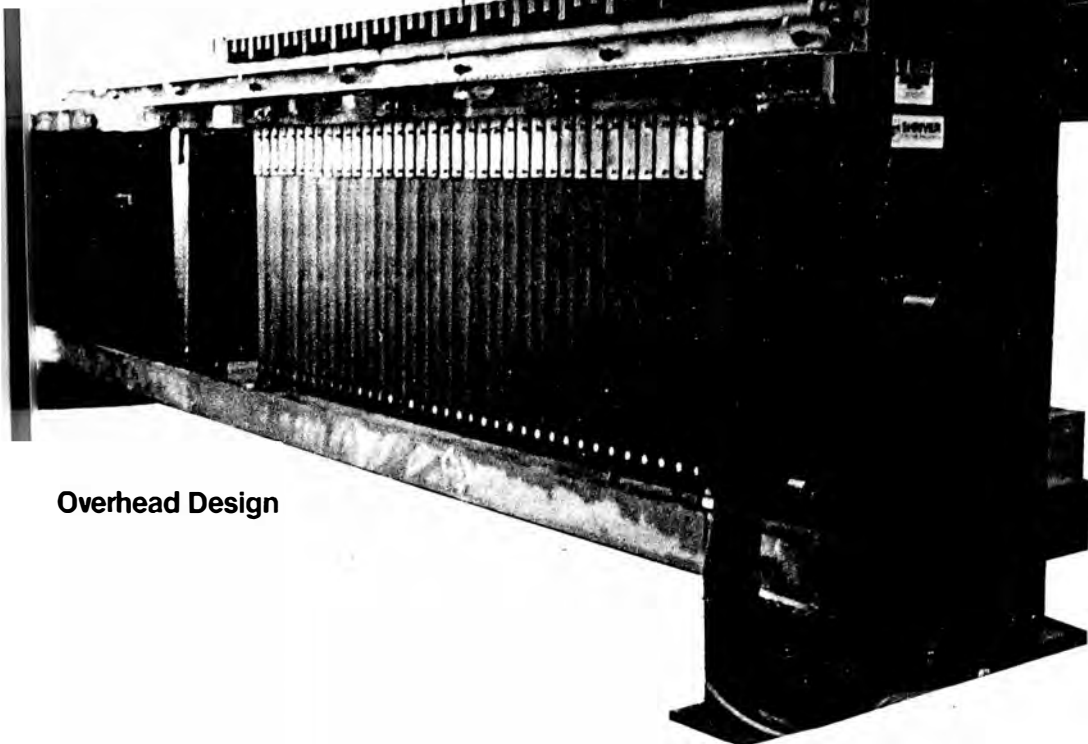
Overhead designs are generally used on larger sized presses. They allow increased accessibility to the plate stack and efficient operation by keeping the shift mechanisms above the plates, out of the way of process contamination. Advantages of overhead designs include increased flexibility with longer plate stacks, a wider variety of automated options such as cake discharge mechanisms and cloth washers.



Sidebar Design



Skid Mounted Portable Design



Overhead Design

su bajo costo inicial, bajo mantenimiento y extrema flexibilidad.

El filtro prensa está diseñado para efectuar cierta variedad de funciones, la secuencia de los cuales se controla manualmente. Durante la filtración, el filtro prensa permite la entrada de la pasta de alimentación hacia la superficie filtrante, a través de su propio ducto, permite que la suspensión alimentada sea forzada contra las superficies filtrantes y que el filtrado que ha pasado a través de las superficies filtrantes, salga a través de su propio ducto, mientras que retiene los sólidos que se encontraban originalmente en la suspensión. Durante la secuencia de lavado, la prensa permite alimentar agua limpia a los sólidos filtrados a través de su propio ducto y permite forzar el agua de lavado a través de los sólidos retenidos en el filtro y que dicha agua y las impurezas salgan a través de un ducto separado.

Los filtros prensa de lavado en contracorriente representan un mejor sistema. En este filtro se incluye un canal separado para la entrada del agua de lavado. Los filtros prensa de descarga cerrada están previstos también de un canal separado de salida. Los filtros prensa pueden fabricarse de cualquier material de construcción deseado, madera, hierro forjado hule y acero inoxidable, pueden construirse para presiones de suspensión hasta de 1000 psia.

EVAPORADOR DE TUBOS VERTICALES : (Ver Fig. Nº 7)

Existen evaporadores de tubos verticales de las variedades canasta y verticales comunes y corrientes. En ambos, la solución hierve en la parte interior de los tubos verticales con el medio caliente que generalmente es vapor condensándose, retenido en la caja a través de la cual pasan los tubos. En el evaporador de canasta, la caja de vapor forma una canasta colgada en el centro del evaporador. El calentamiento o hervor del líquido dentro de los tubos ocasiona un flujo hacia arriba a través de los mismos, en tanto que el líquido no evaporado fluye hacia abajo a través del anillo alrededor de la canasta.

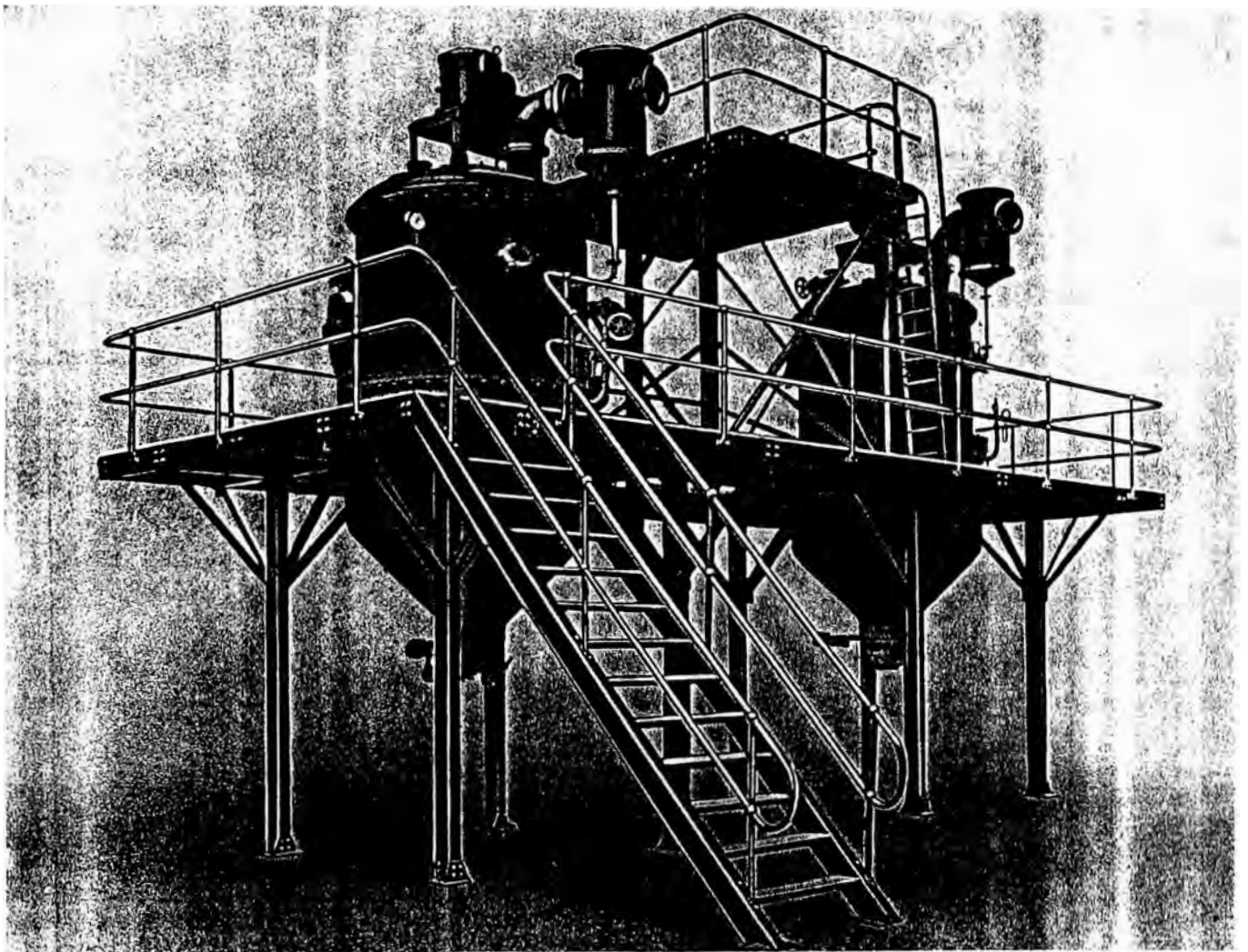
En el evaporador común y corriente de tubos verticales, la caja de vapor tiene forma de rosca. El líquido fluye hacia arriba a través de los tubos y hacia abajo a través del orificio central. Cualquier depósito sólido se formará en la parte interna de los tubos de donde puede quitarse mediante limpieza mecánica. Pueden procesarse líquidos viscosos, los evaporadores de tubos verticales son muy satisfactorios para la mayor parte de los usos.

CRISTALIZADOR SWENSON WALKER (Ver Fig. Nº 8)

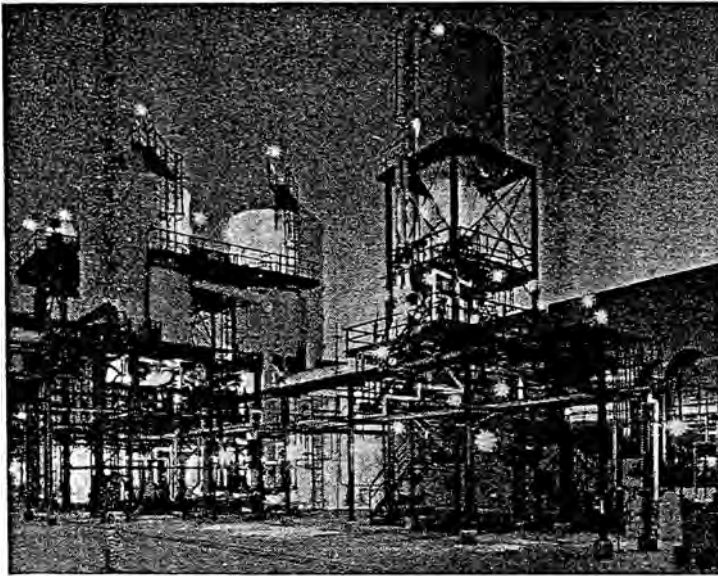
Uno de los tipos de cristalizador continuo más corrientemente utilizado en Estados Unidos (con enfriamiento únicamente es el cristalizador Swenson Walker.

FIGURA N^o 7**T. & C. CLARK & CO. LTD**

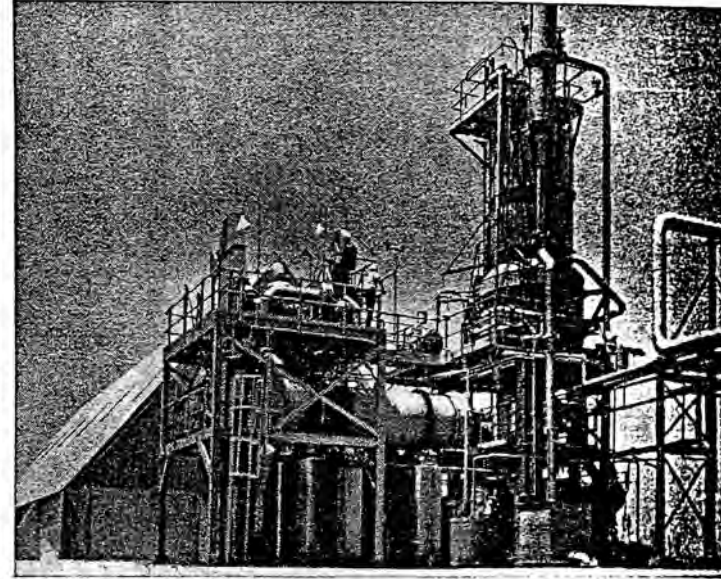
Head Office and Works:
Shakespeare Foundry, Wolverhampton
Telephone: 20204/5
Telegrams: Clark, Wolverhampton
London Office: 13 Copthall Avenue, E.C.2
Telephone: MONarch 3803



GLASS ENAMEL LINED
Concentrating plant—Supplied in sizes to suit customers' requirements



Two Swenson DTB crystallizers feed slurry to settling tank at center. Two Swenson-KMI centrifuges are mounted on platform below. The Swenson rotary dryer at right completes the process. Location is Dow-Badische's Freeport, Texas facility. 400 tons of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ is produced daily.



New Central Phosphate plant at Plant City, Florida produces 70 tons of granular ammonium sulphate daily from acid scrubbing waste as an anti-pollution measure. The process engineering, all equipment, materials and start-up supervision were supplied by Swenson.

FIGURA Nº 8

Está formado por una artesa semicilíndrica abierta de unos 61 cm de ancho, que lleva una camisa de agua soldada por el exterior de la artesa y un agitador de pequeña velocidad y gran paso de hélice, que gira a unas 7 rpm y que llega lo mas cerca posible del fondo del cristalizador. Este aparato se fabrica normalmente en unidades de 6 m de longitud y se pueden reunir un cierto número de unidades para aumentar la capacidad.

La solución concentrada caliente que ha de cristalizarse se alimenta por un extremo de la artesa y normalmente el agua de enfriamiento fluye por las camisas en contracorriente con la solución. Con objeto de controlar el tamaño de los cristales, es aconsejable algunas veces introducir una cantidad extra de agua en algunas secciones. El objeto de la espiral del agitador es primero, impedir la acumulación de los cristales sobre la superficie de enfriamiento y segundo elevar los cristales que ya se han formado y sumergirlos en la solución. De esta forma los cristales crecen mientras están suspendidos, son de tamaño razonable y están libres de incrustaciones. En el extremo opuesto del cristalizador, hay una salida para que los cristales y el líquido madre rebosen a una caja de escurrido de la que el líquido madre sale y se devuelve al proceso.

SECADORES DE BANDEJAS Y COMPARTIMIENTOS (Ver Fig. Nº 9)

Los secadores de bandejas y compartimientos suelen consistir en un recinto bien aislado, con ventiladores y serpentines de

caldeo formando parte integrante del mismo, y los soportes apropiados para el material. Estos secadores permiten una regulación más minuciosa de la operación. El funcionamiento satisfactorio de los secadores del tipo bandeja depende de que se mantenga a una temperatura constante y con una velocidad uniforme del aire sobre todo el material que se seca. En estos secadores conviene una velocidad de 120 a 300 m/min del aire para mejorar el coeficiente de transmisión superficial de calor y eliminar las bolsas de aire estancado.

Estos secadores pueden ser del tipo de bandejas en carretillas o fijas. En el primero las bandejas se cargan en carretillas que se empujan dentro del secador y, en el segundo, las bandejas se colocan directamente sobre bastidores fijos en barras del interior del secador. Las carretillas suelen contener dos filas de bandejas con 18 a 48 por fila. Las bandejas son cuadradas o rectangulares de 0.37 a 0.74 m cada una y pueden construirse de cualquier material compatible con las condiciones que imperan en el secador. El medio de calefacción usual es el vapor. La disposición corriente de los calentadores consiste en un calentador principal colocado delante del ventilador y serpentines auxiliares entre la carretilla del secador para volver a calentar el aire después que pasa por las bandejas. Cuando no se disponga de vapor o cuando la carga que haya de secarse sea pequeña, se emplea calor producido por electricidad. Para temperaturas superiores a 150°C, pueden utilizarse los productos de combustión de la



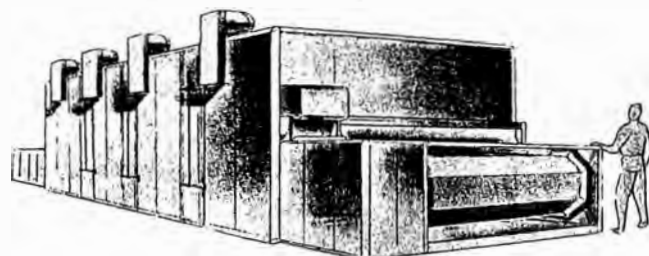
CHEMICAL DRYERS...



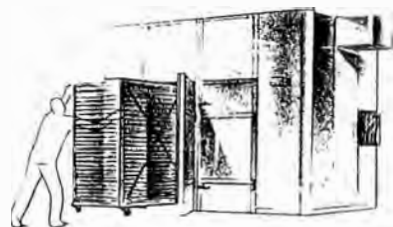
MULTI-PASS APRON CONVEYOR DRYERS

FOR PRODUCERS OF . . .

- SYNTHETIC FIBERS
- FOAMED PLASTICS
- SYNTHETIC RUBBER & RUBBER CHEMICALS
- STEARATES
- FERTILIZERS
- PESTICIDES
- STARCHES
- GLUES
- PHARMACEUTICALS
- INSULATING, PADDING & FILTERING MEDIA
- PAPER
- LAMINATES
- LEATHER
- LEATHERETTE
- RESINS
- PIGMENTS
- MINERALS
- CERAMICS
- FOODSTUFF
- TOBACCO
- LINOLEUM
- EXPLOSIVES
- COATINGS
- FILMS
- CAKES
- EXTRUSIONS
- FLAKES
- POWDERS
- CRYSTALS
- GRANULES



SINGLE PASS APRON CONVEYOR DRYERS



TRUCK/TRAY DRYERS

PLUS A FULL LINE OF FEEDERS, EXTRUDERS & OTHER AUXILLIARY EQUIPMENT.



TRUCK-TUNNEL DRYERS

FIELD-PROVEN TO HELP YOU MANUFACTURE SUPERIOR PRODUCTS AT THE LEAST COST PER UNIT

write for NATIONAL Chemical Dryer Bulletins

THE NATIONAL DRYING MACHINERY COMPANY

HANCOCK STREET AND LEHIGH AVENUE, PHILADELPHIA, PENNSYLVANIA, 19133

Representatives Throughout the U.S.A. and the World

PHONE: 215-739-4414

CABLE: "NADRYMA"

TELEX: 83-1537 NADRYMA PHA

hulla, el petróleo o el gas si es admisible el contacto directo del gas y el producto. Los ventiladores pueden ser movidos por correa o de impulsión directa.

BOMBA CENTRIFUGA. (Ver Fig. 10, 11 y 12).

La bomba centrífuga es la más empleada en la industria química para trasvasar líquidos de todos los tipos, esto es, materias primas, materiales en proceso o curso de fabricación y productos terminados, así como también para los servicios generales de abastecimiento de agua, alimentación de calderas, circulación en los condensadores, etc.

Se encuentra en el comercio en un gran número de tamaños con capacidades que van desde 3 gal/min hasta 100,000 gal/min.

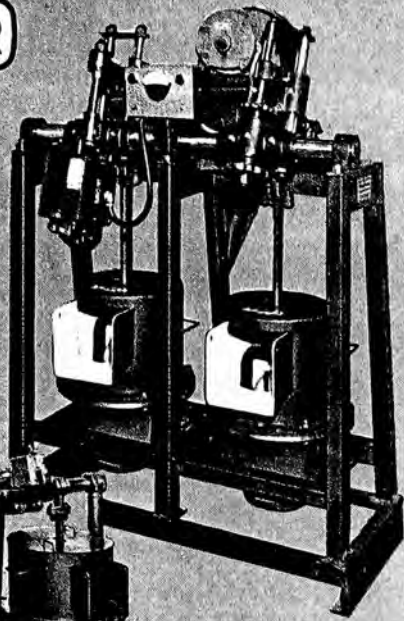
Sus principales ventajas son su sencillez, bajo costo inicial, gasto uniforme, pequeño espacio que ocupa, gasto de conservación bajo, posibilidad de recubrimiento para sustancias corrosivas, suspensiones, etc.

MOLINO DE MARTILLOS. (Ver Fig. 13 y 14).

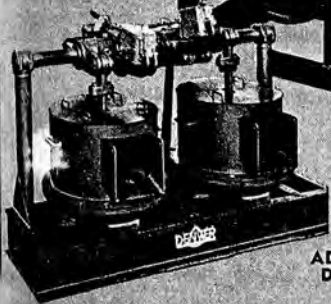
Los molinos de martillos para pulverizar y desintegrar trabajan a altas velocidades. El eje del rotor puede ser vertical u horizontal, generalmente lo último. El eje lleva martillos, llamados también batidores, de diversas formas, como en T, barras o anillos fijos o pivoteados en el eje o en discos solidarios del eje. El rotor gira en una envoltura que contiene placas o revestimientos molidores.



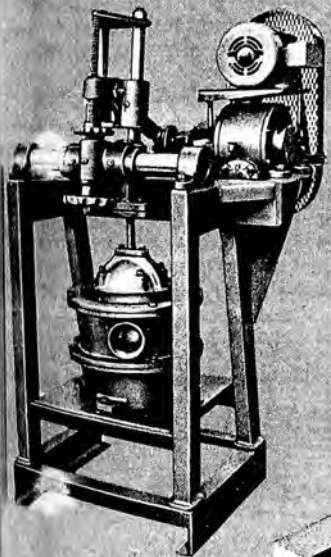
4" DENVER ADJUSTABLE STROKE DIAPHRAGM PUMP MODEL "EC"



10" DENVER ADJUSTABLE STROKE DIAPHRAGM PUMP MODEL "EC"



3" DENVER ADJUSTABLE STROKE SUCTION-PRESSURE PUMP MODEL "EC"

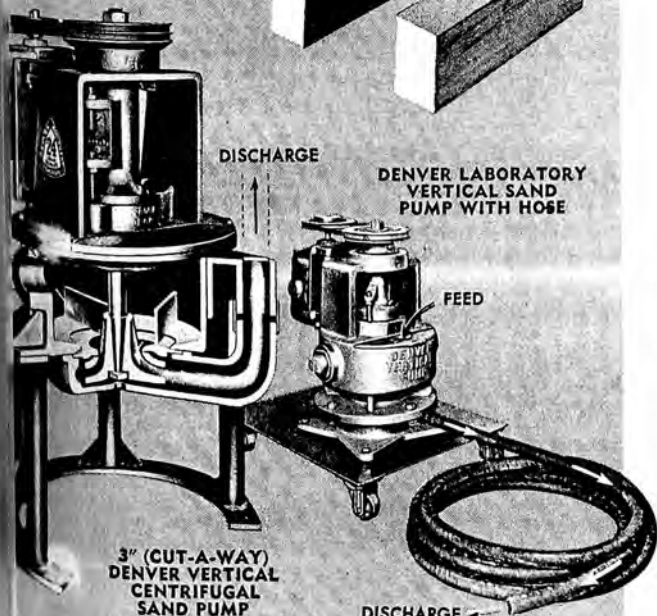


3" DENVER LOW HEAD DIAPHRAGM PUMP



DISCHARGE

DENVER LABORATORY VERTICAL SAND PUMP WITH HOSE



3" (CUT-A-WAY) DENVER VERTICAL CENTRIFUGAL SAND PUMP

DISCHARGE

DENVER MODEL "EC" ADJUSTABLE STROKE DIAPHRAGM PUMP

APPLICATION:

For metering sludge, slurries, mud, solids from thickeners and similar units to filters or subsequent processing.

- Sizes: 1" through 10", Simplex or Duplex types. Capacities to 1000 gpm.
- Positive stroke adjustment made easily and quickly while pump is operating.
- Diaphragm has patented design for distributing load over the entire surface of diaphragm giving longer life.
- Replaceable rubber valve seats. • Corrosion resistant construction available.
- High density ceramic ball valves resist wear, corrosion, and provide smooth seating.
- Electrically controlled stroke adjustment accessories available.

Request Bulletin No. PB-B12 for full details.

SPECIFICATIONS

Pump Size and Type	Capacity Water GPM Min. Stroke	Capacity Water GPM Max. Stroke	Motor Horsepower	Approx. Shipping Weight, Lbs.
1" Simplex	2 1/2	6	1/2	425
1" Duplex	5	12	3/4	680
1 1/2" Simplex	5	12	1/2	425
1 1/2" Duplex	10	24	1/2	680
2" Simplex	11	25	1/2	520
2" Duplex	22	50	3/4	830
3" Simplex	20	46	3/4	520
3" Duplex	40	92	1	830
4" Simplex	25	70	1	910
4" Duplex	50	140	2	1465
5" Simplex	65	130	2	2100
5" Duplex	130	260	3	3325
6" Simplex	90	180	3	2100
6" Duplex	180	360	5	3325
8" Simplex	165	330	5	3565
8" Duplex	330	660	7 1/2	5720
10" Simplex	250	500	5	3565
10" Duplex	500	1000	10	5720

DENVER SUCTION PRESSURE DIAPHRAGM PUMP

APPLICATION:

Provides both suction lift and pressure discharge. Ideal for metered flow with heavy slurries such as thickener or hydroclassifier underflow service.

- Sizes: 1" through 6" Simplex and 6" Duplex. Capacities to 360 gpm.
 - Has all the features of DENVER Adjustable Stroke Diaphragm Pump Model "EC" plus a positive discharge head.
 - Ceramic Ball Valves and molded rubber valve seats.
 - Corrosion-resistant construction available.
- Request Bulletin No. P8A-B3 for full details.

Pump Size and Type	GPM	Approx. Weight
1" Simplex	3-6	450 lbs.
1 1/2" Simplex	6-12	450 lbs.
2" Simplex	12-25	650 lbs.
3" Simplex	22-45	650 lbs.
4" Simplex	35-70	1700 lbs.
5" Simplex	65-130	3000 lbs.
6" Simplex	90-180	3100 lbs.
6" Duplex	180-360	5300 lbs.

DENVER LOW HEAD DIAPHRAGM PUMP

APPLICATION:

Metering sludge, slurries, mud, concentrates, solids.

- Sizes: 1" through 4" Simplex and Duplex units. Capacities to 65 gpm.
 - Low-head design requires minimum head-room.
 - Upper casting hinges to allow easy access for inspection and maintenance.
 - Pumping stroke adjustable from 1/2" to 2 1/2" by revolving eccentric.
- Request Bulletin No. P7-B1 for details.

Size	Motor HP	Capacity GPM Max. Stroke
1" Simplex	3/4	2 1/2
1" Duplex	3/4	5
2" Simplex	3/4	11
2" Duplex	1 1/2	22
3" Simplex	1 1/2	20
3" Duplex	2	40
4" Simplex	2	33
4" Duplex	3	65

DENVER VERTICAL CENTRIFUGAL SAND PUMPS

APPLICATION:

Ideal for pumping frothy slurries and most 1/4 slurries that flow by gravity.

- Sizes: 3/4" through 4". • No sump or feed box required.
 - No air locking; no sealing water required; no packing glands required.
 - Wear parts highly resistant to abrasion and corrosion. Molded rubber follower plate.
 - Vertical design protects motor from splash. • Handles intermittent flows.
- Request Bulletin Nos. P10-B7 and P10-B8 for full details.

Pump Size	Capacity Based on 25% Solids By Weight			Discharge Head—Vertical Lift Plus Friction Head										Approx. Wt. Lbs.		
	Gal. Per Min.	Dry Tons 24 Hr.		20 Ft.		30 Ft.		40 Ft.		50 Ft.		60 Ft.				
				RPM	HP*	RPM	HP*	RPM	HP*	RPM	HP*	RPM	HP*			
3/4"	15	27		1975	1/2	2385	1									315
1"	30	54		1150	3/4	1450	1 1/2	1624	2							490
1 1/2"	75	135		1015	2	1230	3	1410	3	1570	5	1710	7 1/2	1060		1235
2"	150	270		1000	3	1200	5	1370	7 1/2	1520	7 1/2	1660	10	2500		2500
3"	225	400		825	7 1/2	925	7 1/2	1035	10	1150	10	1250	15	2800		2800
4"	450	800		690	10	775	15	855	15	930	20	1015	20			

* Motor Horsepower

FIGURA Nº 11

DENVER SRL PUMP SLIDE-TYPE MAINTENANCE SUB-BASE*

APPLICATION:

Speeds opening and closing of pump for inspection and/or replacement of parts.

ADVANTAGES:

- Sizes: Available for all DENVER SRL FRAME pumps.
- Fast maintenance!
- Opens for inspection or replacement of any pump wearing parts in minutes.
- No need to disturb either INTAKE or DISCHARGE piping, wiring, guard, drive or overhead motor.
- No stand-by labor crews needed to handle electrical or piping connections.
- Slide portion of base may be manually or power operated.
- Rust-resistant base cover plate.
- Pump locks in place on base with pump base bolts.
- Protected grease-lubricated low-friction Nylon bearing pads are never exposed whether pump is in open or closed position.

Request Bulletin No. P9-B66 for full details.

*Patented.

VERSATILE, EFFICIENT DESIGN!

Five Interchangeable Gland Arrangements

Solution Seal Packing Gland. The DENVER Solution Seal Packing Gland is standard on SRL Pumps. Gland "weep" drain piping is supplied for improved plant housekeeping. Seal water pressure 5 to 10 PSI greater than pump discharge pressure is necessary. Solution seal has a minimum of four rows of packing. Simple, dependable and best for slurry service.

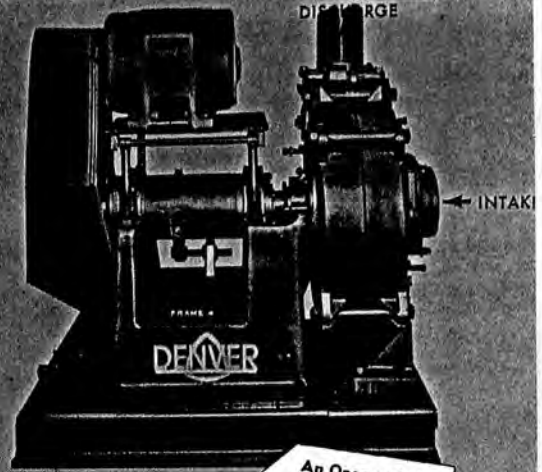
Double Mechanical Seal. The DENVER SRL Double Mechanical Seal consists of two spring-loaded ceramic seals. A cooling and lubricating solution is introduced between the seals but does not dilute the material being pumped. Suitable for slurries or solutions.

Single Mechanical Seal. The DENVER SRL Single Mechanical Seal arrangement is used when pumping clear solutions only.

Wiper Seal. The DENVER SRL Wiper Seal Arrangement consists of two neoprene seals which are lubricated by either grease or solution. Wiper seals are used when pumping non-abrasive or corrosive solutions.

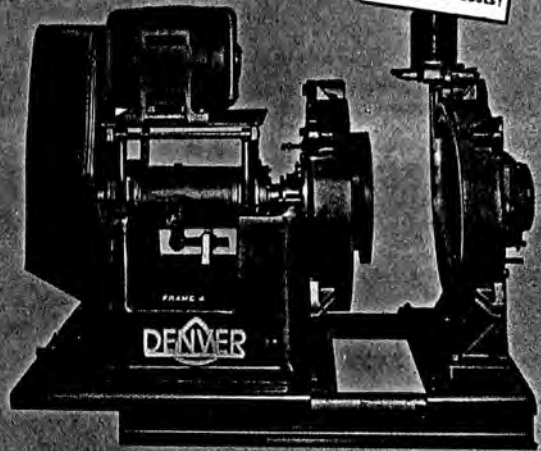
Filtrate Seal. DENVER SRL Filtrate Seals are used for pumping filtrates and similar slurries and solutions when seal solution must be kept to a minimum. Other special oil and grease lubricated seals are available for special applications.

DENVER SRL PUMP WITH BASE IN OPERATING POSITION



DENVER SRL PUMP AND BASE OPEN FOR MAINTENANCE OR INSPECTION

An Open and Shut Case for Lowering Your Pump Maintenance Costs!



SRL PUMPS

EXPLODED VIEW POINTS OUT VERSATILITY OF DESIGN FOR EASY MAINTENANCE OR REPAIR OF WORN PARTS

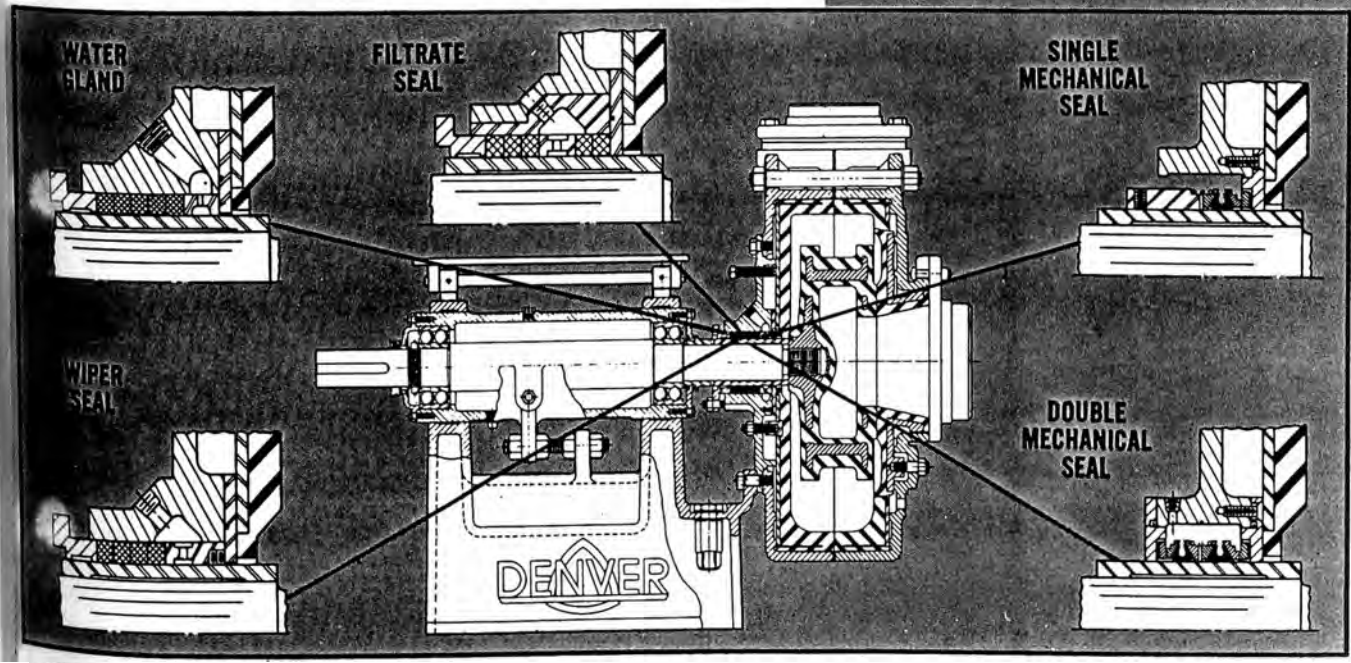
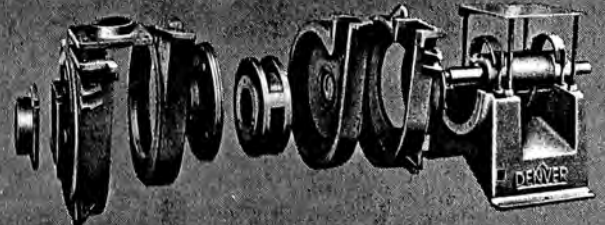




FIGURA Nº 12

DENVER SRL SOFT RUBBER LINED PUMPS

APPLICATION:

A "STANDARD" pump that handles the "TOUGH" and "SPECIAL" pumping jobs. Applied on pumping: abrasive sand slurries; ball/rod mill discharge; classifier overflow; filtrate; metallic slurries; flotation concentrate; thickener underflow; slurry transfer of tailings, paper pulp, cement, cyclone feed, and extensively used for acid solutions, sea water, industrial wastes, brines, and many others.

ADVANTAGES:

- Complete range of sizes: 1 1/4" intake x 1" discharge to 18" intake x 16" discharge with six FRAME classifications. Capacities from 5 to 12,000 gpm.
- High efficiency, low power.
- Long part life.
- DENVER special "Red" Pump Rubber—compounded only for DENVER Pumps—result of over 35 years slurry pump experience.
- Pressure molded standard impellers with "Red" Rubber bonded to metal insert for added rigidity. All impellers on threaded shafts.
- AISI 4140 steel oversize shafts.
- Replaceable molded casing side liners and plates bonded to metal backing plates are bolted in place. Cannot collapse or be forced inwards by material being pumped.
- Pumps and parts in stock.
- Experienced pump engineering and application service.
- Application versatility: molded parts for special and corrosive services such as Neoprene, Hypalon, chemical rubber, Buna, Butyl, etc.
- Five interchangeable gland seal arrangements.

Request Pump Data Package P9-D66 for complete details.

DENVER SRL Pump Size and Type	Capacity Range GPM	Bare Shaft Approx. Shipping Wt. Lbs.	DENVER SRL Pump Size and Type	Capacity Range GPM	Bare Shaft Approx. Shipping Wt. Lbs.
1 1/4" x 1" SRL	5-40	220	5" x 4" SRL-C	125-600	1200
1 1/2" x 1 1/4" SRL	15-70	300	8" x 6" SRL-C	500-1400	3060
2 1/2" x 2" SRL	50-175	325	10" x 8" SRL-C	800-3000	4000
3" x 3" SRL	70-300	500	12" x 10" SRL-C	1000-4800	6000
5" x 5" SRL	200-900	1010	14" x 12" SRL-C	2000-7000	6700
6" x 6" SRL	500-1400	1320	16" x 14" SRL-C	3000-10000	7200
4" x 3" SRL-C	70-350	780	18" x 16" SRL-C	6000-12000	13600

DENVER SRL-V SOFT RUBBER LINED VERTICAL SUMP PUMP

Ideal unit for abrasive slurry transfer or floor clean-up applications. These DENVER SRL-V Sump Pumps provide all the advantages of DENVER SRL Pumps such as high efficiency, low power requirements, long part life and low cost pump service. Upper anti-friction bearing is well above slurry, lower bearing is a water lubricated marine cutlass type for long life and trouble-free service. Pressure molded "Red" rubber impeller and casing liners. Ni-Hard impeller also available.

Send for Bulletin P9V-B4 for full details.

DENVER SRL-V SOFT RUBBER LINED VERTICAL SUMP PUMP

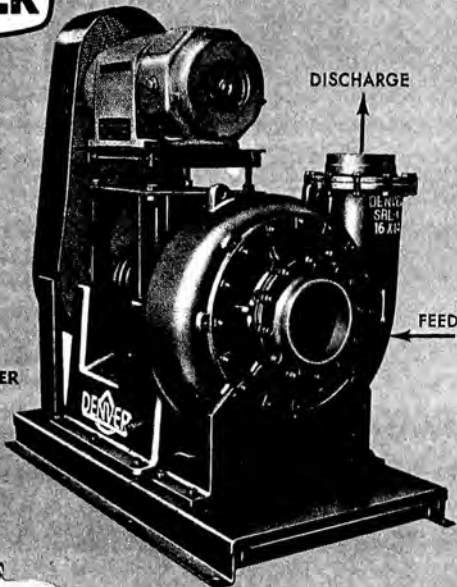
Pump Size	Shaft Length*	Capacity Range GPM	Approx. Shipping Weight**
1 1/2" x 1 1/4"	4'-3 1/2" Min. 11'-3 1/2" Max.	15-70	675 lbs.
2 1/2" x 2"	4'-3 1/2" Min. 11'-3 1/2" Max.	50-175	700 lbs.
3" x 3"	4'-6" Min. 11'-6" Max.	70-300	900 lbs.
5" x 5"	5'-0" Min. 12'-0" Max.	200-900	1600 lbs.
6" x 6"	5'-0" Min. 12'-0" Max.	500-1400	2300 lbs.

* Standard shaft lengths available in 12" increments to maximum shaft length.

** Weights shown are for bare shaft pumps and minimum shaft lengths.

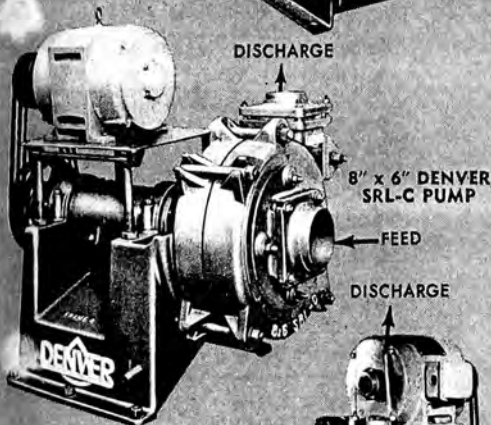
A 3/4" inlet x 1/2" outlet Polyurethane pump is also available.

16" x 14" DENVER SRL-C PUMP



DISCHARGE

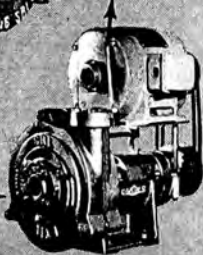
8" x 6" DENVER SRL-C PUMP



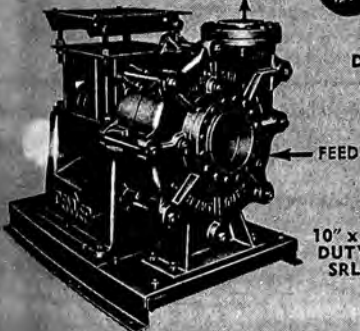
DISCHARGE

1 1/4" x 1" DENVER SRL PUMP

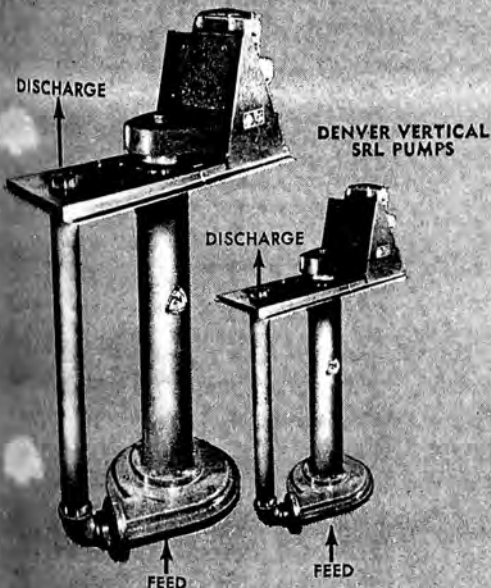
FEED
DISCHARGE



10" x 8" HEAVY DUTY DENVER SRL-C PUMP

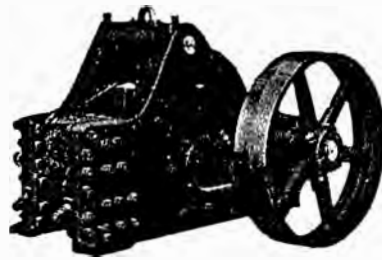


DENVER VERTICAL SRL PUMPS



Sturtevant

PRODUCTION EQUIPMENT JAW CRUSHERS



Types — Roll jaw (illustrated) and Cam and Roller Action.
Capacity — Any hard or soft substance that can be gripped by jaw openings which range from 2 x 6 in. (laboratory model) to 12 x 16 in. (30 tons per hr. production model)
Reduction — Coarse, intermediate and fine in accordance with setting which may be anything desired within a particular model's range (1/8 to 3/4" in smallest model, 1-1/2 to 5" in largest).
MODELS — Eight, ranging from 2 x 6 in. feed opening to 10 x 15 in. All models except two smaller sizes operate on double cam principle and thus crush twice per unit of energy expended (in comparison with connecting rod breaker crushers). Request Bulletin No. 062.

LABORATORY EQUIPMENT YES SMALL-SCALE DUPLICATION OF FULL-SCALE PRODUCTION

Sturtevant Laboratory Equipment is ruggedly constructed. For use in regular plants for continuous operations. Exclusive "Open-Door," design makes changing between sample runs quick and easy. Users of Sturtevant Laboratory Equipment represent the "blue chips" in industry and education. Names on request. Write for fully illustrated 10-page Laboratory Equipment Catalog No. 665.

COAL SAMPLER
 with automatic splitter
 Handles a ton of coal or coke per hour. Takes 3 in. or smaller sizes and crushes down to 6 mesh. Sample spout takes off 5, 10 or 15% of the finely crushed, homogenous mixture, as desired. Then, the optional Automatic Splitter takes a 5% "sample of the sample."



ROLL JAW CRUSHERS
 First choice for hard rock. Jaw opening — 2 x 6 in. Approx. capacity: 1/8 in. setting — 700 to 800 lbs. per hr.; 1/4 in. setting — 1000 to 1200 lbs. per hr.



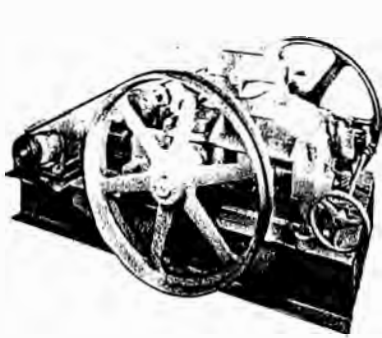
CRUSHING ROLLS
 8 x 5 in. Outputs range from 3/4 in. to 20 mesh at capacities from 1/4 to 2-1/2 tons per hr. Performance varies with materials.



SWING-SLEDGE MILLS
 For pulverizing soft, hard, tough or fibrous materials ranging from 1 in. to 20 mesh. Feed opening — 5 x 6 in. Capacities of 250 lbs. to 1 ton per hr. for 10 mesh, depending on materials.



SAMPLE GRINDER
 Produces samples between 10 and 100 mesh with simple handwheel adjustments. Capacity up to 200 lbs. per hr. with 1/4 in. or finer feed.

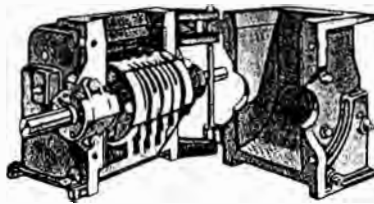


CRUSHING ROLLS
Types — Balanced rolls for automatic adjustment in operation (illustrated). Plain Balanced Rolls; Laboratory Rolls.
Capacity — Will crush soft or hard, 2 in. and smaller materials at rates up to 87 tons per hour, depending upon machine size.
Reduction — Recommended for use in 3 to 1 reductions with roll settings made in accordance with cube size of feed. Will reduce to from 12 to 20 mesh with a minimum of fines.
Models — Eight, with roll size ranging from 8 x 5 in. to 38 x 20 in. Crushing shocks are cushioned by pedestal springs. Request Bulletin No. 065.

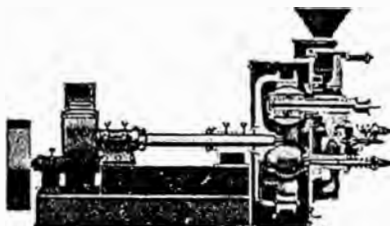
ROTARY FINE CRUSHERS
Capacity — Will reduce soft to moderately hard 3 to 8 in. substances (such as rock, oyster shells, etc) at rates of up to 10 tons per hour, depending upon machine size. No clogging.
Reduction — Produces intermediate and fine reductions a final product of 1 in. and finer to 1/4 in. and finer. Are extremely efficient granulators and preliminary crushers.
Models — Five, from small with 6 x 18 in. hopper opening to large with 10 x 30 in. opening. All models available with either belt or direct motor drive. Request Bulletin No. 063.



HAMMER MILLS
Type — Swing-Sledge Mills for heavy duty work and Hinged-Hammer Pulverizers (illustrated) for breaking down softer materials.
Capacity — Depending upon material and machine size, swing sledge mills will crush up to 70 tons per hour, hinged hammer pulverizers up to 30 tons per hour.
Reduction — Any desired degree of fineness ranging from 1 in. to 20 mesh. Especially effective with materials which require shredding.
Models — Four Swing Sledge Mills available with feed openings ranging from 6 x 5 in. to 20 x 30 in. Hinged Hammer Pulverizers with feed openings ranging from 12 x 12 in. to 12 1/2 x 24 in. Request Bulletin No. 084.

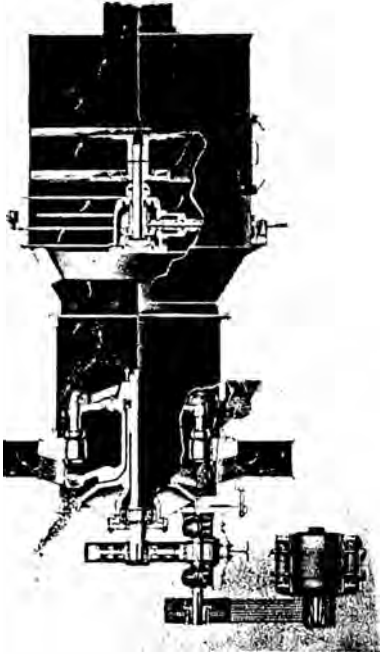


RING ROLL MILLS
Capacity — Varies widely depending upon machine, material and required fineness. Grinds either hard or soft substances of 1 in. to 1 1/2 in. size from rate of 3 1/2 ton per hour (barytes, smallest machine) to 150 tons per day (fire clay, largest machine).
Reduction — May be any desired mesh between 6 and 200.
Models — Three, with ring diameter and face 24 x 7 in., 45 x 8 in. and 44 x 14 in. Mills are used only for grinding and output is unhampered by internal screening. Request Bulletin No. 079.



WILLIAMS

PATENT CRUSHER & PULVERIZER COMPANY
2704 North 9th Street • St. Louis, Missouri 63102



Roller Mill Systems

Granulate or pulverize and air classify chemicals, minerals, coal, limestone, phosphate rock, pigments clay, barytes. Also dry with addition of heater.

Accurate product size control, when either pulverizing to less than 400 mesh or granulating with minimum fines.

Dustless operation results from negative pressure within the mill. Product air conveyed in inert gas or tight system.

Capacities: 250 lb to 34 tph in ten standard mill sizes. Performance varies with product size and grindability.

Direct fired coal systems also available in seven standard sizes.

Classifiers

Mechanical air separator for reliable size classification, dedusting, removal of high density impurities. Used from 10 to 325 mesh where high accuracy not required. 80 to 90% efficiencies.

Capacities: 1/4 to 75 tph in nine standard diameters 2-1/2 to 18 feet.

Aero separator features exclusive design differing from conventional mechanical air separators. Provides extreme accuracy and efficiency in particle size range too small for vibrating screens. Can be adjusted while operating. 95 to 99% efficiencies common because of fluid bed agitation.

Simultaneous drying and classification possible by adding Williams air heater.

Capacities: 400 lb/hr to 70 tph in ten standard sizes. For separations 10 mesh to micron sizes. Performance varies with particle size and density.

Air Heaters

Capacities: up to 100 mbtu. Designed for natural gas, LP gas, oil, or dual fuel firing. Built to FM or FLA standards. Used on inert gas systems, fluid bed dryer mills, impact dryer mills, where flash drying or low oxygen content desired.

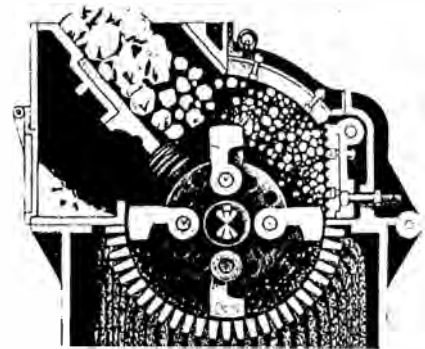


Reversible Impactors

Mid-air impact crushing of relatively abrasive or wet, sticky materials. Wide internal clearances cut operating cost.

Produce cubical product with minimum fines.

Capacities: from a few hundred pounds to thousands of tons per hour. Rotors from 10" diameter by 10" long to 72" diameter by 120" long.



Hammer Mills

Impact crushing and grinding of minerals, chemicals, plastics, slag, limestone, fertilizers. Or shredding pulp, paper, sheet metals. Advantage: accurate product size control at low cost.

Capacities: from hundreds of pounds to thousands of tons per hour. Rotors from 10" diameter by 10" wide to 72" by 120".

Sharp cutting edges not required since size reduction by impact and shear. Reduction ratios of 40 to 1 permit primary and secondary reduction in one machine.

Reversible hammer mills available for extended hammer life. Also air systems for dustless conveying.

Crushers

Single roll for relatively soft, moist, agglomerated feeds. Granular products down to about 1" size. Capacities: up to 200 tph.

Double roll for relatively hard or abrasive feeds. Granular products to 1/8" with minimum fines. Capacities: up to 100 tph.

Complete Systems

Pulverizing, grinding, drying, and classifying systems, engineered and constructed from standard or custom-designed components. Complete test facility and computer-backed engineering department assure an efficient and economical installation with one-source responsibility.

CAPITULO VI

LOCALIZACION Y DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA

LOCALIZACION DE LA PLANTA

Para localizar la planta se tuvo en cuenta diversos factores como:

Suministro de materia prima, la cual se tiene en abundancia en el yacimiento ubicado en la Laguna de Salinas en Arequipa.

Para el suministro de energía, combustible y agua se contará con los recursos con que cuenta la zona del Parque Industrial de Arequipa donde se ubicará la planta, siendo el costo del terreno en dicha zona de 50 \$ por m².

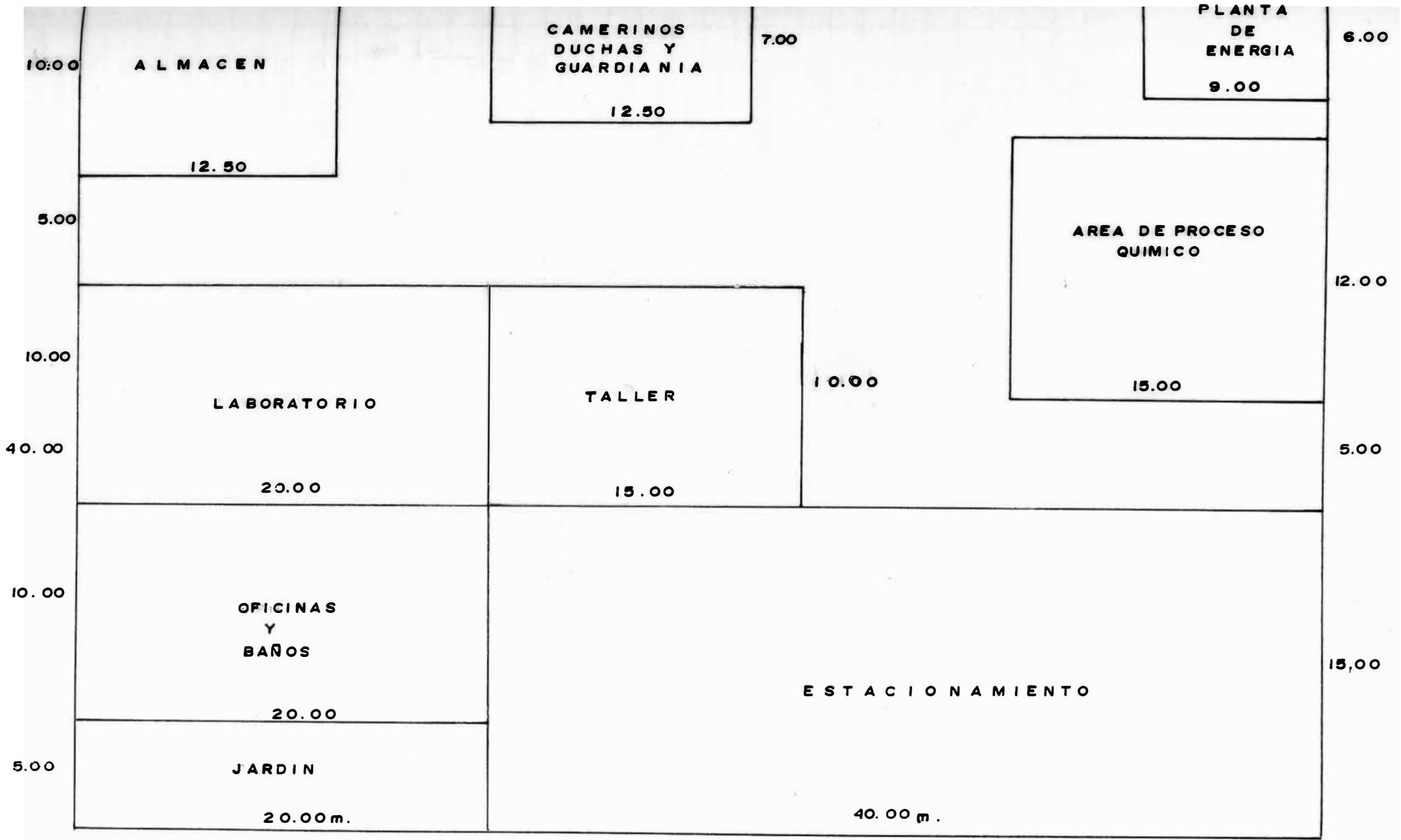
- El transporte del producto para exportación puede realizarse a través del puerto de Matarani y para abastecer el mercado nacional puede hacerse por vía terrestre hacia Lima donde se ubican la mayor parte de las fábricas que utilizan nuestros productos.

Suministro de ácido.

- Con respecto a la mano de obra se tiene en cantidad suficiente así como mano de obra calificada.

DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA

Se hizo en base a las áreas unitarias que ocupan los equipos y maquinarias, también se tomó en cuenta oficinas, servicios, depósitos y áreas de expansión, área de jardín y estacionamiento.



AREA TOTAL 40 x 60 = 2,400 m²

60.00 m.

ESC: 1 : 250

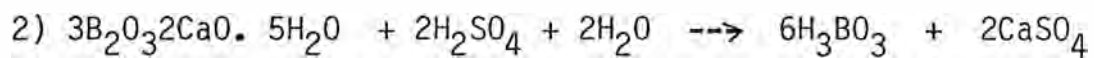
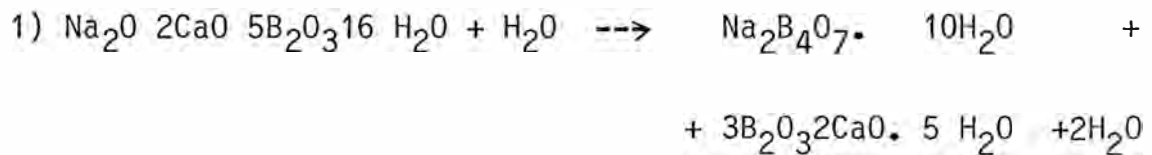
PLANTA GENERAL

CAPITULO VII

INGENIERIA DE PROCESO

7.1 REACCIONES EN EL PROCESO

Las reacciones que se llevan a cabo en el proceso son :



7.1.1 Balance de Materias

Trabajaremos con 10,000 kg de Boronatrocalcita

De donde :

- Estequiométricamente : Se producirán

De la 1era. Reacción .-

$$\bar{M} \text{ Boronatrocalcita : } \text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O} = 812$$

$$\bar{M} \text{ Bórax : } \text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} = 382 \rightarrow 4,704.5 \text{ kg}$$

$$\bar{M} \text{ Boratos de Calcio: } 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 416 \rightarrow 5,123.2 \text{ kg}$$

$$\bar{M} \text{ Agua : } \text{H}_2\text{O} = 18 \rightarrow 221.7 \text{ kg.}$$

- De acuerdo a pruebas :

Boronatrocacita	=	10,000	kg
Bórax	:	15%	-----> 1,500 kg
Boratos de Calcio	:	45%	-----> 4,500 kg
Acido Bórico	:	22%	-----> 2,200 kg
Sulfato de Calcio	:	28%	-----> 2,800 kg

1ra. Reacción : Agua : 50,000 lt

2da. Reacción : Acido Sulfúrico : 2,339.64 lt (36 N)

Agua : 25,736.1 lt

7.2 RENDIMIENTO TEORICO

Respecto a la Boronatrocacita que ingresa : 10,000 kg

Bórax = 4,704.5 = 47.05%

Boratos de Calcio = 5,123.2 = 51.23%

Acido Bórico = 4,581.3 = 45.81%

Sulfato de Calcio = 3,349.8 = 33.5%

7.3 RENDIMIENTO EFECTIVO

Respecto a la Boronatrocacita que ingresa : 10,000 kg

Bórax = 1,500 kg = 15%

Boratos de Calcio = 4,500 kg = 45%

Acido Bórico = 2,200 kg = 22%

Sulfatos de Calcio = 2,800 kg = 28%

Lo que representa :

$$\text{Borax} = \frac{1,500}{4,704.5} = 31.89\%$$

$$\text{Boratos de Calcio} = \frac{4,500}{5,123.2} = 87.84\%$$

$$\text{Acido Borico} = \frac{2,200}{4,581.3} = 48.02\%$$

$$\text{Sulfatos de Calcio} = \frac{2,800}{3,349.8} = 83.59\%$$

BORAX

Cálculo de las dimensiones del Reactor

Mineral a procesar por dia : 10,000 kg

Nº de cargas por dia : 12

Por carga se procesaran : $\frac{10,000}{12} = 833.33$ kg

De pruebas de laboratorio : $\frac{\text{Agua } 5}{\text{Mineral } 1} = \frac{5}{1}$

Agua necesaria : $833.33 \times 5 = 4,166.65$ lt

Volumen que ocupa la mezcla : $\rho_{\text{Boronatrocalcita}} = 1.95$ kg/lt

$$\frac{833.33}{1.95} + 4,166.65 = 427.35 + 4,166.65 = 4,594 \text{ lt} = 1,213.7 \text{ gal}$$

La mezcla ocupa 2/3 del volumen del tanque

$$V \text{ tanque} = 1,213.7 \times 3/2 = 1,820.6 \text{ gal}$$

Se utilizara 1 tanque reactor de 2,000 galones

De tablas según catálogos a un tanque de 2,000 galones le corresponden las siguientes medidas de diámetro y altura :

D_t : Diámetro del reactor : 1.983 m

H_t : Altura del reactor : 2.364 m

Cálculo de Potencia requerida para la agitación

Ecuaciones :

$$P = \frac{g}{g_c} \rho_m V_m U_t (1 - \epsilon_m)^{2/3} \left(\frac{D_t}{D_a} \right)^{1/2} e^{4.35} \quad (5)$$

Donde :

P : Potencia consumida por el agitador kgf-m/seg

g : Aceleración de la gravedad kg m/seg²

g_c : Factor de conversión de la ley de Newton 9.8 kg-m/kgf sg²

ρ_m : Densidad de la suspensión kg/m³

V_m : Volumen de la suspensión m³

U_t : Velocidad de sedimentación m/seg

ϵ_m : Fracción de volumen ocupado por la suspensión

D_t : Diámetro del tanque m

D_a : Diámetro del rodete m

$$\beta = \frac{Z_s - E}{D_t} - 0.1 \quad (5)$$

Zs : Altura que alcanzan las partículas sobre el fondo del tan
que

E : Distancia entre el rodete y el fondo del tanque

$$V_m = D_t^2 Z_s / 4 \quad (5)$$

$$U_t = \frac{g D_p^2 (\rho_p - \rho)}{18 u} \quad (5)$$

Dp : Diámetro de la partícula

ρ_p : Densidad del sólido

ρ : Densidad del líquido

u : Viscosidad de la suspensión kg/m seg

Vs : Volumen de sólidos en la suspensión m³

Vl : Volumen de líquido en la suspensión m³

$$n = \left(\frac{P_{gc}}{K_t Da^5 \rho} \right)^{1/3} \quad (5)$$

n : Velocidad de giro del rodete revoluciones por minuto rpm

Kt : Constante para tanques agitados

$$N Re = \frac{n Da^2 \rho}{u} \quad (5)$$

N Re : Número de Reynolds

Reemplazando datos :

$$D_t = 1.983 \text{ m}$$

$$D_a = D_t / 3 = 0.661 \text{ m}$$

$$H_t = 2.364 \text{ m}$$

$$Z_s = 0.66 H_t = 1.56 \text{ m}$$

$$E = Z_s / 6 = 0.26 \text{ m}$$

$$V_m = \pi (1.983)^2 \frac{1.56}{4} = 4.818 \text{ m}^3$$

$$\rho = 957.28 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_p = 1.95 \times 957.28 = 1,866.696 \text{ kg/m}^3$$

$$V_s = 833.33 / 1,866.696 = 0.446 \text{ m}^3$$

$$V_l = 4.818 - 0.446 = 4.372 \text{ m}^3$$

$$\rho_m = \frac{833.33 + (4.372 \times 957.28)}{4.818} = 1,041.556 \text{ kg/m}^3$$

$$\epsilon_m = \frac{4.372}{4.818} = 0.907$$

$$D_p = 7.412 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$u = 3 \times 10^{-4} \text{ kg/m seg}$$

$$U_t = \frac{9.8(7.412 \times 10^{-5})^2 (1,866.696 - 957.28)}{18 \times 3 \times 10^{-4}} = 0.009 \text{ m/seg}$$

$$\beta = \frac{1.56 - 0.26}{1.983} - 0.1 = 0.556$$

$$P = \frac{9.8}{9.8} \times 1,041.556 \times 4.818 \times 0.009 (1 - 0.907)^{2/3} \left(\frac{1.983}{0.661}\right)^{1/2} e^{4.35 \times 0.556}$$

$$P = 180.326 \text{ kg-m/seg} = 2.37 \text{ HP}$$

$$n = \left(\frac{180.326 \times 9.8}{6.3 (0.661)^5 \times 957.28} \right)^{1/3} = 1.324 \text{ rps} = 79.454 \text{ rpm}$$

$$N \text{ Re} = \frac{1.324 (0.661)^2 \times 957.28}{3 \times 10^{-4}} = 1,845,902$$

Cantidad de vapor requerido en el reactor

Del balance de energía :

$$M_t (T_f - T_e) C_p - M_o (X_e - X_f) \frac{\Delta H}{M} + U A_h (T_s - T_e) = 0 \quad (18)$$

M_t : Masa alimentada kg

M_o : Masa del reactante limitativo kg

T_e : Temperatura que alcanza la mezcla °C

T_f : Temperatura de la alimentación °C

T_s : Temperatura del medio circundante °C

X_f : Conversión inicial de la alimentación

X_e : Conversión final

C_p : Capacidad calorífica promedio de la alimentación kcal/kg °C

ΔH : Variación de la entalpía kcal/molkg

M : Peso molecular del reactante limitativo kg/molkg

U : Coeficiente de Transferencia de calor kcal/hr m² °C

A_h : Area efectiva de transferencia m²

$$h_j = j \frac{k}{D_j} \left(\frac{C_u}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{u}{u_w} \right)^{-0.14} \quad (18)$$

$$U_c = \frac{h_j \times h_{oi}}{h_j + h_{oi}} \quad (18)$$

$$U_d = \frac{U_c \times h_d}{U_c + h_d} \quad (18)$$

$$Re_j = \frac{D_a^2 \cdot n \cdot \rho_m}{u} \quad (18)$$

- hj : Coeficiente de transferencia de calor kcal/hr m² °C
j : Factor para transferencia de calor
k : Conductividad térmica kcal/hr m² °C/m
Da : Diámetro del rodete m
C : Calor específico del fluido caliente kcal/kg °C
u : Viscosidad del fluido kg/m seg
u_w : Viscosidad del agua kg/m seg
Uc : Coeficiente total limpio kcal/hr m² °C
Ud : Coeficiente total de diseño kcal/hr m² °C
hd : Coeficiente de transferencia de calor kcal/hr m² °C
hoi: Coeficiente referido al diámetro interior kcal/hr m² °C
ρ_m : Densidad de la suspensión kg/m³

Reemplazando datos :

$$M_t = 833.33 + 4,166.65 = 4,999.98 \text{ kg}$$

$$M_o = 833.33 \text{ kg}$$

$$T_e = 100 \text{ °C}$$

$$T_f = 25 \text{ °C}$$

$$X_f = 0$$

$$X_e = 1$$

$$C_p = 0.8895 \text{ kcal/kg °C}$$

$$M = 812 \text{ kg/molkg}$$

$$A_h = \pi (1.983)/4 + \pi (1.983) (1.56) = 12.8 \text{ m}^2$$

$$D_a = 0.661 \text{ m}$$

$$n = 79.454 \text{ rpm} = 4767.24 \text{ rev/hora}$$

$$\rho_m = 1,041.556 \text{ kg/m}^3$$

$$u = 3 \times 10^{-4} \text{ kg/m seg} = 1.08 \text{ kg/m hr}$$

$$k = 0.62 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C/m}$$

$$C = 1 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C}$$

$$\text{Rej} = \frac{4,767.24 (0.661)^2 1,041.556}{1.08} = 2'008,764$$

De gráfico
j vs. Rej (18) j = 5,000

$$Dj = 3 \times 0.661 = 1.983 \text{ m}$$

$$u_w = 2.84 \times 10^{-4} \text{ kg/m sg} = 1.02 \text{ kg/m hr}$$

$$hj = 5,000 \times \frac{0.62}{1.983} \times \left(\frac{1 \times 1.08}{0.62} \right)^{1/3} \left(\frac{1.08}{1.02} \right)^{-0.14}$$

$$hj = 1,857.19 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$hoi = 7,320 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

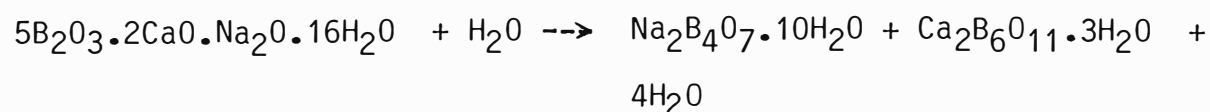
$$Uc = \frac{1,857.19 \times 7320}{1,857.19 + 7320} = 1,481.35 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$hd = 1/Rd = 1/0.001 = 1,000 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Ud = \frac{1,481.35 \times 1,000}{1,481.35 + 1,000} = 596.99 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$U = Ud$$

Cálculo de ΔH según reacción (15)



	<u>$\Delta H, \times 10^3, \text{Kcal/molkg}$</u>
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	- 1,497.2
$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	- 1,414.73
H_2O	- 68.31
$5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CaO} \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$	- 3,006.16

$$\Delta H = -110.7 \times 10^3 \text{ kcal/molkg}$$

En el balance de energía :

$$4999.98(25 - 100) 0.8895 + 833.33 \frac{110.7}{812} \times 10^3 - 596.99 \times 12.8$$

$$x(T_s - 100) = 0$$

$$T_s = 128.78^\circ\text{C}$$

mv : Masa de vapor de agua kg

v : Calor latente de vapor de agua kcal/kg

$$mv \cdot \lambda_v = 219,954.6$$

$$\lambda_v = 539.88 \text{ kcal/kg}$$

De donde mv = 407.41 kg/hr

$$1 \text{ HP} = 15.663 \text{ kg/hr} \quad \text{----->} \quad \frac{407.41}{15.663} = 26.01 \text{ HP}$$

Cálculo de las características del Filtro

De acuerdo a pruebas se producen de bórax equivalente al 15% y de boratos de calcio al 45% en peso de Boronatrocalcita que ingresa.

Se produce una evaporación del 10% del volumen.

$$4,166165 \times 0.9 = 3749.98 = 3,750 \text{ lt}$$

$$\text{Bórax} \quad : \quad 833.33 \times 0.15 = 125 \text{ kg}$$

$$\text{Boratos de Calcio} \quad : \quad 833.33 \times 0.45 = 375 \text{ kg} = 155 \text{ lt}$$

Del filtro sale con 12% de Humedad (% en peso)

$$375 \times 0.12 = 45 \text{ lt}$$

$$\text{Volumen de filtrado} \quad : \quad 3750 - 45 = 3705 \text{ lt} = 3.7 \text{ m}^3$$

Cálculo de α :

V : Volumen de filtrado m^3

Ve : Volumen equivalente en la resistencia de la torta a la resistencia de la torta de la tela del filtro y de la tubería. m^3

α : Resistencia específica de la torta. m/kg

μ : Viscosidad kg/m hora

w : Peso de sólidos por volumen de líquido en el lodo kg/m^3

Ao : Area de filtrado m^2

Po : Caída de presión a través de la torta kgf/m^2

gc : Constante dimensional 9.8 kgm/kgf sg^2

$$(V + Ve) \frac{\alpha \mu w}{gc Ao^2 (-\Delta Po)} = \frac{\Delta \phi}{\Delta V} \quad (13)$$

De pruebas de laboratorio y resolviendo gráficamente :

$$\text{Pendiente} = 206.8 \times 10^6 \text{ sg}/(\text{m}^3)^2$$

$$\text{Intersección} = 32.79 \times 10^3 \text{ sg}/\text{m}^3$$

$$V_e = \text{Intersección}/\text{Pendiente} = 156 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\Delta p_o = 2.04 \times 10 \text{ kgf}/\text{m}^2$$

$$A_o = \pi (0.12)^2/4 = 1.13 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$A_o^2 = 1.28 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$g_c = 9.8 \text{ kg m}/\text{kgf sg}^2$$

$$u = 3 \times 10^{-4} \text{ kg}/\text{m sg}$$

$$w = 375/3.7 = 101.21 \text{ kg}/\text{m}^3$$

Reemplazando :

$$\frac{\alpha u w}{g_c A_o^2 (-\Delta P_o)} = 193.28 \times 10^6 \text{ sg}/(\text{m}^3)^2$$

$$\alpha u w = 193.28 \times 10^6 \times 9.8 \times 1.28 \times 10^{-4} \times 2.04 \times 10^3$$

$$\alpha u w = 5.29 \times 10^8$$

$$\alpha = \frac{4.95 \times 10^8}{3 \times 10^{-4} \times 101.21} = 1.74 \times 10^{10} \text{ m}/\text{kg}$$

Area del filtro : Aplicando

$$A = \frac{V}{t_c} \left[\frac{C \propto u t_c}{2(-\Delta P)^{1-s} g_c f} \right]^{1/2} \quad (13)$$

$$C = \frac{C_s}{1 - \left[\frac{(mf/mc) - 1}{C_s/\rho} \right]} \quad (13)$$

C : Masa de sólido en el filtro por unidad de volumen de filtrado
Kg/m³

Cs : Concentración de sólidos en la suspensión que alimenta un
filtro Kg/m³

mf : Masa de la torta de filtración húmeda kg

mc : Masa de sólido en torta de filtración kg

tc : Tiempo de ciclo

s : Coeficiente de compresibilidad

f : Fracción de tambor sumergido, fracción del ciclo correspondiente a la formación de la torta.

$$f = a = 0.3$$

$$V = 3.7 \text{ m}^3$$

$$tc = 1.5 \text{ hra} = 5,400 \text{ sg.}$$

$$\alpha = 1.63 \times 10^{10} \text{ m/kg}$$

$$u = 3 \times 10^{-4} \text{ kg/m seg}$$

$$P = 2.04 \times 10^3 \text{ kgf/m}^2$$

$$gc = 9.8 \text{ kg m / kgf sg}$$

$$C_s = 375/3.75 = 100 \text{ kg/m}^3$$

$$mf/mc = 1.12$$

$$= 957.28 \text{ kg/m}^3$$

$$C = \frac{100}{1 - \left[\frac{(1.12 - 1) 100/957.28}{100/957.28} \right]} = 101.27 \text{ kg/m}^3$$

$$A = \frac{3.7}{5,400} \left(\frac{101.27 \times 1.74 \times 10^{10} \times 3 \times 10^{-4} \times 5400}{2 (6.9 \times 10^3)^{1-0.3} \times 9.8 \times 0.3} \right)^{1/2}$$

$$A = 21.64 \text{ m}^2 \implies (232.6 \text{ ft}^2)$$

De tablas \implies 35 placas de $0.61 \times 0.61 \text{ m}^2$ c/u
para filtro Prensa
de Placas y Marcos

Para un filtro de 5 m de longitud y 0.5 m de ancho (De banda) :

$$A = 2.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor de la torta} = 0.0127 \text{ m}$$

$$\text{Volumen de torta} = 0.0127 \times 2.5 = 0.032 \text{ m}^3$$

$$\% \text{ Humedad en la torta} = 45/(45 + 155) = 22.5 \%$$

$$\% \text{ Sólidos en la torta} = 77.5 \%$$

$$\text{Humedad} : 0.032 \times 0.225 = 0.0072 \text{ m}^3 = 7.2 \text{ kg}$$

$$\text{Sólidos} : 0.032 \times 0.775 = 0.0248 \text{ m}^3 = 60 \text{ kg}$$

Lodo filtrado por metro de filtro será :

$$(7.2 + 60) / 5 = 13.44 \text{ kg/m}$$

Los boratos contienen 12% de humedad.

Para un $t_c = 1.5$ hrs. El flujo de boratos de calcio será :

$$\frac{375 + 45}{1.5} = 280 \text{ kg/hr}$$

$$\text{Flujo de filtrado} : \frac{3.7}{1.5} = 2.47 \text{ m}^3/\text{hra.}$$

Velocidad del filtro :

$$\frac{280 \text{ kg/hra}}{13.44 \text{ kg/m}} = 20.83 \text{ m/hra}$$
$$= 5.79 \times 10^{-3} \text{ m/sg}$$

Cálculo de las dimensiones del Evaporador

Para un evaporador de simple efecto :

Concentración de Bórax : $\frac{125}{3.7} = 33.78 \text{ kg/m}^3$

Flujo de filtrado = $2.47 \text{ m}^3/\text{hra}$

En la alimentación hay : $3.7 - 0.073 = 3.627 \text{ m}^3$ de H_2O

Para concentrar a 100 kg de Bórax/ m^3 de solución

Alimentación : $\frac{3,627}{125} = 29.02 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg Bórax}$

Salida $\frac{(1.25 - 0.073) \times 10^3}{125} = 9.42 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg Bórax}$

Se evaporan $29.02 - 9.42 = 19.60 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg Bórax}$

$$\begin{aligned} \text{-----} \rightarrow & 2.467 \frac{\text{m}^3}{\text{hra}} \times 19.60 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg Borax}} \times 33.78 \frac{\text{kg Borax}}{\text{m}^3} = \\ & = 1,633.4 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{hra}} = 1.634 \frac{\text{m}^3 \text{H}_2\text{O}}{\text{hra}} \end{aligned}$$

Velocidad de la solución concentrada :

$$2.467 - 1.634 = 0.833 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Consumo de vapor :

$$q = m_s \lambda_s = (m - m) \lambda + m_f C_{pf} (T - T_f)$$

C_{pf} : Calor específico de solución diluida kcal/kg °C

T_f : Temperatura de solución diluida °C

T : Temperatura de solución concentrada °C

m_s : Flujo de vapor kg/hra

λ_s : Calor latente de condensación kcal/kg

$m_f - m$: Flujo de agua a evaporar kg/ hra

λ : Calor latente kcal/kg

$$C_{pf} = 0.034 \times 0.385 + 0.966 \times 1 = 0.98 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$T_f = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 51.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 568 \text{ kcal/kg}$$

Para una presión de evaporación de 100 mm Hg $\rightarrow \lambda_s = 520 \text{ kcal/kg}$

$$m_s = \frac{1,633.4 \times 568 + 2,467 \times 0.98 (51.6 - 70)}{520}$$

$$m_s = 1,698.63 \text{ kg/hra}$$

Aplicando :

$$A = \frac{q}{U (T_s - T)} \quad (25)$$

A : Area de calefacción necesaria m^2

Ts : Temperatura del vapor de agua °C

U : Coeficiente global de transmisión de calor kcal/m² hra °C

U = 976 kcal/m² hra °C

$$A = \frac{1,698.63 \times 520}{976 (120 - 70)} = 18.1 \text{ m}^2$$

Cálculo de las dimensiones del Cristalizador

Aplicando :

$$C = \frac{R \ 100w_0 - S(H_0 - E)}{100 - S (R - 1)} \quad (25)$$

C : Peso de los cristales en el magma final kg

R : $\frac{\text{Peso molecular de la sustancia disuelta hidratada}}{\text{Peso molecular de la sustancia disuelta anhidra}}$

S : Solubilidad (Partes en peso de sustancia disuelta anhidra por 100 partes en peso del disolvente total) del material a la temperatura final. kg Bórax/kg H₂O

w₀ : Peso de sustancia anhidra disuelta en la carga inicial kg

H₀ : Peso total de disolvente en la carga al comienzo del proceso. kg

E : Evaporación durante el proceso kg

Para 100 kg de solución :

$$R = \frac{M \text{ Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}}{M \text{ Na}_2\text{B}_4\text{O}_7}$$

$$R = \frac{381.47}{201.27} = 1.895$$

$$S = 1.5 \text{ kg/100 kg H}_2\text{O}$$

$$W_0 = \frac{125}{1,177 - 125} \times 100 = 0.096 \times 100 = 9.6 \text{ kg}$$

$$H_0 = (1 - 0.096) \times 100 = 90.4 \text{ kg}$$

$$E = 3\% = 0.03 \times 100 = 3 \text{ kg}$$

$$C = 1.895 \times \frac{100 \times 9.6 - 1.5 (90.4 - 3)}{100 - 1.5 (1.895 - 1)}$$

$$C = 15.92 \text{ kg} = 16 \text{ kg}$$

Para obtener $125/0.9 = 83.33 \text{ kg Bórax/hra}$

Se necesita :

$$\frac{100 \times 83.33}{16} = 868 \text{ kg solución/hra.}$$

Necesidades de Enfriamiento

Te : Temperatura de entrada de la solución °C

Ts : Temperatura de salida de la solución °C

te : Temperatura de entrada del agua de enfriamiento °C

ts : Temperatura de salida del agua de enfriamiento °C

Cp : Capacidad calorífica de la solución kcal/kg °C

qc : Calor de cristalización de la sustancia kcal/kg

Se : Solubilidad del material a la temperatura inicial
kg/100 kg H₂O

S : Solubilidad del material a la temperatura final kg/100 kg H₂O

(Δt)_m : Caída media logarítmica de temperatura °C

m : Flujo de solución kg/hra

ms : Flujo de sustancia kg/hra

Q : Calor que debe eliminarse kcal/hra

U : Coeficiente global de transferencia de calor del equipo -
kcal/hra m² °C

$$Q = m C_p (\Delta T) + m_s q_c$$

$$m = 520.8 \text{ kg/hra}$$

$$C_p = 0.096 \times 0.385 + 0.904 \times 1 = 0.941 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$(\Delta T) = T_e - T_s$$

$$T_e = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_s = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_s = 83.33 \text{ kg/hra}$$

$$q_c = 43.97 \text{ kcal/kg}$$

$$Q = 520.8 \times 0.941 (50 - 5) + 83.33 \times 43.97 = 25,717.3 \text{ kcal/hra}$$

$$(\Delta t)_m = \frac{(T_e - t_s) - (t_e - T_s)}{\ln \frac{(T_e - t_s)}{(t_e - T_s)}}$$

$$t_e = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_s = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$(\Delta t)_m = \frac{(50 - 25) - (10 - 5)}{\ln \frac{(50 - 25)}{(10 - 5)}} = 12.43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para $U = 130 \text{ kcal/hra m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

con una superficie de enfriamiento de un m^2 por metro de longitud :

$$Q = U A (\Delta t)_m$$

$$25,717.3 = 215 \times A \times 12.43$$

$$\text{-----}\rightarrow \quad A = 15.92 \text{ m}^2 = 16 \text{ m}^2$$

$$L = 16 \text{ m}$$

Dimensiones del secador

Para un secador de :

Nº de carretillas	= 3
Nº de hileras	= 2
Bandejas de	= 0.915 m de lado
Altura de bandeja	= 14 bandejas
Area de cada bandeja	= $(0.915)^2 = 0.837 \text{ m}^2$
Espesor del material	= 0.0254 m
Espacio libre entre bandejas	= 0.038 m
Densidad del Bórax	= 1,715 kg/m^3
Densidad del Acido Bórico	= 1,435 kg/m^3

Peso del material en las bandejas :

$$\text{Bórax} : 0.837 \times 1,715 \times 0.0254 = 36.46 \text{ kg/bandeja}$$

$$\text{A. Bórico} : 0.837 \times 1,435 \times 0.0254 = 30.51 \text{ kg/bandeja}$$

Peso total en el secador :

$$\text{N}^\circ \text{ carretillas} \times \text{Bandeja/carretilla} \times \text{kg/bandeja}$$

$$3 \times 28 \times 36.46 = 3,062.64 \text{ kg Bórax}$$

$$3 \times 28 \times 30.51 = 2,562.84 \text{ kg A. Bórico}$$

Experimentalmente se producen por día :

$$\text{De 10,000 kg de Boronatrocalcita} \text{ -----} \rightarrow 1,500 \text{ kg Bórax}$$

$$\text{-----} \rightarrow 2,200 \text{ kg A. Bórico}$$

$$\text{Capacidad del secador} : 1,500 + 2,200 = 3,700 \text{ kg/día}$$

$$= 154.17 \text{ kg/hra}$$

Tiempo del material en el secador :

$$\frac{3,063}{154.17} = 19.9$$

Las carretillas deben añadirse al secador cada = $19.9/3 = 6.7$ hras

$$\text{Para : } \left. \begin{array}{l} t \text{ aire} = 73.2 \text{ }^\circ\text{C} \\ t \text{ material} = 43 \text{ }^\circ\text{C} \end{array} \right\} \text{ Humedad crítica} = 0.07 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sólido}}$$

$$\text{Volumen específico del aire} = 0.625 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$t \text{ aire salida} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Calor específico del vapor de agua} = 0.45 \text{ kcal/kg }^\circ\text{C}$$

$$T \text{ entrada del material} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

T salida del material = 70 °C

Calor específico promedio de los cristales = 0.3 kcal/kg

Humedad salida del material = 0.04 kg H₂O / kg de sólido seco

Humedad de entrada del material = 0.1 kg H₂O / kg de sólido seco

Balance entálpico :

$$154.17 \times 0.3 (70 - 25) + 154.17 (0.1 - 0.04) \left[(100 - 25) + 538 + 538 + 0.45 (60 - 100) \right] = 7,816.42 \text{ kcal/hra}$$

Aire necesario :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Humedad del aire} = 0.04 \\ T = 104 \text{ °C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{h relat} = 0.04 \\ \text{Calor húmedo} = 0.26 \end{array}$$

$$\text{Aire necesario} = \frac{Q \text{ total}}{C_s \cdot \Delta T}$$

Q total = Calor total necesario kcal/hra

C_s = Calor húmedo kcal/kg aire seco °C

ΔT = Variación de temperatura del aire °C

$$\text{Aire necesario} = \frac{7,816.42}{0.26 (104 - 60)} = 683.25 \text{ kg/hra}$$

Intensidad con que se elimina el agua :

$$154.17 (0.1 - 0.04) = 9.25$$

Humedad del aire al salir del secador :

$$0.04 + 9.25/683.25 = 0.054$$

Humedad relativa a : 0.054 - 60° ----> T ampolla húmeda

$$t_w = 40^\circ\text{C}$$

Número de unidades de transferencia :

$$N_t = \ln \frac{t_i - t_w}{t_c - t_w}$$

t_i : Temperatura del aire a la entrada °C

t_w : Temperatura de ampolla húmeda °C

t_c : Temperatura del aire a la salida °C

$$N_t = \ln \frac{104 - 40}{60 - 40} = 1.16$$

Para hallar la longitud de una unidad de transferencia :

$$L_t = 14.5 \quad b \quad G^{0.2}$$

L_t : Longitud de una unidad de transferencia m

b : Espacio entre bandejas m

G : Flujo de aire kg aire seco/hra m^2

$b = 0.038$ m

$G = 9,500$ kg aire seco / hra m^2

$$L_t = 14,5 \times 0.038 \times (9,500)^{0.2}$$

$$L_t = 3.44 \text{ m}$$

Longitud total : $L_t \cdot N_t = 3.44 \times 1.16 = 3.99$ m

----> Se requerirán 3 carretillas de 1.33 m c/u

ACIDO BORICO

Cálculo de las dimensiones del reactor

Partiendo de la torta de Boratos de Calcio (Colemanita) del filtrado de la solución de Bórax.

$$W = 45\% \text{ del peso de los boratos que ingresan (Ulexita)}$$

$$W = 833.33 \times 0.45 = 375 \text{ kgs.}$$

La humedad relativa se tomará como un 12%

$$Hr = 12\% = 45 \text{ lts.}$$

Cantidad de Acido Sulfúrico necesaria

$$M \text{ colemanita} = 412 \qquad 375 : 412 = 0.91 \text{ moles}$$

Con un exceso de 100% de ácido se tendría :

$$1.82 \times 98 = 178.36 \text{ kgs } H_2SO_4 \times 2 = 356.72 \text{ kgs}$$

$$H_2SO_4 \text{ 36N} = 1.83 \text{ gr/cc} = 1.83 \text{ kg/lt}$$

$$V = \frac{356.72}{1.83} = 194.93 \text{ lts } H_2SO_4 \text{ 36N}$$

Con H_2SO_4 3N se requerirá :

$$V = \frac{194.93 \times 36}{3} = 2339.16 \text{ lts.}$$

Cantidad de agua para diluir el H_2SO_4 36N a 3N :

$$2339.16 - 194.93 = 2144.23 \text{ lts}$$

Entrada al reactor

Boratos de Calcio = 375 kgs $\rho = 2.42$ $V = 155$ lts

Agua contenida en los boratos = 45 lts.

H_2SO_4 36N = 194.93 lts.

Agua para diluir = $2144.23 - 45 = 2099.23$ lts

Volumen total

$155 + 45 + 194.93 + 2099.23 = 2494.16$ lts

Diseño del reactor

La mezcla ocupa los 2/3 del volumen del reactor

$V_r = 2494.16 \times \frac{3}{2} = 3741.24$ lts = 988.43 1000 gal

Para una relación :

$$\frac{D}{H} = \frac{2}{3}$$

Según tablas para 1000 gal $D_t = 60'' = 1.524$ mt

$H_t = 80'' = 2.032$ mt

Cálculo de la Potencia requerida para la agitación

Ecuaciones :

$$P = \frac{g}{g_c} m V_m U_t (1-m)^{2/3} \frac{D_t}{D_a} e^{4.35} \quad (5)$$

donde :

P : Potencia consumida por el agitador kgf-m/seg

g : Aceleración de la gravedad kgm/seg^2

g_c : Factor de conversión de la Ley de Newton $9.8 \text{ kg-m}/\text{kgf sg}^2$

ρ_m : Densidad de la suspensión kg/m^3

V_m : Volumen de la suspensión m^3

U_t : Velocidad de sedimentación m/seg

ϵ_m : Fracción de volumen ocupado por la suspensión

D_t : Diámetro del tanque m

D_a : Diámetro del rodete m

$$\frac{Z_s - E}{D_t} = 0.1 \quad (5)$$

Z_s : Altura que alcanzan las partículas sobre el fondo del tanque

E : Distancia entre el rodete y el fondo del tanque

$$V_m = D_t^2 Z_s/4$$

$$U_t = \frac{g D_p^2 (\rho_p - \rho)}{18} \quad (5)$$

D_p : Diámetro de la partícula

ρ_p : Densidad del sólido

ρ : Densidad del líquido

μ : Viscosidad de la suspensión

V_s : Volumen de sólidos en la suspensión m^3

V_l : Volumen de líquido en la suspensión m^3

$$n = \left(\frac{P_{gc}}{K_t D_a^5 \rho} \right)^{1/3} \quad (5)$$

n : Velocidad de giro del rodete, revoluciones por min rpm

Kt : Constante para tanques agitados

$$N Re = \frac{n Da^2 \rho}{\mu} \quad (5)$$

N Re : Número de Reynolds

Reemplazando datos :

$$Dt = 1.524 \text{ mt}$$

$$Da = Dt/3 = 0.508 \text{ mt}$$

$$Ht = 2.030 \text{ mt}$$

$$Zs = 0.66 Ht = 1.34 \text{ mt}$$

$$E = Zs/6 = 0.22 \text{ mt}$$

$$Vm = \frac{(1.524)^2 \times 1.34}{4} = 2.44 \text{ m}^3$$

$$liq = 980 \text{ kg/m}^3$$

$$sol = sp-gr = 2.42 \quad \text{-----} \quad sol = 2.42 \times 980 = 2,371.6 \text{ kg/m}^3$$

$$Vs = \frac{375}{2371.6} = 0.158 \text{ m}^3$$

$$Vl = 2.44 - 0.158 = 2.282 \text{ m}^3$$

$$\rho_m = \frac{375 + (2.282 \times 980)}{2.44} = 1070.23 \text{ kg/m}^3$$

$$\epsilon_m = 2.282 / 2.44 = 0.935$$

$$Dp = 7.406 \times 10^{-5} \text{ mt}$$
$$= 6 \times 10^{-4} \text{ kg/m-seg}$$

$$U_t = \frac{9.8 \times (7.406 \times 10^{-5})^2 (2371.6 - 980)}{18 \times 6 \times 10^4} = 6.926 \times 10^{-3} \text{ m/seg}$$

$$= \frac{1.34 - 0.22}{1.524} - 0.1 = 0.735$$

$$P = \frac{9.8}{9.8} \times 1070.23 \times 2.44 \times 6.926 \times 10^{-3} \times (1 - 0.935)^{2/3} \times (3)^{1/2} \times e^{4.35 \times 0.735}$$

$$P = 123.89 \text{ kg-m/seg} = 1.63 \text{ HP con eficiencia 4 HP}$$

$$n = \frac{123.89 \times 9.8}{6.3 \times (0.508)^2 \times 980}$$

$$n = 0.762 \text{ rps} = 45.72 \text{ rpm}$$

$$N_{Re} = \frac{0.762 \times (0.508)^2 \times 980}{6 \times 10^{-4}}$$

$$N_{Re} = 321,186.45$$

Cantidad de vapor requerido en el reactor

Del balance de energía :

$$M_t(T_f - T_e)C_p - M_o(X_e - X_f) \frac{H}{M} + U A_h (T_s - T_e) = 0 \quad (18)$$

M_t : Masa alimentada kg.

M_o : Masa del reactante limitativo

T_e : Temperatura que alcanza la mezcla °C

T_f : Temperatura de la alimentación °C

Ts : Temperatura del medio circundante °C

Xf : Conversión inicial de la alimentación

Xe : Conversión final

Cp : Capacidad calorífica promedio de la alimentación kcal/kg °C

ΔH : Variación de la entalpía kcal/molkg

M : Peso molecular del reactante limitativo kg/molkg

U : Coeficiente de Transferencia de calor Kcal/hr m²°C

Ah : Area efectiva de transferencia m²

$$h_j = j \frac{K}{D_j}^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14} \quad (18)$$

$$U_c = \frac{h_j \times h_{oi}}{h_j + h_{oi}} \quad (18)$$

$$U_d = \frac{U_c \times h_d}{U_c + h_d} \quad (18)$$

$$Re_j = \frac{D_a^2 \rho \omega}{\mu} \quad (18)$$

h_j : Coeficiente de Transferencia de calor kcal/hr m²°C

j : Factor para transferencia de calor

K : Conductividad térmica kcal/ hr m²°C/m

D_a : Diámetro del rodete m

C : Calor específico del fluido caliente kcal/kg °C

μ : Viscosidad del fluido kg/m seg

μ_w : Viscosidad del agua kg/m seg

U_c : Coeficiente total limpio kcal/hr m²°C

U_d : Coeficiente total de diseño kcal/hr m²°C

hd : Coeficiente de transferencia de calor kcal/hr m²°C

hoi : Coeficiente referido al diámetro interior kcal/hr m²°C

ρ_m : Densidad de la suspensión kg/m³

Reemplazando datos :

$$M_t = 375 + 356.72 + 2144.23 + 45 = 2920.95 \text{ kg}$$

$$M_o = 375 \text{ kg}$$

$$T_e = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_f = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$x_f = 0$$

$$x_e = 1$$

$$C_p = C_p \text{ Coem.} \cdot x_f + C_p \text{ H}_2\text{SO}_4 \cdot x_f + C_p \text{ H}_2\text{O} \cdot x_f$$

$$C_p = 0.338 \times 3 + 0.182 \times 2 + 1.00763 \times 5 = 2.385 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_p = 2.385 \times 0.13 + 0.377 \times 0.124 + 1.00763 \times 0.745$$

$$C_p = 1.107 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$M = 364 \text{ kg/mol kg}$$

$$A_h = \pi(1.524)^2/4 + \pi \times 1.524 \times 1.34 = 8.24 \text{ m}^2$$

$$D_a = 0.508 \text{ m}$$

$$n = 79.454 \text{ rpm} = 4767.24 \text{ rph}$$

$$\rho_m = 1070.23 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 6 \times 10^{-4} \text{ kg/m-seg} = 2.16 \text{ kg/m-hr}$$

$$k = 0.195 \text{ kcal/hr m}^2$$

$$C = 0.8986 \text{ kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$Re_j = \frac{(0.508)^2 \times 4767.24 \times 1070.23}{2.16} = 609,561.89$$

$$j = 2500 \text{ (De gráfico } j \text{ vs. } Re_j)$$

$$D_j = 1.524 \text{ m}$$

$$w = 2.84 \times 10^{-4} \text{ kg/m-seg} = 1.02 \text{ kg/m-hr}$$

$$h_j = 2500 \times \frac{0.195}{1.524} \times \frac{0.8986 \times 2.16^{1/3}}{0.195} \times \frac{2.16^{-0.14}}{1.02}$$

$$h_j = 618.97 \text{ kcal/hr m}^2\text{°C}$$

$$h_{oi} = 7,320 \text{ kcal/hr m}^2\text{°C}$$

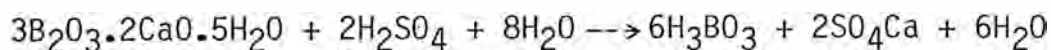
$$U_c = \frac{618.97 \times 7320}{618.97 + 7320} = 570.71 \text{ kcal/hr m}^2\text{°C}$$

$$h_d = 1/R_d = 1/0.001 = 1000 \text{ kcal/hr m}^2\text{°C}$$

$$U_d = \frac{570.71 \times 1000}{570.71 + 1000} = 363.34 \text{ kcal/hr m}^2\text{°C}$$

$$U = U_d$$

Cálculo de ΔH según reacción : (15)



	$\Delta H \times 10^3$	kcal/mol kg
3 B ₂ O ₃ 2 CaO 5H ₂ O	-	1551
H ₂ SO ₄	-	193.69
H ₂ O	-	68.3174
H ₃ BO ₃	-	260.2
SO ₄ Ca	-	338.73

$$\Delta H = - 163.62 \times 10^3 \text{ kcal/molkg}$$

De sulfato se produce el 28%

$$833.33 \times 0.28 = 233.33 \text{ kgs. de sulfato de calcio}$$

Del filtro el sulfato sale con 12% de humedad (% en peso)

$$233.33 \times 0.12 = 28 \text{ lts de agua}$$

Volumen de filtrado

$$(2244.74 + 127.75) - 28 = 2344.5 \text{ lts} = 2.34 \text{ m}^3$$

Cálculo de α

V : Volumen de filtrado m^3

Ve : Volumen equivalente en la resistencia de la torta a la resistencia de la torta de la tela del filtro y de la tubería. m^3

α : Resistencia específica de la torta m/kg

μ : Viscosidad kg/m-hr

w : Peso de sólidos por volumen de líquido en el lodo kg/m^3

Ao : Area de filtrado m^2

Po : Caída de presión a través de la torta kgf/m^2

gc : Constante dimensional = 9.8 kgm/kgf sg^2

$$(V + Ve) \frac{\alpha \mu w}{gc Ao^2 (-\Delta Po)} = \frac{\Delta \phi}{V} \quad (13)$$

Del gráfico de la corrida de filtración tenemos que :

$$\text{Pendiente} = 348.2 \times 10^6 \text{ sg}/(\text{m}^3)^2$$

$$\text{Intersección} = 55.57 \times 10^3 \text{ sg}/\text{m}^3$$

$$V_e = \text{Intersección/Pendiente} = 1.25 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\Delta P_o = 2.9 \times 10^3 \text{ kgf/m}^2$$

$$A_o = \pi (0.12)^2 / 4 = 1.13 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$A_o^2 = 1.28 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$g_c = 9.8 \text{ kgm/kgf seg}^2$$

$$\mu = 6 \times 10^{-4} \text{ kg/m-seg}$$

$$w = 233.33/2.34 = 99.71 \text{ kg/m}^3$$

Reemplazando :

$$\frac{\alpha \mu w}{g_c A_o^2 (-\Delta P_o)} = 348.2 \times 10^6 \text{ seg}/(\text{m}^3)^2$$

$$\alpha \mu w = 348.2 \times 10^6 \times 9.8 \times 1.28 \times 10^{-4} \times 2.9 \times 10^3$$

$$\alpha \mu w = 1.266 \times 10^9$$

$$\alpha = \frac{1.266 \times 10^9}{6 \times 10^{-4} \times 99.71} = 2.12 \times 10^{10} \text{ m/kg}$$

Area del Filtro : Aplicando

$$A = \frac{V}{t_c} \left[\frac{C \alpha \mu t_c}{2 (-\Delta P) \tau^{-s} g_c f} \right]^{1/2} \quad (13)$$

$$C = \frac{C_s}{1 - [(mf/mc) - 1] C_s/\rho} \quad (13)$$

C : Masa de sólido en el filtro por unidad de volumen de filtrado kg/m^3

Cs : Concentración de sólidos en la suspensión que alimenta un filtro kg/m^3

mf : Masa de la torta de filtración húmeda kg

mc : Masa de sólido en torta de filtración kg

tc : Tiempo de ciclo hr.

z : Coeficiente de compresibilidad

f : fracción de tambor sumergido, fracción del ciclo correspondiente a la formación de la torta

$$f = s = 0.3$$

$$V = 2.34 \text{ m}^3$$

$$tc = 1.5 \text{ hra} = 5400 \text{ sg}$$

$$\alpha = 2.12 \times 10^{10} \text{ m/kg}$$

$$\mu = 6 \times 10^{-4} \text{ kg/m-sg}$$

$$\Delta P = 6.9 \times 10^3 \text{ kgf/m}^2$$

$$gc = 9.8 \text{ kgm/kgf sg}$$

$$Cs = 233.33/2.34 = 99.71 \text{ kg/m}^3$$

$$mf/mc = 1.12$$

$$= 980 \text{ kg/m}^3$$

$$C = \frac{99.71}{1 - [(1.12 - 1)] \frac{99.71}{980}} = 100.94 \text{ kg/m}^3$$

$$A = \frac{2.34}{5400} \left[\frac{100.94 \times 2.12 \times 10^{10} \times 6 \times 10^{-4} \times 5400}{2 \times (6.9 \times 10^3)^{0.7} \times 9.8 \times 0.3} \right]^{1/2}$$

$$A = 21.33 \text{ m}^2 \quad \text{de tablas 40 de } 0.61 \times 0.61 \text{ m}^2 \text{ c/u}$$

$$A = 243 \text{ ft}^2$$

Para un filtro de 5 mt de longitud y 0.5 mt de ancho

$$A = 2.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor de la torta} = 0.0127 \text{ m}$$

$$\text{Volumen de torta} = 0.0127 \times 2.5 = 0.032 \text{ m}^3$$

$$\% \text{ de Humedad en la torta} = \frac{28}{233.33/2.96 + 28} = 26.2\%$$

$$\rho \text{ sulfato de calcio} = 2.96$$

$$\% \text{ s\u00f3lidos en la torta} = 73.8\%$$

$$\text{Humedad} : 0.032 \times 0.262 = 0.00838 \text{ m}^3 = 8.38 \text{ kg}$$

$$\text{S\u00f3lidos} : 0.032 \times 0.738 = 0.0236 \text{ m}^3 = 69.35 \text{ kg}$$

Lodo filtrado por metro de filtro :

$$(8.38 + 69.35)/5 = 15.54 \text{ kg/m}$$

Los sulfatos contienen un 12% de humedad.

Para un $t_c = 1.5$ horas, el flujo de sulfato de calcio ser\u00e1 :

$$\frac{233.33 + 28}{1.5} = 174.22 \text{ kg/hr.}$$

Flujo de filtrado :

$$\frac{2.34 \text{ m}^3}{1.5 \text{ hr}} = 1.56 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Velocidad del filtro :

$$\begin{aligned} \frac{174.22}{15.54} &= 11.21 \text{ m/hr} \\ &= 3.11 \times 10^{-3} \text{ m/sg} \end{aligned}$$

Cálculo de las dimensiones del Evaporador

Para un evaporador de simple efecto :

$$\text{Concentración de Acido Bórico} = \frac{183.33}{2.34} = 78.35 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Flujo de filtrado} = 1.56 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{En la alimentación hay : } 2.34 - 0.127 = 2.213 \text{ m}^3 \text{ de H}_2\text{O}$$

Para concentrar a 100 kg de Ac. Bórico/m³ de solución

$$\text{Alimentación : } \frac{2.213}{183.33} = 12.07 \text{ kg H}_2\text{O/kg Ac. Bórico}$$

$$\text{Salida : } \frac{(1.83 - 0.127) \times 10^3}{183} = 9.3 \text{ kg H}_2\text{O /kg Ac. Bórico}$$

$$\text{Se evaporan } 12.07 - 9.3 = 2.77 \text{ kg H}_2\text{O/kg Ac. Bórico}$$

luego se tiene que :

$$\begin{aligned} & 1.56 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times 2.77 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg Bórico}} \times 78.35 \frac{\text{kg Bórico}}{\text{m}^3} = \\ & = 338.56 \text{ kg H}_2\text{O/hr} = 0.338 \text{ m}^3 \text{H}_2\text{O/hr} \end{aligned}$$

Velocidad de la solución concentrada :

$$1.56 - 0.338 = 1.222 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Consumo de vapor :

$$q = m_s \lambda_s = (m_f - m) \lambda + m_f C_{pf} (T - T_f)$$

C_{pf} : Calor específico de la solución diluida kcal/kg °C

T_f : Temperatura de la solución diluida °C

T : Temperatura de la solución concentrada °C

m_s : Flujo de vapor kg/hr

λ_s : Calor latente de condensación kcal/kg

$m_f - m$: Flujo de agua a evaporar kg/hr

λ : Calor latente kcal/kg

$$C_{pf} = 0.078 \times 0.338 + 0.922 \times 1 = 0.948 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$T_f = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = 51.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_s = 520 \text{ kcal/kg (Presión de evaporación de 100 mm Hg)}$$

$$\lambda = 568 \text{ kcal/kg}$$

$$m_s = \frac{338.56 \times 568 + 1562.7 \times 0.948 (51.6 - 70)}{520}$$

$$m_s = 317.39 \text{ kg/hr}$$

Aplicando :

$$A = \frac{q}{U (T_s - T)} \quad (25)$$

A : Area de calefacción necesaria m^2

T_s : Temperatura del vapor de agua °C

U : Coeficiente global de transmisión de calor kcal/ m^2 hra°C

$$U = 976 \text{ kcal}/m^2 \text{ hra}^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{317.39 \times 520}{976 (120 - 70)} = 3.38 \text{ m}^2 = 36 \text{ ft} \text{ ---- } 40 \text{ ft}^2$$

Cálculo de las dimensiones del Cristalizador

Para la solución :

T entrada = 50 °C

T salida = 5 °C

Para el agua de enfriamiento :

T entrada = 10 °C

T salida = 25 °C

$$C_p \text{ sol} = \frac{183.33}{1705.55 + 183.33} + 0.903 \times 1$$

$C_p \text{ sol} = 0.936 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

$\rho \text{ Ac. Bórico} = 1,435 \text{ kg/m}^3$

Calor de cristalización del Ac. Bórico = 87.09 kcal/kg

Solubilidad a 5°C = 3.22 kg/100 kg H₂O

Solubilidad a 50°C = 11.54 kg/100 kg H₂O

Aplicando :

$$C = R \frac{100 w_o - S(H_o - E)}{100 - S(R - 1)} \quad (25)$$

C : Peso de los cristales en el magma final kg

R : $\frac{\text{Peso molecular de la sustancia disuelta hidratada}}{\text{Peso molecular de la sustancia disuelta anhidra}}$

S : Solubilidad (Partes en peso de sustancia disuelta anhidra por 100 partes en peso del disolvente total) del material a la temperatura final kg Bórico/kg H₂O

w_o : Peso de sustancia anhidra disuelta en la carga inicial kg

Ho : Peso total de disolvente en la carga al comienzo del proceso
kg

E : Evaporación durante el proceso kg

Para 100 kg de solución :

$$R = \frac{M \text{ H}_3\text{B}\text{O}_3}{M \text{ H}_3\text{B}\text{O}_3} = 1$$

$$S = 3.11 \text{ kg}/100 \text{ kg H}_2\text{O}$$

$$w_0 = \frac{183.33}{1705.55 + 183.33} \times 100 = 0.097 \times 100 = 9.7 \text{ kg}$$

$$H_0 = (1 - 0.1204) \times 100 = 87.96 \text{ kg}$$

$$E = 3\% = 0.03 \times 100 = 3 \text{ kg}$$

$$C = 1 \times \frac{100 \times 12.04 - 3.11(87.96 - 3)}{100 - 3.11(1 - 1)}$$

$$C = 9.39 \text{ kg}$$

Para obtener $183.33/1.55 = 118.22 \text{ kg Ac. Bórico/hr}$

se necesita $\frac{100}{9.39} \times 122.22 = 1259 \text{ kg solución/hr}$

Necesidades de enfriamiento :

Te : Temperatura de entrada de la solución °C

Ts : Temperatura de salida de la solución °C

te : Temperatura de entrada del agua de enfriamiento °C

ts : Temperatura de salida del agua de enfriamiento °C

Cp : Capacidad calorífica de la solución kcal/kg°C

qc : Calor de cristalización de la sustancia kcal/kg

Se : Solubilidad del material a la temperatura inicial
kg/100 kgH₂O

S : Solubilidad del material a la temperatura final kg/100 kgH₂O

(Δt)_m : Caída media logarítmica de temperatura °C

m : Flujo de la solución kg/hr

ms : Flujo de sustancia kg/hr

Q : Calor que debe eliminarse kcal/hr

U : Coeficiente global de transferencia de calor del equipo
kcal/hr m²°C

$$Q = m C_p (\Delta T) + m_s \times q_c$$

$$m = 1301.6 \text{ kg/hr}$$

$$C_p = 0.097 \times 0.338 + 0.903 \times 1 = 0.936 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$(\Delta T) = T_e - T_s$$

$$T_e = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_s = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m_s = 118.22 \text{ kg/hr}$$

$$q_c = 87.09 \text{ kcal/kg}$$

$$Q = 1259 \times 0.936 (50 - 5) + 118.22 \times 87.09 = 65,467.53 \text{ kcal/hr}$$

$$(\Delta T)_m = \frac{(T_e - t_s) - (t_e - T_s)}{\ln \frac{(T_e - t_s)}{(t_e - T_s)}}$$

$$t_e = 10 \text{ } ^\circ\text{C} \quad t_s = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$(\Delta T)_m = \frac{(50 - 25) - (10 - 5)}{\ln \frac{(50 - 25)}{(10 - 5)}} = 12.43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para $U = 732 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

con una superficie de enfriamiento de 1 m^2 por metro de longitud

$$Q = U A (\Delta T)_m \quad 65,467.53 = 732 \times A \times 12.43$$

$$A = 7.2 \text{ m} = 77.5 \text{ ft}^2$$

Datos para el Cálculo de la Resistencia Específica de la Torta (α)

BORAX

V (lt)	θ (sg)	$\Delta\theta$	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$
0.045	2	2	0.045	44.6
0.095	7	5	0.05	50.0
0.155	11	4	0.06	66.6
0.195	14	3	0.04	75.0
0.235	17	3	0.04	75.0
0.285	20	3	0.05	100.0
0.340	25	5	0.055	90.9
0.395	31	6	0.05	120.0
0.450	38	7	0.055	127.2

- Se grafica $\Delta\theta/\Delta V$ vs. V

Se obtiene : Pendiente = $206.8 \text{ sg}/(\text{lt})^2$

Intercepto = 32.79 sg/lt

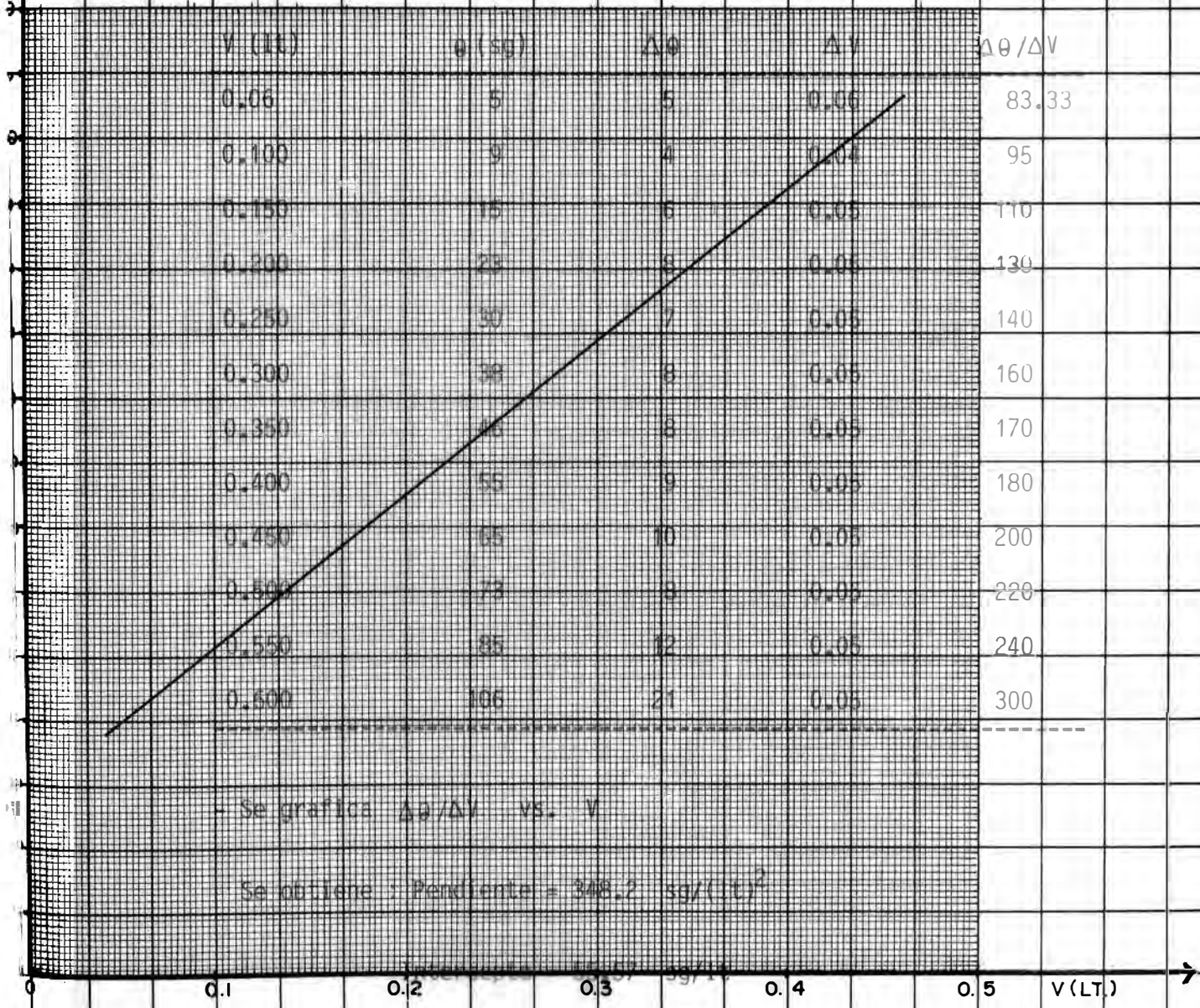
GRAFICO $\frac{\Delta Q}{\Delta V}$ vs V

Datos para el cálculo de la Resistencia Especifica de la Torta (α)

B O R I C O

$\frac{\Delta Q}{\Delta V}$

ACIDO BORICO



Datos para el Cálculo de la Resistencia Especifica de la Torta (α)

ACIDO BORICO

V (lt)	θ (sg)	$\Delta\theta$	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$
0.06	5	5	0.06	83.33
0.100	9	4	0.04	95
0.150	15	6	0.05	110
0.200	23	8	0.05	130
0.250	30	7	0.05	140
0.300	38	8	0.05	160
0.350	46	8	0.05	170
0.400	55	9	0.05	180
0.450	65	10	0.05	200
0.500	73	8	0.05	220
0.550	85	12	0.05	240
0.600	106	21	0.05	300

- Se grafica $\Delta\theta/\Delta V$ vs. V

Se obtiene : Pendiente = $348.2 \text{ sg}/(\text{lt})^2$

Intercepto = 55.57 sg/lt

GRAFICO AO/AV vs V

ACIDO BORICO

CAPITULO VIII

ESTUDIO ECONOMICO

8.1 INVERSION DE CAPITAL

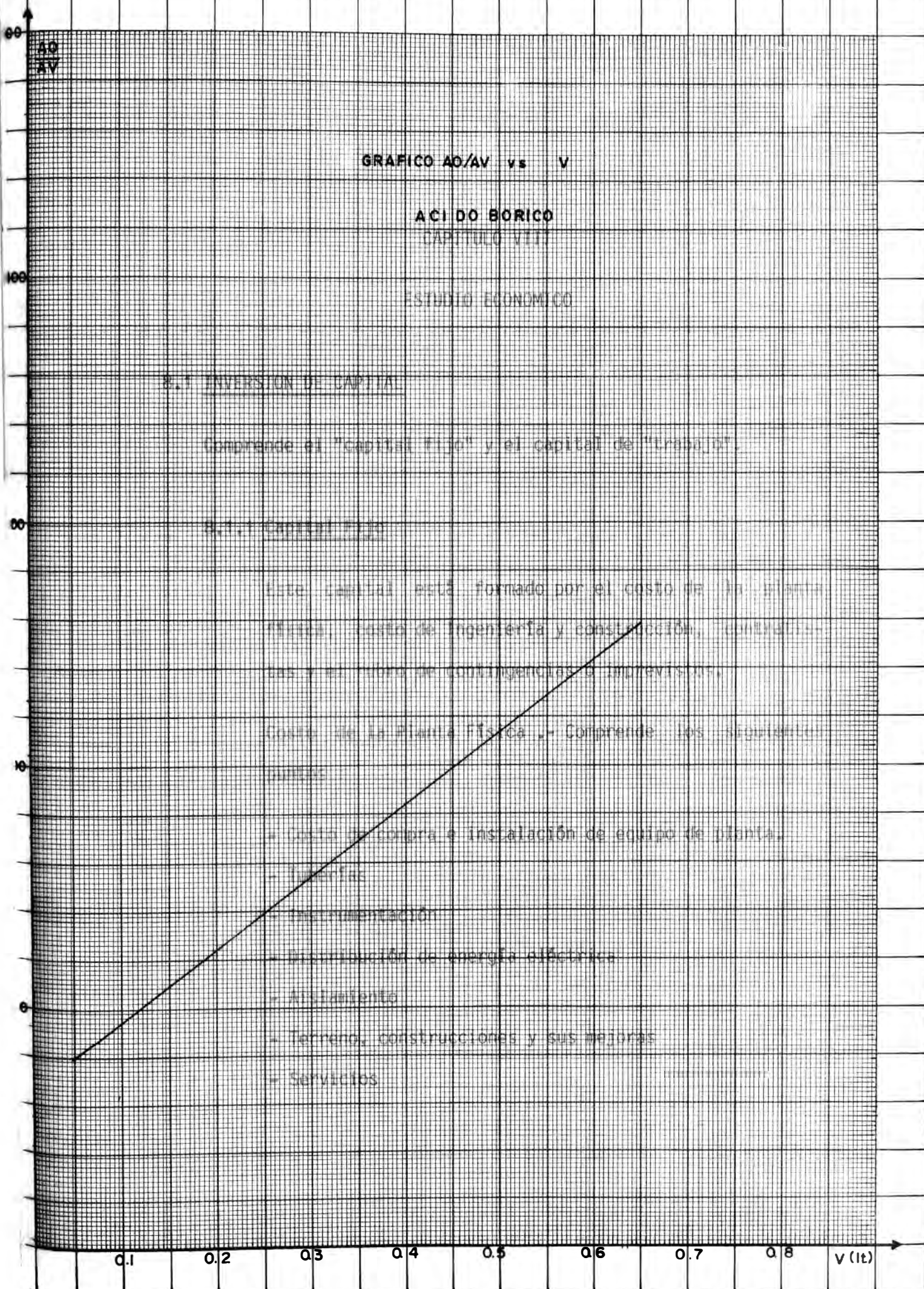
Comprende el "capital fijo" y el capital de "trabajo".

8.1.1 CAPITAL FIJO

Este capital está formado por el costo de la planta física, costo de ingeniería y construcción, contingencias y el fondo de contingencias e imprevistos.

Costo de la Planta Física - Comprende los siguientes ítems:

- Costo de compra e instalación de equipo de planta.
- Terrenos
- Instrumentación
- Distribución de energía eléctrica
- Aislamiento
- Terreno, construcciones y sus mejoras
- Servicios



CAPITULO VIII

ESTUDIO ECONOMICO

8.1 INVERSIÓN DE CAPITAL

Comprende el "capital fijo" y el capital de "trabajo".

8.1.1 Capital Fijo

Este capital está formado por el costo de la planta física, costo de Ingeniería y construcción, contratistas y el rubro de contingencias o imprevistos.

Costo de la Planta Física .- Comprende los siguientes puntos

Costo de compra e instalación de equipo de planta.

- Tuberías
- Instrumentación
- Distribución de energía eléctrica
- Aislamiento

Terreno, construcciones y sus mejoras

- Servicios

Costo de compra e instalación de equipo :

Con las especificaciones para cada equipo mencionados en la parte de diseño se procederá a la estimación de los costos.

Esta se hará a partir de los gráficos correspondientes para cada tipo de equipo, dado en las páginas 457- 533 del Libro de Peters, a menos que se indique otra referencia.

El cambio de costos con las capacidades se hará de acuerdo a la conocida fórmula de los seis décimos o sea :

$$Ca = Cb \left(\frac{Ka}{Kb} \right)^x$$

donde x es generalmente 0.6, Ca es el costo del equipo para la capacidad Ka, Cb es el costo para la capacidad Kb del equipo.

Los costos de referencia son dados para el año 1967, con un Índice Marshall y Stevens de 256, teniéndose para el año 1991 un índice M y S de 900.

Para actualizar los costos se empleará la fórmula siguiente:

$$Ca = Cb \left(\frac{Ia}{Ib} \right)$$

donde Ca es el costo del equipo en el año de índice Ia, Cb es el costo del equipo en el año con índice Ib.

COSTO DE EQUIPO INSTALADO PARA 1967

EQUIPO	REFERENCIA	COSTO INSTALADO DOLARES
Reactor encamisado R-1 con agitacion	Peters	\$12,000
Reactor encamisado R-2 con agitacion	"	\$12,000
Tanque de almacen T-1 lodos 200 gal	"	\$ 700 fig.13-56
Tanque de almacen T-2 acido (1 sem) 4500 gal	"	\$ 9,500
Filtro Prensa Placas y Marcos F-1		\$ 2,500
Filtro Prensa Placas y Marcos F-2		\$ 3,800
Evaporador E-1		\$ 6,000
Evaporador E-2		\$ 3,500
Cristalizador C-1		\$10,000
Cristalizador C-2		\$15,000
Secador S-1		\$ 1,000
Bombas B-1 a B-5		\$ 600 x 5 = \$3,000
Bomba acida B-6		\$ 1,500
Bomba lodos B-7, B-8 B-9 y B-10		\$ 900 x 4 = \$3,600
Molino de Martillo		\$ 500
Caldero 50 BHP		\$12,000
	COSTO TOTAL	\$96,600

Corregido al año 1991 es :

$$C_{91} = C_{67} \left(\frac{I_{91}}{I_{67}} \right)$$

$$C_{91} = 96,600 \left(\frac{900}{256} \right)$$

$$C_{91} = 339,609$$

Tuberías

Este costo incluye tubos y accesorios, soportes y mano de obra para el uso (29) representa 20% del costo de equipo instalado.

$$339,609 \times 0.20 = 67,922 \text{ dól.}$$

Instrumentación

Por ser una industria de Proceso Químico no automatizada el costo de los controles de la planta será de 1 % del costo de equipo instalado (29)

$$339,609 \times 0.01 = 3,396 \text{ dól}$$

Electricidad

Considerada dentro de los costos de servicios

Aislamiento

Considerado en 3% del costo de tuberías.

$$67,922 \times 0.03 = 2,038 \text{ dól}$$

Terreno y Construcciones

Asumiendo que parte de los equipos de la planta están bajo techo, se considera un 45% del costo de equipo instalado.

(29)

$$339,609 \times 0.45 = 152,824 \text{ dól.}$$

Servicios

Incluye vapor, electricidad, agua y demás. De (29) se deduce alrededor de 18% del costo de equipo instalado.

$$339,609 \times 0.18 = 61,130 \text{ dól.}$$

Luego el "Costo de la Planta Física" está distribuido así :

Costo de Compra e Instalación de Equipos	339,609
Tuberías	67,922
Instrumentación	3,396
Energía Eléctrica	----
Aislamiento	2,038
Terrenos y Construcciones	152,824
Servicios	61,130

Total (Costo de Planta Física) :	626,919

Costo de Ingeniería y Construcción

De (29) se puede tomar como 30% del costo de la Planta Física, esto es :

$$626,919 \times 0.30 = 188,076$$

Honorario de los contratistas

Estimado como 7% del Costo Directo de Planta el cual es igual a la suma del costo físico de la planta más los gastos de ingeniería y construcción.

$$\text{Costo directo de la Planta} = 626,919 + 188,076 = 814,995$$

$$814,995 \times 0.07 = 57,050$$

Contingencias

Según (29) representan 10% del costo directo de planta.

$$832,308 \times 0.10 = 83,230$$

El Capital Fijo estará distribuido así :

Costo de Planta Fisica	626,919
Costo de Ing. y Construcción	188,076
Costo Directo de Planta	814,995
Contratistas	57,050
Contingencias	83,230
Total (Capital Fijo)	955,275

8.1.2 Capital de Trabajo

Incluye el valor de stock de materia prima, productos en proceso, productos terminados, crédito extendido y fondos aprovechables para el pago de salarios y otros gastos. Se estima como 15% del Capital Fijo (29), esto es :

$$955,275 \times 0.15 = 143,291$$

8.2 COSTO GENERAL

El costo general está constituido por el costo de manufactura y los gastos generales.

8.2.1 Costo de Manufactura

Está constituido por el Costo Directo de Manufactura, Costo Indirecto de Manufactura y el Costo Fijo de Manufactura.

Costo Directo de Manufactura

Se calculará en base a la producción de un día (2,200 kg Bórico y 1,500 kg Bórax) comprende :

1. Materia Prima

Ulexita

$$833.33 \text{ kg Batch} \times 12 \frac{\text{Batch}}{\text{dia}} \times 0.15 \frac{\text{dol}}{\text{kg}} = 1\,500 \text{ dól.}$$

Acido Sulfúrico

$$195 \text{ lt. Batch} \times 12 \frac{\text{Batch}}{\text{dia}} \times 0.22 \frac{\text{dol}}{\text{lt}} = 468 \text{ dól.}$$

dól.
1 968 ----
día

Mantenimiento

Se considera 6% del Capital Fijo, por ser un proceso no complicado :

$$\frac{955,275 \times 0.06}{300} = 191 \text{ dólares/día}$$

Mano de Obra

Considerando 15 trabajadores, 3 dólares cada uno por día.

$$15 \times 3 = 45 \text{ dólares/día}$$

Supervisión

Considerando 3 supervisores, con 8 dólares cada uno por

día.

$$3 \times 8 = 24 \text{ dólares/día}$$

Suministro a la Planta

Estimado como 15% del costo de mantenimiento.

$$195 \times 0.15 = 29 \text{ dólares/día}$$

Servicios

Tomando un estimado de 0.02 dól./kg de producto

$$0.02 \times 2200 = 44 \text{ dólares/día para el Acido Bórico}$$

$$0.02 \times 1500 = 30 \text{ dólares/día para el Borax.}$$

Total del Costo Directo de Manufactura : 2331 dól/día

Costo Indirecto de Manufactura.- Comprende :

1. Laboratorio.- Se estima 20% de la mano de obra (29)

$$45 \times 0.20 = 9 \text{ dólares/día}$$

2. Sobrecarga de Planta .- Incluye mantenimiento de servicio médico, medios de recreación, almacenamiento, etc. se estima como el 50% de la mano de obra.

$$45 \times 0.5 = 23 \text{ dólares/día}$$

3. Sobrecarga de Planilla.- Incluye gastos de pensiones, pago de vacaciones, seguridad, etc. será del 20% de la mano de obra (29)

Total del Costo Indirecto de Manufactura : 41 $\frac{\text{dólares}}{\text{día}}$

Costo Fijo de Manufactura .- Comprende :

1. Depreciación.- Estimándose en 8% anual de la inversión del Capital Fijo (29)

$$\frac{955,275 \times 0.08}{300} = 255 \text{ dól/día}$$

2. Seguros

Se estima como el 1% del Capital Fijo (29)

$$\frac{955,275 \times 0.01}{300} = 32 \text{ dól/día}$$

3. Impuesto a la propiedad

Alrededor de 0.6% del valor del terreno y edificaciones

$$\frac{152,824 \times 0.006}{300} = 3 \text{ dólares/día}$$

Total Costo Fijo de Manufactura : 290 dól./día

Costo Total de Manufactura : 2 621 dól./día

Costo Unitario de Manufactura :

$$\frac{2621 \text{ dól./día}}{3700 \text{ kg/día}} = 0.71 \text{ dólares/día}$$

Costo Total de Manufactura anual :

$$0.71 \times 1332 \frac{\text{TM}}{\text{Año}} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{TM}} = 945,720 \text{ dól/año}$$

Gastos Generales .- Comprende :

a. Administración .- Se considera 3% del Costo de Manufactura.

$$2621 \times 0.03 = 79 \text{ dólares/día}$$

b. Gastos por Venta .- Se estima 6% del Costo de Manufactura.

$$2621 \times 0.06 = 157 \text{ dólares/día}$$

Total de Gastos Generales : 236 dólares/día

Gasto General Unitario

$$\frac{236 \text{ dól./día}}{3700 \text{ kg/día}} = 0.063 \text{ dólares/kg de producto}$$

Gasto General Anual :

$$0.063 \frac{\text{d}\$}{\text{kg}} \times 1332 \frac{\text{TM}}{\text{A}\text{ño}} \times 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{TM}} = 83,916 \text{ d}\$/\text{a}\text{ño}$$

Ventas .- Asumiendo un precio de venta de 0.90 d\$/kg producto

Ingreso Anual :

$$0.90 \times 1332 \times 1000 = 1'198,800 \text{ d}\$/\text{a}\text{ño}$$

Utilidad .- La utilidad obtenida antes de aplicar el impuesto se llama utilidad bruta.

La que se obtiene después de aplicar el impuesto es la utilidad neta.

$$\text{Utilidad bruta} = 0.90 - 0.71 - 0.063 = 0.127 \text{ d}\$/\text{kg producto}$$

Considerando que se trata de una inversión puramente del sector privado y asumiendo una tasa de 2% a la utilidad bruta.

$$\text{Utilidad neta} = (1 - 0.02) \times 0.127 = 0.124 \text{ d}\$/\text{kg}$$

Utilidad anual :

$$0.124 \times 1332 \times 1000 = 165,168 \text{ d}\$/\text{a}\text{ño}$$

8.3 RENTABILIDAD

La rentabilidad puede evaluarse por la tasa de retorno del Capital Fijo :

$$\begin{aligned} \text{Tasa de retorno} &= \frac{\text{Utilidad neta} \times 100}{\text{Capital Fijo}} \\ &= \frac{165,168}{955,275} \times 100 = 17.3\% \end{aligned}$$

Existe otro método para evaluar la Factibilidad del proyecto en base a los Costos de Manufactura por tonelada de cada producto. Ver Anexo B.

CAPITULO IX

ASPECTOS DE SEGURIDAD Y CONTAMINACION

En la f brica se manipulan ulexita, ácido sulfúrico, bórax y ácido bórico.

A continuación se se alar  el peligro de toxicidad y demás riesgos que se presentan en la manipulación de cada uno de ellos.

Ulexita

Es un mineral de boro y como tal no se considera como veneno industrialmente.

Deben adoptarse en todo caso las precauciones acostumbradas contra la inhalación del polvo, sobre todo en la molienda.

Acido Sulfúrico :

Debe tenerse mucho cuidado al manipular este ácido concentrado por lo que deberá usarse guantes y proteger los ojos.

Por otro lado en el proceso debe ser diluido lo cual se hará vertiendo siempre el ácido concentrado formando un delgado filete en gran cantidad de agua, esto se supervisará para evitar percances.

Bórax

El bórax está considerado como material tóxico pero sólo en caso de ingestión.

En la planta mayormente el personal no tendrá contacto directo con él hasta luego de la cristalización por lo que no se tendrá mayores problemas.

Acido Bórico

Los principales efectos tóxicos del ácido bórico se refieren a la absorción de boro que es un veneno acumulativo que actúa en el sistema nervioso central.

El envenenamiento es raro en la industria pues el cuerpo puede eliminar relativamente grandes cantidades de ácido bórico sin problemas.

Se deberá tomar las medidas adecuadas como la protección con guantes y un adecuado envase y almacenamiento para evitar cualquier efecto tóxico por ingestión.

En resumen la fábrica manipula productos muy ligeramente tóxicos y corrosivos, algunos de ellos no inflamables.

Para contrarrestar estos peligros se proveerá a los trabajadores de máscaras protectoras, lentes, guantes y botas de jebe.

La fãbrica contarã ademãs con poza de agua, bomba contra incendio, extinguidores y adecuada ventilaci3n.

CONCLUSIONES

1. La producción de boratos en el país se ha localizado en el departamento de Arequipa.
2. Los mayores consumidores de boratos en el país son las empresas dedicadas a la fabricación de vidrio y cerámica, las cuales los consumen sin tratamiento alguno con una tasa de crecimiento significativa, debido al bajo precio por unidad de B_2O_3 en relación al bórax importado y por la ausencia de oferta nacional de derivados del boro.
3. La producción nacional no satisface a la demanda interna, en cuanto a la calidad requerida por las diversas industrias del país, por lo que se tiene que importar de varios países del mundo aunque el Perú cuenta con minerales de boro (boratos) de fácil transformación.
4. Alrededor del 35% de la producción nacional se exporta a diferentes países del mundo, siendo creciente su aceptación.
5. Se debe promover la exploración y sobre todo el beneficio de este importante mineral con la finalidad de abastecer la demanda del mercado nacional competitivamente con su similar

procedente del exterior.

6. La instalación de una Planta de producción de bórax y ácido bórico en Arequipa, se justifica ya que se tiene cerca el yacimiento lo que asegura el suministro de materia prima, por otro lado se cuenta con facilidades para el suministro de reactivos, combustibles, etc. y facilidades para la exportación a través del Puerto de Matarani y se generaría un ciclo ininterrumpido y ascendente de beneficios sociales tanto en la región como en el país entero, aumentando los puestos de trabajo y la demanda de servicios conexos.
7. La exportación de bórax y ácido bórico generaría un aumento en el ingreso de divisas tan necesario para nuestro país.
8. El bórax y ácido bórico tienen en la industria las más variadas aplicaciones, especialmente el primero.
9. El Perú requerirá en el futuro de un abastecimiento de estos productos en orden creciente, otros países integrantes del Grupo Regional Andino como Venezuela y Colombia son actualmente mercados potenciales para la oferta industrial de bórax y ácido bórico, pudiendo el Perú captar dichos mercados al ofrecerle mejores condiciones en precio y seguridad de abastecimiento dentro de las normas vigentes.
10. Ya que se contará con un laboratorio se controlará el proceso tomando muestras del producto al salir del cristizador, a la vez que se controlará el contenido de los sulfatos de calcio

en las aguas madres y al salir del secador.

11. Se podría aumentar la rentabilidad del proyecto recurriendo a líneas de crédito con el fin de reducir la inversión inicial. Otra forma podría ser trabajar en terreno o local alquilado en un inicio.

También se podría reducir los gastos en los rubros de mantenimiento, sobrecarga de planta, sobrecarga de planilla, personal y por último se podría adquirir equipo usado.

TABLAS

TABLA I

CONCENTRACION DE LAS SOLUCIONES ACUOSAS DE ACIDO SULFURICO

=====		
Grados	A 100 partes en peso corresponden, con ácido químicamente puro.	
Bé	% SO ₃	% H ₂ SO ₄
=====		
0.0	0.07	0.09
3.4	3.07	3.76
6.7	6.02	7.37
10.0	8.90	10.90
13.0	11.71	14.35
16.0	14.42	17.66
18.8	17.07	20.91
21.4	19.69	24.12
24.0	22.30	27.32
26.4	24.88	30.48
28.8	27.29	33.43
31.1	29.62	36.29
33.3	31.99	39.19
35.4	34.35	42.08
37.4	36.58	44.82
39.4	38.75	47.47
41.2	40.91	50.11
43.1	42.96	52.63
44.8	44.92	55.03
46.4	46.83	57.37
48.1	48.73	59.70
49.7	50.66	62.06
51.2	52.46	64.26
52.7	54.32	66.53
54.1	56.09	68.70
55.5	57.84	70.85
56.9	59.57	72.97
58.2	61.29	75.08
59.5	63.00	77.17
=====		

TABLA JJ

CONCENTRACION DE LAS SOLUCIONES ACUOSAS DE ACIDO CLORHIDRICO

Grados Bé	Gramos de HCL
2.7	4.13
5.4	8.16
8.0	12.16
10.6	16.15
13.0	20.01
15.4	23.82
17.7	27.66
19.8	31.52
22.0	35.39
24.0	39.11

TABLA III

SOLUBILIDAD DE BICARBONATO DE SODIO EN AGUA

Temperatura (°C)	grs NaHCO ₃ /100 grs H ₂ O
0	6.90
10	8.15
20	9.60
30	11.10
40	12.70
50	14.45
60	16.40

TABLA IV

PESO ESPECIFICO DE LAS SOLUCIONES DE SOSA A 15°/14°C

Peso Especifico kg/lt	Grados Bé	Peso (%)	
		CO ₃ Na ₂	CO ₃ Na ₂ 10H ₂ O
1.007	1	0.670	1.807
1.014	2	1.330	3.587
1.022	3	2.090	5.637
1.029	4	2.760	7.444
1.036	5	3.430	9.251
1.045	6	4.290	11.570
1.052	7	4.940	13.323
1.060	8	5.710	15.400
1.067	9	6.370	17.190
1.075	10	7.120	19.203
1.083	11	7.880	21.525
1.091	12	8.620	23.248
1.100	13	9.430	25.432
1.108	14	10.190	27.483
1.116	15	10.950	29.532
1.125	16	11.810	31.851
1.134	17	12.430	33.600
1.142	18	13.160	35.493
1.152	19	14.240	38.405

TABLA V

RIQUEZA DE LA SOSA COMERCIAL (Relación entre grados)

Gay Lussac	Alemanes CO_3Na_2	Ingleses Na_2O	NaOH
1	1.71	1.01	1.29

TABLA VI

SOLUBILIDAD DEL CARBONATO DE SODIO

Temperatura (°C)	grs CO_3Na_2 cal./ 100 grs H_2O	grs $\text{CO}_3\text{Na}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}/$ 100 grs H_2O
0	6.97	21.33
10	12.06	40.94
15	16.20	63.20
20	21.71	92.82
25	28.50	149.10
30	37.24	237.60
38	51.67	1142.10
104	45.47	539.60

TABLA VJJ

DENSIDAD DEL ACIDO BORICO

Temperatura (°C)	Densidad (gr/cc)
0	1.5463
12	1.5172
14	1.5128
60	1.4165
80	1.3828

TABLA VIJJJ

CAPACIDAD CONDUCTORA DE LA SOLUCION ACUOSA DE
ACIDO BORICO A 18°C Cal/° mol

% de H ₃ B ₃ O ₃	Equivalente en gr/lt	Densidad referida al agua a 4°	10 ⁴ Capacidad de conducción	Coficiente de temperatura
0.776	0.377	1.0029	0.022	0.0231
1.920	0.936	1.0073	0.110	0.0143
2.880	1.409	1.0109	0.210	0.0119
3.614	1.771	1.0131	0.310	0.0075

TABLA IX

PH DEL ACIDO BORICO EN AGUA
A 20°C (68°F)

PH	% de Acido Bórico (en peso)
5.7 - 0.4	0.5
5.3 - 0.2	1.0
4.6 - 0.2	2.0
4.2 - 0.2	3.0
3.9 - 0.2	4.0
3.7 - 0.2	4.65 (saturado)

TABLA X

SOLUBILIDAD DE ACIDO BORICO EN GLICERINA DE

d_{15} : 1260

(para cada 100 gramos)

Temperatura (°C)	gr/mol de H_3BO_3
0	20
10	24
20	28
30	33
40	38
50	44
60	50
70	56
80	61
90	67
100	78

TABLA XI

SOLUBILIDAD DE ACIDO BÓRICO EN AGUA

Temperatura (°C)	% Acido Bórico (en peso)
0	2.70
10	3.52
15	4.16
20	4.65
30	6.34
40	8.17
50	10.24
60	12.94
70	15.75
80	19.06
90	23.56
100	27.53

TABLA XII

CALOR DE DISOCIACION DE ACIDO BORICO
(Cal/mol)

Temperatura (°C)	Calorías
18.2	- 3860
16.4	- 4040
13.6	- 4140

BIBLIOGRAFIA

1. American Potash & Chemical Corporation - Bulletin N° TB - 5
Bulletin N° TB - 6
2. Boletín del Cuerpo de Ing. de Minas, Informe relativo a las pertenencias ubicadas sobre el yacimiento de bórax de la Laguna de Salinas, Jochamowitz Alberto.
3. Brown George "Operaciones en la Ingeniería Química"
4. C.H. Sorum "Introducción al Análisis Cualitativo"
5. Mc Cabe Smith, "Operaciones Unitarias en Ingeniería Química"
6. Chemical Engineering - Dic. 1986
7. Enciclopedia de Tecnología Química, Kirk Othmer. Tomo 3
Pág. 247
8. Enciclopedia de Tecnología Química - John Macketta. Vol. 5
9. Enciclopedia Universal ESPASA. Tomo 9. Pg. 74
10. Enciclopedia de Química Industrial - Tomo 2 - Thorpe Edward
11. Encyclopedia of Science and Technology. Mac Graw Hill Book co. Vol. 2, 1971
12. El Perú Minero "Mario Samamé Boggio" Tomo V - Pág. 825
13. Foust, "Principios de los Procesos Químicos"

14. Handbook of dangerous materials SAX, Remhold Publishing materials, 1951, USA.
15. Hougen - Watson, "Balance de Materia y Energía"
16. Industrial Minerals, Enero 1983 N° 184
17. Inventario Nacional de Sustancias no Metálicas - Anexo 1 Perfiles Económicos - INGEMMET - Dirección General de Geología año 1982 - "Perfil Analítico de Producción, Consumo y Comercio Exterior de Boratos en el Perú" - 1974 - 1977.
18. Kern, "Transferencia de Calor".
19. Lange's Handbook of Chemistry, Norbert Adolph Lange.
20. Manual del Ingeniero Químico, HUTTE
21. Minerals Yearbook, 1972. Vol. 1.
22. Misión Española de Cooperación Técnica Geológico - Minera, 1978 - 1980. Tomo 16 : Asistencia Técnica Minerales no Metálicos.
23. Muspratt, Gran Enciclopedia Química. Tomo XII.
24. Oficina Estadística del Ministerio de Ind. Comercio, Turismo e Integración
25. Perry, J.E. : "Manual del Ingeniero Químico".
26. Technical Methods of Analysis - International Chemical Series Mc Graw - Hill Book Company. 2da. Ed, 1940. (Determinación del Acido Bórico). Roger Castle Griffin.

27. Tratado de Química Aplicada, Víctor Villavechia
28. Ullman Fritz, Tomo II, Pág. 509. Enciclopedia de Química Industrial.
29. Peters, M. S. and K. D. Timmerhouse, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, MC Graw Hill.
30. J. M. Smith, Ingeniería de la Cinética Química. 2da. Edición Cía. Editorial Continental S.A. México.

ANEXOS

ANEXO A

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Planta : Bórax Diseñista : L-A

Nombre y Detalle : Reactor agitado enchaquetado R-1

Función : Llevar a cabo la variación para producción de bórax

Operación : Por lotes Nº Lotes/día : 12

Número de unidades requeridas : 1

Material Manipulado : Boronatrocalcita (ulexita), Agua.

Volumen Total : 4,594 lts/lote

Volumen del reactor : 2,000 gal.

Diámetro del reactor : 1.983 m

Altura del reactor : 2.364 m

Potencia del agitador : 6 HP

Velocidad de giro del rodete : 79.45 rp.m.

Cantidad de vapor requerido : 407.41 kg/hr

Temperatura de operación : 100 °C

Tiempo de residencia : 1 hra.

Material de construcción : Acero al carbón

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Planta : Acido Bórico Diseñista : L-A

Nombre y Detalle : Reactor agitado R-2 enchaquetado

Función : Llevar a cabo la reacción para producción de ácido bórico

Operación : Por lotes Nº Lotes/día : 12

Número de unidades requeridas : 1

Material Manipulado : Boratos de calcio (colemanita), Acido Sulfúrico, Agua.

Volumen Total : 2,494.16 lts/lote

Volumen del reactor : 1,000 gal.

Diámetro del reactor : 1.524 m

Altura del reactor : 2.032 m

Potencia del agitador : 4 HP

Velocidad de giro del rodete : 45.72 rp.m.

Cantidad de vapor requerido : 93.55 kg/hr

Temperatura de operación : 100 °C

Tiempo de residencia : 1 hra.

Material de construcción : Acero inoxidable 304

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Planta : Bórax Diseñista : L-A

Nombre y Detalle : Filtro Prensa de Marcos y Placas F-1

Función : Filtrar los Boratos de calcio (Colemanita)

Operación : Por Lotes Nº Lotes/día : 12

Nº de unidades requeridas : 1

Material manipulado : Solución líquida conteniendo Boratos de Calcio

Volumen de filtrado : 3,705 lts/lote

Volumen de sólidos : 200 lts/lote

ΔP de diseño : 2.04×10^3 kgf/m²

Area del filtro : 21.64 m²

Número de placas : 35 Area de cada placa : 0.61 x 0.61 m²

Tiempo de ciclo : 1.5 hra

Material de construcción : Acero dulce

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Planta : Acido Bórico Diseñista : L-A

Nombre y Detalle : Filtro Prensa de Marcos y Placas F-2

Función : Filtrar los Sulfatos de Calcio

Operación : Por Lotes Nº Lotes/día : 12

Nº de unidades requeridas : 1

Material manipulado : Solución líquida conteniendo Sulfatos de Calcio

Volumen de filtrado : 2,344.5 lts/lote

Volumen de sólidos : 126.8 lts/lote

ΔP de diseño : 2.9×10^3 kgf/m²

Area del filtro : 22.6 m²

Número de placas : 40 Area de cada placa : 0.61 x 0.61 m²

Tiempo de ciclo : 1.5 hra

Material de construcción : Acero inoxidable 316L

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Planta : Acido Bórico Diseñista : L-A

Nombre y Detalle : Evaporador de Tubos Verticales E-2

Función : Concentrar la solución de ácido bórico

Operación : Continua

Nº de unidades requeridas : 1

Material manipulado : Solución líquida de ácido bórico

Velocidad de solución diluida : 1.56 m³/hra

Velocidad de solución concentrada : 1.222 m³/hra

Razón de flujo evaporado : 0.338 m³/hra

Cantidad de vapor requerido : 317.39 Kg/hra

Area del evaporador : 3.38 m²

Material de construcción : Acero inoxidable

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Planta : Bórax Diseñista : L-A

Nombre y Detalle : Cristalizador Swenson Walker C-1

Función : Cristalizar la solución concentrada de bórax

Operación : Continua

Nº de unidades requeridas : 1

Material manipulado : Solución concentrada de bórax

Razón de flujo : 0.833 m³/hra

Temperatura de solución : Entrada : 50 °C Salida: 5 °C

Temperatura de agua de enfriamiento: Entrada: 10°C Salida: 25°C

Flujo de producto : 138.9 kg Bórax/hra

Area del cristalizador : 4.7 m²

Material de construcción : Acero - Forro de caucho

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Planta : Acido Bórico Diseñista : L-A

Nombre y Detalle : Cristalizador Swenson Walker C-1

Función : Cristalizar la solución concentrada de ácido bórico

Operación : Continua

Nº de unidades requeridas : 1

Material manipulado : Solución concentrada de ácido bórico

Razón de flujo : 1.222 m³/hora

Temperatura de solución : Entrada : 50 °C Salida: 5 °C

Temperatura de agua de enfriamiento: Entrada: 10°C Salida: 25°C

Flujo de producto : 118.22 kg A. bórico/hora

Area del cristalizador : 7.2 m²

Material de construcción : Acero inoxidable - Forro de caucho

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Planta : Bórax - Acido Bórico Diseñista : L-A

Nombre y Detalle : Secador de Bandejas S-1

Función : Secar cristales de ácido bórico y bórax

Operación : Por lotes Nº de lotes : 4

Nº de unidades : 1

Material manipulado : Acido Bórico y bórax húmedo

Capacidad del secador : 3,700 kg sólidos/día

Temperatura de material : Entrada : 25°C Salida : 70°C

Humedad del material : Entrada : 0.1 kg H₂O/kg de sólido seco
Salida : 0.04 kg H₂O/kg de sólido seco

Aire secante :

Flujo : Aire seco : 683.25 kg/hra

Humedad : Inicial : 0.04 kg H₂O/kg aire seco
Final : 0.054 kg H₂O/kg aire seco

Altura de bandejas : 14 Area de cada bandeja : 0.837 m²

Nº de carretillas : 3

Longitud de secador : 4 m

Material de construcción : Bandejas de acero inoxidable
Aislamiento : lana de vidrio

ANEXO B

OTRO METODO PARA EVALUAR FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

Costo de Manufactura

Es igual al Costo Directo de Manufactura + Costo Indirecto de Manufactura + Costo Fijo de Manufactura.

Para el Acido Bórico (En base a la producción de un día)

Costo Directo de Manufactura

Materia Prima

Ulexita	750	dólares (considerando el 50%)
Acido Sulfúrico	468	dólares

Total:	1218	dólares

Mantenimiento

95.5 dólares

Mano de Obra

22.5 dólares

Supervisión

12 dólares

Suministros a la Planta

14.5 dólares

Servicios

44 dólares

Total Costo Directo de Manufactura 1406.5 dólares

Costo Indirecto de Manufactura

Laboratorio

4.5 dólares

Sobrecarga de Planta

11.5 dólares

Sobrecarga de Planilla

4.5 dólares

Total del Costo Indirecto de Manufactura : 20.5 dólares

Costo Fijo de Manufactura

Depreciación

127.5 dólares

Seguros

16 dólares

Impuesto a la Propiedad

1.5 dólares

Total Costo fijo de Manufactura : 145 dólares

Costo Total de Manufactura : 1572 dólares

Costo Unitario de Manufactura :

$$\frac{1572 \text{ dól}}{2.2 \text{ Ton}} = 714.5 \text{ dólares/Ton}$$

Para el Bórax

Costo Directo de Manufactura

Materia Prima

Ulexita 750 dólares

Mantenimiento

95.5 dólares

Mano de Obra

22.5 dólares

Supervisión

12 dólares

Suministros de Planta

14.5 dólares

Servicios

30 dólares

Total Costo Directo de Manufactura 924.5 dólares

Costo Indirecto de Manufactura

Laboratorio

4.5 dólares

Sobrecarga de Planta

11.5 dólares

Sobrecarga de Planilla

4.5 dólares

Total Costo Indirecto de Manufactura : 20.5 dólares

Costo Fijo de Manufactura

Depreciación

127.5 dólares

Seguros

16 dólares

Impuesto a la Propiedad

1.5 dólares

Total Costo fijo de Manufactura : 145 dólares
 Costo Total de Manufactura : 1090 dólares
 Costo Unitario de Manufactura :

$$\frac{1090 \text{ dól}}{1.5 \text{ Ton}} = 727 \text{ dólares/Ton}$$

Los Precios de la Competencia Internacional son :

	FOB	CIF	
Bórax	920	1050	\$/Ton.
Bórico	1000	1303	

en cuanto a competencia nacional, sólo se tiene precio para el bórico que es de 950 \$/Ton.

Como podemos apreciar nuestro costo de manufactura por tonelada es menor tanto respecto a los precios de la competencia nacional como internacional por lo que se puede concluir en la ventaja del proceso de fabricación y la real factibilidad de llevar adelante el proyecto.