

60  
2ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

“ANALISIS DE RIESGOS Y RECOMENDACIONES DE  
SEGURIDAD PARA EL EVAPORADOR DEL  
LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA DE LA  
FACULTAD DE QUIMICA DE LA U. N. A. M.”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

JOSE LICONA RANCHERO



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

ANALISIS DE RIESGOS Y RECOMENDACIONES  
DE SEGURIDAD PARA EL EVAPORADOR DEL L.I.Q.

I N D I C E

CAPITULO I

INTRODUCCION	1
--------------	---

CAPITULO II

GENERALIDADES

a).- Concepto de seguridad industrial	2
b).- Importancia de la seguridad en el labora torio de ingeniería química (L.I.Q.)	2
c).- Adiestramiento en el L.I.Q.	3
d).- Factores que producen un accidente	6
e).- Axiomas de seguridad industrial	7
f).- Uso del equipo de protección personal	8
g).- Tipos de riesgos más comunes dentro del L.I.Q.	15
g.1) Manajo de los compuestos químicos	15
g.2) Fuego	20
g.3) Explosiones	24
g.4) Ruido	27
g.5) Alumbrado	29
g.6) Electricidad estática	30
g.7) Corrosión	31
h).- Fundamento de evaporación	32

## CAPITULO III

### DESCRIPCION DEL EQUIPO

a) Funcionamiento del evaporador de tubos largos verticales y de calandria	44
b) Diagrama de flujo	
c) Descripción del proceso	45
d) Especificaciones del equipo de evaporación	49
e) Instrumentación	58
f) Localización del equipo en el L.I.Q.	62
g) Prácticas donde se utiliza el equipo de evaporación	

## CAPITULO IV

### ANALISIS DE RIESGOS

a) Importancia del análisis de los riesgos	63
b) Inspección y mantenimiento preventivo	63
c) Mantenimiento y seguridad industrial	66
d) Análisis de riesgos del evaporador a doble efecto	77

## CAPITULO V

### RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD PARA EL EVAPORADOR A DOBLE EFECTO

a) Recomendaciones operativas para mantener los límites de seguridad	74
b) Criterios de operación	81
c) Recomendaciones generales de seguridad	82
RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	85
BIBLIOGRAFIA	88

# C A P I T U L O I

## INTRODUCCION

## INTRODUCCION

Esta tesis tiene por objeto fijar algunos lineamientos de seguridad para la operación del equipo de evaporación - a doble efecto marca swenson, que son de importancia elemental, y que se deben conocer y practicar.

Además estas recomendaciones son enfocadas hacia los problemas de seguridad más comunes que pueden presentarse en el equipo de evaporación. Esto llevará el necesario conocimiento de las medidas correctivas que se deben tomar una vez ocurrido algun evento.

La práctica de la seguridad implica el deseo por parte de quien trabaja no sólo de protegerse sino tambien de protegerse de igual forma de los demás, está costumbre deberá observarse siempre, hasta convertirse en un hábito el cual no deberá perderse o menoscabarse para ello se tomará muy necesario cumplir una diciplina, a su vez esta implicará fijar y cumplir disposiciones y reglas, y hacerlas cumplir; de lo anterior se infiere que la seguridad no solo es todo un deber moral, el cual sólo puede cumplirse con el conocimiento adecuado y la actitud requerida.

**C A P I T U L O   I I**

**GENERALIDADES**

## a) CONCEPTO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

La seguridad industrial está constituida por el conjunto de medidas técnicas destinadas a conservar la vida, la salud y la integridad física de los trabajadores, tendientes a conservar los materiales e instalaciones minimizando el peligro y deterioro y en las mejores condiciones de servicio y productividad.

Esto se ha conseguido a través del estudio sistemático de todos aquellos factores que pueden impedir, dañar o amenazar las anormales condiciones de trabajo del hombre, el hombre ó máquina. Su importancia recaé en el hecho de que con ella se pueden evitar con un costo bajo los daños que son causados por los accidentes y los costos que éstos generan.

Por lo tanto se entiende seguridad en el laboratorio de ingeniería química todo aquello que se refiera a cualquier dispositivo o sistema que se utilice para reducir el riesgo de peligro en el equipo de evaporación a doble efecto.

Las técnicas o sistemas de seguridad, no excluyen toda posibilidad de peligro, pero si reduce el riesgo y el daño a niveles muy bajos.

## b) IMPORTANCIA DE LA SEGURIDAD EN EL LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA (L.I.Q.)

Atender a la seguridad en el L.I.Q. tiene dos objetivos fundamentales:

- 1.- Lograr que las condiciones reales de trabajo para los estudiantes sean seguras.



2.- Inculcar a éstos el conocimiento y respecto a los principios de la prevención de accidentes como preparación en su vida profesional en la industria.

c).- ADIESTRAMIENTO EN LA L.I.Q.

Enseñar "SEGURIDAD" difiere, mucho en enseñar una materia académica. Se trata no solo de suministrar información, sino también de cambiar una actitud mental. Esto es difícil porque los estudiantes se resisten a que se les predique frecuentemente.

Necesitan que se les demuestre como identificar los riesgos y que se les anime a que hagan sugerencias personales para la mejor organización en el aspecto de seguridad.

Este aspecto psicológico de una campaña de seguridad es tan importante como proporcionar equipo de seguridad y organizar los procedimientos para evitar accidentes y crear un ámbito seguro.

Como propuesta, se recomienda no enseñar la "SEGURIDAD" como una materia separada. Los métodos para trabajar en forma segura deben incorporarse a la instrucción práctica en las diversas materias.

El modo seguro de hacer un trabajo es el más efectivo, y si los estudiantes se les informa de manera apropiada respecto a una buena técnica experimental, habrán aprendido un modo que no sólo es seguro, sino que también es un hecho práctico y realista.

Esto se puede manifestar cuando un estudiante que está aprendiendo las técnicas de destilación, se da cuenta de que un solvente volátil inflamable no debe calentarse directamente sobre la llama.

Esta clase de información le ayudará a lograr un producto bien terminado y a no lastimarse. Si al estudiante -

de manera normal se le pone en contacto con procedimientos y equipos de seguridad como parte de un ambiente habitual - de trabajo diario se acostumbra y familiarizará con la seguridad. El estudiante ha de ver a su alrededor todo el equipo para combatir incendios como extintores, cubetas, mantas personales para incendios, etc.. Pintada en color resal tante reglamentarios y en lugares patentes, debe de haber una gran cooperación de todo el personal docente, y ha de ponerse mucha atención en publicar procedimientos de seguridad durante la enseñanza normal.

## DEFINICIONES

**ACCIDENTE.**- acontecimiento repentino, no planeado, no deseable, no controlado, que interrumpe una actividad o función- y que puede ocasionar una lesión a los individuos, daños materiales o ambas cosas.

Se advierte que el accidente no necesariamente produce una lesión o un daño, pues hay ocasiones que el accidente únicamente origina pérdidas de tiempo que desde luego se -- traduce en pérdidas económicas aún sean mínimas.

**ACCIDENTE DE TRABAJO.**- es toda lesión orgánica perturbación fundamental inmediata y posterior y la muerte producida repentinamente en el ejercicio o con el motivo de trabajo, -- cualesquiera que sea el lugar y el tiempo en que se presente.

**LESION.**- daño o deprimiento corporal causado por heridas, - golpes o enfermedad.

**RIESGO DE TRABAJO.**- son los accidentes y enfermedades a que estan expuestos los trabajadores en el ejercicio o con motivo de trabajo.

**ENFERMEDAD DE TRABAJO.**— es todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen — con motivo de trabajo o en el medio donde el trabajador se ve obligado a presentar sus servicios.

Cuando se realizan los riesgos se pueden producir:

- Incapacidad temporal
- Incapacidad permanente total
- Incapacidad permanente parcial
- La muerte

La incapacidad temporal es la pérdida de facultades o de aptitudes que imposibilita parcial o totalmente a una — persona para desempeñar su trabajo por algún tiempo.

- La incapacidad permanente parcial es la disminución de las facultades o aptitudes de una persona para trabajar.
- Incapacidad permanente total es la pérdida de facultades o aptitudes de una persona que se le imposibilita para — desempeñar cualquier trabajo por el resto de su vida.
- La muerte es el fin de la vida orgánica y mental del individuo.

**ACTO INSEGURO.**— se define como la desviación de una práctica o procedimiento normalmente aceptados, la cual produce una — explosión innecesaria a un riesgo con una reducción en el — grado de seguridad normalmente establecido.

No siempre un acto inseguro produce un accidente. Generalmente un supervisor tiene mucha oportunidad de corre— gir actos inseguros antes de que los accidentes ocurran.

**CONDICIONES INSEGURAS.**— se define como un estado físico que de no ser corregido oportunamente, puede conducir a un accidente.

#### d).- FACTORES QUE PRODUCEN UN ACCIDENTE

- Atavismo y medio social
- Medio social
- Actos y condiciones inseguras

#### ÁTAVISMO Y MEDIO SOCIAL

Es la tendencia para nuestro caso, de hacer lo que hace mucho tiempo se acostumbra, sin importar si esta bien o esta mal o sea, es un defecto que se le puede llamar tara, o herencia de nuestros antepasados y que esta no la podemos eliminar ya que es innata al individuo.

Esto es parte del primer factor negativo en la secuencia de un accidente; por otra parte tenemos que puede ser positivo, ya que los seres humanos deben su preeminencia actual en parte a su dotación mental pero sobre todo a las ideas hábitos y técnicas que han recibido de sus antepasados.

#### MEDIO SOCIAL

Cuando este es pobre e insalubre contribuye en gran parte al comienzo de un accidente por muchas causas, polvo, transporte, alimentos, agua, robo, etc.

#### DEFECTOS PERSONALES

Pueden ser adquiridos por deficiencias en la alimentación o heredados; entre otros muchos defectos personales podemos citar algunos de esta indole. El descuido, la negligencia, temeridad, machismo, nerviosidad, excitabilidad, desconsideración, ignorancia, etc.

Estos defectos desde luego son inactos del individuo y son dificiles de eliminar, estos defectos constituyen las causas proximas para que el trabajador ejecute sus actos inseguros, que son los más dificiles de eliminar.

## ACTOS INSEGUROS

Para tener una comprensión más amplia de lo que queremos indicar citaremos algunos ejemplos de actos inseguros, recalando que los actos inseguros dependen directamente de todos y cada uno de nosotros; como por ejemplo: no usar el equipo de seguridad personal recomendable para las labores encomendadas, no usar o respetar las reglas de seguridad establecidas conociendolas y teniendo todo lo indispensable para cumplirlo.

Los actos inseguros son los más difíciles de hacer cumplir ya que no dependen directamente de los encargados de la supervisión.

## CONDICIONES INSEGURAS

Podríamos decir que es hasta cierto punto la razón directa para que ocurra accidente, casi siempre las condiciones inseguras son expuestas por el personal, no directamente del que esta expuesto al riesgo, sino de sus errores, -- así podríamos decir como ejemplo: el trabajar con equipo defectuoso, trabajar en áreas ruidosas ó insalubres de iluminación deficiente.

Trabajar con materiales peligrosos teniendo otros que no lo son, trabajar cerca de equipos peligrosos sin seguir las indicaciones adecuadas de seguridad e higiene.

### e).- AXIOMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

- 1.- La ocurrencia de una lección, invariablemente es el resultado de una secuencia incompleta de factores, siendo uno de ellos, el accidente mismo.
- 2.- Puede ocurrir un accidente solo cuando va precedido o acompañado, y directamente causado, por dos circunstancias o una de ellas cuando menos; la acción descuidada.

de una persona y la existencia de un riesgo físico ó mecánico.

- 3.- Puede ocurrir un accidente, generalmente por actos inseguros de las personas.
- 4.- No siempre el acto inseguro de una persona es causa inmediata de un accidente y de una lesión; tampoco la sola exposición de un individuo o un lugar peligroso físico ó mecánico, tiene siempre como consecuencia un accidente o una lesión.
- 5.- Dos motivos o razones que permiten la realización de accidentes o acciones descuidadas de las personas proporcionan una guía para la selección apropiada de medidas correctivas.
- 6.- La gravedad de una lesión es extremadamente fortuita; - en cambio; la realización del accidente que produce la lesión es casi siempre evitable.
- 7.- Los métodos más valiosos para la prevención de accidentes son análogos a los requeridos para el control de la calidad, costo y cantidad de producción.
- 8.- La administración o gerencia, tiene la mejor oportunidad y capacidad para evitar que ocurran accidentes; por lo tanto ella es la responsable de estos.
- 9.- El supervisor o similar es el individuo clave en la prevención de accidentes.

#### f).- USO DEL EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

El equipo de protección personal tiene un serio problema, no hace nada por eliminar o reducir el riesgo, solo ofrece una defensa y cualquier falta a esta por defectos, o porque no se usa en un momento crítico, significa una exposición inmediata al riesgo.

Del mismo modo que sucede con otras actividades de se-

guridad industrial, la provisión y el uso de equipo de protección se debe considerar como el, último recurso en la -- prevención de accidentes disminuyendo primero al mínimo los riesgos.

Hay veces que el equipo de protección al personal se -- considera la última línea de protección; cuando surge la ne- cesidad de equipo de protección al personal, ya ha sucedido un accidente causado por tocar una pieza de fundición o por salpicadura de una sustancia química, etc.

Después de considerar los diferentes medios de protec- ción y prevención de accidentes, todavía puede ser necesario proveer una especie de barrera entre las personas que corren un riesgo y el agente riesgo que puede causar una lesión.

#### DETERMINAR LA NECESIDAD DE USARLO

##### a).- Experiencia de accidentes-incidente

Cada accidente ó incidente ya sea que haya o no causa do una lesión debe tener circunstancias atenuantes o un as- pecto particular. Este aspecto particular puede ser acon- tecimiento importante que ponga de manifiesto la necesidad de proveer equipo de protección para el personal.

Esto es obvio en el caso de un accidente que haya cau- sado una lesión pero que en muchos otros casos en que solo- se producen lesiones leves o que no haya lesión, este fac- tor no puede ser tan obvio, por lo tanto, hay que hacer no- tar el valor y la importancia de un examen detallado de la información disponible, a fin de examinar los riesgos y ver el punto más débil.

## b).- REQUISITOS LEGALES

Es importante tener en cuenta la obligación no solo de proveer el equipo, sino también de darle mantenimiento proveer el equipo, sino también de darle mantenimiento preventivo lo cual podría interpretarse en el sentido de conservar en buenas condiciones y también en el sentido de seguir operándole en forma segura.

### SELECCION DEL EQUIPO

La elección del equipo es muy importante, su calidad, durabilidad, adaptabilidad, interferencias con las facultades del usuario y sus movimientos, son factores que requieren considerarse al momento de hacerse la elección para el empleado, un igualmente importante es su apariencia cuando lo usa.

Los esfuerzos que se hagan por obtener la cooperación para que use equipo de protección que sean motivo de burla o risa están destinados al fracaso.

Es evidente que en la selección de la adaptabilidad del equipo, no solo se necesita la asesoría de los fabricantes y de expertos en seguridad, sino también el punto de vista de los trabajadores respecto de su comodidad y aceptabilidad.

### EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL

#### a).- CASCOS

El riesgo más obvio para el cual se requiere el casco es el que resulta de caídas de objetos, pero también puede requerirse el casco para protegerse contra el calor, salpicaduras de sustancias y para evitar que el cabello del usuario entre en contacto con las partes de la máquina.

Los cascos para resistir el calor y las sustancias químicas



micas pueden obtenerse en gran variedad de materiales y tipos; los catálogos de los fabricantes y proveedores contienen muchos ejemplos.

#### USO Y TIPOS DE CASCOS

**CASCOS DE ELECTRICISTAS:** Además de proteger contra impactos lo protegen contra altos voltajes.

**CASCOS DE BOMBERO:** Con alas más anchas para mayor protección contra impactos y la humedad y protección limitada contra voltajes.

**MONJA O CAPUCHA:** Resistentes a los productos químicos con pantalla de plástico o vidrio, protegen de salpicaduras de ácidos, álcalis y otros líquidos peligrosos.

#### b).- GUANTES

Estos son los artículos más utilizados del equipo de protección personal; esto no es sorprendente porque las lesiones en las manos forman una proporción muy alta de lesiones que se registran en el trabajo.

Los factores que deben considerarse para su selección son:

- 1.- Riesgos contra los que hay que protegerse (contacto con objetos filosos o sustancias abrasivas, corrosivas, calientes, irritantes, etc.).
- 2.- Grado de resistencia a las sustancias con las que se es ta en contacto.
- 3.- Sensibilidad requerida.
- 4.- Area en que debe de protegerse (dedos, toda la mano, la muñeca, el brazo).

El material tradicional para los guantes ha sido el -- cuero; hay guantes de este material, cuero cromado y de varios otros tipos de cuero, pero son muy caros.

## USO Y TIPO DE GUANTES

**TELA:** Dan protección en general contra polvo, mugre, escoria-  
ciones, rozaduras, astillas de madera y superficies po-  
co calientes.

**CUERO:** Protegen de las chispas, astillas, materiales con su-  
perficie ásperas y contra calor moderado.

**HULE:** Protegen contra ácidos y quemaduras causadas por sus-  
tancias químicas.

**NEOPRENO CON BAÑO DE CORCHO:** Dan mejor agarre en trabajos -  
con herramientas o superficies resbalosas o aceitosas.

**PLASTICO:** Protegen contra las sustancias químicas corrosivas.

**HULE PARA ELECTRICISTA:** Según su tipo protegen contra dife-  
rentes voltajes eléctricos.

**ASBESTO O ALUMINIZADOS:** Son resistentes al calor, protegen  
contra flamas y chispas calientes.

**MALLA METALICA:** Protegen contra cortaduras y golpes causa-  
dos por superficies puntiagudas y herramientas angulo-  
sas.

Además para trabajos especiales hay equipos que inclu-  
yen protección para; brazos y muñecas, dedos metálicos y  
mitones.

### c).- PROTECCION AL CUERPO

Las condiciones en que se requiere usar equipo de segu-  
ridad que cubra el cuerpo con tantas, como los tipos de ro-  
pa y otros equipos especiales, clases de materiales, fabri-  
cantes y proveedores.

Los tipos de ropa incluyen overoles, batas de lana, de  
lantales y muchas otras variaciones y se seleccionan de a -  
cuerdo con la protección que darán contra las inclemencias-

del tiempo, el polvo, las sustancias químicas, aceites y grasas, calor y contacto con objetos en general, que pueden producir un daño físico. El material que se selecciona debe tener estas cualidades: debe de ser cálido, cómodo, a prueba de viento, impermeable al polvo y a los líquidos, que no produzca electricidad estática, resistente al fuego, fácil de limpiar o lavar para usarse en determinadas circunstancias, ser de alta visibilidad.

#### d).- EQUIPO DE PROTECCION A LOS OJOS

Todos los que piensan en la seguridad deben entender que es necesario usar gafas, caretas y máscaras; para disminuir al mínimo los riesgos.

Los protectores para los ojos desempeñan una importante y nunca debe de evitarse su uso, sin tener en cuenta el peligro. Al considerar los varios tipos de protección contra los riesgos de los ojos, es útil considerar las gafas o máscaras como componentes separados, añadiendo cualquiera de los muchos lentes de seguridad y filtros, para permitir una permutación casi infinita de alternativas. En tanto no se fabrique un protector para los ojos contra cualquier riesgo, hasta el momento no existe un sólo tipo que proteja contra todos los riesgos.

Existen diferentes tipos de protección ocular, entre ellos se puede considerar:

**ANTEOJOS TIPO ESPEJUELOS:** se recomiendan para trabajos de torno, fresa, maquinado de madera, etc.

**ANTEOJOS O GAFAS TIPO COPA:** Se usan principalmente contra polvo muy fino, para trabajos de torno esmeril, taladro rebabeados, forjado, cincelado, manejo de herramientas de mano y en maquinas para madera. Los anteojos con ventilación indirecta se usan en trabajos de corte o solda-

dura con soplete de oxiacetileno y están provistos de cristales con sombra.

**MONOGAFAS O MONOGOGLES:** Le protegen en trabajos donde existen proyecciones de partículas laterales o frontalmente.

**PANTALLA O VICERAS FACIALES:** Se usan en trabajos donde haya proyección de líquidos y contra partículas ligeras — proyectadas frontalmente.

**YELMO DE SOLDADOR:** Estas caretas son usadas en trabajos de corte y soldadura con arco eléctrico.

**PROTECTORES INDIRECTOS:** Como son, pantalla para evitar reflejos, biombo para evitar radiaciones luminicas y pantallas contra impactos en esmeriles.

#### e).- EQUIPO RESPIRATORIO

Este puede ir desde una máscara simple, para protección contra el polvo molesto, hasta un traje completo con suministro de aire, pero por lo general el tipo de equipo respiratorio a encontrar es una máscara facial contra polvos o vapores, la que cubrira la nariz y la boca (Media cara). Al utilizar dichas máscaras debera comprobarse siempre:

1.- Que el sistema de filtro está diseñado de acuerdo con el polvo o vapor de que se trate, no deberá nunca utilizarse una máscara contra el polvo para hacerse frente a un riesgo ocasionado por un vapor.

2.- Que antes de utilizar la máscara se compruebe su ajuste esto se lleva a cabo bloqueando el filtro y respirando para evacuar el espacio de aire que queda dentro del respirador, comprobando así el ajuste es lo bastante bueno como para evitar que el aire escape por los lados. Los defectos aparezcan durante el tiempo en que se detiene la respiración, esta prueba debera llevarse a cabo cada

vez que se utilice el respirador.

Existen diferentes tipos de equipos de protección respiratoria, entre ellos:

**RESPIRADOR CON FILTRO MECANICO:** Protegen contra polvos y neblinas no tóxicas.

**RESPIRADOR CON CARTUCHO QUIMICO DE BAJA CAPACIDAD:** Se usan cuando hay bajas concentraciones de vapores o gases tóxicos y por breve tiempo.

**RESPIRADOR CON BOTE QUIMICO:** Se usan sólo en atmosferas con más de 16% de  $O_2$  y menos de 2% de gases.

**RESPIRADOR CON REGENERACION QUIMICA DE OXIGENO O CON CILINDRO DE AIRE U OXIGENO.-** Estos se emplean en general en lugares - donde pueden haber deficiencias de oxígeno como:

- En reparación de equipo cuando presentan fugas considerables.
- Durante emergencias, cuando no se sepa si la fuga o la concentración de gases pueda aumentar, etc.

**MASCARA DE AIRE FORZADO MECANICAMENTE:** Se emplean en áreas de trabajo con deficiencias de oxígeno o contaminadas por - sustancias tóxicas, como es en, la limpieza de equipos que hayan contenido tetraetilo de plomo hidrocarburos en general, como en tanques, acumuladores, etc.

#### g).- TIPOS DE RIESGOS MAS COMUNES DENTRO DEL LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA.

##### g.1).- Manejo de los compuestos químicos

Hay miles de compuestos y mezclas químicas que presentan alguna forma de mayor o menor riesgo para el usuario inexperto debido al uso creciente de productos químicos en - las industrias no químicas, la incidencia de los "Accidentes

químicos" aumenta día a día.

Muchos se deben a que se ignoran las propiedades químicas de estos productos.

En la industria química, los problemas de seguridad que lleva consigo el uso de dichos productos, por razón de su magnitud y complejidad. Exigen que se valore sistemáticamente todas sus propiedades, a fin de conocer sus riesgos; por ejemplo, su toxicidad y la inflamabilidad. Después de hacer esta evaluación, podrá eliminarse o controlar los riesgos, y evitar el desperdicio de productos químicos y lesiones graves a los trabajadores.

#### EVALUACION DE LOS PELIGROS DE UN PRODUCTO QUIMICO

Aunque por norma general es suficiente el conocimiento genérico de como manejar con seguridad un producto químico.

La evaluación debe hacerse tan pronto como se tiene conocimiento de que se va a emplear un nuevo producto químico y debe hacerse una reevaluación cuando hay algún cambio de ubicación de las instalaciones.

Los siguientes párrafos tienen como objetivo aclarar estos puntos:

Nombre del producto químico

La necesidad de formular esta pregunta es obvia y debe darse siempre el nombre común, lo mismo que el nombre químico, de modo que en una situación en que el ácido acetil salicílico significa la aspirina entre los químicos.

Otros empleados no sufran confusión o tengan dificultades de su uso. Por lo general, el uso de diferentes sistemas de nomenclatura en química tiende a quedar confusión por ejemplo el químico hable del  $H_2S$ , mientras que el ingeniero hable del ácido sulfhídrico.

Cuál es su estado físico

El objeto es simplemente determinar si el producto químico se recibe en estado sólido, líquido o gaseoso y no necesariamente que el saber su estado sirva para averiguar sus propiedades físicas generales. También se debe de considerar en este párrafo bajo que condiciones el material es sólido, líquido ó gaseoso.

Debe considerarse si se entrega o almacena el producto químico en estado inestable. Los peligros que se deben considerar son: rápida emisión debido a fugas, rápida elevación de temperatura debido a cercanías de fuego etc. Si es un líquido, ¿ Por donde debe escurrir el derrame? .

¿ Puede corroerse los tanques si se les deja en terreno húmedo o corroerse internamente si se les almacena por mucho tiempo?

¿ Es tóxico?

La diferencia entre toxicidad y riesgo debe entenderse claramente. La toxicidad de un producto químico es una de sus propiedades inherentes que no pueden evitarse si el producto es genuino; pero hay que determinar el riesgo por la frecuencia y duración de la exposición y la concentración del producto químico.

No puede haber lesión si no hay exposición a una concentración dada, y el diseño de cualquier proceso químico determina la cantidad de exposición, concentración, etc.

Por tanto, mediante el diseño correcto y el manejo seguro se puede evitar el riesgo o por lo menos reducirlo bastante.

Así determinar las propiedades toxicas de cualquier producto químico que se vaya a usar es muy importante, particularmente cuando la toxicidad es una forma incidiosa de conducir a un envenenamiento crónico.

Hay que determinar la manera en que la sustancia tóxica o el veneno entró al cuerpo, es decir; por inhalación, ingestión o absorción lo cual se determinará que pruebas - han de aplicarse y las medidas preventivas que se deben tomar.

## CARACTERISTICAS FISICAS

El conocimiento de las características físicas a tomar como importantes son:

Presión de vapor, densidad, peso específico, punto de congelación y misibilidad con el agua, representan en si información valiosa.

Todos los líquidos descubiertos vaporizan; pero la proporción en que vaporizan dependen de la temperatura y de la presión. Por lo general los líquidos calientes vaporizan - más rápidamente que los frios. La presión de los líquidos y soluciones debe referirse de preferencia a temperatura ambiente. Esto es sumamente importante cuando se almacenan - tambores que contienen líquidos peligrosos.

La importancia de conocer la densidad de un producto y la de sus vapores es obvia, cuando se va a determinar la acción a tomar en caso que se sufra un derrame de conside- ración. Esta comparación de densidad del producto y la del agua indica si el producto químico tiende a flotar en la superficie del agua o a hundirse.

Si el producto químico es misible en agua, cualquier derrame se puede controlar con mayor rapidez, porque puede diluirse con agua y después de haber tomado las precaucio- nes apropiadas, arrastrarlo hasta el sistema de drenaje.



Es muy importante tambien conocer el punto de congelación porque nos sirve para poder determinar la forma de almacenarlo.

Es obvio que un producto químico líquido, que solidifica a  $1^{\circ}\text{C}$  ( $30^{\circ}\text{F}$ ), no se debe almacenar en un lugar descubierto durante el invierno porque además de que puede — cristalizar y ser difícil de usar, hay peligro de que haga estallar el recipiente en el que se encuentre almacenado.

## INFLAMABILIDAD

Esta pregunta se refiere a las propiedades inflamables de un producto químico, su punto de inflamación, límite en que es explosivo y temperatura de ignición.

Para determinar si un producto químico es inflamable o muy inflamable, generalmente conviene registrarse a una temperatura de inflamación dada, el conocimiento de la temperatura de inflamación, los límites de inflamabilidad y la temperatura de ignición influye notablemente en el almacenamiento y en el uso del producto químico cuando se considera debidamente, su control.

### g.2).- FUEGO

Todo edificio destinado a la enseñanza debe estar provisto de extintores; el tipo y número de estos dependerá de los riesgos de dicho edificio. El trabajo que se efectúa en los laboratorios y talleres puede implicar un grave riesgo de incendio, en cuyo caso el personal técnico y administrativo debe procurar que se cuente con el equipo adecuado contra incendios.

Cualquiera que fuera el tipo de alarma, el sonido no debe ser similar a ninguna otra cosa con que se den señales en el edificio y taller.

Debe operarse con un sistema de baterías de tal modo que pueda funcionar aun cuando se interrumpa el suministro de energía eléctrica normal.

Debe haber un instructivo general para casos de incendio que indique a la gente qué hacer cuando se inicie éste o cuando se escuche la alarma. También debe haber en los pasillos flechas direccionales marcadas con claridad y escaleras para las salidas de emergencia, todas ellas que habrán hacia afuera; deben mantenerse todos los pasillos y escaleras

libres de obstáculos. Cualquiera que ocupe el edificio debe recibir adiestramiento periódico respecto de lo que debe hacerse en caso de incendio.

El equipo manual para combatir incendios se clasifica en:

- 1.- Extintores portátiles, con varios agentes para diversos riesgos y bombas de mano portátiles.
- 2.- Equipo manual, por ejemplo: cubetas para agua o arena, palas para arena y diversos implementos para batirlos y mantas resistentes al fuego para sofocarlos y para incendio personal.
- 3.- Carretes de manguera con boquerel de chorro sólido y niebla (llamados boquereles de combinación).
- 4.- Equipo para espuma, perlvo químico seco, boquereles especiales, generadores mecánicos de espuma y dosificadores.
- 5.- Mangueras tipo industrial de 38 y 51 mm, o mayores, generalmente de 64 o 70 mm de diámetro, también con boquereles de chorro sólido y niebla.
- 6.- Bióxido de carbono y equipos mayores montados sobre ruedas, de capacidad de 90 Kg.
- 7.- Equipos especiales o instalaciones operados manualmente para riesgos especiales de incendios: Por ejemplo, instalaciones de espuma para tanques.

La mejor forma de protegerse contra incendios, es evitarlos por completo. Otra solución es prepararse para los casos imprevistos, seleccionando el tipo de equipo más apropiado para el riesgo existente y colocar el equipo en lugares de fácil acceso.

## CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE INCENDIO

Los tipos de agentes para combatir incendios se pueden clasificar segun los tipos de fuego para los cuales son apropiados:

### CLASE A

Incendios originados en materiales combustibles ordinarios en los cuales la acción a tomarse es el rociar con cantidades de agua o soluciones con grandes porcentajes de agua.

### CLASE B

Incendios originados en líquidos inflamables, grasas, gases, etc.. En los cuales es esencial aislarlos del aire.

### CLASE C

Incendios en equipo eléctrico energizado. En los de esta clase es muy importante el uso de agentes extintores que no sean conductores de electricidad.

## AGENTES PARA COMBATIR INCENDIOS

Los agentes para combatir incendios que se usan en extintores portátiles manuales y sus equipos incluyen:

- 1.- Agua, algunas veces con aditivos para aumentar su eficacia y evitar la congelación.
- 2.- Espumas que se usan sobre líquidos inflamables que no se mezclan con el agua, incluyendo espuma de aire hecha de proteína, fluor o proteínas fluorquímicos, líquidos sintéticos-espumosos.
- 3.- Espumas para emplearse en líquidos inflamables, que se mezclen con el agua, por ejemplo: alcoholes de líquidos espumantes "Para todo uso".
- 4.- Espumas de aire, de expansión media, derivadas de líquidos espumosos sintéticos.

5.- Polvos secos.

6.- Gases inertes e inhibidores; por ejemplo bióxido de carbono.

El fuego se combate mejor cuando el equipo que se usa es el apropiado, cuando está disponible con rapidez, es adecuado para el trabajo y las personas responsables cuentan con el adiestramiento suficiente en el uso del equipo lo cual les permite luchar contra el fuego de manera eficaz y organizada. Para lograr esto, se deben dar cuenta de los riesgos y evaluar su magnitud. Debe proveerse el equipo adecuado y darse el adiestramiento regular realista contra riesgos de dificultad parecida.

#### CUADRO DE CONTRAINCENDIO

CLASE DE INCENDIO	TIPO DE COMBUSTIBLE	METODO DE EXTINCION	AGENTE EX-TINTOR
A	Sólidos que dejan residuo carbonoso.	Enfriamiento	Agua, espuma polvo químico
B	Líquidos y gases	Sofocamiento	Espuma, polvos químicos, líquido vaporizante, CO <sub>2</sub>
C	Circuitos eléctricos	Sofocamiento	Polvos químicos y CO <sub>2</sub>
D	Metales combustibles	Sofocamiento	Polvo especial para incendio clase D

### g.3).- EXPLOSIONES

Las explosiones son causadas por reacciones muy rápidas de combustión que producen grandes volúmenes de productos gaseosos y emiten luz, sonido y energía térmica.

#### Explosiones de gas/vapor

Las explosiones de gas/vapor se producen cuando una mezcla de gas/aire o de vapor/aire recibe ignición entre sus límites explosivos. La amplitud del daño causado depende del volumen de la mezcla explosiva, y de si ésta se encuentra limitada en un espacio limitado. La energía requerida para iniciar una explosión es la misma que se necesita para producir un fuego (aproximadamente 0.5 mJ)

#### Explosiones de polvos

Cuando una sustancia sólida se quema en el aire, la reacción de combustión es muy lenta, debido a la limitada superficie expuesta al  $O_2$  del aire.

La energía liberada puede ser absorbida con seguridad por el ambiente.

Si el sólido tiene la forma de un polvo muy fino, la zona superficial aumenta, la combustión se acelera en tan gran medida que puede producirse una reacción explosiva.

La situación requerida para que tenga lugar una explosión de polvo es semejante a la que se requiere en el caso de gases o vapores.

En primer lugar la concentración de polvo en el aire debe quedar limitado dentro de sus límites explosivos. En segundo lugar deberá haber una fuente de ignición: la energía requerida para prender un polvo es pequeña, aunque mucho más elevada que en el caso de una mezcla de gas/vapor (aproximadamente 20 milijoules).

Las explosiones de polvo difieren de las explosiones de gas /vapor por tener lugar en dos partes:

Explosión primaria.- Esta es en general una explosión muy pequeña, y que en si mismo no causa un gran daño, pero que distribuye el polvo, fino según la gran zona creandose asi un volúmen considerable de polvo situado dentro de sus límites explosivos.

Explosión secundaria.- Esta causa habitualmente un amplio-  
daño, y se produce como consecuencia de la nube de polvo o  
cacionada por la explosión primaria.

#### SUSTANCIAS QUE PUEDEN CAUSAR ATMOSFERAS EXPLOSIVAS

Cualquier líquido que produce un vapor inflamable, o cualquier gas inflamable, constituye un riesgo posible de explosión.

Por norma general, aparte de los hidrocarburos halo--genados, esta categoria incluye casi todos los compuestos orgánicos en uso.

El caso de las polvos están implícitos muchos materia-  
les y sustancias, por ejemplo: los materiales metálicos fi-  
namente divididos, tales como el aluminio, magnesio, y el-  
zinc, los plásticos tales como las resinas acrílicas, el -  
poliestireno, las resinas fenólicas y la úrea-formaldehido,  
los productos alimenticios, como el cacao, la harina y el-  
azúcar, el carbón, el corcho, el alquitrán, la goma, el a-  
zufre y el aserrín (polvo de madera).

Los vapores combustibles para poder arder en el aire requieren que se encuentren en cierta proporción ya que si

la cantidad de vapores es muy pequeña la mezcla estará muy "pobre" y no arderá; en caso de que la cantidad de vapores combustibles sea muy alta, la mezcla estará "rica" y tampoco arderá, para que la mezcla pueda arder, o mejor dicho, sea una mezcla "inflamable", se necesita que esté dentro de ciertos límites que se denominan "límites de inflamabilidad".

El "límite bajo de inflamabilidad" nos determina la proporción de vapores combustibles en aire a partir de la cual la mezcla arderá. El límite alto de inflamabilidad nos determina la proporción de vapores en aire, a partir de la cual la mezcla no arderá por ser demasiada rica.

A estos límites también se les llega a llamar "límites de explosividad" ya que la mezcla inflamable puede ocasionar explosiones. Pero las explosiones no son más que la combustión en un lugar confinado o cerrado.

#### TIPOS DE INFLAMABILIDAD

**INCENDIO.-** Fuego grande fuera de control que abrasa lo que no está destinado a arder.

**DEFLAGRACION.-** Son reacciones en propagación en las cuales la transferencia de energía de la zona de reacción a la zona que no ha reaccionado, se efectúa por medio de los procesos de transporte o como transferencia de calor a la masa.

**DETONACION.-** Son reacciones en propagación en las cuales la transferencia de energía de la zona que no ha reaccionado se efectúa por medio de una onda de choque reactivo.



Todas estas propiedades son condición indispensable en el almacenamiento y en el uso del producto químico a tratar.

g.4).- RUIDO

El ruido, constituye uno de los mayores problemas de los acesores de seguridad e higiene.

Una exposición excesiva al ruido causa lesiones al sistema auditivo. Esta es la fuente de peligro que más debe interesarle al acesor, esta debe saber que el ruido tiene otros efectos indeseables en las personas. En particular causa molestias y, en ocasiones interrumpe el curso de un diálogo.

## EVALUACION DE PROBLEMAS DE RUIDOS

A fin de evaluar el riesgo del ruido, se requieren tres tipos de información:

- a).- Niveles de ruido de una planta y maquinaria.
- b).- El modelo de exposición de todas las personas afectadas por el ruido.
- c).- Cantidad de personas que se encuentran en los distintos niveles de exposición.

Esta información puede usarse para evaluar el grado de ruido en varias partes de una fábrica, para seleccionar las medidas apropiadas para controlarlo y para evaluar la inversión del control que se proponga.

## EQUIPO DE PROTECCION

Las orejeras representan un medio más fácil de poner - en práctica y, por tanto, son un medio común para controlar el ejercicio sobre tal exposición al ruido.

Se usan cuando haya una exposición o ruidos de alta intensidad (de más de 95 dB).

Hay una gran variedad de orejeras en el mercado, en la práctica, la selección de las orejeras consiste en elegir - estas entre varias clases y modelos de insertos en el oído.

**LOS TAPONES.**- Dado que son más cómodos que las orejeras son preferibles donde la exposición sea de ocho horas diarias a niveles de ruido moderado (de 8 a 95 dB ).

Al hacer la elección, el asesor de seguridad e higiene necesita considerar los factores acústicos y los no acústicos.

El propósito clave de proteger los oídos es reducir el nivel de ignición de ruido en las personas que usan las orejeras.

Se ha visto que la elección de las orejeras depende, en parte, de las consideraciones acústicas.

Una vez que se ha decidido protegerse los oídos, debe prestarse atención a los procedimientos de rutina necesarios para garantizar la adaptabilidad continua del proyecto para proteger los oídos.

#### g.5).- ALUMBRADO

Gran parte del alumbrado que se utiliza en la industria puede considerarse como un obstáculo para el logro de los niveles de eficiencia y prevención de accidentes de trabajo — que deben esperarse en industrias de todo género.

Es obvio que sin los requerimientos fundamentales para un alumbrado adecuado, es decir, sin un nivel estándar de alumbrado suficiente, no se puede llevar a cabo ningún trabajo visual en forma fácil, correcta y rápida, ni tampoco en forma segura.

Por otra parte, la luz misma puede representar un riesgo o peligro si se le emplea indebidamente.

Un buen alumbrado es aquel que promueve la seguridad y la eficiencia en cualquier centro de trabajo; es el alumbrado que se ha diseñado bajo normas de ingeniería y el que se ajusta a las necesidades de trabajo específico del personal y a las condiciones generales de la vida moderna.

#### ALUMBRADO INSUFICIENTE

Debido a la obscuridad con frecuencia quedan ocultos los riesgos; una semiobscuridad tampoco mejora las condiciones de trabajo. Esto podría ocasionar una mala interpretación de información que se da a través de medios visuales, ya que la colocación, configuración y movimiento de los objetos pueden ser motivo de equivocaciones si no se tiene el alumbrado necesario para llevar a cabo actividades normales.

## SOMBRAS

Las sombras se producen al haber demasiada separación entre lámparas en relación con su altura, o bien si están mal colocadas.

A menos que no haya obstrucciones voluminosas se requiere, obviamente, tomar ciertas precauciones y las sombras no tendrán importancia sin la relación. Altura de las lámparas no accediera a el máximo recomendado por los fabricantes.

Por ningún motivo debe permitirse que las escaleras estén oscuras porque ya de por sí son un riesgo bastante serio sin tomar en cuenta el peligro adicional de las sombras que pueden ocultar el borde del escalón o que dan la apariencia de un escalón adicional. Debe haber alumbrado al comienzo y al término de cada tramo de escalera y debe estar siempre encendido si la luz natural no es adecuada durante las horas del día.

### g.6).- Electricidad estática

La electricidad estática se produce cuando, los electrones se desplazan en la superficie de un material. En consecuencia de la fricción entre dos superficies que se mueven la una sobre la otra; por ejemplo, cuando los sólidos o los líquidos fluyen por tuberías, o bien cuando un gas pasa a través de un orificio.

El desplazamiento de electrones da lugar a voltajes muy elevados en el material, lo que, al llegar a un nivel crítico, se descargan en forma de chispas. La energía de la chispa es suficiente para iniciar una explosión en polvos o vapores, o para originar que se encienda una masa de vapor. El uso de ropas de fibras sintéticas puede generar

electricidad estática suficiente para que al descargarse en un mechero de bunsen se prenda el gas. Para evitar que se formen cargas estáticas en un equipo o las personas deberán lograrse que dicha carga circule por un sistema y la conecte a tierra.

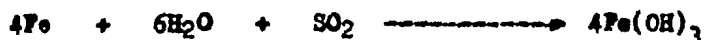
En las máquinas esto se consigue instalando cintas metálicas para tomas a tierra conectadas a la máquina, mediante las cuales pasa a tierra la carga estática. Además el personal deberá utilizar ropa de algodón y calzado especial — que cuente con suelas protectoras.

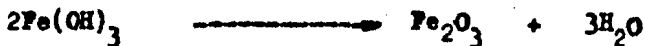
#### g.7).- CORROSION

##### NATURALEZA DE LA CORROSION

La corrosión se puede definir en forma general como la destrucción de un metal ya sea por una acción química directa o por una acción electrostática entre el metal y el medio ambiente. Se debe sustancialmente a que la mayoría de los metales no son estables en el medio en que se emplean sino que tienden a formar compuestos más estables en el medio en que se emplean, como son, los minerales tal como se encuentran en la naturaleza. Generalmente la corrosión se presenta sobre la superficie metálica pero puede avanzar a lo largo de los límites intergranulares o de otras líneas de ataque debidos a diferencias en su resistencia a la acción electrolítica local en la mayoría de las condiciones de exposición, los productos de la corrosión consisten en óxidos más o menos hidratados, carbonatos y sulfuros, según la naturaleza del metal y del medio de corrosión.

Las reacciones que se efectúan son:





## RESISTENCIA DEL MATERIAL A LA CORROSION

La corrosión puede afectar a los recipientes de la siguientes:

- a).- Partes componentes sufren pérdidas de material por corrosión que su capacidad para soportar la carga se reduce a un grado no aceptable. Si la pérdida de material se fija en un lugar, puede tener por resultados la penetración y como consecuencia, una fuga.
- b).- Aún sin pérdidas de peso, el material se puede romper o agrietar.
- c).- Causar impurezas no admisibles en el producto o producir transferencias irregulares de calor.
- d).- La apariencia de los componentes se puede deteriorar hasta un grado inaseptable.
- e).- Puede estorbar el funcionamiento de partes mecánicas todos estos principios deben gobernar para la elección adecuada del material de construcción del recipiente. Además hay que considerar si los compuestos que se van a manejar son corrosivos y abrasivos.

La velocidad de desgaste se considera como la rapidez con la cual disminuye el espesor de una pared metálica, ordinariamente se da en m.p.a. (milesimas de pulgadas por año).

## h).- FUNDAMENTOS DE EVAPORACION

La evaporación es un fenómeno de transferencia simultánea de masa y calor ocurridos entre las fases líquido vapor.

La transferencia se efectua en la mayoría de los casos,-

através de una superficie sólida, pero también puede ocurrir en forma directa entre los gases de combustión, como medio calefactor y el líquido en ebullición.

El objetivo principal de la evaporación, es concentrar una solución mediante la separación de una parte de disolvente volátil por evaporización. En la mayoría de los casos el disolvente agua, este es el caso general de la (evaporación-química) en donde el producto valioso es la solución concentrada mientras que el vapor se condensa y se desprecia.

En los procesos de tratamiento y purificación de agua en cambio, es el caso contrario, pues el producto principal es el condensado de la porción vaporizada, siendo el concentrado el residuo o purgas del sistema.

Generalmente en las operaciones de evaporación el costo más importante del proceso es el de energía y un método que tiende a reducir este consumo es el múltiple efecto. Este consiste en una serie de evaporadores sencillos llamados cuerpos o efectos, conectados de modo que el vapor procedente de un evaporador sirva como medio de calentamiento para el, efecto contiguo.

La evaporación sucede en dos etapas principales:

- 1.- El calor es transferido del medio térmico hacia la solución.
- 2.- La masa y el calor se transfieren simultáneamente del líquido hacia la fase vapor.

La transferencia de calor del medio calefactor , al líquido en proceso, es la etapa controlante, pues las contribuciones a la operación total de los demás procesos de transferencia, tienen caracter secundario.

El calor transmitido desde el medio de calentamiento - hacia la superficie intermediaria entre este y el líquido, - puede expresarse en función del gradiente de temperaturas - existentes entre las dos caras de la superficie misma, así como también, las resistencias que involucran los coeficientes de condensación y del líquido en ebullición, el área de transferencia, el espesor de la pared y un factor de obstrucción debido a las incrustaciones formadas por la superficie.

El grado de transferencia se expresa mediante la relación.

$$q = U_0 A_0 (AT)$$

siendo  $U_0$  el coeficiente global de transferencia de calor, - cuya magnitud depende de las propiedades de la solución, -- (concentración, velocidad de flujo, presión local, punto de ebullición, etc.); del medio de calentamiento y de la geometría y tipo de superficie.

La velocidad de transmisión de calor puede ser ajustada a las necesidades requeridas, ya que puede esta incrementarse mediante la aplicación de una determinada presión de vacío, dentro del cuerpo del evaporador, provocando un descenso en la temperatura de ebullición y por lo tanto, un aumento en el gradiente de temperaturas entre el vapor condensante y el líquido hirviente.

El fenómeno de la evaporación, ha sido estudiado por - algunos investigadores, quienes han llegado a encontrar factores que afectan la velocidad de transferencia de calor en



la vaporización; ellos son:

- 1.- Las propiedades del líquido, tales como: tensión superficial, coeficiente de expansión, densidad y viscosidad.
- 2.- Naturaleza de la superficie en contacto con el líquido.
- 3.- La diferencia de temperaturas, la cual influye en la formación y evolución de las burbujas de vapor.

Además de los factores ya enunciados, relacionados con la velocidad de transferencia de calor, existen otras variables que influyen directamente con la temperatura correspondiente al punto de ebullición; y son:

- a).- La presión de vacío
- b).- La concentración
- c).- La carga hidrostática

El fenómeno de transferencia de calor ocurrido durante el proceso de la evaporación, es por tanto, una combinación de convección en el líquido y convección adicional producida por la ascensión de las burbujas.

El mecanismo que ocurre, a grandes rasgos, es la siguiente:

El vapor que fluye como medio de calentamiento, dentro de los tubos metálicos sumergidos en la fase líquida, provoca la formación de burbujas en la superficie de los mismos—cuya abundancia depende de la textura o rugosidad propias de esa superficie.

El calor transmitido directamente de la pared del tubo—al líquido, por convección, provoca una diferencia entre la

temperatura del líquido sobrecalentado y la temperatura de saturación del vapor en el interior de la burbuja, de modo que  $T_1 > T_s$ . Este gradiente de temperatura ( $\Delta T$ ), dará lugar a una transferencia de calor del líquido hacia la burbuja, ocasionando una evaporación en su interior, ayudando a desarrollar una fuerza escensorial entre ésta y el líquido, que puede vencer las fuerzas de adhesión con la superficie metálica, de tal manera que la burbuja se libera y sube hacia la superficie del recipiente.

De esta forma se lleva a cabo la transferencia de masa entre las fases líquido-vapor.

Las características esenciales en los problemas de evaporación, están comprendidas en los siguientes factores:

I.- TRANSFERENCIA DE CALOR.- Su importancia reside en el área de transferencia empleada, lo cual juega un papel muy importante en los requerimientos del proceso y en la inversión inicial.

II.- SEPARACION LIQUIDO-VAPOR.- Es importante el manejo adecuado de los productos, tomando en cuenta los problemas de contaminación, corrosión de las superficies en las cuales el vapor es condensado.

La separación vapor-líquido es también importante cuando existe depósito de líquido sobre las paredes, cuando la turbulencia provocada por la circulación forzada, incrementa los requerimientos de calor.

III.- UTILIZACION DE ENERGIA.- En general, la eficiencia termodinámica es baja, lo cual se cuantifica mediante la "economía del vapor", (o sea, la relación de un Kg. de solvente evaporado, por Kg de vapor vivo empleado). De aquí la necesidad de usar un doble o múltiple efecto.

## PRINCIPALES TIPOS DE EVAPORADORES EN USO INDUSTRIAL

Entre los evaporadores de uso industrial más comunes, podemos distinguir varios tipos básicos que se clasifican en dos grupos principales: De circulación forzada y de circulación natural. Los evaporadores de circulación natural se usan unitariamente o en efecto múltiple para los requerimientos más simples de evaporación.

Los evaporadores de circulación forzada se usan para líquidos viscosos, para los que forman sales, y las soluciones que tienden a incrustarse. Los evaporadores de circulación natural se clasifican en cuatro clases principales:

- 1.- Tubos horizontales
- 2.- Calandria con tubos verticales
- 3.- Tubos verticales con canasta
- 4.- Tubos verticales largos

Los evaporadores de tubos horizontales se muestran en la fig. A y son los más antiguos de los evaporadores. Consisten en un cuerpo cilíndrico o rectangular y de un haz de tubos que usualmente es de sección cuadrada. Este tipo de evaporadores no aprovechan bien las corrientes térmicas inducidas por el calentamiento. El evaporador horizontal es el único tipo de evaporador que emplea vapor dentro de los tubos. La principal ventaja de este tipo de evaporadores es el reducido espacio requerido para su instalación en la dimensión vertical y el arreglo del haz de tubos de manera que el aire puede purgarse con el vapor no permitiendo que bloquee superficie de calentamiento.

El evaporador de calandria se muestra en la fig. B y consiste en un haz de tubos verticales cortos colocados entre dos espejos que se remachan en las bridas del cuerpo —

del evaporador.

El vapor fluye por fuera de los tubos en la calandria y hay un gran paso circular de derrame en el centro del haz de tubos donde el líquido más frío circula hacia la parte inferior de los tubos.

Los evaporadores de calandria son tan comunes que a menudo se les llama evaporador estándar, puesto que la incrustación ocurre dentro de los tubos.

Un evaporador de canasta, se ilustra en la fig. C es similar al evaporador de calandria, excepto en que tiene el haz de tubos desmontables, lo que permite una limpieza rápida. El haz de tubos se soporta sobre ménsulas interiores, y el derramadero está situado entre el haz de tubo y el cuerpo del evaporador, en lugar de en la parte central.

Un evaporador de tubos verticales largos se muestra en la fig. D, está formado por un elemento calefactor tubular-diseñado para el paso de los licores a través de los tubos-sólo una vez, movidos por circulación natural. El vapor entra a través del cinturón y el haz de tubos tiene deflectores de manera de lograr un movimiento libre de vapor condensados y no condensados hacia abajo. El espejo superior de los tubos está libre, y justamente sobre él hay un deflector de vapor para reducir el arrastre.

Los evaporadores de circulación forzada se fabrican en gran variedad de arreglos. Este tipo de evaporadores pueden no ser tan económicos en operación como los evaporadores de circulación natural, pero son necesarios cuando los problemas de concentración involucren soluciones de flujo pobre, incrustante y ciertas características térmicas. Puesto que el grupo de Grashof varía inversamente con el

cuadrado de la viscosidad, hay un límite de viscosidad de -  
soluciones que recirculan naturalmente. Con materiales muy  
viscosos no hay alternativa sino la de usar este tipo de e-  
vaporador. También donde hay una tendencia a la formación  
de incrustaciones o al depósito de sales, las altas veloci-  
dades que se obtienen por el uso de las bombas de recircula-  
ción, son los únicos medios de prevenir la formación de de-  
positos excesivos.

Se muestran algunos ejemplos en las figuras E y F.

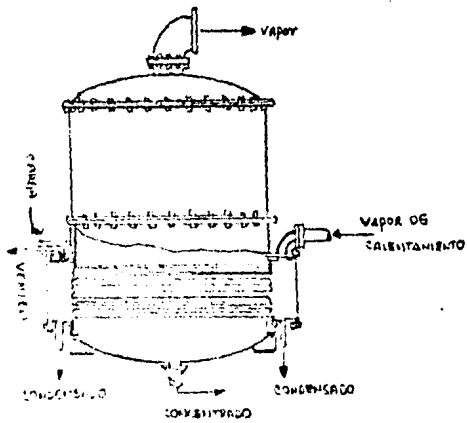


fig. 7.- evaporador de  
tubos horizontales.

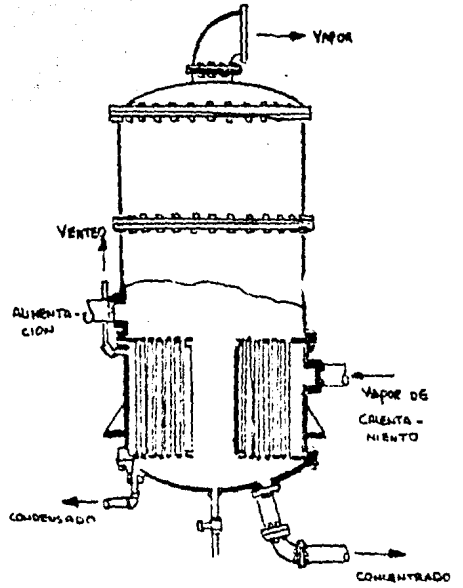


fig. 8.- evaporador de  
calandria.

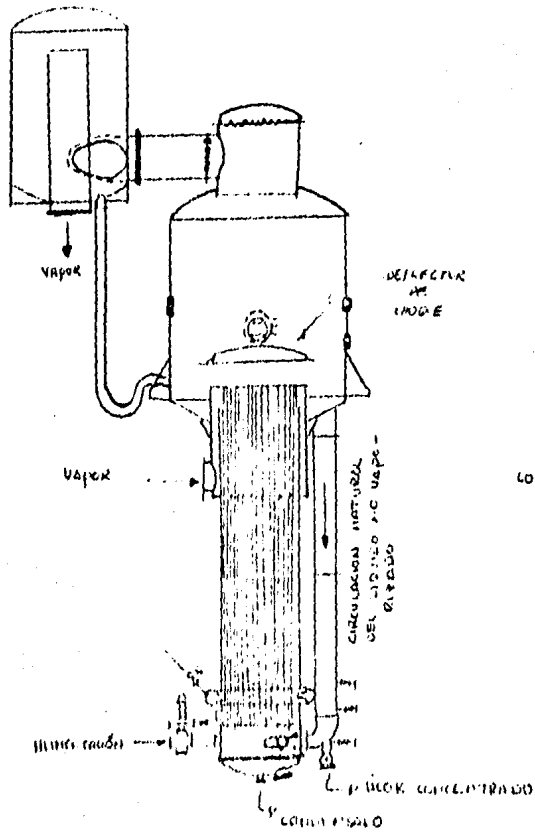


Fig. D.- Evaporador de tubos largos verticales.

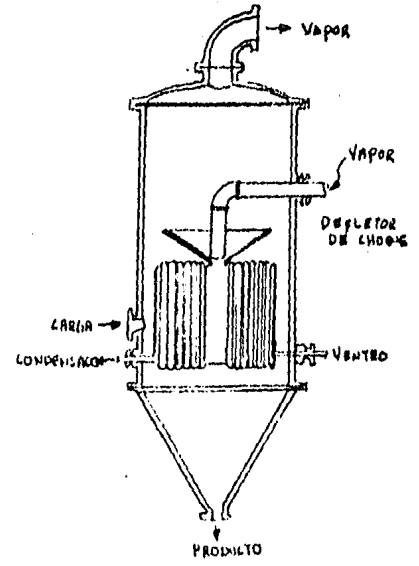


Fig. C.- Evaporador de cono.

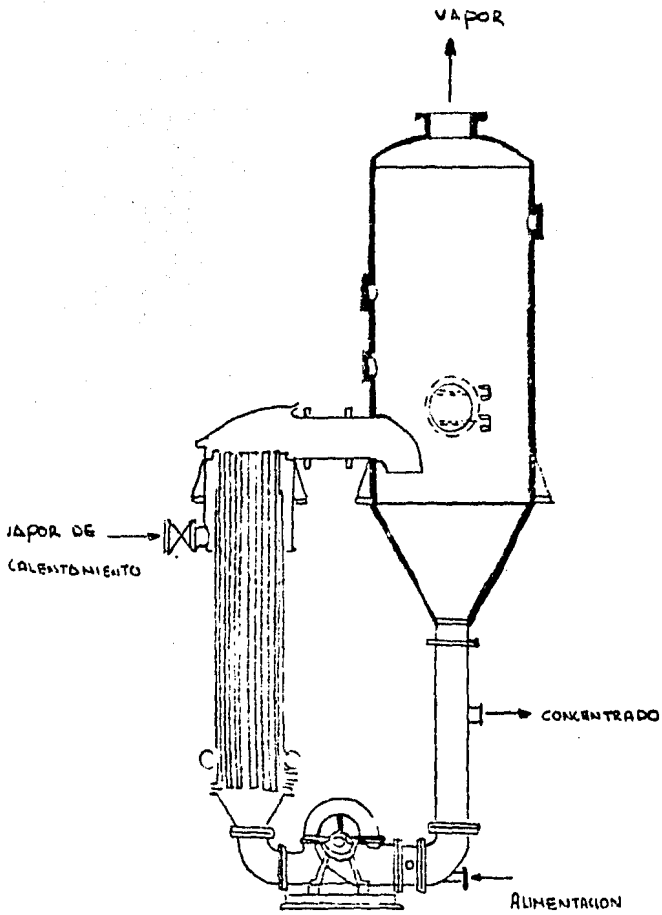
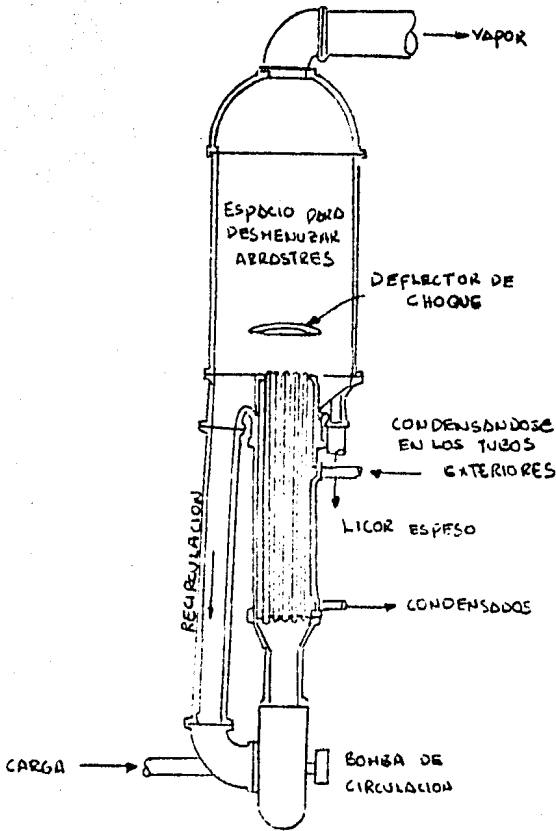


Fig. E. - Evaporador de circulación forzada con elemento calefactor externo.





**Fig. F.- Evaporador de tubos verticales con circulación forzada.**

## **C A P I T U L O   I I I**

### **DESCRIPCION DEL EQUIPO DE EVAPORACION**

Este evaporador experimental a doble efecto marca swenson, instalado en el L.I.Q., se acondicionó principalmente para su uso en las universidades y colegios, y se adapta — bien a la enseñanza de estudiantes en relación con la operación unitaria de evaporación conservando aún los aspectos — de diseño del equipo comercial.

a).- Funcionamiento del evaporador de tubos largos verticales (TLV) y de calandria.

Evaporador de circulación forzada (TLV).

Su funcionamiento es como sigue:

Una bomba centrífuga hace circular a la solución concentrada y por el interior en parte inferior de los tubos — de la calandria. En la región inferior debe mantenerse una presión estática tal que impida la ebullición del licor.

Por la naturaleza de esta presión al ir acendiendo el líquido por los tubos, se va sobrecalentando, y al llegar — al material conectado al líquido homogéneo al cuerpo del evaporador, esta una presión apreciablemente menor, sufre una expansión instantánea, con lo que se vaporiza parcialmente; esta mezcla de los dos fases, choca contra unas man — paras deflectoras, las cuales ayudan a la eficiente separación de las fases. El componente líquido, cae por gravedad al fondo del evaporador, desde donde es recirculado por la bomba. Mientras que la fase vapor, pasa a la parte superior, desde donde es llevada posteriormente al equipo de — condensación el condensado formado se manda al tanque recolector.

## CALANDRIA

Son conocidos como de tubos sumergidos, o sea que el elemento calefactor esta localizado a un nivel suficientemente más bajo que el nivel del líquido dentro del evaporador, para así poder evitar la ebullición en esa sección.

Consta básicamente de un elemento calefactor, de donde viene su nombre de calandria, formado por una serie de tubos cortos verticales, que en su interior tienen el medio calefactor y por fuera el material a evaporar.

Las calandrias tienen los tubos repartidos en forma anular ya que se deja en el centro un espacio suficientemente grande para que el líquido evaporante pueda circular. Esta circulación es el resultado de la diferencia de densidades que existe entre el fluido que se encuentra dentro de los tubos fase líquida y vapor mezclados y el líquido saturado que se encuentra en el, espacio anular. Por ello el licor circula hacia arriba en los tubos, y hacia abajo en el espacio anular, debido a la presencia de la diferencia de presión hidrostática que existe entre el espacio anular y el interior de los tubos, representa una condición de ebullición dinámica, en la cual la caída de presión debida a la fricción en el interior de los tubos se ve equilibrado por la diferencia de presiones hidrostáticas dentro de ellas y en el espacio fuera de los tubos.

### C).- DESCRIPCION DEL PROCESO

La evaporación a doble efecto es un proceso que tiene por objeto la concentración de una solución diluida, median

te la separación de una parte de disolvente volátil por vaporización.

### I.- VACIO.

Como el sistema opera a vacío, los dispositivos correspondientes, (eyector EE-400, condensador tubular EA-401 y el condensador barométrico EA-402), se deben de poner en servicio al operar la unidad.

El eyector (EE-400) recibe un vapor de  $3.5 \text{ Kg/cm}^2$  de presión y la descarga por medio de la pierna barométrica al pozo caliente PA-405 a una temperatura de  $^{\circ}\text{C}$ . Alcanzándose un vacío de  $\text{mm Hg}$  en el sistema.

### 2.- PRECALENTAMIENTO

Antes de llevar a cabo la alimentación a cualquiera de sus efectos se pueden optar por precalentar la solución diluida y así tener un mejor rendimiento en la operación.

La bomba GA-400 succiona aproximadamente 10 GPM de solución diluida del tanque PA-400 a una temperatura de  $18^{\circ}\text{C}$  y presión atmosférica y la descarga al precalentador EA-400. La solución es alimentada por los tubos y es precalentada con vapor saturado de  $\text{Kg/cm}^2$  de presión. La solución sale con una temperatura final de  $^{\circ}\text{C}$ .

Los condensados son descargados continuamente a los tanques receptores PA-404 - A/B.

### 3.- VAPORIZACIONES

La solución ya sea con o sin precalentamiento es alimentada a los evaporadores (XA-400 ó XA-401) que se utilice como primer efecto alineado al sistema de vacío esta solución

es calentada con vapor saturado de  $\text{Kg/cm}^2$  de presión, hasta una temperatura de  $^{\circ}\text{C}$  que es cuando la solución empieza a evaporar, los vapores obtenidos pueden pasar directamente al condensador de superficie EA-401, o ser desviados para ser usados como vapor de calentamiento - SI precalentador EA-400 o al segundo efecto.

La bomba GA-401 succiona la solución semiconcentrada - del evaporador de calandria (XA-401) a la bomba GA-402 del evaporador TIV (XA-400), la GA-401 ó GA-402 pueden descargar la solución semiconcentrada o enviarla al tanque asentador FA-401 directamente, la cual por gravedad se puede recircular al tanque de alimentación FA-400. Los condensados tanto del evaporador XA-400 y XA-401 son descargados a los tanques receptores FA-402 -A/B y FA-403/AB respectivamente.

#### 4.- CONDENSACION

Los vapores obtenidos entran al condensador EA-401 a una temperatura de  $^{\circ}\text{C}$  enfriandose a una temperatura de  $^{\circ}\text{C}$  y es descargado por gravedad al tanque acumulador FA-406, donde se hace la distribución conveniente del producto evaporado.

Los condensados del vapor de calentamiento son recuperados de los tanques receptores por medio de la bomba GA-404 para mandarlos al tanque de alimentación de agua a la caldera.

#### SEGUNDO EFECTO

La solución semiconcentrada, que se obtiene del evaporador que funciona como primer efecto, que puede ser el evaporador de calandria (XA-401) o el evaporador de tubos lar-

gos verticales (XA-400), se manda se manda a un segundo efecto para lograr una mayor concentración de la solución se miconcentrada, para este caso el vapor de calentamiento pue de ser el que proviene del evaporador que esta funcionando como el primer efecto. El proceso de condensación y eliminación de condensado es el mismo que se explico anteriormente en el punto 4 de condensación.

En algunos casos el segundo efecto se le alimento vapor directo de la caldera, convirtiendose en un primer efecto en paralelo como el descrito anteriormente para lograr una concentración mayor de la solución a tratar.

Además la siguiente lista, ayuda a ilustrar las muchas modalidades de operación a las cuales esta unidad puede adaptarse:

- 1.- Operación a doble efecto con corriente paralela, siendo el primer efecto el TLV y usando el de calandria como segundo efecto.
- 2.- Operación a doble efecto con corriente paralela usando el evaporador de calandria como primer efecto y el TLV como el segundo efecto.
- 3.- Operación a doble efecto en contracorriente usando el TLV como primer efecto y la calandria como el segundo efecto.
- 4.- Operación de doble efecto en contracorriente usando la calandria como primer efecto y el TLV como el segundo efecto..
- 5.- Operación a simple efecto usando la calandria.
- 6.- Operación a simple efecto usando el TLV.
- 7.- Operación con precalentamiento de la solución diluida.
- 8.- Operación sin precalentamiento de la solución diluida.





LISTA DE EQUIPOS

CLAVE	SERVICIO
FA-400	TANQUE DE SOLUCION DILUIDA
FA-401	TANQUE ASENTADOR
FA-402/A, B	TANQUE RECOLECTOR DE CONDENSADOS DE XA-400
FA-403/A, B	TANQUE RECOLECTOR DE CONDENSADOS DE XA-401
FA-404/A, B	TANQUE RECOLECTOR DE CONDENSADOS DE EA-400
FA-405	POZO CALIENTE
FA-406	ACUMULADOR DE CONDENSADO DE EA-401
EA-401	CONDENSADOR DE SUPERFICIE
EA-400	PRECALENTADOR DE SOLUCION DILUIDA
XA-400	EVAPORADOR DE TUBOS LARGOS VERTICA- LES ( TLV )
XA-401	EVAPORADOR CALANDRIA
GA-400	BOMBA DE ALIMENTACION DE LICOR DILUIDO
GA-401	BOMBA DE EXTRACCION DE LICOR DE XA-401
GA-402	BOMBA DE RECIRCULACION DE XA-400
GA-403	BOMBA DE EXTRACCION DE LICOR DE XA-400
GA-404	BOMBA DE EXTRACCION DE CONDENSADOS DEL SISTEMA
EA-402	CONDENSADOR BAROMETRICO
EE-400	EYECTOR

d).- ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE EVAPORACION

EQUIPO: Evaporador de tubos largos verticales  
CLAVE: XA-400  
SERVICIO: Evaporador (puede ser utilizado como 1<sup>er</sup> ó 2<sup>do</sup> efecto)

MATERIAL

DEL CUERPO: Acero inoxidable 304  
DIAMETROS: 16" (0.4064 Mts.)  
ALTURAS: 5' (1.524 Mts.)  
No. DE FLUXES: 4  
SUPERFICIE DE  
CALENTAMIENTO: 8 pies<sup>2</sup> (0.7432 M<sup>2</sup>)

MATERIAL DE

FLUXES: Acero inoxidable 304  
DIAMETRO: 7/8" BWG 16 (0.0222 Mts)  
LONGITUD: 10" (3.048 Mts.)

MATERIAL DEL

ENVOLVENTE DEL

ELEMENTO DE

CALENTAMIENTO: Acero inoxidable  
DIAMETROS: 4" (0.1016 Mts.)

EQUIPO : Evaporador de calandria.  
CLAVE: XA-401  
SERVICIO: Evaporador (puede ser utilizado como 1<sup>er</sup>  
y 2<sup>do</sup> efecto)

MATERIAL DEL

CUERPO: Acero inoxidable 304  
DIAMETRO: 17" (0.4318 Mts)  
ALTURA: 7' (2.1336 Mts)

**SUPERFICIE DE**

**CALENTAMIENTO:** 17 pies<sup>2</sup> (1.57 M<sup>2</sup>)

**No. DE FLUXES:** 17

**MATERIAL DE FLUXES:** Acero inoxidable, 304

**DIAMETRO:** 1.5" BWG 16 (0.0381)

**LONGITUD:** 30" (0.762 Mts)

**MATERIAL DEL ENVOL-  
VENTE DEL ELEMENTO**

**DE CALENTAMIENTO:** Acero inoxidable

**DIAMETRO:** 16" (0.4064 Mts.)

**EQUIPO:** Precalentador de solución diluida.

**CLAVE:** EA-400

**SERVICIO:** Precalentador de la alimentación  
a evaporadores.

**MATERIAL DE**

**ENVOLVENTE:** Acero inoxidable 304

**SUPERFICIE DE**

**CALENTAMIENTO:** 15 pies<sup>2</sup> (0.3935 M<sup>2</sup>)

**No. DE FLUXES:** 8 tubos

**No. DE PASOS** 4

**MATERIAL:** Acero inoxidable

**DIAMETRO:** 1.5 BWG 18 (0.381 Mts.)

**LONGITUD:** (1.524 Mts) 5'

**EQUIPO:** Condensador barométrico

**CLAVE:** EA-402

**SERVICIO** Condensador de las vaporizaciones  
de IA-400 y IA-401

DIAMETRO: 2" (0.0508 Mts.)  
MATERIAL: Acero al carbón

EQUIPO: Eyector  
CLAVE: EE-400  
SERVICIO: Eliminación de los gases incondensables (produce el vacío al sistema)

MATERIAL: Acero inoxidable

DIAMETRO DE LA ENTRADA: 3/4" (0.01905 Mts.)  
DIAMETRO DE LA DESCARGA: 1.25" (0.3175 Mts.)  
PRESION DE OPERACION: 3.5 Kg/cm<sup>2</sup>

EQUIPO: Tanque acumulador de condensados  
CLAVE: FA-406  
SERVICIO: Acumulador de condensados de EA-401  
MATERIAL: Acero inoxidable 304  
DIAMETRO: 1.54 M (5.05 ")  
LONGITUD: 200 Cm. (6.56')

**EQUIPO:** Condensador  
**CLAVE:** EA-401  
**SERVICIO:** Condensador de las vaporizaciones de XA-400 y XA-401

**MATERIAL DE ENVOLVENTE:** Acero inoxidable  
**No. DE FLUXES:** 28  
**DIAMETRO:** 12" (0.3048 Mts.)  
**SUPERFICIE DE CONDENSACION:** 7 pies<sup>2</sup>  
**No. DE PASOS:** 2  
**MATERIAL:** Acero inoxidable.  
**DIAMETRO:** 7/8" BWG 18 (0.0222 Mts. )  
**LONGITUD:** 5' (1.524 Mts. )

**EQUIPO:** Tanque de condensados  
**CLAVE:** FA-403/A,B  
**SERVICIO:** Tanque recolector de condensados de XA-401  
**MATERIAL:** Acero al carbón  
**DIAMETRO:** 50 cm (19.68")  
**ALTURA:** 85 cm. (33.46")

**EQUIPO:** Tanque de condensados  
**CLAVE:** PA-404/A,B  
**SERVICIO:** Tanque recolector de condensados  
de AE-400  
**MATERIAL:** Acero al carbón  
**DIAMETRO:** 40 cm (15.74")  
**ALTURA:** 90 cm (35.43")

**EQUIPO:** Pozo caliente  
**CLAVE:** PA-405  
**SERVICIO:** Sellar las columnas de EA-402 y  
recibe el vapor que pasa por el  
eyector (EE-400)  
**MATERIAL:** Acero al carbón  
**DIAMETRO:** 2" (0.6096 Mts.)  
**ALTURA:** 3" (0.9144 Mts.)

**EQUIPO:** Tanque de solución diluida  
**CLAVE:** PA-400  
**SERVICIO:** Tanque de alimentación a evapora-  
dores  
**MATERIAL:** Acero al carbón  
**DIAMETRO:** 92 cm (36.2")  
**ALTURA:** 122 m (0.4803")

**EQUIPO:** Tanque asentador  
**CLAVE:** PA-401  
**SERVICIO:** Tanque receptor de solución concentrada  
**MATERIAL:** Acero inoxidable 304  
**DIAMETRO:** 2' (0.6096 Mts.)  
**ALTURA:** 3' (0.9144 Mts.)

**EQUIPO:** Tanque de condensados  
**CLAVE:** PA-402/A,B  
**SERVICIO:** Tanque recolector de condensados de XA-400  
**MATERIAL:** Acero inoxidable  
**DIAMETRO:** 50 cm (19.68")  
**ALTURA:** 85 cm (33.46")

## B O M B A S

**EQUIPO:** Bomba de centrífuga  
**CLAVE:** GA-402  
**SERVICIO:** Bomba de recirculación del evaporador  
TLV (XA-400)  
**ACCIONADOR:** motor eléctrico  
**MARCA:** IEM  
**HP:** 1  
**PASES:** 3  
**CICLOS:** 60  
**BOMBA**  
**TIPO:** L 1/2" C G I A  
**MARCA:** WORTHINGTON

**EQUIPO:** Bomba centrífuga  
**CLAVE:** GA-401  
**SERVICIO:** Bomba de extracción de calandria (XA-401)  
**ACCIONADOR:** Motor eléctrico  
**MARCA:** Productos industriales  
**HP:** 1.5  
**PASES:** 3  
**CICLOS:** 60  
**BOMBA**  
**TIPO:** 3/4" C G E I A  
**MARCA:** WORTHINGTON



**EQUIPO:** Bomba centrífuga  
**CLAVE:** GA-403  
**SERVICIO:** Bomba de extracción S. A.  
**HP:** 1.5  
**FASES:** 3  
**CICLOS:** 60  
**BOMBA**  
**TIPO:** 3/4" C G E I A  
**MARCA:** WORTHINGTON

**EQUIPO:** Bomba centrífuga  
**CLAVE:** GA-400  
**SERVICIO:** Bomba de alimentación de solución diluida  
**ACCIONADOR:** Motor eléctrico  
**MARCA:** IEM  
**HP:** 2  
**FASES:** 3  
**CICLOS:** 60  
**BOMBA**  
**TIPO:** 1 1/2" CGIA  
**MARCA:** WORTHINGTON

**EQUIPO:** Bomba centrífuga  
**CLAVE:** GA-404  
**SERVICIO:** Bomba de extracción de condensados del sistema  
**ACCIONADOR:** Motor eléctrico  
**MARCA:** Productos industriales S. A.  
**HP:** 1  
**FASES:** 3

**CICLOS:** 60  
**BOMBA**  
**TIPO:** I 1/2" CGEIA  
**MARCA:** WORTHINGTON

## E).- INSTRUMENTACION

### - INDICADORES DE FLUJO

CLAVE	LOCALIZACION
FI-01	Rotámetro para solución diluida para flujos grandes capacidad 130 L.P.M.
FI-01A	Rotámetro para solución diluida para flujos pequeños. Capacidad 11.35 L.P.M.
FI-02	Rotámetro para solución concentrada. capacidad 13.8 L.P.M.
FI-03	Rotámetro para los condensados del condensador tubular (EA-401). Capacidad 14.0 L.P.M.

### - INDICADORES DE PRESION

CLAVE	LOCALIZACION
PI-01	Presión de vapor del precalentador (EA-400) Rango 0 - 1 Kg/cm <sup>2</sup>
PI-02	Presión de vapor al eyector (EE-400) Rango 0 - 11 Kg/cm <sup>2</sup>
PI-03	Presión en zona de vaporización en TLV (XA-400) Rango 0 - 76 cm Hg
PI-04	Presión en zona de vaporización de la calandria (XA-401). Rango 0 - 76 cm Hg
PI-05	Presión en zona de vapor en TLV (XA-400) Rango 0 - 12 Kg/cm <sup>2</sup>
PI-06	Presión en zona de vapor calandria (XA-401) Rango 1 - 12 Kg/cm <sup>2</sup>
PI-07	Presión de vapor en la entrada de los efectos (salida del precalentador) Rango 1 - 1 Kg/cm <sup>2</sup>

- INDICADORES VIDRIO DE NIVEL

CLAVE	LOCALIZACION
LG-01	Nivel de condensado de la calandria (XA-401) Longitud: 25 cm
LG-02	Nivel de condensado de precalentador (EA-400) Longitud: 20 cm
LG-03	Nivel de condensado de TLV (XA-400) Longitud: 20 cm
LG-04	Nivel de la solución en calandria (XA-401) Longitud: 90 cm
LG-05	Nivel de la solución en TLV (XA-400) Longitud: 65 cm
LG-06 A/B	Nivel de los condensados en los tanques receptores (FA-402 A/B). Longitud: 80 cm
LG-07	Nivel de los condensados en los tanques receptores (FA-403 A/B). Longitud: 80 cm
LG-08	Nivel de los condensados en los tanques receptores (FA-404 A/B). Longitud: 60 cm
LG-09	Nivel de condensados de EA-401 Longitud: 120 cm

- VALVULAS DE ALIVIO O SEGURIDAD

CLAVE	LOCALIZACION
PSV-01	Válvula de seguridad en calandria (XA-401) Diámetro: 1"      Capacidad: 137 lb/Hr
PSV-02	Válvula de seguridad en TLV (XA-400) Diámetro: 1"      Capacidad: 137 lb/Hr
PSV-03	Válvula de seguridad en precalentador (EA-400) Diámetro: 1"      Capacidad: 137 lb/Hr

**- REGISTRADOR DE TEMPERATURA**

<b>CLAVE</b>	<b>LOCALIZACION</b>
TR-01	Situado entre ambos evaporadores; mide y registra la temperatura en el espacio vapor de uno y de otro.

**- EQUIPO DE MUESTREO**

<b>CLAVE</b>	<b>LOCALIZACION</b>
TM-01	Muestreador de sol. semiconcentrada (XA-400) como 1 <sup>er</sup> vano. Diámetro: 2" Longitud: 12" (0.3048 Mts.)
TM-02	Muestreador de solución concentrada Diámetro: 2" Longitud: 12" (0.3048 Mts.)
TM-03	Muestreador de solución diluida Diámetro: 2" Longitud: 12" (0.3048 Mts.)
TM-04	Muestreador de sol. semiconcentrada (XA-401) Diámetro: 2" Longitud: 12" (0.3048 Mts.)

**-INDICADOR DE TEMPERATURA**

<b>CLAVE</b>	<b>LOCALIZACION</b>
TI-01	En la salida del 4 <sup>o</sup> paso del precalentador
TI-02	En la descarga del TLV
TI-03	En la parte inferior del evaporador calandria

## T E R M O P A R E S

Son 24 distribuidos convenientemente para enviar señales a un multipotenciómetro de marca Honeywell con un rango de 0 a 90 °C, el cual sólo indica las temperaturas existentes en cada uno de los sitios dotados de termopar.

Se localizan en los siguientes puntos:

CLAVE	LOCALIZACION
TW-01	Espacio vapor, evaporador TIV (XA-400)
TW-02	Espacio vapor, evaporador calandria (XA-401)
TW-03	Solución concentrada del FI-02 al PA-401
TW-04	Temperatura de la muestra del TH-02
TW-05	Columna barométrica
TW-06	Fondo evaporador calandria (XA-401)
TW-07	Salida del agua de enfriamiento del condensador EA-401
TW-08	Salida de condensados de EA-401
TW-09	Entrada de vapores del EA-401
TW-10	Temperatura de la muestra del TM-03
TW-11	Condensado del XA-400 a tanques PA-402, A/B
TW-12	Condensado del EA-400 a tanques PA-404, A/B
TW-13	Condensado del XA-401 a tanques PA-403, A/B
TW-14	Bomba de recirculación GA-402 del XA-400
TW-15	Salida del 4 <sup>o</sup> paso del EA-400
TW-16	Salida del primer paso del EA-400
TW-17	Entrada de solución diluida a EA-400
TW-18	Salida del segundo paso del EA-400
TW-19	Fondo tanque PA-401
TW-20	Solución tanque PA-401
TW-21	Muestra en el MU-4, Sol. semiconcentrada de XA-400
TW-22	Entrada de agua de enfriamiento
TW-23	Salida del tercer paso de EA-400
TW-24	Temperatura de carga de solución diluida despues EA-400

**f).- LOCALIZACION DEL EQUIPO EN EL LABORATORIO DE I. Q.**

El evaporador a doble efecto marca "Swenson" se encuentra ubicado en la parte sur del laboratorio de I.Q. en la parte conocida como la "fosa", con coordenadas 3-B tomando como referencia para su localización el plano general de la planta de la tesis, " Anteproyecto de un programa de seguridad e higiene para el laboratorio de I.Q. " (se anexa referencia). Ocupando un espacio aproximado de.

largo = 7 Mts.

ancho= 3.5 Mts.

altura = 13 Mts.

**g).- PRACTICA DONDE SE UTILIZA EL EQUIPO DE EVAPORACION**

Actualmente el equipo de evaporación a doble efecto — marca Swenson se viene utilizando en la operación unitaria de Evaporación; a simple efecto y evaporación a doble efecto de la asignatura de Momentum y calor. También es utilizado para producir el agua destilada para el uso interno de la Facultad de Química.

C A P I T U L O   I V

ANALISIS DE RIESGOS



#### a).- IMPORTANCIA DEL ANALISIS DE LOS RIESGOS

El estudio de reconocimiento preliminar, tiene por objeto a través del interrogatorio dirigido al personal y de las observaciones y apreciaciones sensoriales, establecer que -- los riesgos existen, en que puestos inciden y cuales son los factores coadyuvantes que modifican la potencialidad de los mismos.

En consecuencia a través de la investigación orientada de las características de la planta, su personal, productos procedimientos y circunstancias, es posible simplemente con papel, lápiz y criterio cubrir el objetivo.

En el estudio de evaluación deben ser investigados los riesgos a que se somete cada puesto a través del análisis de sus factores, el agente, causa y sus características físico-químicas, biológicas y patogenicas, la exposición y sus características; tales como tipo de exposición, frecuencia de la exposición y la característica del agente involucrado.

Los resultados básicos del estudio de evaluación de los riesgos existentes en cada puesto, indica cuales de ellos deben ser modificados en sus factores para generar la necesidad de cambio de circunstancia.

#### b).- INSPECCION Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los accidentes no ocurren solos, la casi totalidad de las veces los provocamos, es decir en la mayor parte de ellos, media la acción o falta de acción humana para que se presenten. Teniendo esto en cuenta es evidente que una de las acciones principales para evitar la ocurrencia de los

accidentes es la vigilancia respaldada por una conciencia de seguridad. Por este motivo cualquier programa de seguridad industrial se basa principalmente en la inspección de las condiciones de trabajo tanto en las instalaciones, equipos y maquinarias, como el desempeño observado en los trabajadores.

La seguridad durante la operación está íntimamente ligada con la observación de los equipos respecto a las condiciones de operación, lo que trae como consecuencia elaborar programas de mantenimiento para su reacondicionamiento oportuno y eficaz.

#### PRECUCENCIA DE LA INSPECCION

La frecuencia con que se realizan las inspecciones puede variar de acuerdo con la complejidad de las instalaciones o complejidad de los procesos industriales que se consideren.

#### INSPECCIONES CONTINUAS

Normalmente estas inspecciones están encomendadas a un supervisor conocedor, que debe ser, del área y el sistema a el recomendado, es la persona que puede cuando una determinada condición o actividad puede ser peligrosa.

#### INSPECCIONES DIARIAS

De hecho una manifestación de elemental responsabilidad de cada trabajador, lo debe llevar a hacer una acción personal de las condiciones de seguridad del equipo o instalación a su cargo diariamente, al inicio de labores, cualquier síntoma, ruido extraño, vibración normal, etc.

En el funcionamiento de la unidad, debe llevarse igualmente a una inspección que de no revelar ninguna conclusión estará en obligación de hacer del conocimiento de sus superiores.

## INSPECCIONES PROGRAMADAS

Las inspecciones que por su profundidad requieren de la interrupción de los operarios o del paro del equipo, normalmente se hacen de acuerdo con programas y pueden ser mensuales, bimestrales, anuales o según un número determinado de horas. Estas generalmente requieren de la intervención de técnicos auxiliares, la más de las veces por personal de mantenimiento.

## PROFUNDIDAD O AMPLITUD DE LAS INSPECCIONES

### A).- OCULARES

Normalmente consisten en un recorrido por las instalaciones en las que poniendo los "cinco sentidos" en acción, se revisa que todo esté normal.

En caso de que se observe alguna condición o actitud anormal se corrige de inmediato o se toman las medidas necesarias para que no se presente ningún accidente en tanto se corrige la anomalía.

Se efectúan prácticamente al inicio de las labores.

### B).- TECNICAS

Son desde luego programadas a menos que se presente una situación urgente e imprevista. Las realiza el personal técnico auxiliado por instrumentos que les permiten hacer mediciones para determinar con viejos elementos de juicio las-

causas y los remedios de las anomalías que se detecten.

Si las inspecciones oculares no reportan aspectos cualitativos de un determinado problema; las inspecciones técnicas no deben revelar, en mayor o menor medida, los aspectos cuantitativos, ya que se efectúan mediciones de ruido, de desplazamientos, de desgastes, de corrosión, etc., que se presentan como consecuencia de los procesos que tienen lugar por el funcionamiento de los equipos.

Se utilizan procedimientos muy variados, desde luego algunos que pudieran considerarse primitivos hasta algunos verdaderamente sofisticados, entre los primeros podemos citar la "Técnica del martillo" según la cual aquellas partes de las tuberías de las corazas o envolventes de algunos equipos, en donde se sabe que normalmente se presentan corrosión o erosión se golpean.

El ruido del golpe puede darle a una persona experimentada una indicación del deterioro del material.

Entre las pruebas más sofisticadas está la calibración ultrasónica, en la que un aparato especial produce un sonido de longitud de onda muy pequeña.

La transmisión de esta onda a través de material se registra por procedimientos electrónicos los cuales permiten, por las variaciones que se producen, detectar el espesor.

#### a).- MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

##### Conservación o mantenimiento.

- 1.- Objeto.- Mantener en buen estado: edificios y maquinaria, instrumentos y equipos de acuerdo con las normas fijadas por la dirección, o departamento responsable.

2.- Clase de trabajo.- electricidad, plomería, carpintería, pintura, servicios (agua, vapor, aire, drenaje) etc.

Para realizar estos trabajos deben existir:

- Taller mecánico
- Taller eléctrico
- Taller de soldadura
- Carpintería

3.- Importancia.- producción sin interrupciones (existencia mínima, corrección de defectos, disminución de los gastos de servicio, etc.)

4.- Mantenimiento:

- Correctivo
- Preventivo
- Planeación de trabajos a largo plazo
- Almacen de piezas de repuesto y herramientas
- Métodos y programas de inspección
- Reportes de conservación

El mantenimiento correcto y adecuado de todos los elementos que constituyen una planta o empresa es un factor definitivo para la seguridad y la higiene de los trabajadores así como para su mejor rendimiento.

Las labores del departamento de mantenimiento de la empresa no deben limitarse únicamente a hacer las reparaciones en la maquinaria, equipo, instrumental y empleado en la misma, sino que sus funciones deben de ir más allá e incluir el edificio industrial o locales de trabajo que están expuestos al deterioro ya sea por inclemencias del tiempo, uso, etc.

#### d).- ANALISIS DE RIESGOS DEL EVAPORADOR A DOBLE EFECTO

Las calderas y los recipientes no expuestos al fuego - tienen en común muchos peligros potenciales, además de los exclusivos de cada operación específica. Estos recipientes contienen gases, vapores, líquidos y sólidos a diversas temperaturas y diferentes presiones, que componen desde un vacío casi completo hasta varias decenas de  $\text{Kg/cm}^2$ .

En algunas aplicaciones, en rápida succión, pueden producirse en un sistema cambios extremos de presión y temperatura, lo cual supone esfuerzos especiales.

El diseño, fabricación, prueba e instalación de calderas y de recipientes a presión no expuestos al fuego debe realizarse de acuerdo con las correspondientes secciones del boiler and pressure vessel code (código ASTM, sección VIII división I)

Sería muy exhaustivo detallar todas las especificaciones técnicas que el código involucra a efectos de garantizar una calidad industrial de sus equipos, pero en general podemos indicar que se trata de requisitos que afectan a:

- Planos de equipo con notas de cálculos
- Materiales de construcción
- Procedimientos de fabricación y de soldeo
- Calificación de la mano de obra
- Coeficiente de seguridad en cuanto a cálculo en función de la carga de roturo o de límite elástico.
- Ensayos no destructivos de las uniones soldadas y de los materiales conformados
- Testigos de corrosión
- Pruebas de presión, generalmente hidrostática

El conjunto de requisitos que estos conceptos deben cumplir representan lo que podemos denominar especificaciones técnicas de un equipo a presión y su cumplimiento riguroso garantiza dentro de unos márgenes seguridad técnicamente razonables la calidad del equipo y su índice óptimo en cuanto a prevención industrial, o lo que es igual, mínimo riesgo de accidente.

Hoy, no obstante, algunas causas comunes de falla en los recipientes a presión, que deben ser previstas y evitadas en la medida de lo posibles:

- 1.- Errores en el diseño, fabricación e instalación.
- 2.- Manejo adecuado, fallas humanas e inadecuadas formación de los operarios.
- 3.- Corrosión o erosión del metal
- 4.- Avería mecánica, falla o bloqueo de los dispositivos de seguridad
- 5.- Golpes de ariete o arrastre del material tratado.
- 6.- Falta de inspección concienzuda, adecuada y con la periodicidad de vida.
- 7.- Inadecuada aplicación del equipo
- 8.- Falta de un mantenimiento preventivo programado.

Los evaporadores normalmente son vasijas poco profundas que contienen serpentines de vapor que, cuando están en funcionamiento, se sumergen en el material que se está tratando. El peligro contra el que es necesario proteger es que el serpinquin quede al descubierto, en cuyo caso el material puede calentarse excesivamente, originándose un choque térmico que provoca la ruptura y salida violenta de los vapores.

En la siguiente tabla se efectua el análisis individual sobre cada uno de los componentes, encontrando fallas de su función original. A continuación se hacen las siguientes - definiciones de los conceptos que se van a manejar en la ta-  
bla:

**Componente.**- es la pieza del equipo para analizar. Ejemplos: cambiadores de calor, reactores, torres, etc., incluyendo además, líneas de instrumentación de control, válvulas de --- bloqueo, bombas, líneas de proceso, etc.

**Falla.**- Es la desviación de la intención original del compo-  
nente.

**Causas.**- son las razones por las que la falla ocurre una vez que se ha determinado la falla que puede tener causas posi-  
bles, debe considerarse a está como algo de suma importancia. Mientras mayor número de causas pueden encontrarse, deben --- considerarse una mayor posibilidad de ocurrencia de la falla o se deberá dar mayor atención a esta.

**Medio de solución.**- son los mecanismos existentes en la uni-  
dad que alertarán a alguien de que se esta presentando la -  
falla del componente o sus efectos.



ANÁLISIS DE RIESGOS

COMPONENTE	FALLA	CAUSA	EFEECTO	METODO DE SOLUCION
Mandómetros de los evaporadores	Falsa lectura	No esta calibrado Entrangulamiento de accesorios del mandómetro	Una sobrepresión Explosión	Efectuarles un mantenimiento adecuado Calibración
Indicadores de nivel de los cuerpos	Falsa lectura	fuga de las conexiones del indicadores Falta de mantenimiento. No purgar despues de cada operación del equipo.	Calentamiento excesivo de los efluentes Ruptura de fluxos Debilitamiento de fluxos	Efectuarles un mantenimiento adecuado Purgar
Válvulas de seguridad	No abrir cuando haya sobre presión	Malas condiciones de operación de la válvula. No esta calibrado Falta de mantenimiento. Tipo y tamaño inadecuado.	Sobrepresión Debilitamiento del cuerpo Explosión	Comprobar tamaño y capacidad Verificar la calibración periódicamente. Mantenimiento adecuado
Cuerpo del evaporador	Baja eficiencia del proceso de evaporación	Sobrecalentamientos durante la operación Acumulación de impurezas Material defectuoso Falta de mantenimiento. Conexiones flojas Corrosión y erosión.	Explosión Ruptura	Determinación de espesores Análisis de la calibración Cálculo del espesor mínimo requerido y límite de retiro.

71

COMPONENTE	FALLA	CAUSA	EFECTO	METODO DE SOLUCION
Superficie de calentamiento (Fluxes)	Canto excesivo del vapor de calentamiento. Baja superficie de calentamiento	Material de construcción defectuoso. Corrosión Acumulamiento de impurezas. Mal mantenimiento y limpieza	Ruptura Deshabilitamiento de los tubos.	Mantenimiento adecuado
Tuberías del sistema (proceso)	Ineficiencia del proceso Mala operación del equipo	Material de construcción defectuoso Corrosión Falta de mantenimiento	Ruptura Fuga	Determinación de espesores Análisis de los espesores Cálculo del límite de retiro Mantenimiento adecuado
Bombas de descarga de solución concentrada	No descarga la solución concentrada.	Suspensión del suministro de energía eléctrica	Sobrepresión en cuerpo de evaporador por la continua alimentación de vapor de calentamiento.	Mantenimiento adecuado y programado.
Eyector	Pérdida de vacío en el sistema	Entrada de aire Baja presión de vapor Vapor húmedo Alta temperatura de agua de enfriamiento Flujo insuficiente de agua Pieza barométrica obstruida. Mala instalación del eyector  Partes corroidas o erosionadas, principalmente boquillas y	Pérdida de presión Costo de la reparación  Pérdida de tiempo en la reparación	<p>Comprobar la presión de vapor Revisar la capacidad del vapor</p> <p>Comprobar agua de enfriamiento</p> <p>Hacer la instalación correcta del eyector</p> <p>Instalar trampas de vapor</p>

COMPONENTE	FALLA	CAUSA	EFEECTO	METODO DE SOLUCION
Eyector (continuo)		Difusor Boquilla, filtro y difusor tapado  Fugas en la canna ta de vapor		Aislar la línea de va por totalmente  Mantenimiento periodí co del eyector.
Condensador de superficie	Problemas de opera ción de los evapora dores Inundación del con densador. Fuga del condensador	Pierna de nivel oba truida Que el peso caliente este lleno de lodos, evitando la salida de condensado de la pierna Un tubo roto, un empaque dengastado o dañado. Entrada de aire en bridas de salida del condensador	Baja eficien cia en la operación. Pérdidas de calor.	Colocar la pierna de nivel lo más recto po sible. Mantenimiento continuo del pozo caliente y condensa dor revisando conexiones e internas.
Condensador barométrico	Problemas de opera ción de los evapora dores (mala eficien cia) y continuas per didas de calor	Pierna barométrica muy corta, La descarga de la pierna ta pada. El tubo de la pierna muy pe queña. Boquilla de atomización rota.	Grandes perdi das de calor. Pérdida del - vacio.	Revisar la longitud y diá metro de la pierna . Mantenimiento preventivo y de limpieza en la descar ga del condensador baro métrico.
Trampas de vapor	Mala eficiencia en el proceso de evaporación Pérdidas de calor Aumento de la presión en las líneas de vapor	Rupturas de las líneas de vapor. Golpes de ariete	Ruptura de lí neas. Fracturas Explosión	Purgar los condensados an tes de ser alimentado el - vapor. Revisar que las trampas de vapor operen correctamente. Después de eliminar condensa do cerrar válvula de pur ga.

C A P I T U L O V

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD  
PARA EL EVAPORADOR A DOBLE  
EFECTO.

## A).- RECOMENDACIONES OPERATIVAS PARA MANTENER LOS LIMITES DE SEGURIDAD.

Con objeto de disminuir al mínimo los riesgos durante la operación del equipo de evaporación a doble efecto, deben de existir instructivos que indiquen la secuencia de -- labores a ejecutar; los instructores deben conocer estos -- programas de operación y seguirlos al pie de la letra, ya -- que pueden ocurrir accidentes de graves consecuencias por -- no seguir las indicaciones marcadas en esos programas.

Al ejecutar este programa, los instructores deben presentar atención a una serie de aspectos y precauciones encaminadas a evitar accidentes personales así como evitar daños al equipo ocasionados por variaciones bruscas de la presión, temperatura, flujo o golpes de ariete en las líneas y otras situaciones inconvenientes de carácter semejante.

A continuación se dan una serie de recomendaciones sobre algunas actividades con el fin de ayudar en la mejor manera posible a evitar accidentes en el L. I. Q. y en la misma manera a mantener en buenas condiciones el evaporador a doble efecto tanto en TLV como la calandria.

## REGLAS PARA OPERACION DE RUTINAS

Una operación segura y confiable depende en gran parte de la habilidad y atención de los usuarios y del personal -- de mantenimiento, la habilidad de operación implica lo si--guiente:

- a).- Tener conocimientos amplios de la operación unitaria -
- b).- Estar familiarizado con el equipo.

c).- Tener antecedentes adecuados de los instructivos de operación, especificaciones del equipo y mantenimiento que debe ser proporcionados con ese fin.

#### RECOMENDACIONES PARA LA INSTRUMENTACION

Un manómetro será considerado probado, cuando ha sido comparado y hecho coincidir con un dispositivo de prueba de pesos muertos o un manómetro patrón, el cual ha sido probado a su vez.

En general, los requisitos importantes de seguridad para los manómetros son:

- a).- La escala del manómetro debe tener capacidad para la presión del trabajo. Se recomienda que la graduación no sea menor de una y media veces; pero no mayor del doble de la presión de operación.
- b).- Se debe dotar de un perno abajo del cero en la escala, para evitar la rotación múltiple de la aguja.
- c).- El manómetro debe estar bien marcado y en una buena posición de modo que se pueda leer con facilidad.

#### INDICADORES DE NIVEL

Los indicadores de nivel de vacío y sus conexiones deberán conservarse libres de fugas y no deberán hacerse conexiones que permitan flujos de agua o vapor por las tuberías que se encuentren entre la columna de agua del cristal de nivel y el equipo a considerar, de tal forma que las fugas o flujos de agua o vapor causen una indicación falsa en el nivel de agua, por lo que hay que colocar válvula de conexión con Check integrada.

Cuando un cristal de un indicador de nivel se haya roto, el reemplazo deberá hacerse con cuidado y en estricta conformidad con las instrucciones del fabricante. Debera tenerse cuidado para asegurarse que las piezas de cristal u otros -- restos no se alojen en las conexiones del cristal indicador. Además de que el indicador debe estar protegido por una guarda para que no obstruya la lectura del indicador.

## VALVULAS DE SEGURIDAD

Con el nombre genérico de válvulas de seguridad se denomina una serie de válvulas automáticas aliviadoras de presión ejercida por un resorte resistente que es accionado por la presión estática bajo el asiento y que abren con un aumento en la presión con relación al ajuste de presión de -- las unidades.

La selección, fabricación, instalación, prueba y sustitución de las válvulas de seguridad debe realizarse de acuerdo con las observaciones del fabricante, o por lo menos una vez cada seis meses .

Las válvulas se mantendrán siempre en buenas condiciones de operación, si una válvula de seguridad, abre y no vuelve a cerrar correctamente y no puede corregirse por medio de la palanca de prueba, el equipo ha de sacarse de operación para repararla.

El ajuste de las válvulas de seguridad, debe ser hecho únicamente por una persona competente y autorizada.

Cualquier ajuste que se haga a los anillos de control de una válvula de seguridad, se hará también por personal competente, familiarizado con la construcción y operación de las válvulas de seguridad.

Pruebase la válvula despues de hacer cualquier ajuste del resorte o de los anillos de control.

Las válvulas de seguridad no deberán ser operadas manualmente a menos que la presión en el equipo sea cuando -- menos un 75% de la presión normal de operación, esto asegura suficiente cantidad de vapor para evitar acumulación de suciedad o incrustaciones en los asientos de la válvula.

No trate de evitar las fugas apretando el resorte o -- bloqueandolo en cualquier otra forma, cuando una válvula de seguridad se fuga a una presión menor que aquella a la cual debe cerrar de acuerdo con su ajuste, opere con la palanca; si efectuando lo anterior no cesa la fuga, repare o cambie -- la válvula tan pronto como sea posible.

Las válvulas de seguridad deberán ser instaladas en lugares de facil acceso para su mantenimiento y no deben instalarse válvulas de bloqueo entre el equipo protegido y el sistema de seguridad.

## EYECTOR

Recomendaciones para localizar fallas en el sistema de vacio.

Revisar el vapor a eyectores

a).-- Revisar la presión; usar un manómetro calibrado, instalado lo más pegado a la entrada del eyector.

La presión no debe ser menor que la indicada en la placa del eyector. Valores menores en 10% hacen insuficiente -- el eyector.

Si la presión es mayor que la requerida, el eyector -- pierde capacidad; más libras son forzadas através de la garganta de la boquilla, la cual sobrecarga el difusor bajando su capacidad para arrastrar aire o vapores.



b).- Revisar y asegurar la calidad del vapor: el vapor debe ser seco y saturado o ligeramente sobrecalentado.

Revisar las trampas de condensado en el cabezal de vapor que alimenta al eyector.

Si hay dudas en cuanto a la calidad del vapor instalar un separador y trampas adecuadas o use otros medios para asegurar un suministro de vapor seco o ligeramente sobrecalentado. Las líneas de vapor deben estar bien aisladas. Si existe el separador revisar que las líneas de purga estén drenando correctamente através de la trampa de vapor.

Un vapor que tenga una humedad mayor de 3% no solo interfiere en el trabajo de los eyectores, sino que provoca una rápida erosión longitudinal en las boquillas y difusores modificando las medidas críticas (gargantas) causando fallas.

Revisar inundaciones de condensadores

Si por alguna razón se acumula agua en el condensador inundandolo, los vapores que salen del eyector no son condensados y la alta contrapresión resultante dificultan y llega a causar problemas en la operación normal de los evaporadores.

a).- Condensador de superficie (cuerpo y tubos). Las causas más comunes son:

Fallas de piernas

Pierna obtruida : revisar la temperatura de las piernas, si están demasiado frías, pueden estar tapadas.

Las piernas deben ser lo mas recto posible y verticales, cualquier tramo horizontal o desalineado puede causar problemas.

El condensador puede inundarse por entrada de aire en bridas de salida del condensador, principalmente por corrosión en la zona de interface en el pozo de derrame.

Debe checarse que el pozo caliente no este lleno de lo do que evite la salida del condensador de las piernas.

La inundación puede ser causada también por una fuga dentro del condensador; un tubo roto, un empaque desgastado o dañado pueden causar la inundación.

#### CONDENSADOR BAROMETRICO

Un condensador barométrico se inunda si la pierna barométrica es demasiada corta, si la descarga de la pierna está obstruida o si el tubo es de poco diámetro.

Una boquilla de atomización rota puede dejar pasar más agua que la capacidad de la pierna para desalojarla, causando inundación.

Si el eyector no opera bien, desármelo y reviselo. La boquilla de vapor y el difusor deben estar siempre limpios y sin rayaduras.

Cualquier erosión o corrosión debe corregirse pues esto les baja eficiencia al eyector.

Si hubo desgaste lo más recomendable y más económico es reemplazar la boquilla y el difusor erosionado o corroidos.

Al reemplazar la boquilla de vapor deben renovarse también los empaques cuidando que los espesores sean los mismos de diseño, ya que la posición de la boquilla influye en la operación y eficiencia del eyector.

## Recomendaciones para bombas

Después de poner en operación las bombas, debe esperarse un tiempo razonable para observar que su funcionamiento es normal ( no hay vibración excesiva, calentamiento, etc) Además debe ponerse especial atención tanto en la lubricación como en el sistema de enfriamiento.

## Recomendaciones para el precalentador

Cuando se ponga en servicio el cambiador de calor, debe iniciarse primero la circulación del líquido que va a calentarse o como se llama frecuentemente fluido frío y después iniciar el flujo del material que va enfriarse o fluido caliente. Esto tiene por objeto calentar gradualmente el cambiador y el fluido frío, de otra manera si se circula primero el fluido caliente se puede presentar dilataciones bruscas del equipo, trayendo con esto fracturas de dicho equipo.

## Recomendaciones para líneas de proceso y trampas de vapor

Al poner en servicio las líneas de vapor, se debe comprobar que el condensado ha sido purgado y a continuación abrir poco a poco la válvula de alimentación de vapor. Cuando no se tienen estas precauciones, la cantidad de condensado que se deja acumular y no es purgado, al entrar en contacto con el vapor se evapora generando grandes cantidades de vapor o volúmenes de vapor que traen como consecuencia un aumento de presión que puede llegar a causar serios daños al equipo. Por lo anterior se deben revisar periódicamente las trampas de vapor para asegurar así que cooperan

correctamente. Las válvulas de purga utilizadas en estas operaciones no deben dejarse abiertas sin ser vigiladas, una vez que termina de salir el líquido se deben de cerrar correctamente.

Deben verificarse periodicamente las indicaciones de los instrumentos que miden y registran las temperaturas, presiones y gastos de las líneas de proceso y, en su caso, la de los evaporadores.

Esta vigilancia no solo sirve para garantizar una buena eficiencia en la operación, sino tambien para tomar oportunamente medidas adecuadas para corregir fallas en los equipos, antes de que puedan dañar a estos y poner en peligro al personal que labore en el laboratorio de ingeniería química.

## B).- CRITERIOS DE OPERACION

A continuación se dan los puntos de operación de mayor importancia para operar el equipo de evaporación a doble efecto experimental marca "Swenson".

1.- Que se trata de un sistema que opera en forma continua y que por lo tanto hay que estar alimentando y extrayendo la solución simultaneamente y constantemente de los evaporadores, así que se debe mantener en operación la bomba de alimentación al primer efecto y la que alimenta al segundo tomando la solución semiconcentrada del primero y además la que extrae la solución del segundo efecto.

2.- Como el sistema opera a vacío y que los dispositivos correspondientes (eyector EE-400, condensador tubular EA-401 y el condensador barométrico EA-402), se deben poner en servicio antes de iniciar la operación al equipo de evaporación, y mantenerlos hasta que permanezca en funcionamiento

to los evaporadores.

3.- La necesidad de disponer de los condensados obtenidos en el condensador tubular, por lo cual se debe vigilar y encausar dichos condensados que deben recuperarse.

4.- El vapor que se alimenta como medio de calentamiento, - ya sea al vaso de calandria (XA-401), o al TLV (XA-400) ó - bien al precalentador (EA-400), debe controlarse mediante un regulador de presión con el tamaño y capacidad adecuados de presión y también debe vigilarse la recolección de condensados en los receptores que para ese fin, están instalados.

5.- La necesidad de disponer del condensado así obtenido, - vigilando el funcionamiento de la bomba que devuelve dicho condensado (GA-404) al tanque de alimentación de agua a la caldera.

6.- Evitar las entradas de aire que bajan el vacío e impiden una operación estable y eficiente, mediante un mantenimiento preventivo y correctivo.

### C).- RECOMENDACIONES GENERALES DE SEGURIDAD

A continuación se mencionan una serie de recomendaciones de seguridad para evitar lo más posible accidentes en la manipulación del evaporador a doble efecto, haciendo énfasis en el hecho de que las personas responsables de su correcto funcionamiento cuenten con la información adecuada para - proporcionar el mantenimiento requerido tanto los equipos - principales (Evaporadores) como a los equipos auxiliares.

Por último las recomendaciones que a continuación se dan son el resultado del análisis de riesgos efectuado al equipo de evaporación a doble efecto:

1.- Dar mantenimiento preventivo a toda la instrumentación -

existente como son:

- a).- Manómetros; revisar y/o calibrar correctamente su funcionamiento.
- b).- Indicadores de temperatura; Revisar y/o cambiar los -- indicadores en mal estado.
- c).- Válvulas de seguridad; Revisar y calibrar las tres válvulas de seguridad existentes en el equipo de evaporación.
- d).- Indicadores de nivel; Efectuar mantenimiento de limpieza a todos los limpiadores de nivel.
- e).- Rotámetros; Revisar, calibrar y dar mantenimiento de -- limpieza a todos los rotámetros existentes.
- f).- Vacuómetros; Revisar y/o calibrar los vacuómetros de -- los evaporadores.
- g).- Térmopares; Revisar, instalar y dar mantenimiento a los 24 térmopares existentes (faltan de instalar algunos y otros no tienen tapas de --- protección).
- h).- Muestreadores; Instalar los faltantes o desmantelar -- los existentes (Actualmente no se les da -- uso alguno).

2.- Dar mantenimiento preventivo de limpieza al equipo auxiliar de los evaporadores como son:

- a).- Condensador Barométricos; Revisar y dar mantenimiento preventivo al condensador (revisar espesores y aparición del condensador para ver si hay indicios de corrosión o incrustación).
- b).- Condensador de superficie; Revisar y dar mantenimiento preventivo a la coraza y a los tubos ( Revisar espesores y aparición para ver si hay indicios de corrosión o incrustación. En caso de haber, cambiar tubos -- o coraza).

- c).- Eyector; Revisar y dar mantenimiento preventivo a las partes de este, abservando si se encuentra en buen es tado la boquilla y difusor (ver si no estan erosionados y/o corroidos).
  - d).- Motor-Bomba; revisar periodicamente lubricación y empaques, colocar cubrecoples a todas las bombas.
  - e).- Tanques recolectores de condensado, Efectuar limpieza anterior, checar espesores de estos verificando si se encuentra en los límites de retiro. Observar si se pre sentan signos de corrosión.
  - f).- Líneas de proceso y conexiones; Efectuar calibración - y checar espesores en todas la líneas, ver si encuen-- tran entre el límite de retiro. Observar si se presen-- tan incrustaciones. Revisar el estado de las conexio-- nes y accesorios (codos, Tee, reducciones, coples, ni-- ples, tapones, bridas, válvulas) y colocar material -- aislantes a todos los tramos de tubería conductor de - vapor que les haga falta.
- 3.- Evaporadores (Calandria y TLV); Efectuar limpieza exaug tiva tanto al cuerpo como a los tubos de calentamiento, verificando posibles ataques de corrosión o incrusta--- ción que pudieran dañar o poner en peligro los equipos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es indudable que los aspectos de seguridad deben tomarse con la importancia que merecen, una labor efectuada en una ambiente de seguridad se lleva a cabo por bienestar y productividad, asegurandose la preservación de los más valioso: La integridad y la vida del ser humano.

Es necesario tener conciencia de esto, ya que se torna muy necesario fomentar el hábito de realizar toda tarea conociendo la forma de realizarla sin riesgos para uno mismo, los demás y para el patrimonio; formandose previo a la ejecución un juicio-criterio sobre los riesgos que extraña y la forma de evitarlos. Por lo tanto a continuación se dan las conclusiones a que se llega después de haber efectuado el análisis de los riesgos y haberse dado una serie de recomendaciones generales.

- 1.- Registrar ante la secretaria de trabajo y previsión social, el equipo de evaporación de doble efecto marca swenson.
- 2.- Programar un paro de los evaporadores y equipo auxiliar para llevar a cabo un levantamiento; medición de los internos del equipo (número de tubos, material construcción, longitud y diámetro) para conocer así el verdadero estado en que se encuentran y con ello efectuar los calculos y determinaciones de los materiales para realizar un programa-proyecto de reparación y mantenimiento.
- 3.- Llevar una bitácora en el cual se tenga el mantenimiento preventivo-correctivo y de modificaciones que se le hagan al equipo principal y a sus servicios auxiliares con el fin de que en cualquier momento pueda darse un diagnóstico rápido del estado real en que se encuentre el equipo en general, agregando características y memoria de calculo.



4.- Identificar el equipo principal, auxiliar y el de instrumentación con claves de acuerdo al servicio y características que presentan, según se sugiere e ilustra en el diagrama de flujo de la página No.

5.- Se recomienda realizar una medición de espesores de los puntos claves sujetos a presión (como es el cuerpo de los evaporadores, del condensador y precalentador principalmente), para determinar el desgaste producido por corrosión, erosión, abrasión y con ésto poder saber si con estos materiales son los adecuados para que trabajen a las condiciones actuales de operación, mediante la determinación de la vida útil del equipo.

En caso de que el espesor de los materiales no sean los adecuados se deberá proponer una reparación o cambio de las partes afectadas para evitar el riesgo por fuga o ruptura del material.

6.- Se recomienda calibrar o instalar todos los instrumentos requeridos para el proceso para facilitar la operación y en un momento dado no sobre pasar los límites de seguridad (manómetros, indicadores de flujo, de temperatura y válvulas de seguridad),

7.- Se recomienda llevar a cabo un reacondicionamiento del acceso (escaleras y descansos) al sistema de condensación ya que actualmente tiene problemas en los tamaños, peraltes y altura libre de los escalones.

Instalar un sistema de iluminación adecuado en toda el área de los equipos de evaporación para observar su operación cuando la luz natural no es suficiente (previamente en la zona de condensación).

8.- Se recomienda instalar trampas de vapor a las salidas de todos los sistemas de calentamiento, antes de los

tanques recolectores de condensado (salida de condensado de evaporador de tubos largos verticales, de calandria y del precalentador) o sea entre el equipo y el tanque recolector de condensado.

9.0 Se debe tener o llevar un libro de ingeniería con todas las características y memorias de cálculo del equipo de evaporación a doble efecto.

Por lo tanto será responsabilidad de profesores y alumnos el ir superando día a día las deficiencias que en la materia de seguridad se encuentren en las instalaciones del laboratorio de ingeniería química (L.I.Q), como una función primordial de preservación de la integridad física del personal que labora en estas instalaciones.

## BIBLIOGRAFIA

- W.J. Hackett, G.P. Robbins,  
Manual Técnico de Seguridad  
Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.  
México (1982).
- Asociación Mexicana de Ing's  
Mecánicos y Electricistas. Código Asme para Calderas  
y recipientes a presión, Sección IV,  
Calderas para calefacción  
(1971).
- Secretaria de Trabajo y Previsión Social  
Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo  
(1980).
- Petroleos Mexicanos,  
Reglamento de Seguridad e Higiene  
(1982).
- Consejo Interamericano de Seguridad  
Manual de Prevención de accidentes en Operaciones  
Edit. Mapfre, (1979).
- Secretaria de Trabajo y Previsión Social  
Boletines de medicina, Seguridad e Higiene No:s 1,2,3,4,5,  
6 y 7,  
Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo -  
(1983).
- Secretaria de Trabajo y Previsión Social, Condiciones de  
Trabajo,  
Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo,  
(1983).
- Petroleos Mexicanos. Boletines de Seguridad Industrial --  
No. 1,2,3,4,5,13,7  
(1979).
- Instituto Mexicano del Petroleo. Instrumento de medición  
y control. Medición de flujo.  
Subdirección de capacitación (1972).
- Instituto Mexicano del Petroleo. Programa de Observación  
Para entrenamiento en seguridad,  
Subdirección de capacitación  
(1974).

- Petroleos Mexicanos. La corrosión en la Industria.  
Gerencia de Refinación.  
( 1975 ).
- Ing. Enrique Galvan Arevalo. Apuntes sobre seguridad  
Industrial. Fac. de Ingenieria, U.N.A.M.  
( 1984 ).
- Manual de prácticas de laboratorio de "momentum y calor  
Fac. de Química, U.N.A.M.  
( 1982 ).
- Luis López Santiago. " Anteproyecto de un programa de  
seguridad e higiene para el laboratorio de ingeniería  
química " . Tesis  
( 1985 ).
- Donald O. Kern. Procesos de transferencia de calor.  
Compañía editorial continental S.A. México.  
( 1981 ).
- Robert E. Treybal. Operaciones de transferencia de masa.  
Edit. Mac. Graw Hill.  
( 1981 ).
- Instituto Mexicano del Petroleo. Nociones básicas de  
contra incendio. Subdirección de capacitación .  
( 1979 ).
- Alans. Foust. Principios de operaciones unitarias.  
Compañía editorial continental S.A. México.  
( 1983 ).
- William Handley. Manual de seguridad industrial.  
Mc. Graw Hill.  
( 1980 ).