



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

T E S I S

SEGURIDAD Y RIESGOS EN UNA PLANTA DE  
PRODUCTOS QUÍMICOS PARA TRATAMIENTO  
DE AGUAS

DAVID PAREDES HOYUELA

México, D. F.

1971



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



Universidad Nacional  
Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA  
DEPARTAMENTO DE PASANTES Y  
EXAMENES PROFESIONALES.

PLANTA 1

( APROBACION PARA EXAMEN DE DEFINITIVAMENTE EL TEMA REVISADO)

C. Director Gral. de Servicios Educativos  
Universidad Nacional Autónoma de México.  
Presente.

Me permite comunicar a usted, que el tema de  
T E M A Titulado: CONDICION Y PUNDO EN UNA PLANTA  
DE FERTILIZANTES QUE SE USA PARA TRATAMIENTO DE AGUAS.

que presenta: EL C. RAFAEL HERNANDEZ MEXICANA  
Instituto de la Industria de QUIMICA Y QUIMIA

Fue aceptado por el Jurado nombrado para dicho examen, el cual  
quedó integrado en la siguiente forma:

Presidente Prof: PABLO ROPE Y ROPE  
Vicepresidente : JACOB VILHEIM SIBERON  
Secretario : JOSE SPANER JANCIA CONDE  
1er. Suplente : ESTHER RAMIREZ CASTILLO  
2do. Suplente : MA. ELENA ESTRELLA PALACIOS

A t e n t a m e n t o .  
"POR MI BATA HABLANA EL ESPERITUM"  
Cd. Universitario D.F., a 8 de Julio de 1971

EL JEFE DEL DEPTO. DE PASANTES  
Y EXAMENES PROFESIONALES.

QUIM. JULIO TERAN S.

ST/eqc.

INTEGRACION DEL H. JUZGADO DESIGNADO PARA EL STAMEN,

PRESIDENTE	DR. CARLOS	PABLO BOHLE Y BOYLE.
VOCAL	"	RAMON VILCHIS ZIMBRON.
SECRETARIO	"	JOSHE SPAMER GARCIA GONZALEZ.
1ER. SUPLENTE	"	CUTBERTO RAMIREZ CASTILLO.
2DO. SUPLENTE	"	RA. ELENA ESTEBAN PALACIOS.

ASESOR: DR. RAMON VILCHIS ZIMBRON

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: FAC. DE QUIMICA  
PROVEEDORES TECNICOS, S.A. C.V.

SUSTENTANTE: DAVID PAREDES HOYUELA.

A la Memoria de mi Padre:

Cuyos esfuerzos no fueron vanos.

A mi Madre:

Por la consagración de  
sus más puros anhelos.

A mis hermanos:

Mañl

Lilia

Rafael

y

Amalia.

Por su cariño y entusiasmo.

A mi Abuelita:

Con devoción.

A Carmen Alicia:

Por la nobleza de sus sentimientos.

A mis Maestros:

Con todo respeto.

A mis compañeros y amigos.

Con gratitud:

Inés Méndez.

Glacela Mercado.



## INDICE GENERAL

	Pág.
CAPITULO I.- INTRODUCCION.	2
CAPITULO II.- GENERALIDADES.	7
CAPITULO III.- DESCRIPCION GENERAL DE LA PLANTA.	45
CAPITULO IV.- MATERIALES QUIMICOS EMPLEADOS.	54
CAPITULO V.- HIGIENE Y SEGURIDAD.	84
CAPITULO VI.- ANALISIS DE LOS RIESGOS ACTUALES EN LA PLANTA Y SUS CONSECUENCIAS INMEDIATAS.	92
CAPITULO VII.- CONCLUSIONES.	112
CAPITULO VIII.- BIBLIOGRAFIA.	113

CAPITULO I

## INTRODUCCION

El nacimiento del tratamiento de aguas específicamente para ciertos equipos industriales se originó cuando éstos presentaron al hombre un sinnúmero de problemas y complicaciones, llegando a tal grado las dificultades que hubo la necesidad de iniciar ciertos estudios que lograsen evitar en su totalidad o cuando menos a un porcentaje tal, que todo aquel equipo que requiriera del uso de agua para la industria tuviera un resultado satisfactorio; tanto en el aspecto de conservación de equipo, como de la obtención de un mejoramiento en su producción.

El agua utilizada para procesos industriales, tales como la generación de vapor mediante calderas, el intercambio calorífico bajo el uso de torres de enfriamiento, etc. se le llamó agua "cruda", porque ésta, antes de introducirse a cualquier equipo contiene cierta cantidad de impurezas, que llega a ocasionar problemas como: incrustaciones, corrosiones, formación de depósitos y espumas, ataques de micro-organismos, etc. Se creó la necesidad de "tratar" esa agua "cruda" con el fin de obtener una agua que pudiera ser utilizada satisfactoriamente dentro de los equipos con óptimos resultados. Posteriormente se encontró que no todas las fuentes de agua contenían las mismas cantidades, surgiendo así un tratamiento específico para cada efluente el cual dependía de tres aspectos fundamentalmente.

a) Origen del agua.

b) Lugar o localización territorial.

c) Uso determinado en los equipos.

Los dos primeros aspectos pueden comprenderse mediante el ciclo natural de purificación y contaminación del agua. Ninguno de los orígenes naturales logra obtener una pureza total en el agua obtenida, sino que en su ser o estar puede presentarse ciertas contaminaciones e impurezas que obligan al hombre a buscar su eliminación en las formas más efectivas y económicas posibles.

A partir de la evaporación de los mares, no inicia el proceso de contaminación atmosférica, es decir el vapor del agua al estar en contacto directo con el aire va absorbiendo ciertas impurezas como los siguientes gases: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y oxígeno ( $\text{O}_2$ ) principalmente, los cuales van disolviéndose progresivamente pudiendo llegar a obtenerse cantidades considerables de estos gases. El dióxido de carbono puede frecuentemente ser incrementado bajo la descomposición de materia orgánica y con el contacto de desperdicios industriales. Las nubes son arrastradas bajo la acción del viento hacia las capas terrestres donde ocurre la precipitación fluvial, etapa que no deja de adquirir contaminación de impurezas; principalmente al estar en contacto con las superficies terrestres. Durante la etapa anterior dependiendo del lugar, el agua logra absorber grandes cantidades de las siguientes impurezas: polvo tanto en suspensión, como en dilución; gases, materia orgánica e inorgánica, soluciones ácidas, desperdicios industriales y domésticos, etc.

Posteriormente continúa el agua de lluvia por muy variadas ca-

simon, pero entre los más importantes se encuentran los siguientes:

- a) Ríos.
- b) Manantiales.
- c) Pozos, etc.

Como último paso, las formas anteriores (en su mayoría) retornan a los raras y océanos, cerrando de esta manera el ciclo natural de purificación y contaminación del agua.

Gradualmente se fueron realizando estudios especiales, con el fin de encontrar métodos y sistemas tanto físicos como químicos, — que pudieran lograr una eliminación de las impurezas contenidas en una agua cruda. Así con el transcurso de los años fueron surgiendo-compañías cuya finalidad específica era la creación de metodologías a base de productos químicos, que llegaran a obtener resultados óptimos en el tratamiento de aguas para su uso industrial. Poco a poco se fueron agrupando los diferentes usos, procesos y equipos hasta lograr crear sistemas generalizables, los cuales podían ser aplicados, para cualquier sistema industrial con resultados satisfactorios, tanto que en la actualidad es necesario la aplicación de estos conocimientos para lograr mejoras en la producción y en la seguridad del equipo en sí.

La finalidad de este trabajo consiste en proyectar una serie — de conocimientos que proporcionan en una forma básica y breve todos los aspectos que pueden abarcar en una planta de productos químicos para tratamiento de aguas. Primeramente se enfatiza sobre el uso de métodos químicos y físicos para la eliminación de impurezas en —

una agua "cruda". A continuación se procede a la descripción sobre el funcionamiento, procesos y actividades que transcurren en una planta cuya finalidad es la elaboración de los productos mencionados, indicando en forma amplia sus propiedades, características y usos de cada uno de ellos. Posteriormente bajo un estudio de la organización de Higiene y sistemas de Seguridad de la planta, se procede al análisis de los riesgos y consecuencias inmediatas que provienen para cada uno de los diferentes procesos, concluyendo con aspectos de mejoras en sistemas de seguridad y sus evaluaciones económicas.

CAPITULO III

## GENERALIDADES

El acondicionamiento del agua correspondiente al sistema de generación de vapor, tiene por objeto dar una protección contra los siguientes fenómenos.

1) La formación de incrustaciones y depósitos, sobre las superficies metálicas de transmisión de calor que se encuentran en contacto con el agua.

2) La corrosión ocasionada sobre las superficies metálicas que están en contacto con el agua.

3) La formación de espuma en el agua que pudiera ocasionar la contaminación del vapor.

Desde el punto de vista del tratamiento de aguas, el equipo utilizado para la generación de vapor, se compone por los sistemas denominados, "precaldera" y el de la "caldera" misma... El primero queda constituido por equipos como: calentadores de agua, bombas de alimentación, economizadores, etc. y el segundo lo integran: la caldera en sí, el sobrecalentador, la turbina y el sistema retorno del vapor condensado.

Depósitos... En los sistemas "precaldera" y "caldera", los depósitos se forman a partir de las sustancias que provienen del agua de alimentación, aún cuando pueden estar presentes aveces productos insolubles de corrosión. En el sobrecalentador y en la tur-



bina, los depósitos se forman por la presencia de impurezas de diferentes tipos en el vapor.

Los depósitos pueden encontrarse en el sistema precaldera y en la caldera, o en cualquiera de ambos, adheridos a las superficies metálicas o formando montículos en los tambores de la caldera, en los cabezales de los tubos de las paredes de agua y en otras zonas de cierto estancamiento.

Los depósitos adherentes se denominan "incrustaciones" y los que se encuentran esparcidos en las zonas de relativo estancamiento, se denominan "bolos".

Naturaleza de los depósitos.- Los depósitos formados en las calderas y en los sistemas de agua de alimentación son generalmente mezclas de varios compuestos, aunque uno de ellos puede constituir a veces el 94% de la mezcla. Algunas de las sustancias más comúnmente encontradas en los depósitos de calderas se mencionan a continuación:

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| $CaCO_3$                       | Carbonato de calcio (calcita).             |
| $CaSO_4$                       | Sulfato de calcio (anhidrita).             |
| $Mg(OH)_2$                     | Hidróxido de magnesio (brucita).           |
| $Ca_3(PO_4)_2$                 | Fosfato tricálcico.                        |
| $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2$ | Hidroxifosfato de calcio (hidroxiapatita). |
| $Mg_3(PO_4)_2$                 | Fosfato de magnesio.                       |
| $Mg_3(PO_4)_2 \cdot Mg(OH)_2$  | Hidroxifosfato de magnesio.                |
| $MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ | Silicato de magnesio (serpentina).         |

$Fe_2O_3 \cdot n H_2O$	Oxido férrico (hematita).
$Fe_3O_4$	Oxido ferrosférrico (magnetita).
$Na_2O Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 2H_2O$	Silicato de aluminio y sodio (analcita).
$Na_2O Fe_2O_3 \cdot 4SiO_2$	Silicato de fierro y sodio (acmita).
$5 CaSiO_3 \cdot H_2O$	Silicato de calcio (xonotlita).

La mayoría de estas sustancias son indeseables como componentes de los depósitos. Algunas de ellas pueden tolerarse en porcentajes mínimos, como sucede con la hidroxialumina y la serpentina, - las cuales, bajo condiciones normales de operación de una caldera, - no tienen propiedades adherentes, por lo que pueden eliminarse con relativa facilidad durante las extracciones de fondo.

Efectos de los depósitos.- A continuación se muestran los promedios de la conductividad térmica de algunos de los depósitos de caldera. Estos valores, determinados por el Dr. Partridge de Hall - Laboratories, son comparados con el del acero de caldera:

$BTU \cdot in / (hr \cdot ft^2 \cdot (F/in))$

Analcita	8.8
Fosfato de calcio	25
Sulfato de calcio	16
Fosfato de magnesio	15
Magnetita	20
Silicato de calcio	0.6
Acero de caldera	110

De lo anterior se deduce que los depósitos restringen apreciablemente la transmisión de calor a través del metal, ya que pueden actuar como verdaderos aislantes térmicos entre el metal de la superficie de calentamiento y el agua. En lo que se refiere a depósitos porosos, es probable que la conductividad térmica de tales depósitos dependa de la velocidad de transmisión de calor, ya que a velocidades altas de transmisión, los espacios libres de un depósito poroso llegan a llenarse con vapor y por lo tanto actúan como aislantes. A bajas velocidades de transmisión de calor, su contenido de agua puede darles una mayor conductividad térmica que la que tendrían estos depósitos o incrustaciones cuando no se encuentran en estado poroso.

En cuanto a los diferentes tipos de fallas de tubos de calderas causadas por la acumulación de depósitos o incrustaciones podemos hacer mención a los siguientes:

a) Sobrecalentamiento.- La causa fundamental que origina el daño de un tubo de caldera al sobrecalentar el metal del mismo, no es tanto el esfuerzo o tensión a que se somete el tubo, sino los cambios que tienen lugar en la estructura cristalina del metal, los cuales lo debilitan o lo hacen inapropiado para el tipo de trabajo a que está destinado.

Al elevar la temperatura de un acero de bajo carbono (acero para calderas) hasta  $538^{\circ}\text{C}$  aproximadamente, el carburo de hierro (cementita) comienza a perder su distribución normal y se configura en esferas. Si la temperatura llega hasta  $871^{\circ}\text{C}$  se presenta la descarburización y penetración intergranular de óxido de hierro proveniente

te de las superficies metálicas exteriores. Si el acero se enfría en agua después de haberlo calentado a estas temperaturas superiores al punto crítico inferior que es de  $730^{\circ}\text{C}$  mostrará una estructura denominada martensita, que es una forma muy dura del acero, pero demasiado frágil para ser usada en tubos de caldera.

Al llevar a cabo el calentamiento del metal de la caldera hasta una temperatura cercana al punto crítico inferior, se provoca en el metal la formación de esferas de los carburos de hierro, que hacen que el metal pierda resistencia a la tracción y disminuya el límite de "fluencia viscosa" del material, produciéndose generalmente la ruptura del tubo.

El sobrecalentamiento del metal de los tubos puede ser debido también al fenómeno de "cochón de vapor" formado a lo largo del tubo. Este proceso se lleva a cabo por una circulación inadecuada que no se lleva el vapor producido lo suficientemente rápido como para dejar húmeda la pared del tubo, existiendo una barrera aislante de vapor entre la pared y el agua de la caldera.

Puede causar sobrecalentamiento también el uso de un acero inadecuado para una zona de alta temperatura.

b) Corrosión por concentración y falla por hidrógeno.- La concentración de Alcalí que normalmente se mantiene en el agua de caldera en valores controlados, no corroe ni adelgaza el metal. Es solamente cuando se concentra muchas veces, más allá del punto normal de control, que causa problemas. Esta concentración se presenta bajo un depósito poroso, generalmente óxido de hierro, donde el agua-

se evapora desde el depósito y las sales presentes quedan ocultas en él. Cuando entra más agua de caldera en el depósito poroso, se evapora, quedando las sales o Alcalis dentro del mismo formando una solución altamente concentrada que disuelve la delgada capa de magnetita que normalmente protege al acero y posteriormente disuelve al hierro. El aspecto de este tipo de ataque es un adelgazamiento en forma de canal a lo largo del tubo.

El hidrógeno desprendido puede ocasionar otro tipo de falla. Cuando la corrosión tiene lugar en la interfase metal-agua, el hidrógeno formado puede pasar al agua de la caldera o migrar a través del acero hasta el exterior. Si parte del hidrógeno pasa a través del metal, se encuentra con el carbono presente en el acero formando metano. Este gas, cuya molécula es relativamente grande, no puede pasar a través del acero y permanece atrapado en los espacios inter cristalinos del metal. De este modo se pueden formar presiones tremendas que separan los cristales del metal, debilitándolo hasta que eventualmente falla.

Depósitos en sobrecalentadores y turbinas.- La formación de depósitos en sobrecalentadores y turbinas tiene lugar cuando las sustancias sólidas con arrastradas con el vapor o separadas de él. Son por lo tanto, el producto de impurezas en el vapor, tal como provienen del agua de la caldera arrastrada o bien aquellas sustancias, como sílice, que son solubles en el vapor a presiones más o menos elevadas.

Los depósitos en los sobrecalentadores consisten generalmente en sales y Alcalis secos que estaban disueltos en el agua de calde-

ra mezclados con lodos. Son a menudo de poco espesor y generalmente no son peligrosos en lo que se refiere a la restricción del flujo de vapor, pero pueden causar corrosión por concentración sobre todo en los doblados de los tubos y existe un porcentaje alto de depósitos pasados, estos pueden ocasionar una falla por sobrecalentamiento. Por otra parte puede haber también formación de depósitos en los álabes de las turbinas disminuyendo la eficiencia de estas máquinas.

La contaminación del vapor puede ser causada por arrastre de gotas de agua de caldera al vapor o bien por la disolución directa de sólidos del agua de la caldera en el vapor, principalmente sílice.

La contaminación por arrastre está en función de los siguientes factores:

- a) Contenido de sólidos disueltos en el agua de caldera.
- b) Naturaleza química de los sólidos disueltos.
- c) Contenido de sólidos suspendidos en el agua de caldera.
- d) Diseño de la caldera.
- e) Condiciones de operación de la caldera.

a) La concentración de sólidos disueltos debe limitarse hasta un valor tal, de acuerdo con la presión, condiciones de operación y de diseño, para que no se produzca espuma con el agua de caldera.

b) La naturaleza química de los sólidos disueltos tiene una influencia apreciable en el fenómeno de arrastre. El hidróxido de so

dióxido y el carbonato de sodio tienden a favorecer la formación de espuma si sobrepasan ciertos límites.

b) La materia en suspensión en el agua de calderas tiene tendencia a provocar el fenómeno de arrastre. Se sabe que los precipitados racionales formados pueden producir espuma más fácilmente que aquellas precipitaciones producidos con anterioridad.

d) El diseño de la caldera tiene un efecto marcado sobre la tendencia a la formación de espuma en el agua de caldera y sobre el arrastre. Un espacio insuficiente para el desprendimiento del vapor es uno de los factores más importantes. Las dimensiones del cabezal de vapor, la velocidad del vapor que sale de la caldera y otras condiciones pueden acelerar la formación de espuma y el arrastre.

Se ha observado que la posición de las rampas en el tambor de vapor es importante y el ajuste de ellas debe hacerse con cuidado para evitar fugas de agua en cualquier parte del domo donde pudiera contaminarse el vapor.

Por otra parte se ha visto que el diseño de los separadores de vapor es determinante en lo que se refiere a prevenir el arrastre. Los separadores ciclónicos seguidos por un primero y un segundo paso de lavadores tipo malla, constituyen el mejor sistema de purificación de vapor.

e) Las condiciones de operación de la caldera pueden afectar notablemente la contaminación del vapor. Un incremento repentino en

la demanda de vapor puede ocasionar que el agua del domo se llene de pequeñas burbujas de vapor y el nivel de agua se eleve, dando como resultado el paso de agua de caldera al vapor, con la consiguiente formación de depósitos en el sobrecalentador que pueden traer como consecuencia fallas similares a las que ocurren en tubos de caldera incrustados.

Existen también otros tipos de fallas en tubos de caldera ocasionados por tratamientos de agua inadecuados y por otras causas, las cuales expone en continuación:

Corrosión por oxígeno disuelto.- Cuando en el agua de caldera no mantienen valores de pH mayores de 10.0, como en este caso, la velocidad de corrosión por oxígeno disuelto disminuye considerablemente debido al fenómeno de la formación de hierro pasivo en comparación con lo que ocurre a valores de pH menores, donde dentro de los límites de 4 a 10, la velocidad de corrosión depende fundamentalmente de la velocidad de difusión del oxígeno hacia las superficies metálicas.

Corrosión por esfuerzo.- Cuando un acero sometido a esfuerzo o tensión, cerca o más allá de su límite elástico es expuesto a la acción de una solución concentrada alcalina y caliente, sufre un agrietamiento a través de su trayectoria intergranular. Este efecto se denomina corrosión por esfuerzo y dicho esfuerzo puede ser total o residual en el metal. Algunas veces se produce en el momento de construir o erigir la caldera y puede crear un área en la cual se desarrollan fallas en forma de grietas, si los esfuerzos son suficientemente rigurosos, o dejar el metal expuesto a una corrosión -



posterior acelerada. Otro tipo de esfuerzo o tensión puede desarrollarse debido a las condiciones de operación de la caldera y puede presentarse y desaparecer con cambios en las condiciones de transmisión de calor que originan la expansión y contracción del metal de la caldera.

La soldadura y el doblado de los tubos de una caldera pueden - en algunos casos, producir esfuerzos residuales en el acero que posteriormente conducen a este tipo de falla.

Corrosión en el sistema de vapor condensado.- El condensado es corrosivo generalmente debido a la presencia de impurezas gaseosas en el vapor, ya que estas impurezas se disuelven en el condensado conforme éste se forma.

Las impurezas gaseosas determinantes en los fenómenos corrosivos son el dióxido de carbono y el oxígeno.

Efecto del dióxido de carbono disuelto.- El dióxido de carbono proviene de dos fuentes principales. Se encuentra disuelto normalmente en el agua de alimentación y además se produce por medio de la hidrólisis de los carbonatos y bicarbonatos solubles.

El efecto principal del dióxido de carbono disuelto es el de hacer ácido el condensado, por la formación de ácido carbónico en solución, lo que ocasiona un ataque sobre el hierro del sistema, resultando finalmente un adelgazamiento del metal.

Aparte de los resultados directos del fenómeno corrosivo, ocu-

rran efectos secundarios ocasionados por la presencia de fierro en solución o del óxido de fierro en suspensión que puede llegar a obstruir tuberías y a provocar la acumulación de óxidos de fierro en los tubos de caldera.

Efecto del oxígeno disuelto.- El efecto corrosivo del oxígeno disuelto es mucho mayor que el del dióxido de carbono.

La corrosión del fierro y el acero en medio acuoso se debe a la formación de una red de celdas galvánicas sobre la superficie del metal. El fierro entra en solución en estado iónico y los electrones que se liberan al ocurrir este fenómeno pasan a través del metal a las áreas catódicas, donde forman, con los iones hidrógeno-oxitantes, átomos y moléculas de hidrógeno que tienden a cubrir los cátodos (polarización) y a disminuir así el flujo de corriente y por lo tanto la velocidad de corrosión. Sin embargo, el oxígeno disuelto en el agua se combina con la barrera protectora de hidrógeno despolarizando los cátodos y acelerando así la velocidad de corrosión.

Para evitar estos fenómenos corrosivos es generalmente necesario utilizar un inhibidor de corrosión, previa determinación de la velocidad de corrosión en el sistema mediante testigos de corrosión.

Sistemas de tratamiento.- En la actualidad se ha dividido el acondicionamiento del agua en dos tipos de tratamientos:

- a) El externo.
- b) El interno.

El primero consiste en seleccionar de varios tipos (descritos más adelante) el más conveniente en cuanto a su costo y al tipo de pureza que requieren las necesidades de la empresa. Entre los más importantes tratamientos externos se pueden mencionar:

- 1) El de cal-carbonato en caliente o en frío.
- 2) Suavización.
- 3) Desmineralización.

#### 1.- Proceso cal-carbonato.

En el proceso de cal-carbonato se realiza un ablandamiento, es decir se logra disminuir la dureza constituida primordialmente por las sales disueltas de calcio y magnesio, que son precipitadas y eliminadas por medio de hidróxido de calcio (cal), carbonato de sodio y productos auxiliares (coagulantes).

A continuación se exponen los pasos y reacciones que se llevan a cabo en el ablandamiento químico y los distintos factores que las afectan:

El proceso implica los siguientes pasos:

a) la selección adecuada de los reactivos específicos para precipitar de la manera más eficiente, tanto los iones productores de la dureza, como aquellas impurezas (sílice, materia orgánica, bicarbonatos, etc.), que no son deseables.

b) la aplicación de estos reactivos en las proporciones correctas

tas.

c) El mezclado rápido de los productos químicos con el agua - para formar una mezcla total y uniforme.

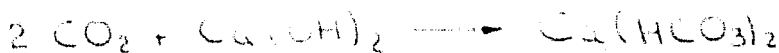
d) Propagación de las reacciones químicas de precipitación mediante la combinación apropiada de coagulación, sedimentación, calor y contacto de fodos.

e) Clarificación del agua por decantación y si no hace necesario, la posterior filtración del agua clarificada.

En la fig. No. 1 puede apreciarse un diagrama de flujo para el proceso cal-carbonato en caliente.

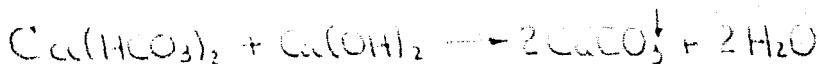
Las reacciones que se llevan a cabo en estos equipos son las siguientes:

I.- Eliminación del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )



Eliminación de la dureza temporal.

II.- Dureza del calcio.



# PROCESO DE UN CAL-CARBONATO EN CALIENTE

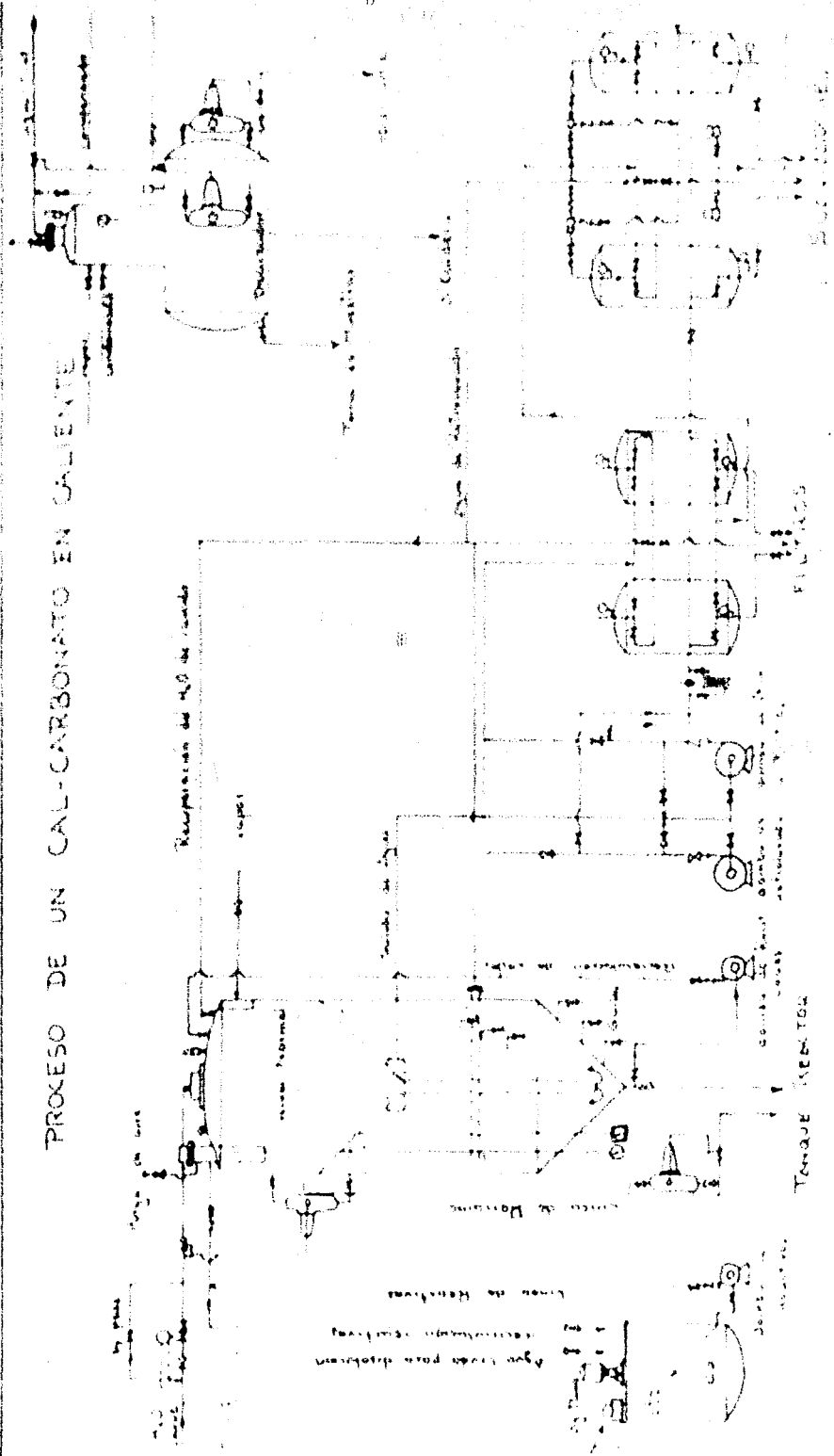
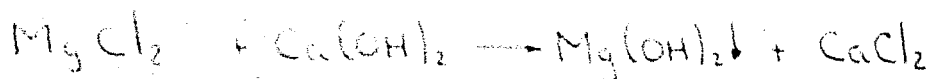
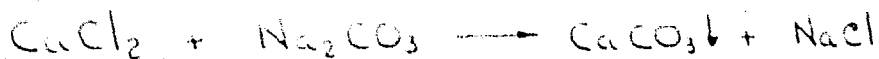
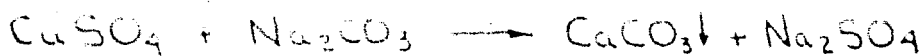


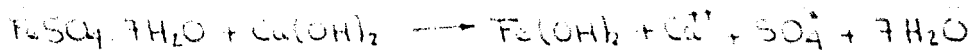
FIGURA N°1

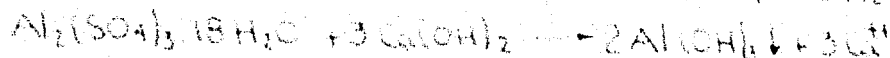
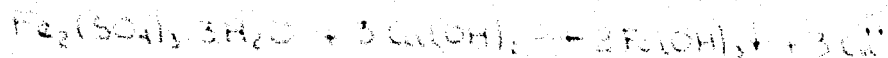


#### IV.- Disminución de la dureza permanente



#### V.- Reacciones de coagulación.-





#### VI.- Reacciones secundarias.-



#### 2.- Suavización.

Este sistema está basado en un proceso de intercambio iónico, el cual se efectúa en los tanques de reacciones iónicas por medio de resina, teniendo la propiedad de cambiar los iones calcio y magnesio del agua, por una cantidad equivalente de iones, sodio o hidrógeno. El proceso es reversible y el material intercambiador puede ser vuelto a su condición inicial mediante una solución regenerante (cloruro de sodio o ácido sulfúrico) según el caso. Las resinas fuertemente ácidas, pueden ser regeneradas con cloruro de sodio o con ácido sulfúrico. (ver fig. 2.).

Reacciones de intercambio para el ciclo sodio:



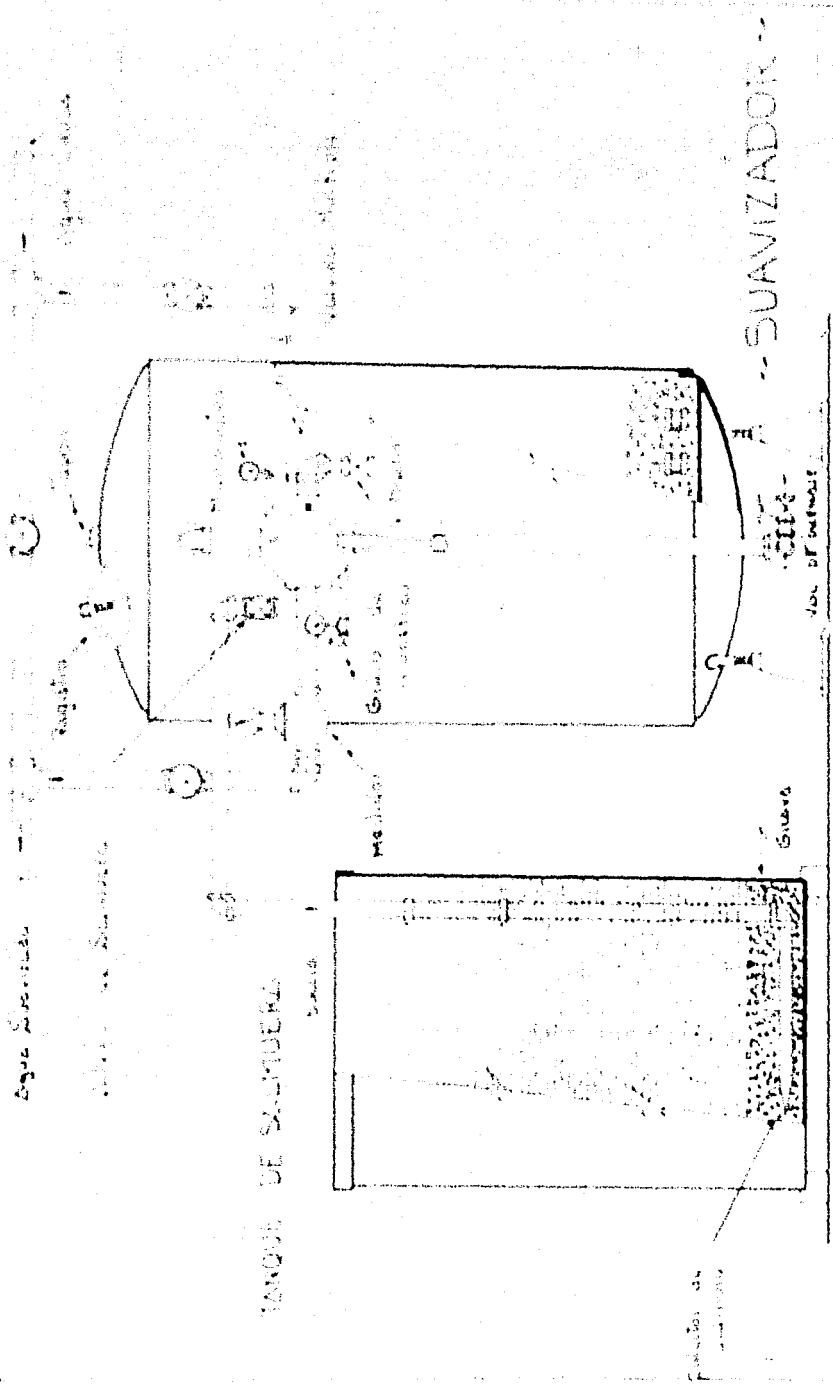
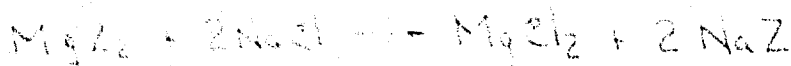


FIGURA N° 2



Donde Z representa una parte unitaria de la resina intercambiable, asociada con un ion renovable e intercambiable. Los aniones no son afectados en este caso.

Durante la etapa de regeneración de la resina tienen lugar las reacciones siguientes:



Para el intercambio del ciclo hidrógeno se tienen las siguientes reacciones durante el servicio.



Para la regeneración:



El ciclo completo del proceso de intercambio iónico lo constituyen las etapas siguientes:

a) Etapa de servicio.- Durante esta etapa el agua pasa a través de la resina de intercambio donde pierde los iones calcio y magnesio, los cuales son substituidos por iones sodio. Una vez que la resina se agota o pierde capacidad de intercambio se pone fuera de servicio y se procede a las etapas subsiguientes.

b) Retrolavado.- Esta operación tiene por objeto reclasificar las partículas de resina y eliminar la materia insoluble o en suspensión que ha sido retenida por la resina durante la etapa de servicio. Para esto se provoca la expansión de la resina dentro del suavizador haciendo pasar agua en sentido contrario al de la etapa de servicio. Esta expansión debe ser el 50% mínimo del volumen de la resina aproximadamente.

c) Regeneración.- El propósito de esta operación es el de llevar o retornar a la resina a su capacidad de intercambio inicial para comenzar un nuevo ciclo. Esta etapa se efectúa haciendo pasar una solución al 10% de cloruro de sodio o ácido sulfúrico a la resina con un flujo de agua previamente determinado.

d) Enjuague.- Esta etapa es necesaria para eliminar el exceso del regenerante y las sales de calcio y de magnesio producidos durante la regeneración, antes de poner en servicio la unidad.

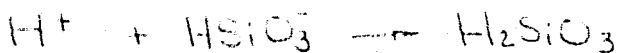
## 2.- Demineralización.

Los sólidos minerales disueltos en el agua están presentes como sales disociadas en cantidades iguales de cationes y aniones.

Al entrar el agua a la columna catiónica, (fig. No. 3) los cationes ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ , etc.) son intercambiados por la resina operando en ciclo hidrógeno, por lo que estos iones hidrógeno, al cambiarse con los aniones forman los ácidos correspondientes que son:  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Este último es eliminado a continuación en una torre desgasificadora mediante un proceso de extracción, reduciendo la presión parcial del  $\text{CO}_2$  mediante la introducción de otro gas diluyente (aire). Posteriormente los aniones son intercambiados a través de una resina aniónica.

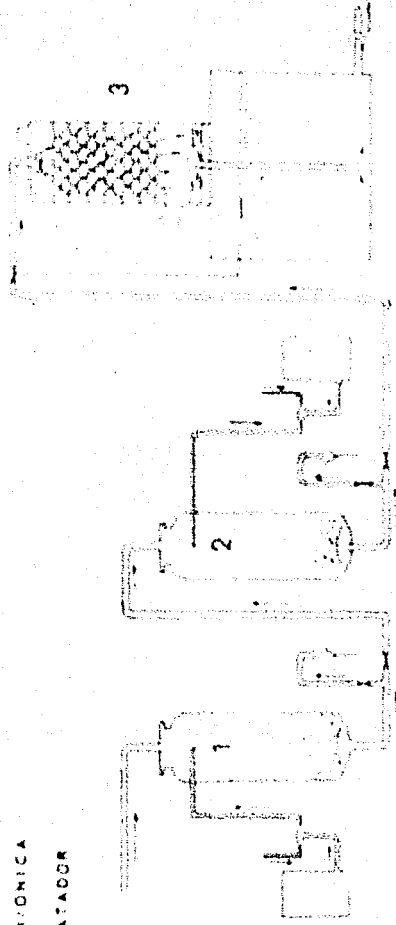
Las reacciones que se llevan a cabo en el proceso son las siguientes:

En la columna catiónica:



# "PLANTA DESMINERALIZADORA"

- 1 - UNIDAD CATIONICA
- 2 - UNIDAD ANIONICA
- 3 - DESCARBONATADOR



TESIS PROFESIONAL	
PROCESO DE DESMINERALIZACION	
David Paredes Hoyuela.	
FAC. B QUIMICA	FIGURA 3
U.N.A.M.	

En la columna aniónica:



Donde Z - Resina base, donde se localizan los sitios de intercambio.

El ciclo completo de un desmineralizador comprende etapas muy similares a las expuestas en suavización.

#### TRATAMIENTO INTERNO:

De todos los tipos de tratamiento externo expuestos anteriormente se puede concluir que necesariamente se tiene un remanente de impurezas, aún cuando el proceso sea considerado como el óptimo. Dependiendo fundamentalmente del previo tratamiento externo dado al sistema, se va a requerir de una adición de productos químicos en la parte interna de la caldera con la finalidad de protegerla contra los fenómenos de incrustación y de corrosión que pudieran formarse dentro de la misma. A esto último se le denomina tratamiento interno.

El sistema caldera se basa en un balance de materiales como se puede apreciar en la Fig. 4, y está constituido por:

# BALANCE DE MATERIA

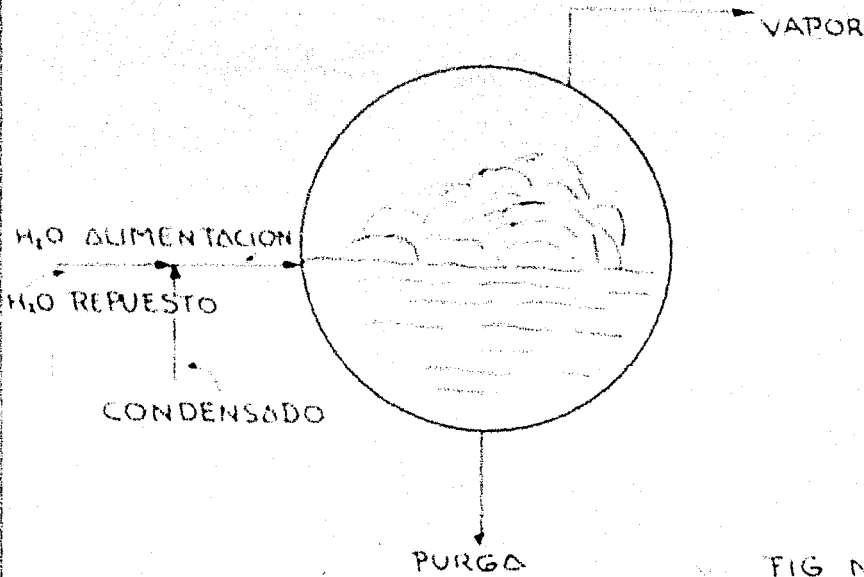


FIG N° 4

## PORCENTAJES

100		
88.7		
19.9		
12.4		
69.6		
64.0		
59.2		
51.9		
53.4		
50.0		
43.3		

$P_2O_5$      $Na_2O$      $H_2O$

## FORMULACIONES

$P_2O_5$

1  $H_2O$  1  $P_2O_5$

2  $H_2O$  1  $P_2O_5$

3  $H_2O$  1  $P_2O_5$

1  $Na_2O$  1  $P_2O_5$

1  $Na_2O$  1  $H_2O$  1  $P_2O_5$

1  $Na_2O$  2  $H_2O$  1  $P_2O_5$

5  $Na_2O$  3  $P_2O_5$

2  $Na_2O$  1  $P_2O_5$

2  $Na_2O$  1  $H_2O$  1  $P_2O_5$

3  $Na_2O$  1  $P_2O_5$

TABLA N° 2

- V - Cantidad de vapor generado.
- C - Cantidad de retorno de vapor condensado a la caldera.
- R - Cantidad de agua de reposito que se requiere para suplir las pérdidas por fugas, evaporaciones, servicios, etc.
- P - El régimen de purga que se necesita para establecer un equilibrio de sólidos contenidos en la parte interna.
- A - Cantidad de agua de alimentación inyectada a la caldera.
- Yr - Es el porcentaje del régimen de purga basado en el agua de reposito.
- Nr - Son los ciclos de concentración que puede tener el agua de reposito.

Matemáticamente:

$$A = R + C \quad (1)$$

$$A = V + P \quad (2)$$

$$R + C = V + P \quad (3)$$

$$Yr = \frac{P}{R}$$

$$Nr = \frac{1}{Yr}$$

Bajo algunos cálculos con las formulaciones anteriores, se estima la ionificación, costos y consumos de los productos químicos -

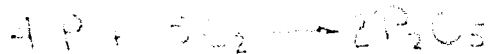
que integran el tratamiento interno.

**Fosfatos.**— Es necesario en todo momento mantener en el agua - de caldera una concentración del radical fosfato ( $PO_4$ ) de acuerdo con sus límites de control especificados, con el propósito de eliminar el calcio en el agua de caldera en forma de hidroxapatita, que es un compuesto insoluble sin propiedades adherentes (lodos suaves), ya que de otro modo se tendría lugar la formación de depósitos que generalmente son incrustantes. La reacción de formación de la hidroxapatita es la siguiente:



A continuación se exponen algunos conceptos sobre los diferentes compuestos de fosfatos y su efectividad en su inhibición del - calcio:

Cuando el fósforo (P) es quemado en presencia de aire, se produce el pentóxido de fósforo, como se aprecia en la siguiente reacción:



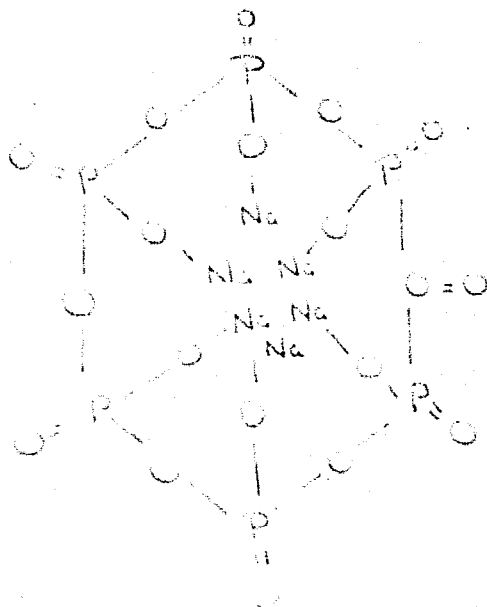
Todos los compuestos derivados del  $P_2O_5$  son aceptables para el acondicionamiento de aguas y a un mayor contenido de éste se tendrá una mayor efectividad. En la tabla No. 1 puede apreciarse una relación de compuestos comparados con un porcentaje contenido de -

$PO_4$



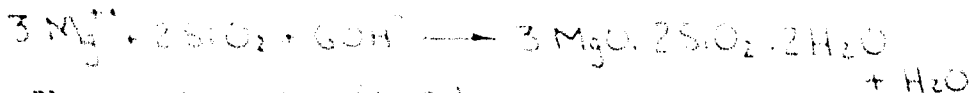
Teóricamente el  $P_2O_5$  sería el más eficiente compuesto, pero presenta el inconveniente de no poderse usar directamente para el acondicionamiento del agua, porque absorbería en forma instantánea-mo del medio ambiente, lo que presentaría un grave problema para su almacenamiento.

Los ácidos orto, meta y piro fosfóricos son los siguientes - compuestos con un mayor contenido de  $P_2O_5$  pero su problema radica en su propiedad altamente corrosiva. Posteriormente el hexametafosfato de sodio, viene a constituir un compuesto con menor cantidad de problemas en su manejo, almacenamiento y alimentación.



La eliminación del  $Mg$  como dureza en la parte interna de la caldera se realiza fundamentalmente con sílice, formando un compuesto suave no adherente llamado serpentina.

Suficientemente:

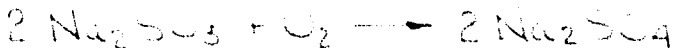


El contenido de sílice ( $SiO_2$ ) dentro de una caldera deberá estar en función de:

- 1) La concentración del ion  $Mg^{++}$  en el agua de alimentación.
- 2) La presión de trabajo mantenida en el interior del equipo.

Sulfato de sodio.- Este compuesto tiene la propiedad de inhibir la corrosión ocasionada por el oxígeno disuelto en el sistema - precaldera y en la caldera misma.

Su reacción es la siguiente:



Antiespumantes.- La utilización de estos productos es conveniente con el objeto de prevenir la formación de espuma en el agua de la caldera, la que traería como consecuencia inmediata el arrastre de sólidos en el vapor, con el consiguiente peligro de formación de depósitos en turbinas, líneas de vapor y algún otro equipo que se encuentre en contacto con el vapor.

### Límites de control.-

Para mantener adecuadamente la dosificación y el consumo de los productos anteriores, es necesario mantener un límite de control de cada uno de ellos en el agua de caldera, muestra que generalmente no adquiere de la purga continua.

### Control de fosfatos y sulfitos.-

Entos al estar presentes en muestras colectadas, nos aseguran la ausencia de calcio y oxígeno en el agua de la caldera.

### Control de la alcalinidad.-

La alcalinidad debe controlarse cuidadosamente también dentro de ciertos límites con los propósitos siguientes:

a) Evitar fenómenos corrosivos por bajo pH en el sistema precaldera y en la caldera misma.

b) Favorecer la formación del fierro pasivo de la caldera en contacto con el agua, que no es más que la formación de una película protectora de óxido de fierro (magnetita) esencial para el funcionamiento adecuado de la caldera.

c) Mantener la sílice como silicato de sodio soluble impidiendo así la precipitación de sílice libre en la caldera.

d) Proporcionar los iones  $\text{OH}^-$  necesarios para la formación de

lodos no adherentes.

e) Evitar una formación excesiva de espuma en el agua de caldera, lo que tendría lugar si se operara a valores mayores del límite superior.

#### Control de sílice.-

El valor de la sílice será siempre ligeramente mayor al de fosfato en el agua de la caldera, sin sobrepasar su límite máximo, el cual está en función de la presión interna de la caldera.

Relación sílice/fosfato.- La concentración de sílice en el agua de caldera debe ser lo suficientemente alta en relación a las concentraciones de carbonatos y fosfatos para que se separe, como fase sólida, el silicato de magnesio y no el hidróxido, hidrosilicofosfato o fosfato de magnesio, ya que los lodos que contienen estos compuestos tienden a adherirse a las superficies de la caldera. Como contraste el silicato de magnesio, virtualmente amorfo y extremadamente insoluble, precipitado de una agua de caldera alcalina, se forma y permanece disperso en el agua como un lodo que no puede eliminarse fácilmente con la purga. Probablemente es la gran insolubilidad de este compuesto la responsable de la poca adherencia del lodo, pues la precipitación completa ocurre rápidamente en el seno del agua de la caldera.

Sólidos disueltos.- Una concentración elevada de sólidos disueltos en el agua de la caldera provoca generalmente, debido a un abatimiento de la tensión superficial, la formación de espuma por

lo cual debe mantenerse por debajo del valor máximo en lo que se refiere a sólidos disueltos según los límites de control.

#### Ciclos de concentración y régimen de purga.-

Se entiende por ciclos de concentración el número de veces que se puede concentrar el agua de repuesto en la caldera. Estos ciclos dependen fundamentalmente de un componente del agua de la caldera.

El régimen de purga es la proporción de agua de la caldera que hay que eliminar para mantener los ciclos de concentración determinados.

El cálculo de estos ciclos y el régimen de purga correspondiente se basa en la composición analítica del agua de repuesto a la caldera y los límites de control químico especificados para el agua de la misma.

#### SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO.

El acondicionamiento del agua para un sistema de enfriamiento está fundamentado en evitar los siguientes fenómenos:

- a) Incrustaciones y depósitos.
- b) Corrosión metálica.
- c) Crecimiento biológicos.
- d) Ataque químico y biológico en la madera de una torre de enfriamiento.

Incrustaciones y depósitos.— En un sistema de enfriamiento — pueden formarse depósitos como resultado de la existencia de materia orgánica o inorgánica en suspensión en el agua. La formación de depósitos en el sistema puede verse agravada si no existe un control biológico adecuado, ya que la presencia de bacterias y algas contribuye a la acumulación de los depósitos sirviendo como aglutinante — las sustancias mucilaginosas formadas por ellas.

Las incrustaciones y depósitos en sistemas de enfriamiento pueden consistir de sales precipitadas del agua de enfriamiento o bien de productos de corrosión formados ya sea en el mismo lugar o en otras partes del sistema. Las aguas de enfriamiento normales forman carbonato de calcio bajo condiciones de calentamiento y/o de elevación del pH o la alcalinidad de agua. La adición de metafosfatos o polifosfatos inorgánicos pueden dar una concentración suficiente de ortofosfato y ocasionar depósitos de fosfato tricálcico. El magnesio del agua puede ocasionar formación de depósitos como hidróxido de magnesio y de silicato de magnesio si el pH es elevado.

La sílice presente en el agua cruda puede precipitar como  $\text{SiO}_2$  si se sobrepasa una determinada concentración en el agua de circulación al pH correspondiente, ya que existe una relación cuantitativa entre el valor de pH y el máximo de sílice permisible. Si se mantiene un valor de sílice dado, en equilibrio con un determinado valor de pH, y se disminuye el valor de este último, hay la posibilidad de que se precipite la sílice para mantener el equilibrio  $\text{SiO}_2/\text{pH}$ .

El metal puede ser factor determinante para la corrosión o grado de incrustación, por ejemplo el cobre o sus aleaciones casi no —

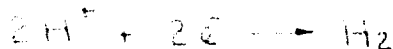
no presentar fenómenos corrosivos.

**Corrosión.**— Cualquier superficie metálica expuesta al contacto con el agua, muestra una tendencia a dar al líquido iones metálicos electropositivos, dejando en el metal electrones. La reacción para este proceso puede ser escrita como sigue:



representando  $M$  al metal,  $M^+$  los iones metálicos y  $e^-$  los electrones. Si los electrones pueden separarse del metal en un punto adyacente a aquel donde la reacción anterior tuvo lugar, esta reacción puede continuar con más disolución del metal. Tal separación de electrones puede efectuarse en dos formas:

1.— Mediante la unión con iones hidrógeno en solución formando hidrógeno molecular de acuerdo con la reacción siguiente:



Esto es lo que sucede en el tipo de corrosión denominada "evolución de hidrógeno".

2.— Mediante la reacción con oxígeno y agua para dar iones oxhidrilo de acuerdo con la reacción siguiente:



Esto es lo que sucede en el tipo de corrosión denominada "absorción de oxígeno".

En estos tipos de corrosión, el metal se disuelve gradualmente en los puntos donde la reacción (1) está teniendo lugar, mientras - en los puntos adyacentes el hidrógeno molecular está desarrollándose con la consiguiente reducción de la acidez del medio, o el oxígeno es absorbido produciéndose ácidos oxihídrico con el consiguiente - aumento de alcalinidad. Los iones  $H^+$  que se requieren para la "evolución de hidrógeno" están siempre presentes en las soluciones acuosas, sin embargo la "absorción de oxígeno" no puede efectuarse a no ser que haya un abastecimiento continuo de oxígeno disuelto, como es el caso de una torre de enfriamiento.

Por lo anterior es evidente que sobre toda la superficie del metal se desarrolla un conjunto de pequeñas celdas, el metal se corroe y entra en solución como iones metálicos electropositivos y la electricidad negativa o electrones liberados fluyen en el metal hacia las áreas catódicas en donde se forman el hidrógeno molecular y los iones oxihídrico. Los iones metálicos se difunden en la solución y pueden reaccionar con sustancias disueltas para producir precipitados insolubles. Por ejemplo, los iones  $Fe^{2+}$  provenientes de las áreas anódicas reaccionan con los iones  $OH^-$  producidos en los cátodos, o ya presentes en el agua, para dar hidróxido ferroso algo soluble; este compuesto es rápidamente oxidado mediante el oxígeno disuelto formando óxido férrico hidratado insoluble, que es el producto de corrosión final.

Tales precipitados insolubles pueden detener la reacción de corrosión si se producen en forma de película adherente, pero frecuentemente son encontrados en puntos distantes de donde se encuentra el área anódica corroída.



### Corrosión ocasionada por depósitos.

Este tipo de ataque es una forma especial de "abstracción de oxígeno" que provoca un ataque más o menos profundo en el metal (pitting) localizado debajo de depósitos de diferentes tipos. Esto es debido a la formación de células de aeración diferencial, que no es más que una diferencia de concentración de oxígeno disuelto entre dos puntos localizados sobre la superficie del metal. El metal situado debajo del depósito llega a ser anódico con respecto a la parte catódica que no está cubierta, debido a que este último puede recibir más fácilmente un completo abastecimiento de oxígeno. El resultado es el desarrollo de una célula de corrosión en donde el metal - bajo el depósito pasa a la solución.

Son susceptibles de este ataque corrosivo los condensadores y enfriadores tubulares, especialmente los de tubos horizontales manejando agua con saturación en suspensión a bajas velocidades y bajo condiciones favorables para la formación de colonias bacterianas.

Control de crecimientos biológicos.- Los organismos vivos están presentes en todas las fuentes naturales de agua. Las condiciones apropiadas para que los crecimientos biológicos se desarrollen a menudo proporcionadas por las aguas industriales, lo que puede traer consecuencias serias, algunas de las cuales se citan a continuación:

1) Formación de sustancias mucilaginosas, bacterias en las superficies de intercambio térmico, la cual reduce la transmisión de calor.

2) Reducción de la eficiencia de las torres de enfriamiento de agua, como resultado de crecimientos de algas y de sustancias mucilaginosas bacterianas sobre las paredes y rejillas, lo cual interfiere con la distribución uniforme del agua.

3) Ataque sobre la madera de las torres de enfriamiento por hongos, lo cual a largo plazo ocasiona su destrucción.

4) Corrosión del metal y del concreto por crecimientos de bacterias de fierro y de sulfuros.

5) Formación de depósitos sobre las superficies de los tubos que producen obstrucciones o incrementan la potencia requerida para el bombeo.

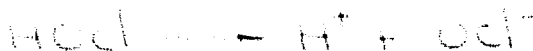
Para prevenir estos y otros problemas debe adoptarse un método de control de crecimientos biológicos.

Cloración.- El procedimiento de cloración para aguas industriales difiere notablemente del procedimiento para agua potable, ya que en aquel se busca fundamentalmente que el cloro sea llevado o distribuido por el agua sobre las superficies en las que los crecimientos han comenzado, manteniendo concentraciones altas durante períodos de tiempo suficientes para asegurar la destrucción de los crecimientos existentes y prevenir nuevos desarrollos.

Cuando el cloro es disuelto en agua, se hidroliza rápidamente formando ácido clorhídrico y ácido hipocloroso:



El ácido hipocloroso se disocia parcialmente dando iones hidrógeno e iones hipoclorito.



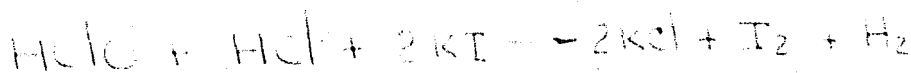
El cloro molecular disuelto, el ácido hipocloroso no ionizado y los iones hipoclorito existen juntos en estado de equilibrio. Las proporciones relativas entre estos están determinadas por el pH y la temperatura.

Se considera que la propiedad esterilizadora del cloro en aguas es debida a las moléculas del ácido hipocloroso no disociadas, la proporción de cloro aprovechable presente en la forma de ácido hipocloroso, depende del valor del pH. En particular, ya que la proporción de ácido hipocloroso es de casi 100% a un pH de 5.0, la esterilización alcanzaría su máxima eficiencia a este pH. Normalmente se recomienda llevar a cabo el proceso de cloración a un pH máximo de 6.5.

La base de la efectividad del cloro en la destrucción de crecimientos biológicos, es la del ataque del cloro a los grupos "Aminicos", presentes en las proteínas y aminoácidos.

#### Terminología:

Cloro aprovechable.- Es el cloro equivalente al yodo liberado del yoduro de potasio en solución ácida, según las reacciones siguientes:

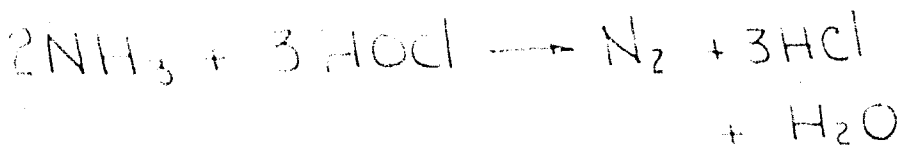
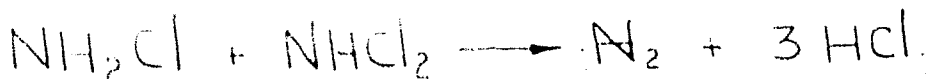


Este término se usó fundamentalmente para diferenciar el ion cloruro, el cual no tiene efecto alguno en la cloración y las diferentes formas de cloro activo.

Cloro residual.- Es el cloro en la forma de cloro elemental, ácido hipocloroso o ion hipoclorito, o una mezcla de estos tres en cualquier proporción.

Cloro combinado.- Es el cloro que reacciona con el amoníaco y al completarse esta reacción (breakpoint), una adición mayor de cloro libre residual.

Las reacciones químicas que tienen lugar están en función del pH y de la relación amoníaco/cloro.



Ahora bien, es recomendable complementar siempre el tratamiento de cloración con adiciones periódicas de productos de microbicidas específicos, de acuerdo con el problema particular de cada sistema.

GENERALIDADES SOBRE CLARIFICACION DE AGUAS.

Cuando un agua de río o lago, se va a utilizar para beber, para enfriamiento u otros usos industriales, es necesario clarificarla, esto es eliminar las partículas en suspensión que contiene, ya que las partículas grandes, tales como arena, son fácilmente eliminadas por asentamiento, el problema fundamental en la clarificación de aguas, es eliminar las partículas coloidales estabilizadas que pueden ser arcillas, lodos, cuerpos coloridos, óxidos de fierro o manganeso precipitados, bacterias, algas, etc.

Prácticamente se puede considerar como coloides cualquier material finamente dividido y en suspensión que no se pueda separar por sedimentación o filtración del medio dispersante. Las partículas pueden ser moléculas o materiales moleculares que son considerados más grandes que las moléculas, pero son suficientemente pequeñas para poseer propiedades diferentes de las dispersiones más gruesas.

Como las partículas coloidales son muy pequeñas, su superficie de contacto en relación a su masa es muy grande; resultado de esta gran área, que los fenómenos de superficie predominan y controlan el comportamiento de las suspensiones coloidales al grado que los efectos gravitacionales sobre ellas se consideran despreciables. Entre las propiedades que exhiben los coloides, para el propósito de

clarificación de agua, interesan las siguientes:

- 1.- El movimiento browniano.
- 2.- Adsorción.
- 3.- Propiedades eléctricas.
- 4.- Propiedades electrocinéticas.

Destrucción de dispersiones coloides.- De acuerdo con las propiedades de los coloides enunciadas, las dispersiones coloidales se pueden destruir de 4 maneras posibles:

- 1.- Por ebullición.
- 2.- Por congelación.
- 3.- Por adición de electrolitos.
- 4.- Por precipitación mutua, mediante la adición de un coloide de carga opuesta.

1.- Ebullición.- A menudo por ebullición se logra la coagulación de las partículas coloidales, esta acción aparentemente no se debe a una reducción en el potencial  $Z$ , (fuerza repelente entre partículas) sino más bien a una modificación en el grado de hidratación de las partículas. Este método de destrucción de coloides, no se puede utilizar en la clarificación industrial del agua, por ser demasiado costoso.

2.- Congelación.- El método de destrucción por congelación, no basta en que durante el proceso de congelación, se forman cristales de agua pura y de esta manera los materiales coloidales y cristalizados son llevados a una condición de mayor concentración, como

la suspensión coloidal viene a ser más concentrada; el potencial  $Z$  requerido para mantener la estabilidad, aumenta y como al mismo tiempo la concentración de electrolitos se incrementa, tiende a reducir el potencial  $Z$ , del cual se viene a traducir en la coagulación de los coloides.

3.- Adición de electrolitos.- El método más práctico y comúnmente utilizado en tratamiento de agua para destruir dispersiones coloidales, es agregar electrolitos o polielectrolitos al agua por tratar. La acción que tienen los es la de reducir la zona de influencia de las partículas cargadas y la cantidad mínima de electrolito, requerida para lograr la floculación, es llamada valor flocuante; este último depende principalmente de la clase de carga de las partículas, ya sea positiva o negativa y de la valencia. Y en menor escala de las propiedades específicas de los iones de carga opuesta del electrolito floculante.

4.- Precipitación mutua.- En el método de precipitación mutua, es necesario agregar una cantidad equivalente de coloides de carga opuesta para poder llevar a cabo una coagulación completa. Este método no se puede utilizar en la clarificación industrial de agua, por los grandes volúmenes de agua que habría necesidad de manejar y el tipo requerido para la floculación de las dispersiones coloidales, que es relativamente largo.

CLARIFICACION.- Para la clarificación industrial de aguas, se utilizan diferentes equipos que trabajan de manera semejante; en estos equipos los reactivos químicos para la clarificación, mezclados con el agua a alta velocidad para asegurar una rápida dispersión el

agua con los reactivos, pasa después a una zona de mezcla de más ba la velocidad, en donde empieza la formación del flóculo y finalmen- te a una zona en donde el movimiento es menor y los flóculos amen- tan de tamaño y densidad, y empiezan a sedimentarse. Cuando los fló- culos son de tamaño microscópico y empiezan a crecer, atrapan subs- tancias indeseables que se quieren eliminar del agua y de esta mane- ra ayudan a la clarificación.

Para obtener una clarificación óptima se requiere llegar a un- equilibrio complejo en el cual intervienen muchas variables: algu- nas de estas son: El contenido de materia orgánica y mineral en el agua cruda, la temperatura del agua, tamaño de las partículas, tur- bididad, reactivos que se utilizan para clarificación, el orden de - adición de los mismos, la presencia o ausencia de flóculos ya forma- dos, el procedimiento de mezclado y asentamiento y la carga a que - se trabaja el equipo.

La mejor guía para hacer una evaluación rápida del tratamiento, mejor y más económica para clarificar un agua en particular, es ha- ciendo pruebas de coagulación.

Las pruebas de coagulación consisten en tratar de simular en el laboratorio, las condiciones de operación de un equipo clarificador, para esto a una muestra fresca de agua se le añaden los reactivos - químicos a probar, se agita durante 3 minutos a 100 revoluciones por minuto, para simular la zona de mezcla rápida, luego se sigue agitan- do por 5 minutos a 50 revoluciones por minutos, para simular el movi- miento creado por las palas del agitador de un clarificador, des- pués de esto la velocidad de agitación se reduce a 20 revoluciones -



por minuto, durante 10 minutos para producir la fase final de la -  
floculación y por último se para la agitación y se espera 3 minutos,  
para evaluar la velocidad de asentamiento. Después de esta última -  
operación se hacen las observaciones que se consideren más convenien  
tes, como lo pueden ser.

- a) Tamaño del floculo.
- b) Tiempo de sedimentación.
- c) Cantidad de floculo formado.

CAPITULO III

## DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA

La Compañía de Proveedores Técnicos, S. A. de C. V. tiene actualmente sus oficinas ubicadas en el Distrito Federal y con una planta productora de sustancias químicas para los usos descritos en el capítulo anterior.

Como primer punto, se puede hacer una breve descripción sobre el asesoramiento y servicios que presta la compañía a las industrias:

Se tiene un cuerpo integrado por un grupo de ingenieros especializados en la materia y cuya función radica en asesorar paso por paso todo el sistema de tratamiento de aguas que sea solicitado. Para esto se cuenta con un laboratorio totalmente equipado para proporcionar los servicios analíticos deseados.

La planta elaboradora de los productos químicos localizados en una superficie de 1500 m<sup>2</sup> cuenta con el siguiente personal activo:

- 1 Ingeniero de mantenimiento.
- 1 Supervisor.
- 1 Químico laboratorista.
- 1 Oficinista.
- 12 Obreros de producción.

En una forma generalizada no pueden dividirse las actividades en varios procesos:

- a) Hexametáfosfato de sodio.
- b) Polimerización.
- c) Polvos.
- d) Laboratorio.
- e) Almacén.

En la figura No. 5 se encuentran localizadas y ubicadas las secciones mencionadas.

- a) HEXAMETÁFOSFATO DE SODIO.

Equipo: 1) Un tanque reactor soportado por una estructura metálica alcanzando una altura aproximada de 6 metros.

- 2) Una báscula conteniendo el equipo anterior.

3) Un tanque de ácido fosfórico, con todos los accesorios para su bombeo.

- 4) Un horno refractario calentado por diesel atomizado.

- 5) Un extractor para la suspensión de gases.

6) Un cristizador rotatorio con un diámetro aproximado de 1.5 metros.

- 7) Un local para la trituración de cristales.

- 8) Sección de envase.

~ DESCRIPCION ~

- 1 - Oficinas.
- 2 - Laboratorio
- 3 - Cuarto de Balanzas
- 4 - Sanitario
- 5 - Taller Mecánico
- 6 - Zona de Almacenamiento
- 7 - Cuarto de Mezclas
- 8 - Torre de Enfriamiento
- 9 - Tanque Reactor
- 10 - Horno
- 11 - Ventilador
- 12 - Cristallizador Rotatorio
- 13 - Patio Trasero
- 14 - Secador
- 15 - Tanque de reaccion N° 1
- 16 - Tanque de reaccion N° 2
- 17 - Tanque de reaccion N° 3
- 18 - Tanque para  $H_2PO_4$
- 19 - Tanque para  $H_3PO_4$
- 20 - Tanque de Almacen de Diesel.
- 21 - Baños
- 22 - Zona de maniobras.

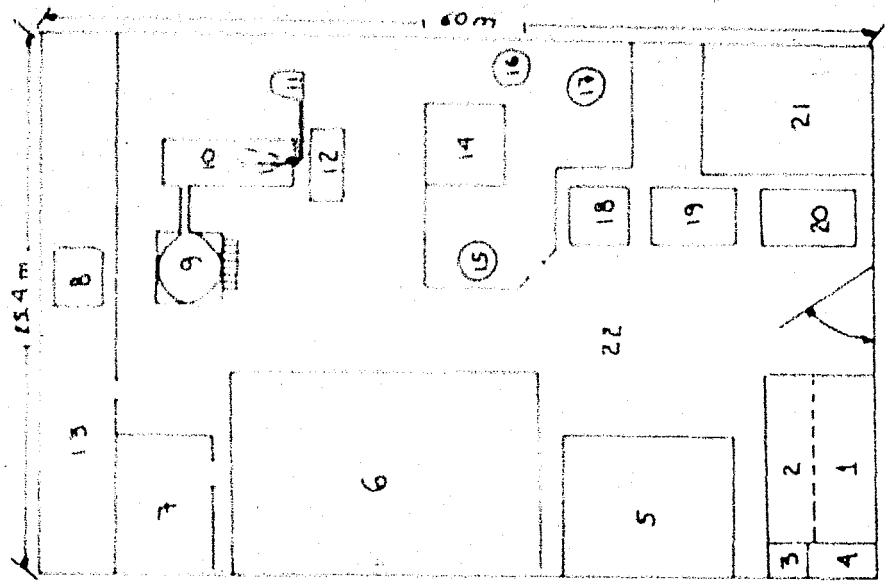


FIGURA N° 5  
DISTRIBUCION DE LA PLANTA

9) Tanque de almacenamiento de combustible, con todo lo necesario para su manejo.

#### Breve Descripción del proceso:

Mediante una báscula que actúa exclusivamente para la estimación del peso del reactor vacío y posteriormente bajo el llenado del mismo, con ácido fosfórico, es agregado una cantidad predeterminada de carbonato de sodio. Después de obtener una reacción química adecuada, se pasada la mezcla lentamente a través de una canal hasta la entrada de un horno, el cual con su diseño a base de un pequeño declive permite un flujo natural del compuesto elaborado (líquido cristalino) hasta la salida del mismo.

El hexametáfosfato de sodio (líquido) es pasado a un cristallizador rotatorio (enfriado por agua) para obtener una serie de cristales que son triturados en un local especial, ya que estos al encontrarse aun calientes pueden saltar provocando fuertes quemaduras en la piel.

En envase se efectúa en sacos reforzados, ya sea en su forma cristalina o en polvo finamente triturado.

Los riesgos que se presentan en una carga completa con una duración promedio de 2 horas son los siguientes:

- a) Caídas a diferente nivel.
- b) Quemaduras.
- c) Inhalación de polvo de carbonato de sodio.

d) Inhalación y asfixiación por los vapores calientes expulsados durante la reacción.

e) Incendio.

Equipo de protección: además de la localización de tres extinguidores para combate contra incendios, se cuenta con un equipo personal especial, cuyo uso es de carácter obligatorio, ya que estadísticamente se encontró como la reacción que mayor número de accidentes presenta. Este equipo está integrado por: zapatos especiales (totalmente de cuero) para evitar que los cristales calientes se adhieran al calzado, guantes, lentes protectores, mascarillas, cascos de alto impacto y uniformes resistentes al trabajo.

b) POLIMERIZACIÓN.

Equipo.-

1) Tres tanques reactor con capacidad variable de 500 litros - (fibra de vidrio), 400 y 300 litros (acero inoxidable. El segundo de ellos (400 l.) equipado con un aislamiento térmico para evitar pérdidas de calor y con un serpentín interno para proporcionar una atmósfera inerte en la solución, a base de inyección de nitrógeno.

2) Un secador tipo cajón, calentado a base de un atomizador de diesel.

3) Una serie de mallas o canas, diseñadas especialmente para colocar al polímero húmedo antes de su secado.

- c) Cuenaduras por agentes químicos.
- d) Riesgos mecánicos.

El equipo de protección es igual al descrito en el proceso anterior solo que las mascarillas protectoras no se consideran como una obligatoria, debido a que no se presentan riesgos por vaporizaciones tóxicas. Además en esta zona no permite el uso de material fabricado a base de gule.

#### e) POLVOS.-

Esta sección es la menor en cuanto a lo que se refiere a superficies de trabajo, pero es la que mayor riesgo presenta para enfermedades profesionales, especialmente por la inhalación de polvos en la vía respiratoria. En un local herméticamente cerrado ( ) por 2 metros) se tienen los siguientes equipos: una mezcladora de aspen, utilizada para la elaboración de productos combinados. Un molino de martillos (pulverizador) el cual realiza toda la trituración de sólidos o cristales de cierto tamaño.

Aquí se hace estricto el uso de mascarillas contra polvos, ya que el método de extracción para finos (extractores), no puede ser considerado 100% efectivo.

#### d) LABORATORIO.-

Para la preparación de reactivos químicos con fines analíticos, aparentemente no presentan riesgos de graves consecuencias pero debido al punto de vista toxicológico, en el manejo de sustancias con -



propiedades tóxicas, se pueden presentar casos por inhalación o simplemente accidentales por quemaduras. Aquí el equipo de protección personal no puede especificarse de uso normal, sino que el personal especializado en la preparación de compuestos deberá tener los conocimientos para apreciar la potencialidad de riesgo, ocasionado en el manejo de una determinada sustancia, y en base a esto hacer el uso pertinente del equipo protector.

#### e) ALMACÉN.

Esta sección abarca la mayor parte de la superficie total, donde son almacenadas todas las producciones, tanto como las elaboradas en la planta como las recibidas de importación.

Los envases están constituidos por tres tipos: sacos de 50 kg., cubetas de 30 kg., y latas, botellones y tambores para líquidos con capacidades de 18, 20 y 100 litros respectivamente. Los riesgos que se presentan actualmente quedan descritos en los capítulos subsiguientes, en donde se indican las formas más adecuadas en el manejo y almacenamiento de estos recipientes en especial.

La Compañía con respecto a su organización de Higiene y Seguridad cuenta con una comisión permanente, integrada por: un representante obrero, un representante directivo, y un interventor.

Su fundación fue ordenada el 9 de Marzo de 1967 por indicación superior del Departamento de Hombres Profesionales e Invalidos del I. R. S. S.

En la actualidad se efectúan sesiones periódicas mensuales en donde se comentan los adelantos, riesgos y accidentes de la compañía colocando claramente cada uno de los acuerdos de la junta.

Además de contar con las actas constitutivas anteriores, se efectúan exámenes médicos completos en periodos anuales con la finalidad de localizar indicios de enfermedades profesionales originadas por el manejo de los productos mencionados en el capítulo IV.

CAPITULO IV

## MATERIALES QUÍMICOS INDUSTRIALES

Es muy importante tener en cuenta algunos fundamentos toxicológicos fundamentales, aplicables a las sustancias químicas utilizadas en la industria del tratamiento de aguas. Estos compuestos pueden ser a nivel de los grupos, las materias primas y los productos terminados, ya que generalmente se tienen materiales suficientemente tóxicos, para generar enfermedades profesionales.

La toxicología se dedica a determinar la concentración máxima permisible de un compuesto, ya sea líquido, sólido o gaseoso, que pudiera ocasionar riesgos profesionales al hombre que los trabaja. Para la determinación de estos límites, se han tomado datos experimentales de animales, a los que se les aplicaron ciertas dosis (ppm; tomada como unidad) de alguna sustancia, por diferentes vías de administración como lo pueden ser: la cutánea, subcutánea, intramuscular, intravenosa, intraperitoneal, inhalación y oral.

**D.M.L.** - Dosis mínima letal: Es la cantidad de un compuesto, que provoca la muerte; a uno de un grupo de animales, los que fueron sometidos a la misma prueba.

**D.M.L. 50%** Es la dosis necesaria para provocar la muerte al 50% de un grupo experimental de animales.

**D.L. 100%** Es la toxicificación requerida para causar la muerte al 100% de los animales en experimentación.

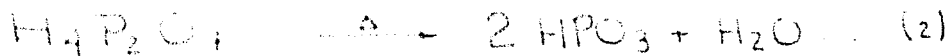
A continuación se enumeran algunas propiedades y características de los compuestos más comunes, utilizados en la industria de la elaboración de productos destinados al tratamiento químico de aguas.

## GRUPO I:

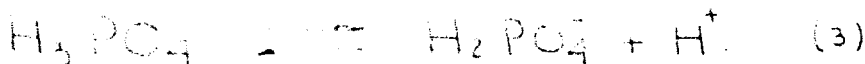
MATERIAS PRIMAS.1.- Acido fosfórico (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Fórmula: H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

Generalmente se presenta en forma líquida, muy viscosa y concentrada, de propiedades extremadamente corrosivas, razón por la cual su manipulación requiere de ciertas precauciones. Es un compuesto muy estable, pero puede llegar a descomponerse a una temperatura de 250°C produciendo el ácido pirofosfórico y posteriormente este último, por calentamiento se transforma al ácido metafosfórico, como puede apreciarse en las siguientes reacciones:



El ácido ortofosfórico, es soluble en toda proporción con el agua, ocurriendo su ionización, de la siguiente forma:



Su constante de ionización es igual a K = 7.3 x 10<sup>-3</sup> y su anhídrido es el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, cuyo producto de hidrólisis es el siguiente:





En la reacción anterior de hidrólisis no sólo interviene el  $\text{H}_3\text{PO}_4$  y el  $\text{P}_2\text{O}_5$ , sino que generalmente van acompañados los otros óxidos del fósforo, como: el piro, trí, hepta, etc.

Entre las propiedades de todos los ácidos del fósforo, encontramos que no son reductores y que sólo tienen un poder oxidante. El  $\text{H}_3\text{PO}_4$  puro, ataca los metales nobles como el oro, platino, etc.

## 2.- Carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

Propiedades:

Peso molecular:

Hidratado = 286.16

Anhidro = 106.0

Grado de solubilidad:

a 20° C = 21.4 gr.

a 100° C = 45.5 gr.

Sistema cristalino:

monoclínico.

Estado físico:

Sólido blanco, eflorescente al aire.

Punto de fusión:

35.1° C.

Punto de ignición:

800° C.

Densidad:

Hidratado 1.5

Anhidro 2.4

Tiene propiedades alcalinas, por el efecto provocado en su

reacción de hidrólisis:



1.- Acido clorhídrico.

Propiedades físicas:

Fórmula química: HCl

Peso molecular: 36.5

Solubilidad a 15° C: 459 l

Punto de Ebullición: 81° C.

Estado físico: Gas incoloro.

Temperatura crítica: 52° C.

Presión crítica: 83 atm.

Densidad: gaseoso 1.26 gr/cm<sup>3</sup>  
 líquido 1.098 gr/cm<sup>3</sup>

Su preparación industrial está basada esencialmente en tres operaciones, las cuales se pueden resumir en:

- a) La producción del gas clorhídrico.
- b) La dilución o condensación del anterior en agua.
- c) Purificación del Acido obtenido.

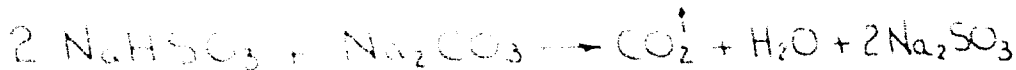
Entre sus características que se deben tomar en cuenta para su prevención como reactivo químico están: En su forma líquida al estar en contacto con el aire produce humos, teniendo consecuentemente irritaciones en las vías respiratorias cuando se inhala en peque

En cantidades, a fuertes concentraciones se presenta un problema de intoxicación. No es combustible, características que ocasionan normalmente un descuido en su almacenamiento y manejo. Es altamente soluble en agua dando una coloración amarillenta leblada a la presencia del hierro férrico.

Como propiedades químicas en dilución concentrada adquiere características químicas como la de atacar la mayor parte de los elementos de carácter metálico.

#### 4.- Sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ )

Generalmente se le prepara neutralizando el sulfito ácido de sodio con carbonato de sodio, en la forma como se puede apreciar en la reacción siguiente:



Entre sus propiedades más importantes están: la de ser un compuesto altamente secuestrante de oxígeno, es decir es fuertemente reductor. Su aspecto en su forma anhidra, la cual se considera como la más estable, es de cristales incoloros monoclinicos con siete moléculas de agua. Es soluble, alcanzando a disolver aproximadamente unos 13 gr. de sulfito de sodio en 100 partes de agua, notándose que su producto de solubilidad aumenta conforme se eleva la temperatura.

No presenta problemas toxicológicos primarios.



### 4.- Metasilicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

El silicato de sodio sólido (compuesto más común de todas las combinaciones del ácido silícico y el sodio), en su forma comercial, se presenta en pedruzcos de estructura vítrea, amorfa, solubles en agua. Cuando llega a contener óxidos férricos cambia su aspecto a un color verdoso. Las disoluciones del silicato de sodio son de consistencia espesa, al secarse forman masas duras de aspecto vítreo no deliquescente.

Su obtención industrial se basa en la fundición de arena cuar-  
zosa (silice) juntamente con carbonato de sodio o sulfato de so-  
dio y carbón de madera.



### 5.- Sulfato de zinc ( $\text{ZnSO}_4$ )

Es un polvo blanco anhidro de una densidad aproximada de  $3.49/\text{cm}^3$  altamente soluble en agua produciendo reacción ácida a la solución y en poco soluble en alcohol. Su cristalización es en forma de pris-  
mas rómbicas transparentes, teniendo una débil eflorescencia con el ai-  
re, y en el vacío a  $100^\circ\text{C}$ . Pierde a perder hasta 6 moléculas de a-  
gua, alcanzando otra molécula más de agua a una temperatura de  $200^\circ\text{C}$ .

Alcansa su descomposición cuando se encuentra al rojo vivo deján-  
do como residuo el óxido de zinc, desprendiéndose anhídrido sulfuro  
so, sulfúrico y oxígeno. No presenta síntomas de toxicidad en el  
cuerpo humano.

La preparación industrialmente es bajo el tratamiento al metal de zinc con ácido sulfúrico diluido, obteniéndose un compuesto con un alto contenido del sulfato, se suada a una lixiviación. En caso de que el producto tienda a contener sales de hierro y de cobre se puede eliminar tales impurezas durante la dilución en presencia de tiras metálicas de zinc.

### 7.- Óxido de zinc (ZnO)

La denominación química es el óxido de zinc o óxido de zinc, y puede presentarse en dos variedades:

- El óxido primario.
- El óxido secundario.

La diferencia radica en que el primario tiene un mayor contenido de moléculas de agua en su estructura molecular, constituyendo una diferencia de densidades entre sí: 1.55 y 1.61 respectivamente.

La preparación puede realizarse a partir de:



### 8.- Óxido de zinc (ZnO)

En su presentación sólida tiene una forma de hojuelas blancas - de aspecto cristalino, con una densidad aparente de 2.33 gr./cm<sup>3</sup>. - Disuélvase fácilmente en agua y en alcohol, siendo un compuesto fuertemente higroscópico, por su forma de absorber la humedad contenida -

en la atmósfera. Probense en disecación total a una temperatura de 100° C. Para su manejo deben tomarse algunas medidas preventivas como: el uso de guantes, mascarillas protectoras para la cara, zapatos y ropa adecuada, ya que la cosa sónica produce fuertes quemaduras sobre la piel.

ANEXO 2

EXPERIENCIA TECNOLÓGICA.-

Debido a ciertas situaciones creadas por la competencia activa de otras compañías y a las políticas establecidas por la misma empresa, generalmente a los productos elaborados se les proporciona un "secreto comercial" para su clasificación, con la finalidad de no mostrar al mercado las formulaciones de sus compuestos. Por estas razones, se exponen a continuación una serie de productos elaborados por la compañía de Procederes Químicos, S. A. de E. U. la que se encuentra establecida en México por más de 10 años y cuyos fines es básicamente en la industria del tratamiento de aguas, con una supervisión de la Calson Corporation de los Estados Unidos.

1.- Resina 2004

Uso: Limpieza industrial para calderas.

Descripción: Es un polvo alcalino pesado de formulación especial.

Propiedades: Se le usa para eliminar aceites, grasas y otros escombros contenidos en equipos que no han sido operados, aunque se tiene la versatilidad de usarse en aquellos que han estado en uso continuo.

La composición permite que se obtengan los siguientes resultados:

a) Todo el calcio es precipitado como fosfato de calcio, conjuntamente con el magnesio como hidroxapatita y de propiedades no adherentes.

b) Todo el nitrógeno es eliminado como silicato de magnesio, comúnmente llamado serpentina, con igual característica de no ser incrustante.

c) Todo el aceite es saponificado o dispersado, conjuntamente con los sales anteriores.

d) No se tiene corrosión por bajo pH, ya que se mantiene una solución alcalina dentro de la caldera.

Alimentación: Generalmente se utiliza el BI-4 durante el hervor de la caldera, agregándose en cantidades proporcionales el agua de llenado. La solución de alimentación es de fácil preparación, ya que es completamente soluble con agua. Su control está en función de los valores de la alcalinidad, obtenidos por métodos analíticos en muestras del agua de la caldera.

Propiedades:

Apariencia:	polvo blanco granular pesado
pH en solución al 1%	11.5
Densidad:	1.48 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad en agua:	131 g/l

Toxicología: Debido a sus fuertes propiedades alcalinas, las -

soluciones preparadas con HCl, deben ser manejadas con las mismas precauciones como el fluido cosa oxidativa. Generalmente en contacto con la piel, produce quemaduras.

#### 4.1. Medidas antiespumantes del

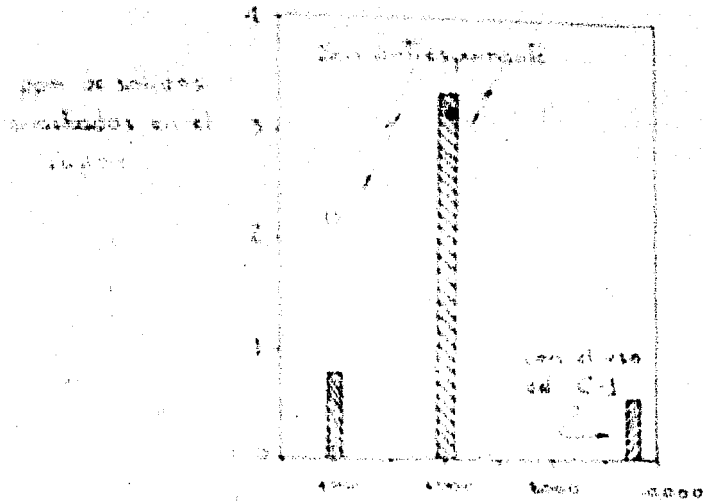
Para evitar la formación de espuma en interior de las calderas.

Generalidades: Normalmente se presentan ciertos factores químicos y/o mecánicos que tienden a producir la formación de espuma, entre los más importantes podemos mencionar a los siguientes:

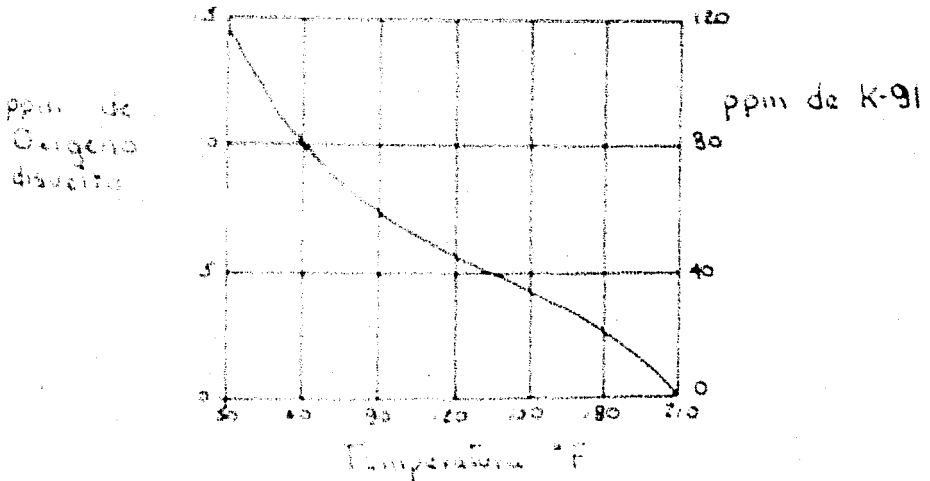
- a) Exceso de concentración de disolventes químicos.
- b) Gran cantidad de sólidos en suspensión.
- c) Alta elevada alcalinidad en la solución.
- d) Existencia de algunas contaminaciones orgánicas.

La función del antiespumante, consiste en romper las burbujas rápidamente, liberando mínimizar la tensión superficial de estas, obediencia consecuentemente un mejoramiento en la circulación del agua reduciendo el arrastre de espuma, que es lo que ocasiona la contaminación del vapor cuando por sus adiciones contenidos.

El uso del antiespumante del se justifica desde el punto de vista de costos, proporcionando una mejor protección al equipo, una reducción en el mantenimiento de este último y consecuentemente una eficiencia de operación, ya que puede operarse calderas con un alto contenido de sólidos en solución tener un mínimo de arrastre, como se ilustra en el cuadro No. 3.



Gráf. N° 2 Solares Totales (Microgramos/l) en Agua de Caldera



GRAF N° 1 Solubilidad del Oxígeno en el Agua  
en equilibrio con la atmósfera de agua a la presión atmosf.

**Descripción:** Es un producto líquido orgánico de alto peso molecular, diseñado especialmente para controlar la formación de espuma y reducir el arrastre de sólidos con el vapor generado.

**Propiedades:**

Apariencia	Líquido incoloro.
Densidad	1.04 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad	En todas proporciones.
pH en solución al 1%	6.5 a 7.5
Viscosidad	11 cps a 25°C

**1.- Nombre: Antylock.**

**Uso:** Para la prevención de depósitos e incrustaciones formados en el interior de las calderas, a causa de la dureza contenida en el agua de alimentación.

**Descripción:** Es un polvo blanco granular, con un alto contenido de una fuente de fosfatos (hexametáfosfato de sodio) y con una proporción de un polímero acondicionador para los lodos.

**Propiedades:** Retarda la formación de depósitos e incrustaciones de calcio, mediante la formación de un lodo suave, no adherente, llamado hidroxapatita ( $5Ca_3(PO_4)_2$ ), el cual, bajo su acondicionamiento con el polímero mencionado, se realiza su eliminación con relativa facilidad durante las extracciones del fondo de las calderas.

**Ventajas:** Bajo una comparación con los productos comerciales -

En el caso de el tratamiento interno de calderas, se pueden enumerar las siguientes ventajas:

a) Es lo fácil control a base de determinaciones colorimétricas de muestras tomadas en agua de caldera.

b) No contiene dispendiosos orgánicos que pudieran interferir con los lavados de lavado.

c) Reduce la tendencia de precipitación de los óxidos metálicos.

d) El lodo formado es estable ante el calor, es decir no se carboniza.

e) Por ser un producto soluble seco, se minimiza su costo de empaque.

El método de aplicación estará en función del contenido de Ca, en el agua de alimentación y su punto de aplicación óptimo será directamente al fondo de la caldera. La solución preparada no debe rebasar de un 10% de concentración y el agua de dilución no deberá superar de 10.1%. Se recomienda agitación continua para obtener una mayor homogeneidad del producto.

#### Propiedades:

Apariencia	Sólido blanco granular.
Densidad	0.7 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad	Hasta un 10% en peso.



Elaboración de...	100	100
...	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

Densidad	1.00 g/cm <sup>3</sup>	
Estabilidad	10% en peso en agua.	
Viscosidad en sol. al 10%	de 1.2 ore a 18°C	
sol. en sol. al 1%	12 ± 0.5	
Tiempo de secado	+ 20 mm	15
	+ 100 mm	90
	+ 150 mm	11
Concentración	Líquido espeso	

Nombre: Talcum (hexametafosfato de sodio).

Descripción: Es un sólido blanco, cuya fórmula condensada es -  $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{35}$  y su preparación se realiza a partir del ácido fosfórico, disueltos en un 40% mínimo de agua, y con un total de impurezas; según a un 0.1% generalizadas.

usa:

Para la eliminación y control del tipo de propiedades adherentes.

Se utiliza la estabilización del fierro y magnesio, antes de ser agregados a agentes oxidantes (color) provocando óxidos metálicos que se dispersan en el medio al agua.

Por ser un concentrante de iones metálicos, como el calcio, aluminio y magnesio, se evita en las formulaciones de detergentes, - dando la dureza del agua causa varios problemas a estos.

Continúa:

1) Es un compuesto aceptado por la Food and Drug Administration de los Estados Unidos (Administración de alimentos y medicamentos) para el uso en procesos donde el vapor tiene contacto directo en alimentos.

2) Fácil de llevar su control de identificación.

#### Alimentación:

Su consumo estará en función de las necesidades requeridas por cada sistema. Es un producto cuya presentación original es en cristales, pero se puede lograr obtener a formas granulométricas y pulverizadas, con las siguientes propiedades diferenciales:

Forma	Tamaño	Densidad
Salmon - Cristales	Irregulares desde $1/2''$ a $2''$ y con espesor de $1/2''$ a $2''$	1.25 g/cm <sup>3</sup>
Salmon - Granular	90% agrava de 10 Mesh 10% agrava de 20 Mesh	1.25 g/cm <sup>3</sup>
Salmon - pulverizada	100% agrava de 20 Mesh	1.02 g/cm <sup>3</sup>

#### Propiedades:

Apariencia	Blanco
Solubilidad	En cualquier proporción.
pH en sol al 1%	6.8 a 7.1
Almacenamiento	lugares secos.
Forma empacada	Ver especifica No. 2

6.- Nombre: CaO (óxido de calcio catalizador)

Uso: Desoxigenación de oxígeno.

Descripción: Es un sólido granular, compuesto por sulfato de sodio en un grado iónico y un catalizador que aumenta la velocidad de reacción del sulfato con el oxígeno en el agua de alimentación a cualquier temperatura.

Este producto elimina las trazas del oxígeno disuelto previniendo la corrosión en calderas, economizadores, bombas y líneas de agua de alimentación.

Ventajas:

1) El X-51 reacciona a velocidades muy superiores con respecto al sulfato de sodio comercial, propiedad que le permite usarse para la protección corrosiva en calderas que se encuentren fuera de operación.

2) Este producto tiene la característica de dar a la solución un pH ácido para la efectividad del catalizador.

3) Puede ser usado en sistemas de agua fría.

4) Es fácil de controlar en base a sus valores residuales obtenidos analíticamente.

Alimentación:

La solución es de fácil preparación (periodos de 8 hrs. prefe-

restamente y puede ir acompañado de otros productos químicos sin que sea afectado su agente reductor. Su consumo está en una relación de 3:1 con respecto al óxígeno disuelto y sus sistemas de alimentación pueden ser de los siguientes materiales de construcción: Acero al carbón, plástico, o acero inoxidable.

#### Propiedades:

Composición química del K-91

Sulfito de sodio	91.0% mínimo
Humedad	0.2% máximo
Agua insoluble	2.0% máximo
Electro total	0.3% máximo
Sulfato de sodio	4.2% máximo
Cobalto	0.006 ± 0.005%

Equivalencia de $\text{CaO}$	46.2% mínimo
Forma física	Polvo café claro
Tamaño particular	10% - 100 mesh
	86% - 100 mesh

Densidad	1.1 $\text{g/cm}^3$
pH en sol. al 10%	7.4 (± 0.1)
Solubilidad	Arriba del 30% en peso a temperatura ambiente.
Almacenamiento	Lugar fresco.

La gráfica No. 1 nos muestra con respecto a la temperatura las ppm de óxígeno disuelto y las ppm de K-91 necesarias para secuestrar ese oxígeno en agua.

7.- Nombre: Inhibidor de corrosión CS

Uso: Para controlar el ataque corrosivo a tuberías, válvulas, bombas, intercambiadores de calor, etc., produciendo una película protectora en todos los puntos de exposición en materiales como: acero, cobre, aleaciones de cobre, aluminio y bronce. También previene depósitos orgánicos sobre superficies, evitando la formación de células galvánicas. Proteger las conexiones soldadas a cualquier temperatura, cuando se haya usado soldadura dura (95/5 de cromo y níquel) respectivamente o soldadura suave (50/50 de plomo y estaño).

#### Compatibilidad:

- 1) Es compatible con soluciones de alcohol y con anticongelantes fabricados a base de glicoles. No forma lodos.
- 2) Es fácil manejar, no es tóxico para la piel en su contacto normal.
- 3) No contiene aromáticos, no produce coloración al agua tratada.

#### Indicaciones:

Generalmente se recomienda usar inicialmente 1/2 kg. para cada 100 litros de agua del sistema, al agregar o disminuir nuevamente una carga de producto, está basada en el control analítico de aproximadamente 100 ppm mínimas del producto en forma residual, más un continuo control del pH (no menor de 7.0). En el sistema de batería es preferible determinar periódicamente la cantidad de átomos equivalentes totales para prevenir un exceso de concentración.

## Propiedades:

Aspecto	Sólido granular de color café claro.
Densidad	1.26 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad	100.4 gr. en 1.254 lt. a 24°C.
pH en sol. al 1%	7.5 mínimo
Materia insoluble	Menos de un 0.1%
Tamaño de partículas	100% a través de malla No. 16 100% a través de malla No. 30
Almacenamiento	lugares secos

S. - Nombre: NI-100

Uso: Es un inhibidor de corrosión basado en un efecto de neutralización para sistemas de vapor condensado.

Descripción: Es un compuesto líquido alcalino integrado principalmente por una amina primaria volátil, con un 99% de efectividad.

Propiedad: Neutralizar los efectos corrosivos, especialmente - el del dióxido de carbono, como puede apreciarse en la siguiente - reacción química:



o también:



Estequíometricamente 1.02 kg. de NI-100 reacciona con 0.454 kg. de CO<sub>2</sub>. Su proceso neutralizante queda ampliamente descrito en el Capítulo II.

## Propiedades:

Aspecto	Líquido incoloro
Densidad	0.86 g/cm <sup>3</sup> a 25°C
Solubilidad	En toda proporción.
Punto de cristalización	11.7°C
Punto de ebullición en solución	90°C a 102°C
Punto de ignición	47.8°C
pH en solución al 1%	10.4
Control químico	Manteniendo un pH entre 8.3 a 9.0 en muestras colectadas en condensado.

Precaución: Por ser sumamente inflamables deberá mantenerse en recipientes cerrados para evitar su volatilización y consecuentemente su ignición.

9.- Nombre: Inhibidores de corrosión tipo película

Form. P-112.

Descripción: Son productos orgánicos a base de aminas fílicas volátiles de cadena larga destinados para el control corrosivo de - sales disueltas en sistemas de vapor condensado. La selección del - producto depende de las necesidades particulares del problema.

Aplicaciones: Al ser agregados al agua de alimentación de la - caldera, volatiliza con el vapor, para depositarse posteriormente en - forma de una película protectora sobre las superficies metálicas - las se encuentran en contacto con el vapor condensado. La forma de - inhibir la corrosión es mediante la formación de una barrera antihu



resistente entre el metal y el condensado, es decir, de esta manera - la película impermeable impide el contacto de líquido directamente con el metal protegiendo inclusive al cobre y sus aleaciones.

La diferencia de uno con respecto al producto NL-100 mencionado anteriormente, es que hay sistemas que no pueden soportar valores altos de pH.

#### Ventajas:

- 1) Se logran reducir costos de mantenimiento.
- 2) Se eliminan paros imprevistos y consecuentemente pérdidas - en la producción.
- 3) Se tiene un mejoramiento en la transmisión de calor eliminando antiguos productos de corrosión.
- 4) Son productos aceptados por la U. S. Food and Drug Administration para su uso en sistemas cuyo vapor vive en contacto - con alimentos a excepción de la leche y sus derivados.

#### Requisitos:

El F-99 está basado en utilizar inicialmente 1 ppm en vapor - generado. El producto líquido NL-100 es alimentado en 8 ppm en base al vapor generado. La efectividad de estos productos es óptima - en valores de pH que se encuentran dentro de un rango de 4.0 a 8.5.

#### Alimentación:

Estas suspensiones deberán ser deshidratadas independientemente a cualquier procedimiento químico para tratamiento.

El  $\text{CaCl}_2$  hidrato, debe ser disuelto previamente con condensado cuya temperatura no exceda de los  $37^\circ\text{C}$  y la concentración de la solución no mayor del 2%. Se recomienda mantener una temperatura no superior a  $37^\circ\text{C}$  con el fin de estabilizar la emulsión.

El  $\text{CaCl}_2$  líquido, puede ser diluido en cualquier proporción - con condensado a una temperatura de  $15^\circ\text{C}$  a  $46^\circ\text{C}$  el uso de agitación debe ser usual.

La alimentación de ambos puede realizarse en cualquier punto - del mismo agua de caldera-vapor-condensado siempre preferentemente - se debe aplicar en el agua de alimentación.

#### Propiedades del $\text{CaCl}_2$ .

Aspecto	Residuos ligeramente amarillentos
Densidad	$0.3 \text{ g/cm}^3$
Dispersibilidad	Hasta el 2% en peso a $76^\circ\text{C}$
pH en solución al 1%	5.0 a 6.0
Rango de Operación	$17^\circ\text{C}$ a $75^\circ\text{C}$

#### Propiedades del $\text{CaCl}_2$

Aspecto	Líquido viscoso
Densidad	$0.485 \text{ g/cm}^3$
Dispersibilidad	Completa a cualquier conc. en agua - destilada hasta $16^\circ\text{C}$ a $46^\circ\text{C}$

Las emulsiones deberán ser estabilizadas independientemente a cualquier producto químico para tratamiento.

El F-205, sólido, debe ser disuelto previamente con condensado cuya temperatura no exceda de los  $37^{\circ}\text{C}$  y la concentración de la solución no mayor del 2%. Se recomienda mantener una temperatura no menor a  $33^{\circ}\text{C}$  con el fin de estabilizar la emulsión.

El F-205 líquido, puede ser diluido en cualquier proporción - con condensado a una temperatura de  $16^{\circ}\text{C}$  a  $46^{\circ}\text{C}$  el uso de agitador debe ser usado.

La alimentación de ambas puede realizarse en cualquier punto - del ciclo: agua de caldera-vapor-condensado aunque preferentemente - se debe aplicar en el agua de alimentación.

#### Propiedades del F-205.

Aspecto	Esencias ligeramente amarillentas
Densidad	0.9 g/cm <sup>3</sup>
Dispersibilidad	Hasta el 2% en peso a $76^{\circ}\text{C}$
PH en solución al 1%	5.0 a 6.0
Rango de función	$33^{\circ}\text{C}$ a $75^{\circ}\text{C}$

#### Propiedades del F-125

Aspecto	Líquido viscoso
Densidad	0.985 gr/cm <sup>3</sup>
Dispersibilidad	Completa a cualquier conc. en agua - destilada desde $16^{\circ}\text{C}$ a $46^{\circ}\text{C}$

pH en solución al 1%      5,5  
 Viscosidad                    2800 cps a 25 °C  
 Punto de ebullición        200 °C

#### Control:

Bajo determinación del colorímetro del producto residual en muestra tras la condensación. También puede tenerse el método de probadores de corrosión con los que se interpretan con bastante exactitud, las condiciones del equipo y del sistema.

El almacenamiento deberá ser el apropiado y en lugares cuya temperatura permanezca entre 10 °C y 12 °C

10.- Nombre: Salgen 75 y Salgen 75-10

#### Descripción:

La composición de estos productos está basada en cristales de fosfato de zinc y sodio, utilizados para el control de corrosión en sistemas de aguas municipales, de enfriamiento e industriales. Tienen grandes ventajas en comparación al hexametaphosphate de sodio ya que no hay limitaciones con respecto al pH, relación de flujos y temperaturas, además de lograr rápidamente la formación de película. La diferencia preponderante en ambos productos es la alta solubilidad del salgen 75-10.

#### Ventajas:

1) La formación de la película protectora es a una velocidad -

superior con respecto al hexametáfosfato de sodio, como se puede apreciar en las gráficas No. 7 y No. 8.

La reversión de metáfosfato a ortofosfato es de mucha importancia ya que la prevención de corrosión del ortofosfato es menos eficiente. El zinc contenido en el calcon Tz y Tz-10 evita la reversión química, que es causada generalmente por bacterias y otros microorganismos.

El uso de una agua potable queda garantizado por la razón siguiente: para que una agua pueda ser ingerida deberá no excederse de una concentración de 5 ppm de zinc para prevenir primeramente una toxicidad de zinc. Con lo anterior se tiene que la composición de los productos Tz y Tz-10 no exceder de un contenido de 8.0% de zinc, significando que solo una concentración de 70 ppm de material, sobre-pasaría el límite especificado y generalmente se mantienen en una ionificación continua de 1 a 3 ppm (nunca se excede de 10 ppm).

En tratamientos para sistemas de aguas de enfriamiento, además de las ventajas especificadas, se obtiene una eliminación del calcio. La ionificación es de 5 a 10 ppm y su control se realiza procurando mantener el pH entre 6.8 a 7.8.

Solubilizantes:

Calcon Tz:

Es soluble en agua destilada al grado de un 4% en peso, sin embargo es necesario que las concentraciones de las soluciones ali-

mezclas que son diluidas al 1% (aproximadamente) de Zn. en cada 10.00 litros), porque se puede presentar la precipitación del zinc.

La gráfica No. 4 nos muestra tiempos relativos de una completa inactivación para el producto, relacionada con diferentes composiciones de la agua, referidas a diferentes temperaturas. Entre las condiciones más sobresalientes se pueden mencionar a las siguientes; la relación de inactivación aumenta conforme se eleva la temperatura y disminuye en cuanto aumentan los valores de dureza y de los sólidos disueltos. No se deben tomar como unas limitaciones, ya que se logran obtener inactivaciones en aguas que llegan a contener 150 ppm de dureza y hasta temperaturas mayores de 50°C.

#### Calgon 70-10

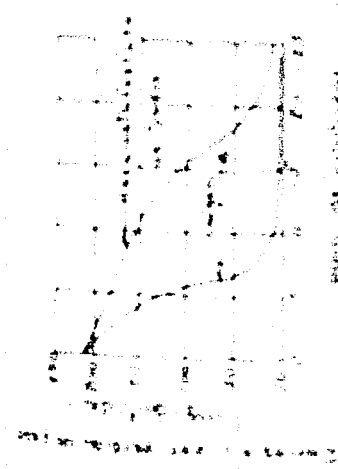
La solubilidad es mucho mayor que el Calgon 70, alcanzando con concentraciones de 10% en peso con agua destilada. La solución de aplicación recomendable es de un 10% con un tiempo de vida media de 24 horas.

#### 11.- Nombre: Magatreat No. 100

Descripción: Es un producto formulado fundamentalmente por compuestos de zinc y bromatos, aproximadamente en una relación molar de 1:1 respectivamente.

#### Aplicación:

Se lo usa para evitar la corrosión metálica en sistemas de en-



Plano de estabilidad

GRAFICO N° 2

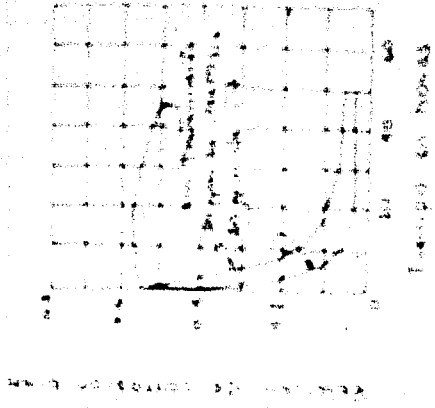


GRAFICO N° 3



Tiempo en horas para la completa hidratación

GRAFICO N° 4

Necesidades de agua	
10%	10.5
20%	21
30%	31.5
40%	42
50%	52.5
60%	63
70%	73.5
80%	84
90%	94.5
100%	105

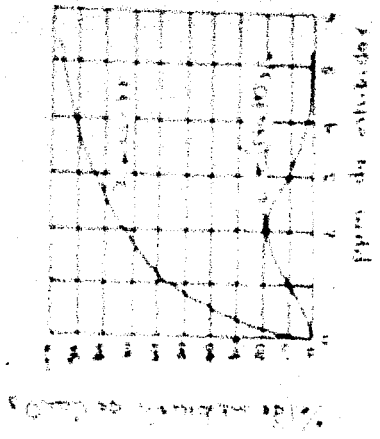


GRAFICO N° 5

enfriamiento. Se tiene un margen de seguridad porque no contiene fosfatos, el compuesto es orgánico y es generalmente con nutrientes para microorganismos microbiciológicos.

La clasificación está en función de la velocidad y tipo de sistema de enfriamiento, aunque estadísticamente se alimenta de 5 a 10 ppm. Su control se realiza determinando el contenido residual de bromatos en el medio mediante métodos colorimétricos. La efectividad del Inhibitor No. 16 se expresa dentro de los siguientes límites de pH: 6.5 a 7.5, siendo el óptimo de 6.4 a 6.8.

Propiedades:

Aspecto	Polvos de color anaranjado y blanco
Densidad	1.4 gr/cm <sup>3</sup>
pH en solución al 1%	4.0 a 4.5
Solubilidad	15% en agua destilada.
Olor	ninguno
Almacenamiento	Lugares secos para evitar la formación de plantas.

17.- Nombre: Inhibidor de Depósitos D-17

Descripción: Es un líquido orgánico cuya formulación es usada en sistemas de enfriamiento.

Finalidades: Evitando los efectos que pueden causar una fúer te acumulación de depósitos, tales como:

a) Reducción de flujo.





- 89
- a) Reducción en la transferencia de calor.
  - b) Incremento en la caída de presión.
  - c) Incremento en la acumulación de impurezas.

El Si-77 elimina las ferrocenas arteriales, evitando la formación de carbonatos, principalmente los de calcio y hierro, al igual que también la precipitación de sulfatos, principalmente las de calcio, bario y estroncio.

Su aplicación está basada en su efectividad para sistemas que tengan elevadas temperaturas y/o períodos largos de retención. Al mismo tiempo se le utiliza en la estabilización del hierro disuelto en aguas, previniendo un crecimiento en líneas y equipos con óxidos cáusticos.

#### Ventajas:

- 1) Es un compuesto altamente estable, aun, mayor que los polifosfatos inorgánicos.
  - 2) Su efectividad permanece constante hasta una temperatura de 300°C.
  - 3) Su alimentación es sencilla por ser un compuesto líquido.
  - 4) Con aditivos antigorrosivos se puede asegurar satisfactoriamente los resultados del producto aun a temperaturas de -10°C.
- Su alimentación es recomendable en un punto de mucha agitación

como por ejemplo en la succión de la bomba alimentadora.

Propiedades:

Aspecto	Líquido amarillo claro
Densidad	1.027 $19/20^{\circ}$
Solubilidad	Cualquier proporción.
Viscosidad	14 cps a $25^{\circ}\text{C}$
Punto de ebullición	$111^{\circ}\text{C}$
Punto de congelamiento	$-11^{\circ}\text{C}$

En la gráfica No. 3 se muestra el por ciento de inhibición de CaCO<sub>3</sub> por el CL-47 después de un periodo de 14 hs. al mismo tiempo se hace una comparación a igualdad de condiciones con el hexametafosfato de sodio.

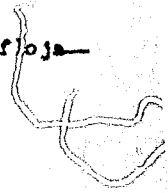
11.- Nombre: Condicionador de Lejos CL-47

Descripción: Es un compuesto líquido orgánico formulado especialmente para controlar la contaminación en sistemas de agua de enfriamiento.

Producto destinado para evitar la formación de depósitos, tales como sedimentos, lodos, barro, arrullas y óxidos metálicos, sobre las superficies que se encuentran en contacto con el agua de enfriamiento, condensadores, compresores de aire, cambiadores de calor, - torques, válvulas y tuberías.

En acción se debe a que el CL-47 penetra en el sedimento, neu-

trazando las curvas de enlace existentes, ocasionando un aflojamiento y separación de las partículas.



#### Alimentación:

La alimentación del CL-45 deberá ser en forma intermitente, aproximadamente en periodos de 1 hora por cada jornada laboral (24 hrs.) y en concentración de 4 ppm para los primeros 90 días de tratamiento, para posteriormente reducirse a 2 ppm, basada en el flujo de agua de remineralización.

#### Propiedades:

Apariencia	Líquido amarillo.
Viscosidad	1700 cps a 25°C.
Densidad	1.04 gr/cm <sup>3</sup>
PH en solución al 1%	10
Punto de congelación	-13°C.
Temperatura crítica	a más de 99°C.

#### Manejo y almacenamiento:

1) No se debe acercar a fuentes de calor.

2) El CL-45 no presenta ningún riesgo especial para el personal que lo maneje. Sin embargo debe evitarse el contacto excesivo con la piel. En caso de lo contrario deberá lavarse la piel y la ropa abundantemente con agua.

CAPITULO 7

## HIGIENE Y SEGURIDAD

Cada industria por pequeña que sea, requiere necesariamente de una prevención de los riesgos profesionales a los que queda expuesto el trabajador, cuando éste presta sus servicios laborales a la empresa.

La muy común tener el concepto erróneo de que cuanto más grande es una industria, mayor será su número de riesgos profesionales y viceversa, siendo generalmente se toman para su consideración en el número de personas y equipos que constituyen a la compañía. En base a lo anterior se expone la necesidad imperiosa de tener siempre, dentro de cualquier tipo de industria, una organización o departamento integral por personas competentes, en la materia sobre la prevención y seguridad de riesgos profesionales, los cuales constituyen fundamentalmente los accidentes y las enfermedades del trabajo.

En forma concreta se necesita evitar la formación de riesgos para reducir los accidentes reales, que tan solo no llegan a causar serios problemas humanos, sino que se obtienen pérdidas de materiales, equipo y tiempo, afectando considerablemente la economía de la empresa.

En toda industria siempre se tienen riesgos y su cantidad es inversamente proporcional a ciertas variables, influyendo en forma directa o indirecta para la realización de accidentes. Las variables directas aumentan con los cambios:

1) Condición insegura: Se debe principalmente a las diferencias del medio de trabajo.

2) Acto inseguro: Es aquella acción realizada por el hombre, ya sea por desconocimiento, olvido o indiferencia ante un peligro.

Las variables indirectas se pueden referir a las deficiencias personales y sociales que se tienen dentro de una empresa. Entre las más comunes están: malos hábitos, indisciplina, violencia, desánimo, defectos atípicos y de carácter, etc.

Las compañías que se dedican a la fabricación de productos químicos para el tratamiento de aguas se pueden considerar en base a su potencialidad, dentro de la pequeña industria, ya que los sistemas y procesos que se requieren para la elaboración de sus productos, son muy limitados en su aplicación y en su calidad. Estadísticamente se ha encontrado que los accidentes ocasionados en las últimas décadas se realizaban en su mayoría por compañías pequeñas, el motivo de este hecho se debe a una falta de interés por parte de los empresarios en lo concerniente a la prevención de riesgos, ya que se consideran que por su pequeña potencialidad tendrán poca probabilidad de tener algún accidente dentro de sus actividades laborales.

En muchas ocasiones es sumamente costoso para la pequeña industria, tener un departamento exclusivo para dar servicios especializados de seguridad. Pero si se puede justificar, el tener una persona con los conocimientos necesarios con su respectiva responsabilidad en el sistema de seguridad.

También en ocasiones especiales se puede contar con un asesora miento técnico que proporcione los servicios competentes: en higiene industrial, en prevención de riesgos, en protección de incendios y de recomendaciones en la organización para la corrección de las deficiencias actuales con que se tienen.

Desde un punto de vista óptimo se puede contar con un ingeniero de seguridad especializado, que bien puede ser el mismo ingeniero de mantenimiento con los conocimientos necesarios en la rama seguridad. Se demandó específicamente a este ingeniero por las siguientes razones:

1.- Es la persona más indicada, ya que cuenta con los conocimientos técnicos para obtener una amplia noción del tema.

2.- Supuesto dentro de la compañía le permite estar en contacto directo con el personal obrero, con el equipo de proceso y con la directiva de la empresa.

3.- Cuenta con la autoridad suficiente para hacer efectivas todas las instrucciones al respecto.

4.- La empresa con un mínimo de inversión obtiene un máximo de seguridad.

El ingeniero de seguridad desarrollaría las siguientes actividades:

Al dar el asesoramiento técnico para la iniciación, mantenimiento y revisión de un programa.

b) La creación de nuevos métodos de trabajos seguros.

c) Controlar las condiciones de operación desde el punto de vista de seguridad.

d) Seleccionar los equipos más adecuados.

e) Realizar las inspecciones necesarias.

f) Llevar la responsabilidad absoluta sobre las consecuencias ocasionadas por el incumplimiento del programa fijado.

Actualmente una comisión permanente de Higiene y Seguridad representa la organización más adecuada para este tipo de empresas, - clasificadas dentro de la pequeña industria.

El comité más común es el obrero-patronal donde se tiene un enlace entre la representación obrera y la dirección de la empresa. - Se realiza un convenio en forma escrita y bajo reconocimientos oficiales, se da una serie de funciones que obligan a ambas representaciones mantener el suficiente interés para llevar a cabo las metas fijadas en los programas de seguridad.

Este sistema a base de comisiones, es uno de los instrumentos más valiosos para obtener las finalidades elaboradas por un programa de prevención de accidentes. Mediante este tipo de organización se logra una relación estrecha entre la alta dirección, - los representantes de la supervisión y los trabajadores (sindicato) de una empresa, definen los objetivos, funciones y planes a la que



ra a estar sujeta, dicha comisión.

En forma general las funciones de una comisión pueden quedar integradas por:

1.- Establecer los métodos y procedimientos para el trámite de las sugerencias y recomendaciones expuestas por la comisión.

2.- Celebración de reuniones programadas en forma periódica, - para los siguientes fines: discusión de los sistemas actuales para la prevención de los accidentes, analizar los puntos observados en las inspecciones, etc.

3.- Realizar estadísticas completas con los datos obtenidos de todos los accidentes ocurridos.

4.- Encusar la necesidad a todos los trabajadores, que los sistemas de seguridad son para el beneficio de ellos mismos, haciendo esto en base de contactos directos, promociones, concursos, in-centivos, afiches, periódicos, reuniones, cursos, adiestramientos, etc.

5.- Programar brigadas de inspección por zonas, con el fin de realizar una encuesta en cuanto a fuentes de accidentes.

6.- Después de cada accidente formular en base al informe, las recomendaciones necesarias para nullificar el riesgo y por lo tanto evitar la acción repetitiva de dicho accidente.

7.- Proporcionar la información necesaria que requiere el su-

gerente, secretario, etc., con respecto a los métodos y prácticas de seguridad dentro del período laboral.

1.- Hacer las recomendaciones de cambios, adiciones o reparaciones a los equipos, para que se logre la eliminación o al menos una limitación del riesgo potencial.

2.- Tener una estricta vigilancia en cuanto al cumplimiento de todas las normas y reglamentos establecidos dentro de la compañía.

La prevención de accidentes es uno de los factores más importantes, porque representa a la base de la seguridad. Brevemente, la prevención de un accidente se puede efectuar siempre y cuando éste no haya ocurrido. Los métodos de prevención consisten en suponer o imaginar por un alto grado de creatividad, la secuencia posible de causas y efectos que pueden tenerse durante el acontecimiento de un accidente. También pueden determinarse prevencciones a partir de las estadísticas obtenidas en accidentes ocurridos en circunstancias muy similares.

La experiencia ha demostrado que la causa predominante de los accidentes es el factor humano, y que la educación, costumbre, obediencia y patología del trabajador determinan en mayor o menor grado la frecuencia de estos accidentes dentro de las áreas de trabajo, por lo tanto toda compañía deberá tener normas disciplinarias y responsabilidades asignadas en lo que respecta al orden y limpieza, por ser estos factores fundamentales para obtener una mayor producción y seguridad.

La supervisión constituye el factor más importante, debido a que el supervisor realiza las observaciones directas a los sistemas de producción y de seguridad, donde procurará entrelazarlos para que se hagan las correcciones pertinentes. Realiza la unión entre la directiva de la empresa con los trabajadores, enseña al personal las prácticas adecuadas de trabajo, investiga las causas de los accidentes, así como tomar sus medidas correctivas, informa extensamente el estado general y de cada uno de los departamentos, equipos y herramientas utilizados.

Uno de los factores importantes en la seguridad industrial, es el de la evaluación de costos, ya que estos determinan el valor real que absorbe una empresa cuando ocurre un accidente de trabajo. La precisión de esta evaluación estará en función del grado de precisión con que se cuente para determinar tiempos y pérdidas, además de la disponibilidad de los datos necesarios recolectados. Se tienen dos clases de costos: los directos y los indirectos, los primeros están integrados por los servicios médicos, curaciones e indemnizaciones por incapacidad. Los segundos son aquellos que se tienen en una forma oculta, es decir, que no son apreciativos directamente, pero que (según estadísticas) están en relación de 4:1 con respecto a los costos directos.

CAPITULO VI

La prevención de accidentes sólo se logra bajo la eliminación de los riesgos, para lo cual en una compañía que se dedica a la fabricación de productos químicos para el tratamiento de aguas, se presentan los siguientes riesgos más comunes y a los que se les debe dar prioridad considerable en relación a su frecuencia y gravedad.

- I.- Almacenamiento y manejo de materiales.
- II.- Incendios.
- III.- Contaminantes atmosféricos.
- IV.- Corrientes eléctricas.
- V.- Ruidos excesivos.
- VI.- Agentes químicos.

Es importante practicarmente que en la República Mexicana cuenta con un número reducido de compañías dedicadas exclusivamente a la fabricación de los productos químicos mencionados y que si bien en su mayoría aún cuentan con algunos proyectos de investigación, es difícil especificar en forma detallada los riesgos existentes en cada una de estas compañías. Por tales razones y por la falta de estadísticas disponibles de estos accidentes similares, se describen a continuación generalidades de los riesgos más provenientes en plantas de esta naturaleza.

- I.- Almacenamiento y manejo de materiales.

Estos representan las operaciones muy importantes en cuanto a

obtener reducciones de costos, como el de evitar riesgos innecesarios. Todo está fundamentado en controlar y llevar bien el movimiento de materiales, así también como el de almacenarlos adecuadamente. - Estas dos funciones deben quedar íntimamente ligadas para lograr eficiencia máxima como: mayor flujo, evitar pérdidas de tiempo, - lo refuerza, se reduce el costo, se aumenta el rendimiento, se evita que haya deterioro excesivo de los almacenados, etc.

El personal que tenga a su cargo el movimiento y almacenamiento de materiales deberá estar lo suficientemente capacitado para conocer los tipos de riesgos, identificadores y protecciones que se requieren en cada uno de los materiales, teniendo la autoridad necesaria para hacer cumplir con las normas propuestas por la organización en este tipo de actividades y llevar a condiciones extremas, todas las reglas y procedimientos a un carácter obligatorio.

Cada local contará con un número de condiciones para que pueda ser considerado adecuado, entre estas se tienen: la ventilación, la iluminación y los pisos, que deben mantenerse en excelente estado. Se dispondrá con los medios para la prevención de accidentes, como el de impedir primordialmente.

Para efectuar movimiento de algún material deberá tenerse el equipo adecuado para su traslado, empezando con el del personal que generalmente sonate los guantes, zapatos, barras, tenazas, etc.

En la colocación de materiales se ha tomado como altura máxima 2 metros en la que responde al apilamiento, ya que con esto se obtiene facilidad de acceso y movimiento para cualquier empleo, a-

tenis de proteger al personal por caída de material.

Se recomienda no recargar objetos contra piezas fijas o suro-  
ya que estos quedan sujetos a esfuerzos, lo que ocasionaría su de-  
mantamiento cuando no se tiene resistencia suficiente.

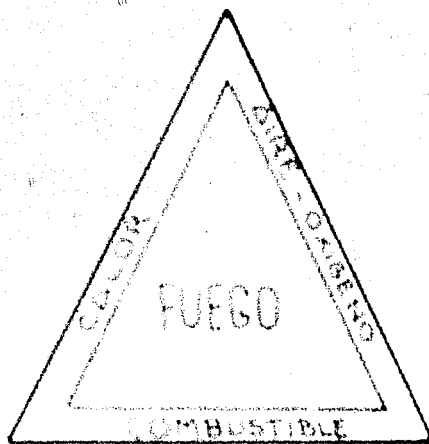
Los envases cilíndricos deben ser almacenados en posición hori-  
zontal, colocando soportes en los extremos de las hileras. Tambi-  
en montan por anaqueles especiales para este tipo de envase. Es -  
muy importante el entrenamiento que se le proporciona al personal-  
ya que el conocer al uso y naturaleza de los objetos y sustancias-  
que se manejan, dan un criterio para su almacenamiento y movimiento.

## II.- Incendios.

Es natural que en la mayoría de las industrias no se les haya-  
presentado problemas de incendios y por tal razón no se les preste-  
una atención fundamental para su prevención. Es necesario formar -  
conciencia a la dirección de una compañía, sobre el peligro tan gran-  
de que se presentaría por este tipo de riesgos, puesto que general-  
mente su efecto es el desastre total.

Es indispensable conocer ampliamente el origen, propiedades ca-  
racterísticas del fuego, para establecer los principios de un con-  
trol y por lo tanto la extinción de éste cuando se requiera. Dentro  
del ambiente de seguridad se ha determinado el TRIANGULO DEL FUEGO-  
dentel cual se han definido los tres factores físicos del fuego.  
(ver fig. No. 6).

al Material combustible.- Entendemos que casi todos los materia-



Elementos Básicos

FIGURA N° 6

CUADRO DE EXTINGUIDORES								
TIPO DE MATERIA COMBUSTIBLE	Agua	SODA SUAVIZADA	Espuma	CLASIFICADO: CARBON	POLVO BC	POLVO ABC	AGENTES ESPECIALES	
A: Madera, trapos, papel, etc. todos en estado sólido.	○	○	○	—	—	○	X	
B: Líquidos inflamables, aceites, grasas, pintas, etc.	X	X	○	○	○	○	—	
C: Equipo eléctrico vivo.	X	X	X	○	○	○	—	
D: Metales, aceites, explosivos.	X	X	X	X	—	—	○	

CLAVE:

- Adecuado para el riesgo
- No debe usarse
- X No debe usarse

CUADRO N° 7



se utilizan pero no todos son combustibles, por esto es pertinente la nombrar al material combustible como aquel que al oxidarse, rápidamente desprende luz y calor.

b) Calor.- Esta debe ser en cantidad suficiente para que las reacciones del combustible alcancen su temperatura de ignición. Todas las sustancias por su naturaleza presentan su vaporización a una temperatura específica, localmente también en punto de ignición, que generalmente es a una temperatura mayor que la de su vaporización.

c) Aire oxidador.- Es imprescindible una proporción adecuada de la misma para promover la oxidación del material, ya que un exceso e insuficiencia harían respectivamente la generación del fuego.

d) Líquidos inflamables.- En ciertas compañías se requiere del uso de sustancias líquidas inflamables las que necesariamente deben contar con bombas y recipientes adecuados, como el uso de tambores de seguridad con tapa hermética asegurada por resortes y fijada con un centro de gravedad muy bajo, con la finalidad de evitar que se volteen. Siendo es necesario contar con una serie de curules, soportes para evitar la presencia de estos líquidos en áreas donde se encuentran Fuentes de calor, al ser almacenados en recipientes similares a de vidrio, etc.

Para combatir el fuego adecuadamente es necesario conocerlo perfectamente bien, definiendo su origen para su clasificación, y en base a esto determinar los materiales y técnicas de combate: (9).

Fuego clase "A".- Es el que se produce en materiales tales como

la madera, trapos y en materiales sólidos.

El fuego de esta clase es caracterizada porque agrieta el material, origina brasas, deja hecesas y se propaga de afuera hacia adentro. Para combatirlo se requiere enfriar los materiales y aprovechando la cualidad de agrietarse, deben emplearse de preferencia agentes de extinción a base de agua.

Fuego clase "B".- Se produce en combustibles líquidos en general, tales como la gasolina, aceites, pinturas y sustancias de bajo punto de fusión, como las grasas y algunos plásticos. La característica principal de este tipo de incendios, es que se produce en la superficie de los líquidos, por tanto, para combatirlos, se debe eliminar el oxígeno en contacto con la superficie que se está quemando. - Se requiere agentes de extinción que cumplan con este fin:

Fuego clase "E".- Son incendios que se producen en el equipo eléctrico "vivo".

Aunque este tipo de incendio se produce en materiales sólidos o líquidos, se le designó una clasificación especial por el peligro que implica la corriente eléctrica, pues de no emplearse los medios adecuados de extinción, se corre el peligro de recibir una descarga eléctrica. Se emplean agentes de extinción NO CONDUCTORES DE ELECTRICIDAD.

Fuego clase "F".- Esta nueva clasificación recientemente adoptada, comprende todos aquellos materiales combustibles que al estar en ignición, inaprovechan su propio oxígeno o bien que los agentes ex

líquidos ordinarios, en especial el agua, producen una reacción muy violenta (explosiones) y son inefectivos para apagarlos.

En empresas pequeñas como lo es la industria química para el tratamiento de aguas, no se cuentan con sistemas generales para la prevención de incendios, pero sí se puede tener el equipo indispensable y su distribución adecuada.

La selección y adquisición de extinguidores se realiza dependiendo de las clases de fuego a las cuales está expuesta la empresa y el número dependerá de varios factores, como la cantidad de material inflamable, equipos, vapores, etc.

Tipos extinguidores de:

- 1) Agua.
- 2) Bicarbonato y ácido
- 3) Espuma.
- 4) Polvo químico (talco, óxido metálicos, etc.)
- 5) Dióxido de carbono.

La instalación de estos se hará en áreas próximas a los materiales, equipos y aparatos que sean fáciles de incendiarse, en lugares visibles preferentemente contrastados en colores llamativos y colocados a una altura no mayor de unos 1.60 m. para su fácil alcance.

1) Extinguidores de agua.- Existen en varias clases y capacidades, pero su funcionamiento está basado en la descarga de chorros de agua sobre la base del incendio.

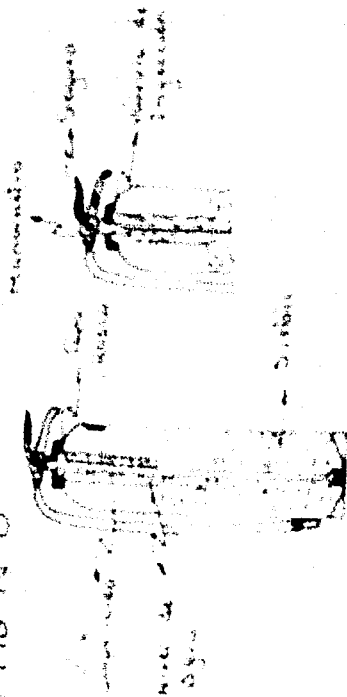
- Tipos de extinguidores:
- a) Agua a presión.
  - b) Agua con cartucho de presión.
  - c) Agua con bomba.

a) Agua a presión.- Es un recipiente diseñado especialmente para permitir agua con su presión proporcionada por aire. En la parte superior se tienen los siguientes accesorios: una válvula de admisión y otra de expulsión para permitir la entrada y salida del líquido, un seguro consistente en un pasador y un anillo cuya finalidad es la de evitar el accionamiento accidental del extinguidor, además se cuenta con un manómetro para conocer la presión contenida en el interior del tanque. Un esquema tipo, puede apreciarse en la figura No. 8.

b) El extinguidor de agua con cartucho de presión trabaja en forma similar al anterior, variando en su estructura interna de la siguiente manera: el cilindro consta de dos cuerpos: uno mayor, que contiene agua y otra menor conteniendo un gas a alta presión, este gas puede ser dióxido de carbono o nitrógeno. El funcionamiento se realiza mediante la acción de un presorador, que no es más que una bola pesada para perforar el cilindro, porque con la acción de un golpe se logra romper este cartucho impartiendo una presión general al recipiente mayor, para expulsar con fuerza el contenido de agua (ver figura No. 9).

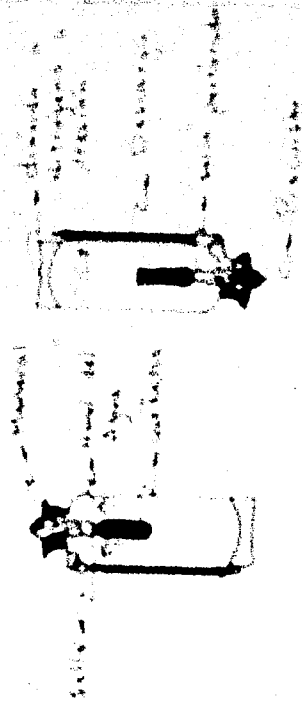
c) El tipo de bomba varía con respecto a los anteriores, en los lleva instalada una bomba de mano para efectuar la presión de recarga (ver figura No. 10).

FIG N° 8



EXTINGUIDOR DE AGUA A PRESION

FIG. N° 9



EXTINGUIDOR DE AGUA CON CARTUCHO

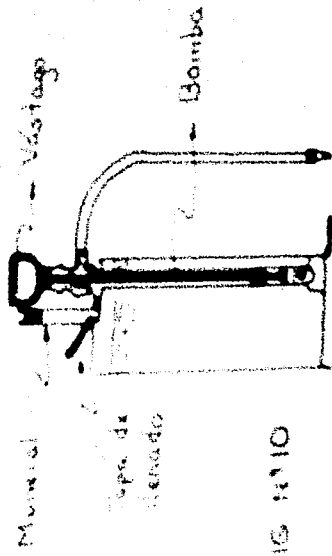
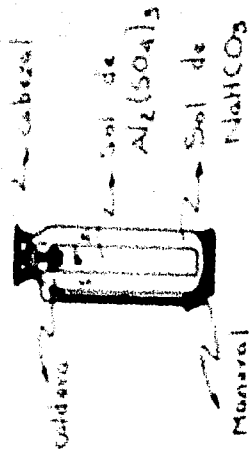


FIG N° 10

EXTINGUIDOR DE AGUA CON BOMBA

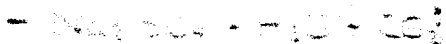
FIG N° 11



EXTINGUIDOR DE ESPUMA

El Extintor de bicarbonato de sodio y ácido.- Esta clase de aparatos se basa en el siguiente proceso: en la parte interna se tiene una solución de bicarbonato de sodio  $\text{NaHCO}_3$  en la parte superior se instala un recipiente que contiene ácido sulfúrico. Su funcionamiento se realiza invirtiendo el aparato para que en esta forma se derrame el ácido sobre la solución alcalina, efectuándose una reacción de neutralización, produciendo cantidades considerables de dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ , y generando la suficiente presión para expulsar el líquido.

La reacción de neutralización es la siguiente:



El Extintor de espuma.- También es un equipo diseñado para trabajar a presión durante su operación, solo que la variante de este el cuerpo contiene una solución de bicarbonato de sodio  $\text{NaHCO}_3$  con un agente espumante, en la parte central un depósito especial que tiene una solución de ácido de sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , de funcionamiento se realiza en el instante en que ambas soluciones entran en contacto para una reacción que genera dióxido de carbono y una presión suficiente para expulsar hacia fuera la espuma formada tanto instantánea como permanente (ver figura No. 10).

El Extintor de polvo seco.- Se componen en sus partes: el extintor de presión y el tanque de polvo. El funcionamiento del primero consiste en liberar el polvo seco hacia una presión de escape para que pueda ser expulsado hacia la

acción de la válvula de descarga. El segundo contiene además del pivé mencionado un cartucho de dióxido de carbono o nitrógeno a presión, que al romperse proporciona la fuerza necesaria para la expulsión del contenido. (Ver figura No. 12).

5. Extintor de dióxido de carbono ( $CO_2$ ). - Su fundamento con-  
siste en mantener una cantidad determinada de dióxido de carbono a presión, en un recipiente hermético "botella". Su acción se hace por la manipulación de un gatillo que controla una válvula de descarga, a la cual previamente se le ha quitado el seguro, generalmente están provistos de sellos noticiosos de seguridad, los que se rom-  
pen cuando la presión sobrepasa los límites de diseño. En cuanto a la descarga de este gas, se cuenta con un control de dirección a la salida a base de boquillas o conos. (Ver figura No. 13).

El entrenamiento a los trabajadores respecto al uso de los extintores es un aspecto indispensable para la prevención de incendios, por esto es fundamental contar con el personal capacitado y especializado al respecto.

### III.- Contaminantes atmosféricos.

Las sustancias nocivas para el hombre, encontrándose estas generalmente dispersas en medio gaseoso, como lo es la atmósfera terrestre, sus principales componentes son: gases, neblinas, vapores, niebla y polvos.

Gases.- Son compuestos químicos con la propiedad de tener una densidad similar a la del aire y que por sus acciones químicas en el

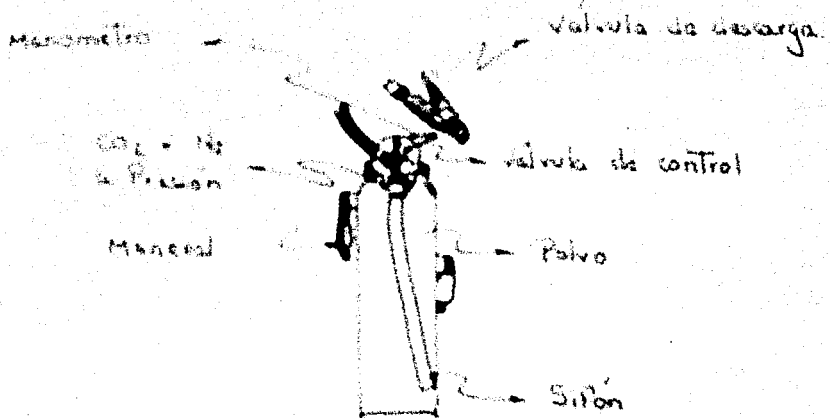
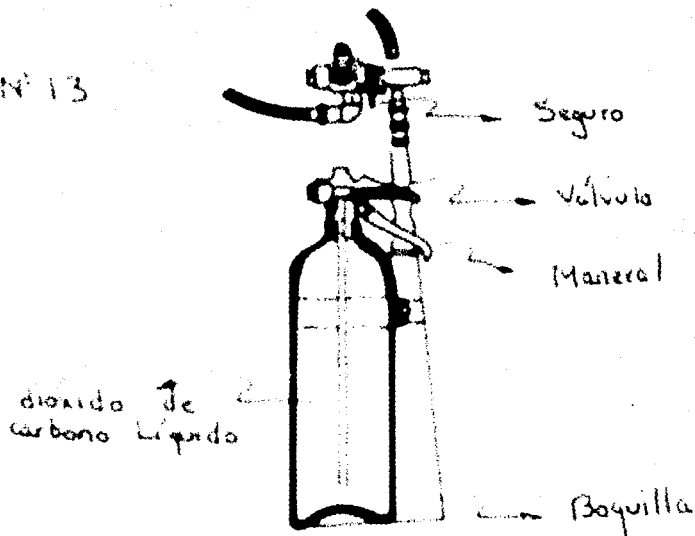


FIG N° 12

EXTINGUIDOR DE POLVO A PRESION

FIG N° 13



EXTINGUIDOR DE BIOXIDO DE CARBONO



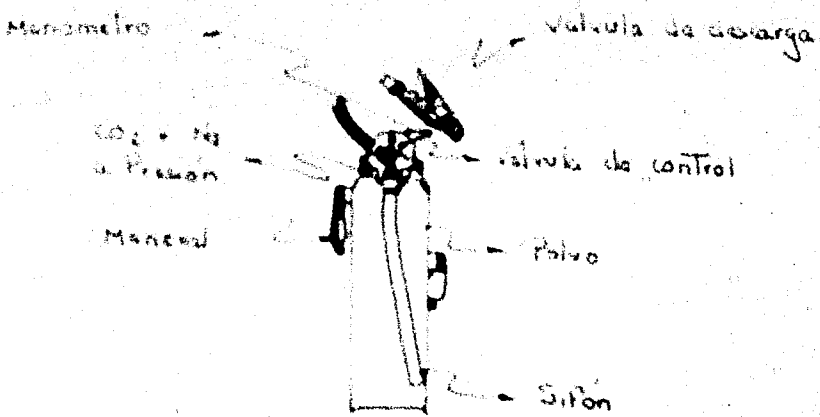
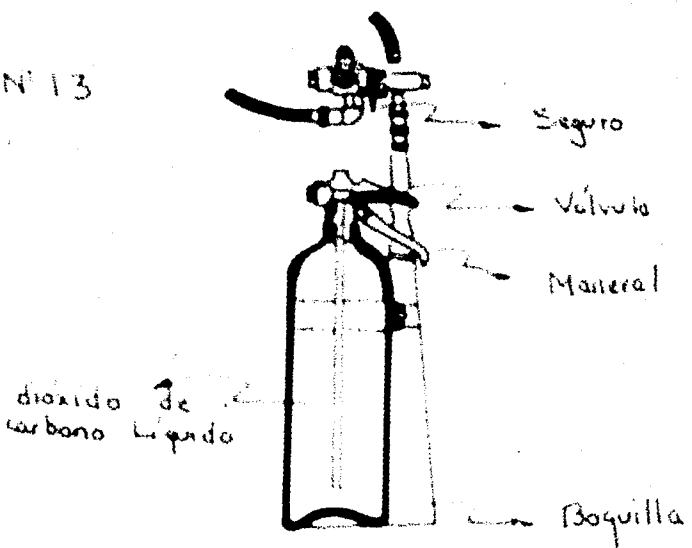


FIG. N° 12  
EXTINGUIDOR DE POLVO A PRESION.

FIG N° 13



EXTINGUIDOR DE BIOXIDO DE CARBONO.

que el humano pueden clasificarse como nocivos. A los primeros es necesario conocerlos para poder definir su método de eliminación o en su defecto la manera de eliminar parcialmente su acción. Los segundos simplemente se causan riesgo.

Humo.- Son partículas generadas por el efecto de combustiones o reacciones químicas, cuyos diámetros promedio varían entre 0.2 a 0.3 micrones.

Niebla.- Son pequeñas gotas de un líquido que se encuentran en suspensión debido a la condensación de vapores.

Polvos.- En la industria de productos químicos para el tratamiento de aguas, es común localizar una sección donde exclusivamente se hace molienda e trituraciones de componentes sólidos. Cuando no se tiene el equipo y los sistemas de protección adecuados, se presenta un riesgo en este tipo de compañías, por éste motivo a continuación se describen algunas generalidades del polvo y sus posibles riesgos de enfermedades profesionales.

Los conductos más comunes para la absorción de polvos son los siguientes:

- 1) la vía respiratoria.
- 2) la vía digestiva.
- 3) la vía cutánea.

El primero es el más generalizado por su constante aspiración del aire, medio donde se localizan las partículas más finas. En caso

En las otras dos vías requieren de sustancias químicas en polvo y condiciones especiales para su contaminación con el cuerpo humano. En base a su efecto nocivo que provoca el polvo a la salud, se puede clasificar en los siguientes tipos:

- a) Polvo tóxico.
- b) Polvo inflamatorio.
- c) Polvo fibrogénico.

Analizando especialmente el polvo inhalado por la vía respiratoria, ya que es la vía más común, se puede indicar que el riesgo de enfermedad profesional por polvos tóxicos son extremadamente peligrosos, porque en base a sus propiedades físicas y químicas estos penetran hasta los órganos vitales, como son: el corazón, el hígado, los pulmones, los riñones, etc. y en ocasiones llegan a contaminar la sangre, produciendo toxicidades fatales a corto o largo plazo dependiendo de la concentración del polvo durante la inhalación.

Cuando se presenta una intoxicación se debe definir el tipo de caso, ya que puede presentarse en su forma aguda o en su defecto en la forma crónica. El primer manifiesta síntomas claros y violentos por el cambio en el caso crónico la sintomatología es muy variada y su presentación no es inmediata, sino que se empiezan a encontrar inflamaciones, irritaciones, dolores difusos, alteraciones en algunos órganos, náuseas, anemias, diarreas, falta de respiración.

Para que un trabajador comience a sufrir las consecuencias anteriores, es necesario contar con una atmósfera contaminada de una concentración mínima de polvos, para que estos empiecen a cau -

ser daños dentro del organismo humano.

Los polvos inflamatorios se consideran de dos tipos: el de reacción ácida y el de reacción alcalina, es decir, esto se debe al tipo de composición química que contiene el polvo. Los síntomas que se presentan son: el de presentar padecimientos respiratorios, pueden producir también alergias, inflamaciones en la mucosa nasal e irritaciones fuertes que causen quemaduras.

El polvo fibroso es aquel que produce un tejido en la cavidad pulmonar, causar la incapacidad funcional pulmonar y propensión a la tuberculosis. Generalmente este tipo de polvo lo constituyen materias inorgánicas, especialmente los que contienen sílice.

En una forma resumida, se deben tomar en cuenta las siguientes propiedades del polvo:

- a) La composición química y mineralógica.
- b) Tamaño de partículas.
- c) Concentración en la atmósfera.
- d) Tiempo de exposición.

En la actualidad es muy difícil contar con muestreadores de partículas severamente exactas, ya que la diferencia de densidades entre las mismas partículas en un mismo ambiente permite la localización de áreas de mayor concentración que otras. Se considera que la forma de las partículas son generalmente irregulares, pero se pueden catalogar conforme a su tamaño y experimentalmente se encontró que las partículas con una medida menor a 10 micras pueden pene-

trar en el organismo humano a través de las vías mencionadas.

**Neumas por polvos.**— Hay gran cantidad de enfermedades profesionales a las que se expone el hombre cuando permanece en contacto con atmósferas polvudas. Entre las más comunes están: la neumocoosis, afectos tóxicos sistémicos, fiebres de humos, alergias, etc.

La neumocoosis se debe al efecto causado por la penetración de polvos finos a través del sistema respiratorio con el desarrollo de tejidos fibrosos en la cavidad pulmonar, donde paulatinamente se va reduciendo su elasticidad y disminuyendo su superficie de absorción de oxígeno. Una característica principal es la de agravarse esta enfermedad a medida que pasa el tiempo, pudiéndose llegar a adquirir alguna infección como la tuberculosis. Entre los polvos que causan los principales tipos de neumocoosis son: la sílice, el carbón, las sales de calcio, el polvo de algodón y el bagazo de caña de azúcar. Entre las principales variedades de la neumocoosis, está la silicosis, que es una enfermedad crónica de los pulmones ocasionada por ataques sucesivos al tejido pulmonar de la sílice ( $SiO_2$ ), su característica es la de formar tejidos fibrosos nodulares (visibles ante radiografías). Debido a que esta enfermedad no es regresiva — cuando esta se inicia en una etapa visible, se han ido buscando medidas preventivas mediante la aspiración de polvo fino de aluminio ya que éste neutraliza la acción de la sílice en los tejidos mencionados.

El polvo de carbón produce una enfermedad llamada antracosis, — causada por la infiltración de partículas de carbón a través del aire inspirado. Hay otras clases de neumocoosis como la asbestosis

(inhalación de polvo de asbesto), las producidas por sustancias como sales de bario, hierro, estaño, etc.

La retención de polvos en la vía respiratoria dependen principalmente del tamaño de las partículas y como regla general se considera que a mayor tamaño, mayor facilidad de filtración habrá en el órgano nasal, en cambio la partícula pequeña (diámetros inferiores de 1 micras, cuando se absorbe en cantidades suficientes, se pueda llegar hasta el alveolo y a retención pulmonar. Los diámetros menores 0.1 micras suelen ser expulsados en parte por transpiración.

El organismo cuenta con la siguiente protección natural contra el polvo:

- 1) Retención por parte de la mucosa segregada en las células epiteliales.
- 2) Con la protección de los cilios de la mucosa de la nariz.
- 3) La tráquea.
- 4) Los bronquios.
- 5) Con la condición físico-atlética del individuo.
- 6) Frecuencia de respiración.

Medidas de prevención.- lo primero y lo más necesario es que la compañía tenga los suficientes conocimientos físicos, químicos y

biológicas de las sustancias que se manejan, así como los procesos y sistemas de operación, para que en base a esto se determinen posibles riesgos de enfermedades profesionales. Generalmente el primer paso es tomado en cuenta, pero casi nunca se realiza una canalización a la prevención de accidentes por medio del conocimiento de los riesgos mencionados.

Entre las normas preventivas generales para las industrias donde se generan neblinas de polvo se pueden considerar las siguientes:

1) Buscar métodos adecuados para la eliminación o reducción de contaminantes, mediante sistemas de ventilación.

2) Encontrar sustancias no tóxicas que puedan sustituirse por las actualmente empleadas, ya que son de características nocivas para el organismo humano. (Norma sumamente difícil de llevar a cabo).

3) Realizar estudios sobre posibles cambios de procesos y equipos que normalmente ocasionan riesgos profesionales.

4) En ocasiones los métodos anteriores son extremadamente difíciles de realizar y resulta menos problemático o más económico, en su defecto, el instalar en las áreas de contaminación elevada, un sistema a base de cabinas aisladoras con el fin de hacerla lo más hermética posible.

5) Contar con todo el equipo adecuado de protección, de acuerdo con las características del proceso, o de las sustancias químicas empleadas. Además se debe tener un reglamento de uso y un método de -

instrucción a nivel de los trabajadores, para que se eduque su mentalidad y éste acepte la necesidad del empleo de tal equipo protector.

A) Mantener supervisión efectiva mediante personal capacitado que logre mantener las medidas de seguridad dictaminadas por la dirección, así como el de controlar un orden y limpieza general.

B) El efectuar exámenes médicos en períodos continuos a cada uno de los trabajadores se obtendría un estricto control de alguna enfermedad profesional, principalmente cuando estos presentan síntomas y cuya curación tardaría es posible.

B) Tener un constante conocimiento con las actualizaciones del reglamento de Higiene y Seguridad.

#### IV.- Riesgos por corriente eléctrica.

La electricidad es una forma de energía que ha creado el hombre para facilitarnos un sinnúmero de actividades, pero ésta presenta ciertos riesgos en su uso, que ha sido necesario estudiarla profundamente para conocer los posibles efectos y sus respectivas formas de contrarrestarlos. Desde el punto de vista de la seguridad podemos considerar los siguientes conceptos: el cuerpo humano está constituido por diversos tejidos, los que integran los órganos y sistemas, estos presentan una cierta resistencia al paso de la corriente eléctrica, siendo los sistemas: nervioso, circulatorio y muscular los que menor resistencia presentan, pudiendo ocasionar destrucción en las ramificaciones nerviosas, parálisis de centros -



de control, alteración de la composición de los líquidos (coagulación) contenidos en venas y arterias, endurecimiento y contracciones musculares, etc.

En lo anterior se puede considerar que el cuerpo es una resistencia fija y su paso de corriente estará en función del voltaje e intensidad y viceversa. Pero es importante tomar en cuenta que a se por resistencia mayor será la intensidad y que sus efectos por naturaleza serán mayores, razón por la cual un mal aislamiento o una humedad apreciable en el piso puede reducir la variable resistencia en gran proporción como se puede deducir con la siguiente ley:

La ley de Ohm relaciona estas variables con la siguiente expresión matemática:

$$R \cdot I = E$$

donde:

- I.- Intensidad de la corriente
- E.- Fuerza electromotriz o voltaje.
- R.- Resistencia de un cuerpo.

Es de importancia considerar los riesgos por corriente eléctrica, ya que de una descarga sobre el cuerpo humano puede causar los siguientes efectos; dependiendo de la intensidad, duración y camino por donde circula la corriente a través del cuerpo.

1.- De 1 a 8 miliasperios producen una franca sensación del paso de corriente pero sin impedir el control muscular, ni causar do-

lar.

2.- De 5 a 15 miliamperios producen un dolor pero aun es posible soltar al conductor de corriente.

3.- De 15 a 20 miliamperios producen un dolor intenso y ya no es posible controlar el movimiento muscular de tal manera que el individuo se queda pegado al conductor.

4.- De 20 a 30 miliamperios traen como efecto contracciones musculares incontrolables y una seria dificultad para respirar.

5.- De 50 a 100 miliamperios además de los efectos anteriores producen ya fibrilación del corazón y pérdida total del conocimiento.

6.- De más de 100 miliamperios producen quemaduras graves y fibrilación, en este caso la muerte es segura. Algunas veces ya no aparece la fibrilación por el fuerte efecto de contracción muscular que paraliza instantáneamente al corazón.

Además de los efectos producidos directamente al cuerpo humano, se tiene el riesgo de incendio por instalaciones defectuosas, principalmente en lugares donde pudiera haber formación de neblinas o vapores combustibles o explosivos.

Las principales causas de riesgo en orden de importancia, están determinadas por:

- 1) Aislamiento estropeado.

- 2) Elementos rotos, quemados o sobrecalentados.
- 3) Mantenimiento inadecuado a los equipos de corriente eléctrica.
- 4) Partes, piezas y aparatos móviles no conectados a tierra.
- 5) Equipos mal conectados.

La prevención de accidentes por electricidad se vuelve una necesidad imperiosa para cualquier planta industrial por pequeña que esta sea.

#### VII.- Riesgos mecánicos.

Las maquinarias de trabajo constituyen un fuerte porcentaje de accidentes. Sus causas se deben a un acto inseguro o a una condición insegura. La primera que corresponde al factor humano, está en el desconocimiento, en la rutina o en el cansancio de una labor industrial.

La condición insegura depende exclusivamente de la parte física de una maquinaria, en la que hay que considerar su diseño y funcionamiento. Toda parte móvil de un equipo que da generalmente expuesta a generar un accidente, por lo que desde el punto de vista de seguridad deben mantenerse bajo resguardos o protectores adecuados.

La prevención de accidentes queda fundamentado en el adiestramiento, mantenimiento y protección de toda maquinaria en uso.

III.- Agentes químicos.

Los riesgos por agentes químicos dependerán exclusivamente de tipo de producto que se maneje, como lo son sus características y propiedades del mismo.

## ANEXO VII

### - CONCLUSIONES -

Bajo un análisis Toxicológico de las principales sustancias utilizadas en la fabricación de productos químicos para el tratamiento de aguas, se puede apreciar una frecuencia en el manejo principalmente de ácidos concentrados y de compuestos fuertemente alcalinos, así como la elaboración de una gran cantidad de polvos, los que se encuentran limitados a una concentración máx. permisible, y además se poseen un nivel alto de ruido obteniéndose sin temas y aige a patología a fácilzente identificación, que pueden llegar a generar enfermedades profesionales.

Lo anterior permite recomendar para este tipo de industrias la postulación asellata de todas las normas de Higiene y Seguridad que se consideren necesarias, así como la adquisición de todo el equipo de protección para seguridad de la planta, pero en una forma muy especial tod lo perteneciente a la nocción de elaboración de polvos químicos y al de la prevención contra incendios, ya que este último alcanza losasas totales. Este punto lo considero fundamental para toda empresa, ya que de este modo, inicia una estabilidad de todas sus acciones, además de empezar un susento en el proceso, esencialmente referido al del ser humano.

La nota tratada de avanzar con el presente trabajo, no ha sido otra sino la de proporcionar algunos aspectos de interés en el campo de la seguridad para la industria química.

## BIBLIOGRAFIA

- A. Applebaum. "Desmineralization by Ion Exchange". Academic Press. New York (1967).
- Bureau of Standards "Seguridad Industrial". Series A, B, C, D, E y F. Herrera Hermanos, S.A. México, D.F. (1969).
- E. Galvet "Química General Aplicada a la Industria." Tomo III. Galvet Editores.
- Halcon Corporation "Technical Cor Master Control Report". Master Control Week. Pittsburg, P.A.
- Asociación Mexicana de Higiene y Seguridad. "Prevención y Combate de Incendios". Herrera Hnos. S.A. México, D.F. (1969).
- L. L. Kael "The Principles of Metallographic Laboratory Practice" McGraw-Hill. Book Company. New York (1949).
- E. S. Burkett. "Manual de Toxicología Industrial". Ediciones UNAM, Bilbao España (1968).
- G. Dillig. "Corrosion and Corrosion Control". John Wiley, Sons. Inc. New York (1963).
- S. T. Lovell "Water Conditioning For Industry". McGraw-Hill. Book Company Inc. New York (1959).
- M. Favara. "Seguridad Industrial". Editorial Woolfork. México, D.F. (1966).