

T-123



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

Facultad de Química

**NORMAS DE CONTROL DE SEGURIDAD PARA EL USO  
Y MANEJO DEL BENCENO**

**MANUEL ALEJANDRO FRANCISCO RUEDA DE LA GARZA**

**INGENIERIA QUIMICA**

México D.F.

1979 ..

**15930**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

INDICE

	<u>Pág.</u>
INTRODUCCION	6
CAPITULO I	
Generalidades	9
Propiedades Físicas	11
Propiedades Químicas	11
Obtención	14
Usos	18
CAPITULO II	
Tipos más comunes de trabajos con benceno	21
Usos Industriales del benceno en México	31
Estructura de la Demanda y de la Producción	33
CAPITULO III	
Vías de entrada al organismo	39
Metabolismo y Excreción	39
Medicina Preventiva	44
Tratamiento según el tipo de intoxicación	45

## CAPITULO IV

Concentraciones máximas permisibles en el manejo del benceno	51
Métodos de análisis de la concentración del benceno en la atmósfera	52
Equipos de protección personal	54
Equipos de protección personal respiratoria	55
Selección de equipos de protección personal respiratoria	69
Mantenimiento	73
Protección respiratoria para un local	75
Protección personal cutánea	86
Limpieza de equipos de protección personal cutánea	88
Limpieza del área de Trabajo	89

## CAPITULO V

Introducción y definición de términos	94
Prevención de Incendios y Explosiones	96
Medios y equipos comunmente usados en la ex- tinción de incendios provocados por el bence <u>n</u> o	103
Almacenamiento y manejo del benceno	109
CONCLUSIONES	115

## INTRODUCCION

"Ninguna sustancia química es tan peligrosa que no se pueda manejar con seguridad, si se respetan las reglas que para su buen uso y manejo, ha dictado la experiencia."

La salud e integridad del hombre, son dones que nos ha dado la naturaleza, y nosotros somos los únicos responsables de conservarlos. Por esta razón, se escogió el tema "Normas de Control de Seguridad para el Uso y Manejo del Benceno" , esperando poder contribuir como instrumento para la realización de estos fines.

Se ha tratado, al desarrollar el tema, hacerlo con un lenguaje comprensible y tratando de evitar tecnicismos, de manera que pueda servir como un manual cuando se trabaje con el benceno. Las reglas de seguridad que posteriormente se describen son aplicables, para esta sustancia y sus derivados.

Se tomó como representativo el benceno, por ser parte primaria en la estructura de todos los hidrocarburos aromáticos. Además, se escogió, por tener éstas características especiales que lo hacen en el aspecto toxicológico el más importante.

Esta recopilación no pretende abarcar, toda la literatura

tura sobre el tema, sino que trata de ser una guía práctica. También se pretende sirva de base para estudios e investigaciones posteriores sobre el tema.

Se ha procurado dar un enfoque global sobre el manejo del benceno, y es por esto que el texto se dividió en los siguientes capítulos:

El capítulo I trata de las generalidades sobre el benceno, y el papel de éste en el contexto histórico de la - Química orgánica.

En el segundo capítulo, se tratarán los tipos más comunes de trabajo con benceno, usos industriales en México, y la estructura de su producción.

Con el tercer capítulo se busca hacer un breve estudio sobre la toxicología de la sustancia, de manera que se pueda dar una visión general del alto grado de peligro que se tiene al trabajar con el benceno, y así propugnar el uso de implementos que permiten evitar los riesgos.

El cuarto capítulo, versa sobre las normas y equipos de protección cuyo uso propone la prevención de una posible intoxicación con benceno.

El capítulo V nos referirá a las normas de prevención - contra posibles incendios y explosiones cuando se trabaja con el benceno.

No quiero concluir esta introducción, sin antes agradecer la cooperación recibida del personal técnico, obrero y ad

ministrativo, de las siguientes dependencias:

**Petróleos Mexicanos.**

**Altos Hornos de México, S.A.**

**Secretaría del Trabajo y Previsión Social.**

**Secretaría de Salubridad y Asistencia.**

**Cámara Nacional de la Industria de Transformación.**

## CAPITULO I

## EL BENCENO

Generalidades.

Propiedades físicas.

Propiedades químicas.

Obtención y usos.

1.- Generalidades.

El benceno desde su descubrimiento ha sido llamado de distintas maneras, entre los sinónimos más comunes encontramos: benzol, ciclohexatrieno, fenobenzol, fenilhidrina, hidruro de fenilo y nafta de hulla.

El benceno fué descubierto en 1825 por Michael Faraday, quien aisló la substancia de un condensado aceitoso que se obtenía al comprimir el gas de alumbrado; como estaba formado de átomos de carbono e hidrógeno, le llamó hidrógeno carburado.

Más tarde Meterlich encontró que el ácido benzóico, se podía convertir en el compuesto que había descubierto Faraday, por medio de una destilación seca con cal, por un análisis elemental y determinaciones de la densidad de vapor, encontró que su fórmula es  $C_6H_6$  y la llamó bencina.

Posteriormente Liebig le cambió la terminación "ina" - por la de "ol" (aceite en alemán), llamándolo así benzol.

En 1837, Auguste Laurent, sugirió la raíz "feno", utilizándose para designar solamente el radical correspondiente, sin aplicarse al hidrocarburo. En Inglaterra, Francia y España se tomó el nombre de benceno, que es el que se utiliza generalmente.

En el año de 1845, Hofmann aisló el benceno al destilar el alquitrán, el cual se obtiene cuando el carbón natural se transforma en coque. Actualmente, éste es uno de los métodos utilizados para la producción de benceno, pero no es el más importante.

Fué en el año de 1856, cuando nació la industria química-orgánica sintética, al ser descubierto el primer colorante sintético, la mauverina, realizado por Perkin.

Uno de los estudios más importantes a este respecto fué el de Auguste Kekulé. En éste se propuso la estructura del benceno. A pesar de que el benceno tenía un grado de saturación comparable al del acetileno, el compuesto no presentaba la actividad de los alquenos. A partir de la existencia de un compuesto monoclorado único se dedujo que sus seis átomos de carbono eran equivalentes. Se encontró que existían tres compuestos disustituídos, por lo cual se concluyó que debía tratarse de un compuesto de estructura cíclica de seis átomos de carbono, y seis de hidrógeno. Kekulé, intuyó que se tiene un sistema de enlaces simples, con tres enlaces do-

bles, que se encuentran en resonancia dentro de la molécula, surgiendo así la estructura del benceno que ahora conocemos.

Con el paso del tiempo el benceno fué adquiriendo importancia por sus aplicaciones en la industria química.

## 2.- Propiedades físicas

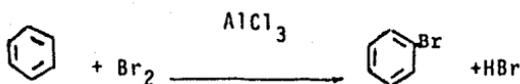
El benceno es un líquido claro, transparente, de olor característico, muy inflamable. Es soluble en 1430 partes de agua y miscible en: alcohol, cloroformo, éter, disulfuro de carbono, tetracloruro de carbono, ácido acético glacial, acetona y aceites.

Su punto de fusión es de 5.506 °C, y su punto de ebullición es de 80.103°C. Su densidad en estado gaseoso es 2.77 veces la densidad del aire. Sus límites explosivos varían de 1.5 % a 8 % en volumen.

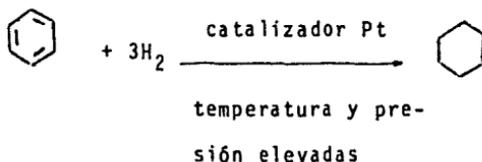
## 3.- Propiedades químicas

El benceno es el compuesto básico de la química aromática. Es el más conocido y el mejor estudiado de los hidrocarburos aromáticos, sin embargo para los fines que persigue este trabajo es suficiente el conocer las reacciones más comunes y sus características más importantes.

El benceno es un hidrocarburo cíclico de fórmula  $C_6H_6$ . Los seis átomos de hidrógeno ocupan posiciones equivalentes, ya que cuando se realiza una monosustitución, sólo se obtiene un compuesto, ejemplo de esto es :



El benceno es un hidrocarburo insaturado puesto que se puede hidrogenar, ejemplo:



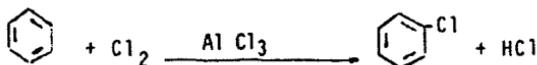
Es un hidrocarburo aromático, pues difiere en sus reacciones de los compuestos insaturados, pues no decolora una solución diluida de permanganato.

Su estructura está en resonancia pues sus orbitales  $\pi$  ( $\pi$ ) se encuentran deslocalizados.

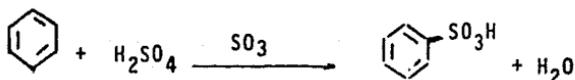
Es por todas las características nombradas anteriormente un compuesto muy estable.

A continuación se describirán las reacciones más comunes, así tenemos:

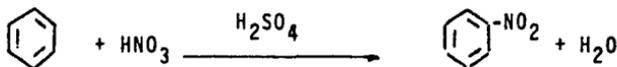
a) Con los halógenos, cloro y bromo, se obtienen, derivados por sustitución, lo cual se conoce como halogenación:



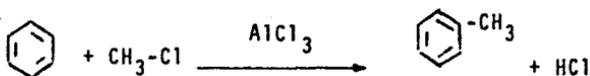
b) Sulfonación. Con ácido sulfúrico fumante se obtiene el ácido bencensulfónico.



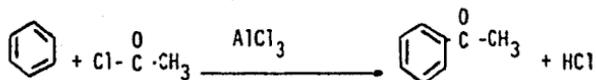
c) Nitración. Con ácido nítrico concentrado en presencia de ácido sulfúrico se obtienen nitroderivados conociéndose esta reacción como nitración.



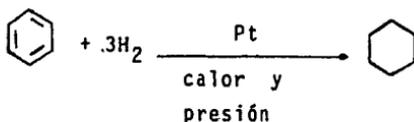
d) Con halogenuros de alquilo se obtienen los hidrocarburos bencénicos, esta reacción es conocida como alquilación de Friedel Y Crafts.



f) Con los halogenuros de acilo reacciona para obtener los acilderivados, esta reacción se conoce como acilación de Friedel y Crafts.



g) Por reducción con hidrógeno nos da ciclohexano.



El benceno tiene tres productos de disustitución.



orto



meta



para

#### 4.-Obtención y usos

Desde el principio de la petroquímica, el benceno se ha encontrado en el crudo del petróleo, sin embargo este contenía cantidades tan pequeñas, que su purificación era muy difícil, y por tanto su separación era poco atractiva por su elevado costo. Más tarde la petroquímica descubrió operaciones como la hidroformación, y entonces se hizo atractivo el proyecto de obtener benceno con una pureza adecuada para los usos industriales que se le conocían.

El benceno no puede ser separado por una destilación simple, pues existen varios hidrocarburos que forman una mezcla azeotrópica con éste, por esta razón se ha hecho necesario

separar el benceno por medio de una destilación fraccionada, sin embargo, el destilado obtenido, por lo general contiene mas tolueno y xileno, y esto no corresponde a la demanda del mercado pues se consume una cantidad sensiblemente mayor de benceno que la de otros hidrocarburos. por lo que se plantearon tres posibilidades:

- a) El uso de fracciones reformadas( por extracción por solventes) con la cantidad de aromáticos deseados.
- b) La conversión de tolueno y xileno por medio de la dealquilación.
- c) Obtención del benceno a partir del coque.

a) Reformación - Separación.

La fracción de petróleo de alto o bajo punto de ebullición, es catalíticamente reformada para producir el producto más deseable.

El benceno y otros hidrocarburos aromáticos son removidos de los productos ya reformados o de las fracciones específicos, por una extracción con solventes. A la fracción de aromáticos extraída, se le hace una destilación fraccionada por la cual se purifica el benceno y los otros hidrocarburos aromáticos. Utilizando esta técnica se recupera el benceno original contenido en el crudo, y además se le suma el obtenido por la reformación del ciclohexano, metil ciclohexano, metil cilopentano y hexano.

Para la reformación y separación son usadas las unida-

des BTX, entre los procesos podemos nombrar:

1) Proceso de Hidroformación.

En este proceso, una fracción de petróleo es tratada, a 480 °F y una presión de 100 a 300 Psia. En esta reacción interviene un catalizador que puede ser: Trióxido de molibdeno, platino, etc., y deben de estar soportados en alúmina, bausita, sílico-alúmina. En este proceso se puede obtener una conversión aproximada del 60 % .

2) Proceso UDEX

Este proceso consiste en una combinación de reformación catalítica con una extracción con solventes: una fracción de nafta es precalentada a ebullición y mezclada con el hidrógeno recirculado del proceso; se eleva su temperatura hasta 950 °F y una presión de 250 a 800 Psia, y se alimenta a un reactor que contiene un catalizador de platino, debido a que esta reacción es altamente endotérmica se usan tres o cuatro reactores en serie, con recalentador. En el proceso se puede llegar a una conversión promedio de 80 % . El producto obtenido, se trata con el proceso UDEX, que se basa en la extracción del benceno con glicoles. Mediante este proceso se puede obtener un alto grado de pureza.

b) Dealquilación .

Con estos métodos el tolueno y xileno son demetilados en presencia de hidrógeno, para obtener benceno y metano, y no es necesario la extracción con solventes. Se puede realizar

con o sin la presencia de catalizadores. Los catalizadores más usados en este tipo de procesos, son: trióxido de cromo soportado en alúmina y platino en alúmina. A continuación se nombrarán los procesos más importantes.

-Hydeal (Universal Oil Products Co.). En este proceso el compuesto alquil-aromático, es alimentado a un reactor en presencia de catalizador, para obtener: benceno, gas metano y etano, en el cual se parte de tolueno y xileno. Este proceso también es utilizado para la obtención del naftaleno.

- Detol ( Hudry Process Corp.). Las características de este proceso son semejantes a las del proceso anterior con la variante de que el reactor utilizado es de lecho fijo.

- Hidrodealquilación ( Atlantic Refining Co.). En este proceso se parte del tolueno o metil naftaleno para obtener el benceno mediante una dealquilación en presencia de hidrógeno.

- Bextol ( Royal Dutch Shell.). Este proceso consiste en una dealquilación catalítica a temperaturas altas con hidrógeno. En el proceso se alcanza una conversión máxima del 55 %.

- Thermel Hidrodealquilación ( THD) (Gulf Reseach & development Co.). Se trata de un proceso no catalítico que parte de una dealquilación térmica, del tolueno y de otros alquil bencenos para obtener benceno. La conversión es del orden del 95 %.

c) Coquización.

Este método se utiliza para extraer el benceno que se forma al obtenerse el gas de coque. Esto es, a temperaturas elevadas la pirólisis del carbón produce el coque metalúrgico, se producen también gases y residuos que contienen - benceno, parafinas, hidrocarburos saturados, compuestos sulfurados etc. El aceite ligero es recuperado de los gases por compresión y enfriamiento, entonces es absorbido en sólidos como sílica gel, carbón activado, que es extraído con un solvente y después destilado. Este es uno de los métodos más usados en la actualidad, a pesar de que su rendimiento es bajo obteniéndose dos o tres galones de benceno por tonelada de carbón quemado.

#### Usos

Durante la primera mitad del presente siglo el principal uso del benceno fué el de combustible en los motores de combustión interna, pues tiene un contenido energético mayor que el de la gasolina (mezcla de heptano y octano), además de tener un alto poder antidetonante. Otra de sus ventajas es que al quemarse en un motor, el carbón que produce es blando y no se acumula en las paredes de los cilindros.

Durante la Segunda Guerra Mundial, se encontró que el benceno tenía grandes posibilidades en procesos industriales como producción de estireno y fenol, como intermediario en la manufactura del nylon, detergentes sintéticos, anhídrido maleico, DDT, mono y dicloro benceno, anilina, hexacloruro de

bencilo, nitrobencono, como solvente, aditivos para pinturas, manufactura de medicamentos, colorantes, fabricación de piel artificial, linoleum, hules, barniz, lacas, resinas, aceites lubricantes, gomas, éteres de celulosa, cumeno etc.

## CAPITULO II

### IMPORTANCIA Y USOS INDUSTRIALES DEL BENCENO EN MEXICO.

## CAPITULO II

## IMPORTANCIA Y USOS INDUSTRIALES DEL BENCENO EN MEXICO.

## 1.- Manipulación y trabajos con benceno.

a) Carga y descarga de carros tanque y embarcaciones.

A continuación damos algunas reglas generales incluidas en los reglamentos para carga y descarga de benceno, de acuerdo con las instrucciones que al respecto han dictado los fabricantes de productos tóxicos, explosivos e inflamables.

- Cuando un carro tanque que contiene benceno llega al sitio donde será descargado, deberán aplicarse los frenos y se tomarán las precauciones adecuadas para impedir choques o algún movimiento prematuro del mismo. En el caso de embarcaciones deberán permanecer amarradas al muelle durante la maniobra.

Deben colocarse letreros que digan : " PELIGRO " o "VENENO", todo el tiempo que el vehiculo permanezca estacionado en la planta para la operación de descarga del material.

- Las maniobras de abrir el domo para muestrear o efectuar la conexión de la manguera para descargar, serán realizadas única

mente por personal aprobado para este trabajo.

-Después de abrir el domo, deberá realizarse una cuidadosa inspección para determinar si alguna cantidad de líquido se encuentra en el domo. Si éste fuera el caso, que se manifiesta por percibirse el olor característico del benceno, el operador procederá a lavar la superficie manchada, con agua. Si se usa estopa para la limpieza, ésta debe depositarse en un recipiente adecuado para ser destruido posteriormente por los medios acostumbrados. No debe permitirse que la estopa impregnada esté en contacto con la ropa.

-Ninguna válvula deberá ser abierta hasta que haya sido conectada correctamente la manguera para descargar, y se haya comprobado que no tiene fugas.

-Si hay algún derrame o escape durante la operación de descarga habrá que usar los equipos de seguridad que se mencionarán posteriormente, descontaminar el área, lavándola y ventilándola.

-Debe prohibirse la circulación y proximidad de vehículos - que sean capaces de causar fuego en el área de manejo de benceno, durante las operaciones de carga y descarga de este producto.

-El vaciado de los carros tanque debe hacerse siempre por el domo, evitando hacerlo por las purgas del fondo. Si por una emergencia éste fuera el caso, se deberán tomar precauciones especiales para la protección del personal y el equipo, pues existe la posibilidad de un derrame grande al efectuar el vaciado en esta forma.



### Carro tanque cargando Benceno

Notese que siempre se carga un tanque por la parte superior y éste se encuentra conectado a tierra.



Furgones de Ferrocarril aproximándose a la zona de carga de benceno. Asimismo se nota la tubería que descarga el Benceno al tanque.

-Bajo ninguna circunstancia se deben vaciar los carros tanque con presión de aire, porque se forma una mezcla explosiva dentro del tanque.

-En forma invariable, los carros tanque deben estar conectados a tierra antes de iniciarse las conexiones de vaciado. Se deberá además apagar el motor y mantener apagados todos los aparatos eléctricos.

-Antes de quitar la tapa de los carros tanque, para iniciar la descarga de los mismos, se debe asegurar que no existan presiones internas para lo cual deberá descargarse presión por la válvula de ventilación. Si no existiera dicha válvula, es conveniente antes de descargar el carro tanque, enfriarlo, a base de agua aplicada al exterior del carro, o bien proceder a su descarga en las primeras horas de la mañana, retirando de todas formas lentamente la tapa de seguridad, permitiendo que escape la presión remanente.

-En las embarcaciones, se tomarán las precauciones correspondientes a lo marcado con anterioridad.

- El cumplimiento fiel de las instrucciones, sobre los procedimientos de operación, reducirán al mínimo los derrames, escapes y contaminaciones.

b) Llenado y vaciado de tambores o recipientes pequeños.

-Cuando se recibe un furgón de ferrocarril, o un camión cargado con tambores conteniendo benceno, la puerta, o las puertas de ambos lados del vehículo deberán ser abiertas totalmente para obtener una ventilación abundante y comprobar que no existen derrames de benceno por falla de alguno de los recipientes, evi-

tando entrar al interior del carro si hay concentraciones de vapores de benceno.

-Si algún tambor tiene fuga debe retirarse del lugar y colocarse en un sitio seguro con drenaje adecuado, en donde se procederá a repararlo si esto es factible, o a transvasar su contenido a otro en buen estado.

-Cuando se llenen o transvasen recipientes con benceno, esta maniobra debe hacerse de preferencia con una bomba adecuada protegiendo al personal con guantes de neopreno o plástico; protección respiratoria y ocular, cuando se prevean salpicaduras. Nunca debe transvasarse benceno por el método del sifón provocando el vacío en la boca.

-Cuando se haga el vaciado de tambores por gravedad, no deben usarse dispositivos provisionales. Esta instalación debe de ser fija y con un dispositivo que permita cerrarse y provocar el flujo del benceno por medios mecánicos.

-Bajo ninguna circunstancia debe intentarse el vaciado de los tambores presionando interiormente con cualquier gas.

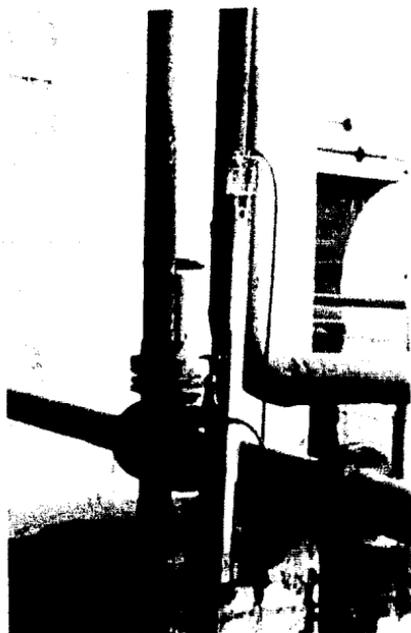
-Los tambores que contengan benceno deben abrirse con herramientas adecuadas, colocando de preferencia el tambor con el tapón hacia arriba y protegiéndose el trabajador los ojos, contra las posibles salpicaduras que pueda producir esta operación. Antes de remover totalmente el tapón deberá descargarse lentamente la presión interna que pueda contener el recipiente.

-Cuando se efectúe el llenado o el transvase de tambores - conteniendo benceno, éstos y los recipientes que lo reciben de-



Batería de tanques de Almacén Iento de Benzono. Los tanques con una capacidad de 40 000 litros de Benzono, y en la foto se puede apreciar, el sistema de diques que cubre el área de Almacenamiento.

Dispositivo controlador de presión de un tanque de almacenamiento de Benzono, con una capacidad de 40 000 litros de Benzono (Figura 1). En el caso de un aumento de presión dentro de este tanque, cuando la salida de vapor, a través del sistema de escape de vapor, que se encuentra en la parte superior del tanque de almacenamiento,



ben estar conectados eléctricamente a tierra, invariablemente antes de ser destapados.

-Todos estos recipientes deben tener claramente marcado que contuvieron benceno. Los que van a ser destruidos o abiertos - para ser utilizados en otro servicio, deben ser previamente desalojados de la mezcla explosiva que pudiera existir y no serán destinados a contener alimentos ni agua para beber.

c) Almacenamiento de benceno en tanques.

-Cuando el benceno se almacena en tanques de gran capacidad, debe cuidarse que las purgas de los mismos no tengan fugas y el muestreo y medición de ellos debe hacerse siempre colocándose a favor del viento y de preferencia, con protección respiratoria y guantes.

-Cuando el benceno se almacena en tambores o en otro tipo de recipientes, debe hacerse una revisión previa de éstos para comprobar que no tienen fugas, y de preferencia deben almacenarse en locales bien ventilados, provistos de drenaje adecuado, - con pasillos que permiten inspeccionar las estibas y localizar las posibles fugas que pudieran presentarse.

-Recipientes que contienen benceno deben almacenarse debidamente rotulados, debidamente aislados de otros materiales, principalmente si éstos son ácidos o materiales oxidantes.

-Debe evitarse el almacenamiento de benceno en recipientes de vidrio, particularmente si son grandes.

d) Precauciones para el manejo del benceno en el laboratorio

-El benceno debe ser manipulado en el laboratorio con las precauciones necesarias que eviten su contacto con la piel, la inhalación de sus vapores, o su ingestión por descuido.

-Todos los recipientes que contengan benceno deben marcar claramente su contenido, así como la indicación precisa de que deben mantenerse herméticamente cerrados, en forma invariable cuando estén fuera de uso.

-No debe guardarse equipo de laboratorio con restos de benceno en recipientes abiertos.

-Aunque los trabajos de laboratorio, por las cantidades pequeñas de productos que se manejan no hacen necesario el uso de equipo de protección en forma invariable, es conveniente poder disponer de él cuando se hacen manejos de volúmenes grandes en trabajos especializados.

-Todas las estopas, franelas o trapos que se usan para la limpieza de benceno deben de colocarse en recipientes para ello, entre tanto se lavan, recordando que el benceno por ser volátil y más pesado que el aire tiende a formar mezclas explosivas en las partes más bajas del lugar.

- En todos los lugares donde se manipule benceno debe evitarse fumar y encender fuego sin control.

e) Manejo del benceno en plantas industriales.

Aunque todas las operaciones para el manejo de benceno en las plantas industriales están previstas para hacerse bajo un

sistema hermético en todo momento, siempre existe la posibilidad por el equipo mecánico. Cuando esto sea, debe procederse de la siguiente manera:

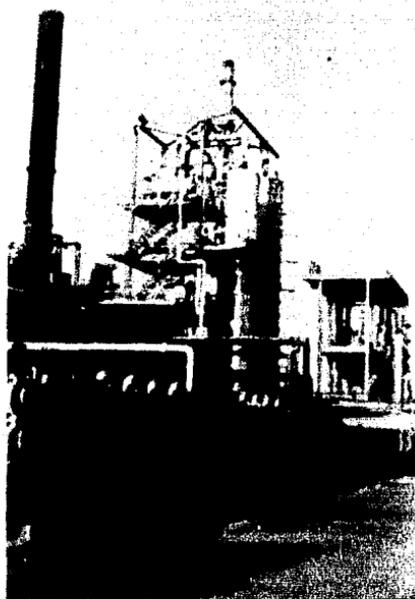
-Siempre que las plantas de proceso se conserven limpias y el equipo mecánico se conserve en buenas condiciones, a menos - que se efectúen purgas innecesarias, no es factible que ocurra ninguna contaminación atmosférica por benceno; por lo tanto, no es necesario que los operadores de dichas plantas usen en esos casos equipo de protección en forma constante, pero deberá tenerse presente la posibilidad de usar dicho equipo para casos de emergencia.

-Para cualquier reparación sobre equipo que contenga benceno y que presente o pueda presentar fugas, debe usarse en forma invariable protección ocular, a las vías respiratorias y a toda la piel en general, estos puntos se tratarán posteriormente en los capítulos respectivos.

-Cuando surgen fugas considerables por falla del equipo, todo el personal de la planta debe usar el equipo de protección que se describirá más adelante.

-Las personas que abandonen el área contaminada sólo podrán regresar a ella si portan el equipo de protección.

-Todas las purgas y muestreos que se hagan en las plantas de proceso deben efectuarse cuidadosamente con equipo de protección adecuado, llevando a cabo dicha labor con recipientes necesarios para evitar cualquier salpicadura.



Planta productora de Benceno  
a partir de hulla.

Ubicada en Monclova Coahuila  
pertenece a Altos Hornos de  
México, S.A.

En la foto se pueden apreciar  
las torres de destilación, que  
separan el Benceno, del Tolueno  
y Xileno.

## 2.- Usos industriales del benceno en México.

El benceno, tiene especial importancia, tanto en la petroquímica básica, como en la petroquímica secundaria.

Dentro de la petroquímica básica (productos de primera -- transformación o de interés nacional), el benceno lo insume Petróleos Mexicanos en la elaboración de :

- a-Ciclohexano
- b-Cumeno
- c-Dodecil benceno
- d-Etil benceno

En la petroquímica secundaria el benceno se consume en la elaboración de :

- e-Anhídrido maléico
- f-Clorobencenos
- g-Diclorobencenos
- h-Anilina
- i-Pentacloronitrobenceno
- j-Solvente

La demanda de benceno en 1976 fué de 114 000 toneladas, pero para 1979 ésta se incrementará a 391 000 toneladas al año - pues entrará en operación el complejo de Aromáticos II pudiéndose programar que en el año de 1984 se aumente la capacidad en - 183 000 toneladas más al año.

No obstante la capacidad instalada, esta será insuficiente para satisfacer la demanda, por lo cual se necesitará adquirir

del exterior volúmenes superiores a 10 000 toneladas anuales con excepción de 1978 que se necesitaron más de 100 000 toneladas anuales. Se estima que el ritmo de crecimiento de la producción será de 20 % anual y no será suficiente para cubrir la demanda anual hasta el año de 1984 que se podrá exportar un excedente de 20 000 toneladas anuales.

A continuación se presentan los datos de producción, importación, exportación, consumo aparente, crecimiento de la capacidad instalada, y la capacidad instalada

año	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
producción	79561	81978	77419	74637	61754	81951	97123	90006
importación	2	-----	-----	79	8715	1402	1122	1748
exportación	36322	46864	42656	27363	14875	-----	-----	-----
consumo aparente	43241	35114	34763	47353	55592	33353	98245	91754
crecimiento C.A.%	81.6	18.7	1	36.2	17.4	49.9	4.4	4.4
capacidad instalada	114000	114000	114000	114000	11400	114000	114000	114000

Los productores de benceno de mayor importancia en México son:

- a) Partiendo de Hulla : Altos Hornos Mexicanos S.A.  
Industrial Minera S.A.
- b) Producción petroquímica : PEMEX con sus plantas en Salamanca, Minatitlán, Cangrejera.
- c) Producción grado USP : SYNTEX S.A.

A continuación presentaremos los datos de estructura de la producción y estructura de la demanda para el benceno en México.

3. Estructura de la demanda y de la producción de benceno en el período de 1976 a 1985.

producto	año	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
<u>ciclohexano</u>		53	58	75	79	79	97	98	97	98	98
<u>cumeno</u>		--	--	--	22	25	26	26	26	28	46
<u>dodecil-benceno</u>		17	17	17	31	50	54	58	58	58	58
<u>etil-benceno</u>		23	23	115	130	152	166	166	166	266	281
<u>anhidrido maléico</u>		6	7	7	8	10	11	11	12	13	14
<u>cloro-benceno</u>		3	3	3	3	8	8	8	8	8	8
<u>dicloro-benceno</u>		1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
<u>BHC</u>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<u>otros productos</u>		10	10	11	12	12	16	17	19	20	21
<u>demanda total</u>		114	120	231	296	539	382	388	396	495	530
<u>producción</u>		103	107	114	287	318	359	334	365	506	533
<u>importación</u>		11	13	117	13	21	23	15	25	15	15
<u>exportación</u>		--	--	--	4	--	--	1	--	26	23
<u>capacidad instalada</u>		114	114	114	114	391	391	391	391	391	574
<u>capacidad por instalar</u>		--	--	--	277	--	--	--	--	183	--

## a.- Ciclohexano.

La demanda de este producto crecerá a un ritmo de 9.5 % en el periodo de 1976-1985 pudiendo pasar de 57 000 ton/año a 129 000 ton/año. La demanda de este producto depende principalmente de la producción de caprolactama, en la cual se insumirá, aproximadamente el 94.6 % del ciclohexano que se consumirá en el periodo mencionado, el resto se estima se utilizará en la elaboración de ácido adípico, y de solventes.

ciclohexano---ciclohexanona---policaprolactama---Nylon.

La capacidad instalada es de 85 000 ton/año y se incrementará a 105 000 to/año en 1981, no obstante que el ritmo de crecimiento de la producción, será menor al de la demanda, ésta tendrá que cubrirse con importaciones complementarias a partir de 1979 en que se adquirirán del exterior 2000 ton/año. Se realizarán importaciones del orden de 10000 ton/año como promedio.

## b.- Cumeno.

A la fecha este producto no se elabora en el país, por lo que su consumo se ha cubierto totalmente por medio de importaciones. La demanda de cumeno dependerá de la producción de fenol, y esta se verá incrementada de 24 000 ton/año a 67 000 ton/año en el periodo de 1976-1985.

Se tiene en proyecto una planta con capacidad de 40 000 ton/año, que se espera inicie operaciones a fines de 1979, con esto se espera evitar importaciones que son de consideración entanto no esté operando la planta.

Para 1985 se prevee la instalación de otra planta de igual capacidad a la anterior, en caso de no realizarse este proyecto habrá de importarse grandes volúmenes de cumeno, para satisfacer las exigencias de productores de resinas fenólicas.

cumeno--- fenol----- resinas fenólicas

c.- Dodecil benceno.

La demanda de este producto está íntimamente relacionada con la producción de dodecil-bencensulfonato de sodio, el cual es ampliamente usado en la industria de los detergentes.

La capacidad instalada, es insuficiente para la demanda de dodecilbenceno, misma que se estima será de 70 000 ton/año y que aumentará a 127 000 ton/año en 1985, actualmente se estudia un proyecto de una planta con una capacidad de 70 000 - ton/año pudiéndose aumentar la capacidad a 135 000 ton/año - para 1980 lo anterior permitirá que las importaciones que se tienen que realizar hasta 1979 desaparezcan con la opción de que para 1980 se puedan exportar cantidades significativas de este producto.

d.- Etil benceno.

La demanda de este producto, está relacionada con la producción de estireno.

Para el año de 1978 se calculó que entraría en operación la planta de estireno, paralelamente a una planta de etilbenceno con capacidad de 182 000 ton/año, logrando mantener los insumos

necesarios para la elaboración de estireno, hasta 1984, año en que se estima, aumentará la capacidad instalada a 432 000 ton/año al entrar en operación, otra planta con capacidad igual a la anterior.

etilbenceno---monómero de estireno---poliestireno

e.- Anhídrido maléico.

Las resinas poliéster y maléicas, tienen por materia prima al anhídrido maléico, por esto la demanda total será regida por la producción de dichas resinas. En 1976 la demanda fué de 6000 ton/año, se calcula que para 1985 ésta será de 11000 ton/año.

Dado que la capacidad instalada hasta 1976 es de 12000 ton/año, se puede satisfacer la demanda en el periodo de 76-85.

El anhídrido maléico se consume en la producción de : ácido tartárico, resina poliéster y resinas maléicas.

f.- Clorobenceno.

Se utiliza en la elaboración de el DDT y en un futuro se insumirá en la producción de pentaclorobenceno. En 1976 la demanda fué de 40 000 ton/año y para 1985 que se estará produciendo el pentacloronitrobenceno, la demanda se duplicará.

La capacidad instalada actualmente es de 5000 ton/año y - puede satisfacer los requerimientos hasta 1979, debiendose incrementar en 3 000 ton/año adicionales para 1980.

g.- Diclorobenceno.

Quedan incluidos en "orto" y "para", diclorobenceno, el primero se utiliza como solvente, y el segundo como plaguicida, contra la polilla. Ambos productos se utilizan como desodorantes, y como materia prima para el difsocianato de tolueno.

En 1976 la demanda fué de 2000 ton esperando se duplique -- para el año de 1985, puesto que a la planta instalada con una capacidad de 2000 ton/año se le pueden hacer ampliaciones adicionales de 1000 ton en 1982 y otras 1000 ton en 1985.

**CAPITULO III**

**TOXICOLOGIA.**

## CAPITULO III

## TOXICOLOGIA

1.- Vías de entrada al organismo.

Vía Respiratoria : Al inhalar vapores de benceno.

Vía Dérmica : Su absorción es muy escasa, sin embargo puede producir lesiones cutáneas debido a su poder para disolver grasas.

Vía Digestiva : Por ingestión accidental. Se observa raramente en intoxicaciones profesionales.

2.- Metabolismo y excreción.

Se considera que del total del benceno absorbido por el organismo, del 66 al 72 % es eliminado por la vía respiratoria y sólo del 28 al 34 % permanece en el organismo. De este benceno absorbido, 15 a 30 % es oxidado en el hígado transformándose en compuestos fenólicos ( catecoles, 1,2,4, trihidroxibenceno, hidroquinona), siendo eliminado por la orina en parte como fenol y como ésteres del ácido sulfúrico y glucoró

nico.

### 3.- Formas de Intoxicación

La intoxicación bencénica puede presentarse en forma aguda y crónica.

#### a) Intoxicación aguda.

En este tipo de intoxicación el benceno actúa fundamentalmente como narcótico, produciendo inconsciencia y aún la muerte, si el trabajador no es retirado oportunamente de la atmósfera contaminada.

Las concentraciones atmosféricas para producir intoxicación aguda son las siguientes:

tolerable, de media a una hora .....3000 p.p.m.

peligrosa, de media a una hora.....7500 p.p.m.

fatal, despues de cinco a diez min..20000 p.p.m.

#### Sintomatología

Los primeros síntomas incluyen contracciones en los músculos de las piernas, rigidez, vértigos, sensación de opresión a nivel de los senos frontales. Después se desarrolla el cuadro de la "borrachera bencénica", que se manifiesta por: confusión mental, y síntomas histéricos; delirio, risas, gritos, maldiciones, etc.

Frecuentemente la víctima se torna obstinada. En poco tiempo, dependiendo de la intensidad y de la duración del sujeto a la exposición del benceno, queda inconsciente. Si no es auxiliado, su respiración se vuelve más lenta hasta que se pre-

senta la muerte por paro respiratorio. Usualmente no quedan secuelas de una intoxicación aguda, pero pueden persistir por algún tiempo vértigos, marcha titubeante, insomnio, agotamiento nervioso e irritación de las vías respiratorias. Sin embargo, la posibilidad de un daño permanente no puede ser excluida.

Experimentalmente, en la intoxicación aguda se ha apreciado el aumento de la actividad funcional de la corteza suprarrenal y cambios en otras porciones de estas glándulas, así como eosinopenia constante, liberación de adrenalina, sensibilización del miocardio y aumento de riego de fibrilación ventricular.

#### b) Intoxicación crónica.

La intoxicación crónica, es hoy en día, no sólo más frecuente, sino que también es la más importante por las dificultades que presenta su diagnóstico precoz.

La intoxicación crónica por benceno, se presenta en exposiciones repetidas al tóxico, en concentraciones considerablemente menores que aquéllas que causan la intoxicación aguda.

Su principal acción, es el ataque a la médula hematopoyética. Algunas autoridades, han estimado que, la acción tóxica del benceno sobre la médula ósea, se debe a sus metabolitos fenólicos, de tal manera que su acción nociva, depende, de la capacidad del organismo para su desintoxicación.

Las características que hacen del benceno una de las más peligrosas e insidiosas sustancias tóxicas son : la falta de correlación entre los síntomas y la extensión real de las lesiones en los órganos hematopoyéticos. La tendencia progresiva y a menudo irreparable de las lesiones. La susceptibilidad individual variable de los trabajadores a diferentes grados de exposición. La falta de correlación entre los síntomas y el grado real de la lesión, por lo vago de su sintomatología, y en la similitud en los síntomas con otros padecimientos comunes.

#### Sintomatología.

Los primeros síntomas son : fatiga vespertina, trastornos digestivos como náuseas, indigestión, vómitos, sensación de quemadura epigástrica, cefalea, vértigos, somnolencia durante el día e insomnio durante la noche. Al presentarse estos síntomas es necesario realizar un examen de sangre que puede revelar ciertas anormalidades.

El cuadro típico es la disminución de leucocitos (leucopenia). La tendencia progresiva del padecimiento y lo irreparable de la lesión a la médula ósea, hacen imperativo el diagnóstico temprano de la intoxicación, pues si un trabajador es retirado del sitio de la exposición a la primera sospecha de síntomas de intoxicación, o en los primeros signos de anormalidad del cuadro hemático, la regla es que se recupere completamente, dada la capacidad regenerativa de la médula ósea.

Se han presentado casos de intoxicación en que a los afectados se les ha evitado cualquier contacto con el tóxico, -

se han recuperado momentáneamente, pero años mas tarde se les han desarrollado anemias graves que a la postre resultan fatales. El problema se agrava al existir un efecto latente, es decir la aparición de los síntomas mucho tiempo después de la intoxicación (hasta después de diez años) , además los síntomas pueden aparecer en forma tardía por embarazo o alguna enfermedad infecciosa. En la mayoría de los casos se ha confirmado, que las mujeres, tienen una susceptibilidad mayor que los hombres a este tipo de intoxicaciones.

En forma preventiva, se requieren los datos de predisposición familiar a las anemias. Ningún trabajador que haya sufrido cualquier clase de anemia debe ser expuesto al trabajo con benceno. Otros factores predisponentes son: baja condición física, enfermedades respiratorias, (en especial asma y tuberculosis), alcoholismo, enfermedades del corazón, trastornos renales y obesidad.

Los síntomas, que comúnmente se presentan en la intoxicación crónica son :

hemorragias puniformes  
 propensión a la formación de hematomas  
 sangrado espontáneo nariz, encías, mucosa gástrica, y hemorragias uterinas.  
 palidez  
 postración

#### 4.- Medicina preventiva.

En vista de la naturaleza insidiosa de la intoxicación - por benceno se necesita un estricto control médico y de laboratorio, en el personal expuesto a este hidrocarburo.

De acuerdo a los criterios científicos actuales, se han recomendado una serie de pruebas de laboratorio, tendientes a detectar la impregnación y la absorción del benceno en el organismo, así como valorar la magnitud del daño producido por la intoxicación crónica.

a) Las principales pruebas de laboratorio que se usan en este caso son :

Cuantificación de fenoles urinarios.

Detección de lesiones bencénicas manifiestas.

Pruebas hematológicas completas.

b) Exámen preocupacional y exámenes periódicos.

Exámen preocupacional.

Este examen consiste en que, sólo puedan laborar aquellas personas sin antecedentes de exposición a intoxicaciones bencénicas, y cuyo examen clínico y de laboratorio no muestren, hepatopatías, hematopatías, nefropatías, trastornos dérmicos y otras condiciones de intolerancia.

Otras condiciones bajo las cuales los sujetos no son aptos para laborar, son : menores de 18 años, del sexo femenino con embarazo, o desnutrición.

### Exámenes periódicos.

Sujetos aptos para laborar, son las personas exentas de todo signo clínico de intoxicación bencénica y de toda alteración orgánica seria. Son las que, en su examen clínico sanguíneo, presentan no menos de : eritrocitos 4 000 000 / mm<sup>3</sup>; leucocitos 5000/mm<sup>3</sup>; neutrófilos 50%; tiempo de sangrado inferior a 6 min.

### 5.- Tratamientos según el tipo de intoxicación

Si se trata de una intoxicación aguda, se recomiendan, los primeros auxilios, que se avise de inmediato al médico, y que se retire al trabajador del sitio peligroso.

Rutina específica.

Contacto con la piel: En este caso, se recomienda quitar de inmediato la ropa contaminada, incluyendo los zapatos; si éstos han sido sumergidos en benceno, es necesario no volver a usarlos hasta estar seguros de que se han limpiado perfectamente. Otra sugerencia es la de lavar abundantemente con agua y jabón toda la piel que haya tenido contacto con el benceno.

Contacto con los ojos : Si el benceno ha penetrado en los ojos, se deben lavar abundantemente con agua durante 15 min, y si la irritación no desaparece rápidamente, referirlo al oftalmólogo.

Benceno deglutido: Si el paciente está consciente es necesario provocarle vómito, mediante una solución salina caliente ( dos cucharadas de sal por vaso de agua). Si fuera necesario

provocar el vómito al paciente, introduciéndole el dedo, en la garganta. Posteriormente el médico realizará, la aspiración o lavado gástrico, el sujeto debe mantenerse quieto y caliente hasta el arribo del médico. Es importante hacer notar, que no debe administrarse oralmente, ningún medicamento a una persona en estado inconsciente.

Respiración de vapores de benceno: En el caso de una persona que haya respirado los vapores del benceno, el primer paso a seguir es, aislarla del lugar de la contaminación, si está consciente se sugiere acostarlo, sin almohada, y mantenerlo abrigado y quieto. En caso de que se encuentre excitado, se sugiere sujetarlo firmemente, teniendo cuidado de que las ligaduras de brazos y piernas no interfieran, la circulación.

Si el paciente se encuentra inconsciente, se recomienda dejarlo acostado con la cabeza baja, quitándole cualquier cuerpo extraño de la boca ( goma de mascar, piezas dentales falsas etc).

En caso de que la respiración se haya suspendido, hay que suministrarle inmediatamente, respiración artificial. Si existiese un aparato de respiración con oxígeno, deberá usarse en este caso, si no lo hay, se suministrará respiración de boca a boca.

Para prevenir una congestión pulmonar severa, ( edema pulmonar) en el caso de una grave exposición, el uso de oxígeno al cien por ciento es lo más recomendado. Esto, se debe reali

zar, por periodos de media hora durante tres horas, si no hay señales de congestión pulmonar. Si la respiración es fácil y el color de la piel es normal, se debe interrumpir el suministro de oxígeno. Durante esta operación el paciente debe mantenerse abrigado, pero no sobrecalentado.

Si se trata de una intoxicación crónica, el tratamiento recomendado sería, mantener la cantidad normal de eritrocitos, leucocitos, plaquetas, y combatir las infecciones agregadas.

En las fases iniciales, los enfermos responden a la terapéutica, pero en los estados finales, cuando la médula ósea ha sido severamente dañada, ningún tratamiento tiene éxito, siendo las transfusiones un procedimiento de sostén, que da sólo una mejoría temporal.

El tratamiento de la intoxicación crónica, se realiza por medio de procedimientos dietéticos, uso de antibióticos, transfusiones sanguíneas, hepatoterapia, medicación ferrosa, uso de pentosa nucleótica, cistefna, cortisona, vitaminas, metionina, y se han intentado trasplantes óseos. Entre estos medios, la transfusión sanguínea es, el tratamiento insustituible cuando la médula es aplástica. Se ha pretendido como se mencionó anteriormente, ayudarla con el trasplante óseo, generalmente hecho de láminas de tejido iliaco de sujetos jóvenes, o bien simplemente de tejido esponjoso aplicado en los músculos.

La vitaminoterapia utiliza, el ácido ascórbico o vitamina C, y algunos factores del complejo B, a saber: la adenina

o vitamina B<sub>4</sub> el clorhidrato de piridoxina o vitamina B<sub>6</sub>, cianocobalamina o vitamina B<sub>12</sub>. También son útiles, el ácido fólico, cistefna, y metionina. Se obtienen buenos resultados con la cortisona y sus derivados.

En forma empírica, se sugiere la permanencia prolongada en altitudes de 1300 metros o más sobre el nivel del mar.

## **CAPITULO IV**

### **PROTECCION CONTRA INTOXICACION**

**CAPITULO IV****PROTECCION CONTRA INTOXICACION**

En el presente capítulo, se tratará de dar una base para la determinación de concentraciones peligrosas del benceno, así como los equipos de protección que se pueden usar, para prevenir la intoxicación con benceno por sus diferentes vías de entrada al organismo.

1.- Concentraciones ambientales máximas permisibles en el manejo del benceno.

Las concentraciones máximas permisibles o TLV ( Threshold Limit Values), se refieren a las concentraciones de sustancias suspendidas en el aire, y representan condiciones en las cuales; se cree que casi todos los operarios pueden verse expuestos a ellas día tras día, sin experimentar efecto adverso.

Existen dos tipos de valores TLV que son aplicables al benceno:

a) Concentraciones ambientales máximas permisibles- Promedio ponderado ( TLV- PPT). El promedio ponderado en tiempo para un día de trabajo normal de 8 horas, o una semana de 40 horas, a la cual casi todos los trabajadores, pueden verse expuestos repetidamente, día tras día sin experimentar un efecto adverso.

b) Concentraciones ambientales permisibles- Exposiciones límites a corto plazo ( TLV-ELCP ). Es la máxima concentración a la que los trabajadores, pueden verse expuestos, durante un período no mayor de 15 minutos, continuamente; sin experimentar:

- a) Irritaciones.
- b) Cambios en los tejidos, crónicos o irreversibles.
- c) Un grado de narcosis suficiente, como para aumentar la predisposición a los accidentes, perjudicar el rescate de uno mismo, o reducir materialmente la eficiencia del trabajo.

Los valores TLV-ELCP, deberán ser considerados, como con-

centraciones permisibles máximas, y nunca excederán de 15 minutos.

A continuación nombramos los valores TLV-PPT y TLV-ELCP para el benceno.

substancia	valores TLV-PPT		valores TLV-ELCP	
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>
benceno	10	32	25	80

Es de gran importancia, que no se sobrepasen estos valores cuando se trabaja con benceno, pues como se vió en el capítulo anterior, el benceno tiene efectos tóxicos importantes cuando se ha estado expuesto a sus vapores.

## 2.- Métodos de análisis de la concentración del benceno en la atmósfera.

Existen múltiples métodos de análisis para el benceno, pero sólo trataremos los que nos puedan arrojar un resultado rápido.

Los métodos de análisis para determinar la concentración que se tiene en la atmósfera, serán:

a) Cromatografía de Gases. Este método de análisis, se basa en las diferencias, que existen en los tiempos de retención, en las muestras de aire con vapores de benceno. Se hacen primero, diferentes muestras de aire con benceno, el benceno debe tener diferentes concentraciones con respecto al aire, pero estos deben ser valores conocidos, se le toma un cromatograma a estas muestras, y sacamos el tiempo específico de retención para el

benceno, y su gráfica a diferentes concentraciones.

Teniendo los datos anteriores, tomamos la muestra en el lugar que nos interesa, en una botella con presión negativa, en la cual se tiene un volumen conocido de ésta, y se inyecta al cromatógrafo de gases. De esta manera se podrá comparar la gráfica obtenida, y así conocer la concentración del benceno, en el aire ambiente. Este método es rápido, pero representa una gran inversión en el equipo, sin embargo puede cuantificar el benceno, aún en concentraciones muy bajas.

b) Absorción en carbón activado. Este método consiste en tomar una muestra del aire ambiente en una botella con presión negativa, absorbiendo un volumen conocido de esta muestra, en carbón activado. De este paso se procede a extraer el benceno, del carbón activado, por medio de un solvente para el benceno como el cresol. Una vez extraído en cresol, se destila esta mezcla y se realiza un corte para el benceno. Así se puede cuantificar la concentración del benceno en la atmósfera.

Otra variante de este método, que se podría aplicar, es el de cuantificar el volumen absorbido en la muestra, y por diferencia entre el volumen inicial y final podemos saber cuál era la concentración del benceno en el aire ambiente.

Ambos métodos presentan la desventaja, de que no se pueden cuantificar concentraciones bajas de benceno, además de que por su desarrollo analítico puede presentar mucha variación en sus resultados.

c) Uso de un aparato medidor de concentraciones explosivas ( explosímetro). El Explosímetro, es un aparato que basa su medición, en la diferencia de potencias de explosión en una muestra de aire.

Funciona de la siguiente manera; se toma una muestra y se inyecta al aparato, el cual dará una chispa, que ocasionará una pequeñísima explosión, en la cual se medirá su fuerza, y con este valor, en la escala del aparato, se conocerá cual es la concentración por ciento del benceno en la muestra.

Para usar este aparato se requiere primero: que no exista ninguna mezcla de vapores explosivos en la muestra, que halla una graduación exclusiva para el benceno. Este aparato tiene la ventaja, de que da una respuesta inmediata de la concentración del contaminante, y comparativamente con el primer método, este equipo resulta mucho más económico.

Es necesario que se tenga control de la concentración del contaminante siempre que se trabaje con éste, por lo cual se recomienda llevar a cabo el análisis en un intervalo de tiempo determinado.

El intervalo de tiempo que debe existir entre los análisis, se determinará según el tiempo que se trabaje con el benceno, las cantidades de benceno con que se trabaje, el tipo de proceso en que es usado, y la cantidad de operarios que estén expuestos a éste, así como los valores TLV-PPT y TLV-ELCP que se tienen para el benceno.

### 3.- Equipos de protección personal.

### 3.1 Protección respiratoria

Uno de los métodos clásicos de higiene industrial, es la protección respiratoria. Siempre es preferible usar métodos de control de vapores tóxicos, y ventilación, que el uso de equipo de protección personal.

Los equipos de protección respiratoria personal deben usarse: en casos de emergencia, estos equipos son necesarios cuando se requiere entrar a un área contaminada, para efectuar un rescate, o para efectuar un trabajo de reparación de emergencia, cuando el producto sea tan tóxico que usar ventilación no sea suficiente para garantizar la seguridad del personal.

El tipo de respirador debe ser seleccionado de acuerdo al uso particular que se le dará. Es necesario tomar en cuenta el tipo de contaminante, la máxima concentración de éste, la posibilidad de deficiencia de oxígeno, la vida útil del respirador, las rutas de escape con que se cuenta, etc. También es importante el conocer si se utilizará en casos de emergencia, periódicamente, o para propósitos determinados. Si no se conocen exactamente todos estos factores, es necesario utilizar todas las medidas de seguridad posibles. Los respiradores deben ajustarse perfectamente al contorno de la cara sin molestias, permitir respirar sin una inhalación demasiado fuerte, no estorbar la visión, y permitir el movimiento libremente.

Estos respiradores deben de limpiarse cada vez que han -

sido usados, y esterilizarse periódicamente, debe de asignarse uno a cada individuo para uso personal. Deben guardarse en lugares limpios y de fácil acceso para el personal. Su mantenimiento debe ser exhaustivo, y cambiársele el elemento purificador cuando sea necesario.

### 3.2 Tipos de atmósferas peligrosas

Existen seis tipos principales de atmósferas peligrosas para la salud, éstas son:

Deficiencia de oxígeno.

Gases o vapores inmediatamente peligrosos para la vida.

Gases o vapores no inmediatamente peligrosos para la vida.

Partículas.

Combinación de partículas y vapores inmediatamente peligrosos para la vida.

Combinación de partículas y vapores no inmediatamente peligrosos para la vida.

En el caso que estudiamos, donde el benceno es el elemento contaminante, es el referente a gases y vapores inmediatamente peligrosos para la vida.

Los gases y vapores se pueden considerar como tóxicos o inertes.

Tóxicos serán aquellos que puedan dañar la salud, o causar la muerte dependiendo de la concentración en que se presentan.

Los inertes se consideran como peligrosos, porque desplazan al oxígeno.

Donde los gases o vapores son tan tóxicos, que aunque se encuentren en bajas concentraciones, sean peligrosos para la vida es imperativo tener el equipo de protección respiratoria adecuado.

Tipos de equipos de protección respiratoria.

Existen dos tipos principales: los que alimentan oxígeno o aire, y los que purifican el aire.

Según la tabla 2.1 página 44 del " Dangerous Propierties of Industrial Materials" Sax Irving, 4a: ed, 1975, para vapores y gases, el tipo de respiradores recomendados son los absorbedores químicos, máscaras universales contra gases, máscaras especiales Cannister, y respiradores de cartucho especial.

Las aplicaciones y limitaciones son: que permitan el movimiento libremente, que no se usen en atmósferas con deficiencia en oxígeno, o que contengan el contaminante en volumen excesivo( arriba del 2 % para las máscara contra gases, y arriba de 1000 ppm los del tipo de cartucho) sólo se pueden usar por un tiempo específico y con un contaminante único (los aparatos de protección respiratoria de cartucho no se deben usar en atmósferas inmediatamente peligrosas para la vida), la relativa dificultad para la respiración, es lo que limita su tiempo de uso.

Precauciones: ajustar la máscara perfectamente, checar que se encuentre bien colocada, checar su manera de operación, usar

un cannister o cartucho nuevo siempre que sea posible, entrar a la atmósfera contaminada cautelosamente, si se detecta olor del contaminante salir inmediatamente. También se debe salir inmediatamente si aumenta la dificultad respiratoria.

- Equipos que suministran aire u oxígeno para la respiración. Dentro de este tipo de equipos, encontramos los autocontenidos, que son completamente independientes de la atmósfera - que les rodea. Son enteramente autocontenidos y pueden usarse en cualquier atmósfera. Permiten una gran libertad de movimiento. Todos estos equipos deben de especificar el tiempo por el cual se pueden usar, existen tres tipos diferentes:

a) Recirculación de oxígeno comprimido. El cilindro con oxígeno comprimido, es transportado por el usuario (cargado), éste suministra el aire por medio de una tubería de hule hacia una bolsa respiratoria, válvulas de regulación y presión a la que se conecta a la mascarilla. El aire exhalado, pasa a través de una válvula check hacia un cannister donde el  $CO_2$  es absorbido y el aire es retornado a la bolsa respiratoria. Si existe cualquier falla en el sistema se puede pasar oxígeno directo del cilindro a la bolsa por "By pass", y ésta lo manda directamente a la mascarilla.

b) Directo. En este equipo, el oxígeno o el aire que proviene de un tanque, donde se encontraba comprimido, va directamente hacia la máscara por tubería de hule neopreno con válvulas de control de presión y flujo. El aire exhalado va directamente a la atmósfera, como es el caso de los acualones de buzo (tan-



Máscara con regeneración  
de aire por reacción quí  
mica.



Aparato respiratorio con cilindro  
de aire comprimido.



Máscara con respirador de  
cartucho Químico.

ques de buceo autónomos).

c) Autogeneración de oxígeno ( Recirculación) .En este tipo de equipo el aire exhalado va directamente a un cannister, que simultáneamente libera el oxígeno por la acción de la humedad del aliento, en las substancias, y absorbe el  $CO_2$  de la respiración. El aire que contiene el oxígeno liberado, va hacia una bolsa de inhalación y el exhalado en la respiración repite el ciclo.

Otro equipo que suministra aire u oxígeno, es la máscara con conexión, que puede o no, tener ventilador. Esta consiste, en un tubo de gran diámetro, conectado a un motor, con un ventilador que alimenta aire hacia la máscara. El diámetro del tubo, debe ser lo suficientemente grande para que el usuario pueda usar la máscara aunque no funcione el ventilador. Este tipo de equipo como ya se mencionó, también se puede usar sin ventilador, en este caso, el extremo de entrada debe estar colocado a una distancia suficiente, en la que se encuentre una atmósfera pura, y debe ser mayor el diámetro en la alimentación, provisto de un filtro para impurezas y partículas contenidas en el aire.

-Equipos de respiración con línea de aire.

Estos equipos consisten en una máscara total o parcial, o un casco o capucha, a la cual el aire es alimentado con válvulas de regulación adecuadas, conectadas a una fuente de aire comprimido, que usualmente es un compresor de aire o un tanque de aire comprimido. Deben ser del tipo de flujo continuo o la

demanda controlada por el usuario. Los más recientes usan media máscara o pieza de cara.

Red de aire para suministro, de capuchones, máscaras o respiradores.

Este tipo de instalación requiere de una fuente de suministro de aire alejada de cualquier lugar de posible contaminación con objeto de que el aire que debe llegar a la red sea siempre lo más puro posible; para ese fin, la compresora deberá ser de preferencia del tipo de pistones no lubricados, con descarga a un filtro con elementos intercambiables y sistema de purga para eliminar en lo posible la humedad del aire.

La red debe ser de preferencia de tubería galvanizada, de cobre, o de material resistente a la oxidación, que descargue a un acumulador de capacidad suficiente que permita avisar a los trabajadores de cualquier emergencia que pueda ocurrir en el suministro de aire.

El aire, antes de llegar a la red de distribución, debe de tener un sistema de enfriamiento adecuado. La localización de la red en sí, debe estar basada en un cálculo de flujo de aire y tomando en consideración la totalidad de las salidas que se prevean puedan usarse simultáneamente para suministrar aire al personal.

Las líneas de salida, deben contar con válvulas de seccionamiento, purgas de línea y, en su suministro el equipo de respiración, enchufes rápidos pero seguros. Estos enchufes se les podrá conectar mangueras no mayores de 15 metros y de 5/16 de -

pulgada de diámetro, reforzadas, que deben soportar un mínimo de 150 libras de presión, y sus uniones tirones violentos de hasta 200 libras sin desconectarse.

Entre la manguera y el aditamento de suministro de aire, debe existir un filtro removible que elimine cualquier olor desagradable producido por el arrastre de polvos o aceites.

Entre los distintos aditamentos faciales que se usan en trabajos especializados están los siguientes:

- Respirador o media máscara. Se recomienda sólo para trabajos en donde las substancias contaminantes no producen irritación a los ojos.

- Máscara de cara completa. Se recomienda su uso para aquellos lugares no calurosos, y en donde la atmósfera contaminante no irrite la piel.

- Capuchón ligero de plástico con arnés de suspensión y pantalla panorámica, con ajuste en la cintura. Se recomienda su uso para aquellos lugares en donde se desee una comodidad mayor para el trabajador, y que existan substancias irritantes en la atmósfera. Este capuchón debe contar además, con un cinturón de seguridad al que quede unida la manguera de alimentación de aire. No sólo proporciona aire fresco para respirar, sino que además impide el empañamiento del cristal y mantiene fresco al trabajador. Debe operar con una presión de aire entre 12 y 20 libras por pulgada cuadrada y proporcionar, como mínimo, 6 pies cúbicos de aire por minuto. Algunos ejemplos de trabajos que deben efectuarse con esta protección son: en la limpieza de tanques, -

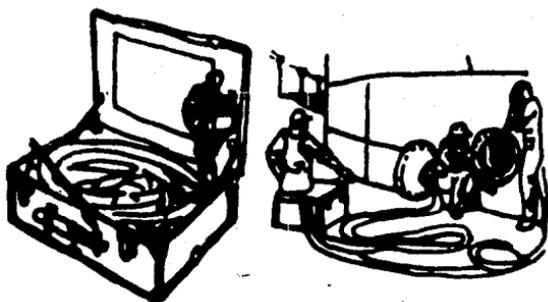
en la colocación de juntas ciegas; en aquellos lugares en que es presumible se desprendan cantidades considerables de producto, para reparaciones de equipo con fugas visibles, y en general en aquellos trabajos en los que se desee el suministro de aire directo y ventilación del trabajador.

- Capuchón para tareas ligeras con abrasivos. El principio es similar al del capuchón de plástico ligero, pero hecho de un material resistente a los trabajos que se van a efectuar.

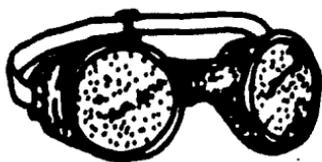
- Yelmo para tareas pesadas con abrasivos. Es un yelmo de aluminio con entrada de aire por la parte posterior, con gorro ajustable en forma de capuchón.

- Traje completo. El material de este traje debe ser impermeable y resistente a los hidrocarburos de los que se piensa proteger al trabajador; la parte superior del traje semeja un capuchón ligero y cuenta así mismo con arnés de suspensión y pantalla panorámica. La alimentación del aire, se distribuye en el arnés de suspensión sobre los vidrios, evitando con esto, que se empañen y refrescando al mismo tiempo la cara del trabajador; la parte inferior, termina en botas integrales del mismo material del traje; las dos partes forman una sola, y el aire que circula refresca a su vez el cuerpo del trabajador.

Se usa principalmente en aquellos lugares en donde se pueden presentar grandes fugas de material tóxico, y que en volumen de estos materiales pueda afectar la piel o el sistema respiratorio del trabajador por presencia de sustancias tóxicas y ausencia de aire. Es necesario que el personal susceptible de -



Equipo de suministro de aire forzado  
para protección respiratoria.



Monogafas de Neopreno  
para protección ocular.



Traje completo con  
capuchón ligero de  
plástico o neopreno  
para protección cutá  
nea.

utilizarlo, sea entrenado con anterioridad a su posible uso durante la emergencia. Ejemplos de trabajos que deben efectuarse con este tipo de protección: en las grandes emergencias en que se presentan o pueden presentarse grandes fugas de productos tóxicos, y en general donde se desee proteger en forma íntegra - al trabajador, con la inyección de aire libre de contaminaciones que le permita respirar y mantenerlo fresco al mismo tiempo.

- Equipos de respiración por purificación de aire

En estos equipos los gases contaminados son removidos de el aire para respirar, por absorción, o por reacción química - con el contaminante y removido por filtración mecánica. Estos no se pueden usar en una atmósfera deficiente en oxígeno, ni en atmósferas en que se encuentren los contaminantes en alta concentración.

- Respiradores con cartucho químico.

Este tipo de respiradores es un medio protector que purifica el aire contaminado haciéndolo pasar por un recipiente que contiene productos químicos que reaccionan o absorben las sustancias contaminadoras en forma similar a las mascarillas o respiradores, pero protegiendo los ojos y con una mayor capacidad de productos químicos purificantes.

Las piezas faciales de la máscara, deben cubrir toda la cara y tener lentes transparentes, lo suficientemente grandes para procurar la máxima visión posible. El tubo que comunica la máscara con el bote o cartucho debe ser flexible y de tamaño -

adecuado. El bote debe soportarse con un arnés y nunca del tubo del aire.

Estas máscaras pueden contar con diafragma para comunicarse con sus compañeros en caso de que el trabajo así lo requiera. Se debe recordar en todo momento, que las máscaras de este tipo no protegen contra la insuficiencia de equipo y por tanto, no pueden utilizarse en atmósferas que contengan menos del 16 % - del mismo.

Los botes o cartuchos deben ser reemplazados después de un uso razonable, o tan pronto como los sentidos detecten, la presencia del o de los productos contaminantes. Nunca deben usarse estas máscaras cuando se sospeche que existen concentraciones mayores de 2 % de gases contaminantes o deficiencias de menos - del 16 % de oxígeno.

Algunas máscaras cuentan con un mecanismo medidor de tiempo de uso que indica en forma clara el tiempo útil de servicio, dejando un lapso de sobreseguridad, para que el trabajador se retire de la atmósfera contaminante.

Los tipos más comunes de bote o cartucho químico que se usan en estas máscaras, son los siguientes:

- Tipo industrial normal de uso selectivo. Este tipo de botes es empleado con las máscaras, como protección prácticamente contra todos los gases industriales tóxicos usados en la industria, a excepción del monóxido de carbono. Para ello se utilizará el cartucho o bote adecuado en relación con los contaminantes contra los cuales se quiere proteger al trabajador.

Por el tamaño del cartucho o bote, se obtiene el tiempo de uso; el tamaño chico es de corto tiempo .

El tamaño grande difiere del chico en su mayor capacidad y en su colocación de acuerdo con el trabajo.

Cuando el tipo de trabajo obliga al trabajador a estar frente a la fuente de gas, el cartucho de estas máscaras se coloca en la parte baja de la espalda. El cuerpo del trabajador sirve así para desviar el gas de la entrada normal de aire al cartucho.

Este tipo de máscara puede contar con un tubo doble de inhalación en forma de " Y " que va del bote o cartucho a la máscara del trabajador, pasando por sus hombros. Esta forma permite al trabajador, una mayor libertad de movimientos.

Otro tipo consta de un solo tubo de inhalación que va desde el bote o cartucho colocado en la espalda hasta la pieza facial, pasando por debajo del brazo del trabajador. Estos dos tipos de colocación permiten libertad de movimientos, aún en posiciones difíciles.

Un tipo especial de cartucho llamado " para todo uso ". Este bote o cartucho proporciona la misma protección que el tipo normal, pero cuenta además con un filtro para detener los polvos, las neblinas y los humos, que pueden estar mezclados con los gases contaminantes. Debe recordarse que este bote o cartucho, protege al trabajador contra cantidades limitadas de monóxido de carbono, pero no puede ser utilizado en atmósferas que presentan una deficiencia notable de oxígeno, menos de 16 %.

Los tipos más comunes de bote o cartucho químico, y los colores con que se identifican son los siguientes:

Bote de protección contra	color
. Vapores orgánicos	negro
. Gases ácidos	blanco
. Para todo uso	rojo
. Amoníaco	verde
. Vapores orgánicos y gases orgánicos	amarillo
. Gases ácidos, vapores orgánicos, amoníaco	marrón

Los botes o cartuchos deben almacenarse en sitios a cubierto, frescos y exentos de luz solar. Es conveniente que se evite su almacenamiento prolongado, programando la utilización de manera que constantemente se renueven las existencias, no debiendo permanecer almacenado por más de 4 años.

Es indispensable probar la hermeticidad de las máscaras antes de usarlas; esto se logra - una vez colocada la máscara - tapando el acceso normal del aire al bote, lo cual debe impedir la respiración momentánea. Siempre se deberá tener presente que si al usar una máscara se percibe un olor extraño, hay que abandonar el lugar de exposición, y comprobar si hay una deficiencia en la colocación de la máscara, o si se han agotado los productos químicos del bote o cartucho.

Debe recordarse que es necesario desprender el sello colocado en la parte inferior de los cartuchos, antes de usarlos y, después de ser utilizados, ponerlos nuevamente con la

indicación clara del tiempo efectivo de uso del cartucho.

Ejemplos de trabajos que deben efectuarse con este tipo de protección, muestreo de tanques que contienen hidrocarburos que desprenden gases tóxicos, como el benceno; reparación de pequeñas fugas con estoperos, sellos etc., en donde no existen posibilidades de altas concentraciones de productos tóxicos o deficiencias de oxígeno; para colocación de juntas ciegas y en aquellos lugares donde se prevea el desprendimiento de bajas cantidades de benceno, o sea en líneas aisladas y vaporizadas; para la inspección de tanques cuando no exista deficiencia de oxígeno; para trabajos de mantenimiento en lugares bien ventilados y en general en aquellos trabajos en que se requiere una protección para lapsos cortos y siempre que exista oxígeno suficiente en la atmósfera.

3.3 Selección de equipos de protección personal respiratoria.

Las tablas A y B nos dan las bases para seleccionar equipos de protección para la respiración de acuerdo al grado de toxicidad del producto manejado, la concentración de éste, y el tiempo que se puede usar. Estos serán los factores más importantes.

Tabla A Selección de equipos de respiración para casos de emergencia, corta duración, alta duración, en base al grado de toxicidad y concentración del contaminante.

Toxicidad	Concentración calculada de vapores o gases			
	De 2 a 5 veces el valor TLV, o más de 1000 ppm	De 5 a 10 veces el valor TLV, o más de 5000 ppm	Arriba de 10 veces el valor TLV o 5000 a 20 000 ppm	Deficiencia de oxígeno, concentraciones mayores de 20 000ppm
baja	No se necesitan respiradores o cartuchos químicos.	Respiradores con cartucho químico	Respiradores con cartucho químico, o con línea de aire	Respiradores con línea de aire, o aire autocontenido
media	Respiradores con cartucho químico	Respiradores con cartucho químico o con línea de aire	Respiradores con línea de aire, o aire autocontenido	Respiradores con línea de aire, o aire autocontenido
alta	Respiradores con cartucho químico	Respiradores con línea de aire	Respiradores con línea de aire, o aire autocontenido	Respiradores con línea de aire, o aire autocontenido

**Nota:**

- (1) Los valores TLV se toman de la tabla que se puso al principio del capítulo.
- (2) Cuando se tienen que usar estos equipos por más de una hora, se tienen que tomar mayores precauciones, y usar el equipo de la siguiente categoría superior.



- Periodo requerido de protección.

Se debe conocer cual es el tiempo máximo en el que se puede estar expuesto al contaminante. Los equipos autocontenidos, que constan de máscara y cilindro con aire; y los purificadores de aire como los respiradores con cartucho químico, tienen límite en su tiempo de uso. Los equipos de respiración con línea de aire proporcionan teóricamente un tiempo ilimitado en su uso.

- Disponibilidad de atmósfera no contaminada.

El uso de máscara con suministro de aire por línea, en una área contaminada, está condicionado a la longitud máxima que tenga el tubo conductor, de manera, que tenga acceso a una atmósfera no contaminada, teniendo que salir por la misma ruta por la que entró, y checar que el tubo de alimentación no se doble o se rompa. Si no se pueden cumplir estas condiciones y se necesita estar en constante movimiento, se recomiendan los equipos dotados de tanque de aire autocontenidos. En caso de una contaminación no muy grave se recomiendan los respiradores con cartucho químico.

- Actividad del usuario.

Ciertas actividades como moverse a grandes distancias, escalar equipos, manipular equipos, impiden el uso de equipo con suministro exterior de aire. Un trabajo físico pesado no solo aumenta la incomodidad de los equipos de protección sino que incrementa el ritmo cardíaco y el número de respiraciones de manera que el gasto de aire aumenta hasta cuatro -

veces el normal. De este modo se consumen más rápidamente las cargas de aire en un tanque y también se consumen más rápidamente los agentes químicos y físicos filtrantes, lo cual disminuye el tiempo neto de operación de los equipos de protección.

- Uso del equipo de protección.

Todos los posibles usuarios del equipo de seguridad, deben ser cuidadosamente instruidos, en el manejo de éste. Algunos equipos son más complicados que otros y esto también podrá ser un factor importante para la selección del equipo de protección.

Es necesario que todos los equipos tengan instrucciones claras y precisas para su uso, además de proveer de manuales de operación y procedimientos de emergencia.

### 3.4 Mantenimiento de equipos de protección personal respiratoria.

En el mantenimiento y cuidado de los equipos de protección existen cuatro puntos principales que son:

- Mantenimiento. Siempre que sea posible, su mantenimiento debe de ser de tiempo completo, y tener un operador encargado de esto. Se deben llevar registros del tiempo de uso de cada equipo, para recargar los cilindros de aire, o recargar los cartuchos, cambiar los filtros, o limpiarlos y reemplazar partes rotas.

- Inspección. Es de gran importancia el realizar una inspección periódica de todos los equipos de seguridad, de -

manera que se pueda garantizar su funcionamiento cuando se presenta una emergencia. Es necesario quitar todas las partes de los equipos en especial las mangueras, las piezas de hule, plástico o vidrio.

- Limpieza: El equipo debe de limpiarse, esterilizarse y secarse despues de haber sido lavado.

Estas precauciones deben de seguirse debido a que si se usó uno de estos equipos de seguridad, se corre el riesgo de tener una infección debida a la contaminación. Los fabricantes de equipos de seguridad dan recomendaciones e instrucciones para la limpieza y esterilización de sus equipos.

- Almacenamiento: El equipo de seguridad debe guardarse en compartimientos limpios, protegidos de la humedad, temperaturas extremas y luz solar. Todo el equipo de protección respiratoria debe colocarse en un solo lugar, si es que el equipo no es para casos de emergencia debe de encontrarse un equipo de seguridad colocado estratégicamente de manera que se pueda alcanzar fácilmente en todas las áreas. Se recomienda también colocar re - puestos para los respiradores de cartucho químico distribuido de la misma manera que el equipo de protección.

### 3.5 Protección respiratoria para un local.

#### - Control por ventilación.

Una de las maneras de proteger al personal que trabaja en una zona contaminada es la de llevar un control de la contaminación por medio de ventilación.

El diseño de un ventilador o de un extractor normalmente, depende de muchos factores, como son ; el estado físico del contaminante ( polvo, humo, niebla, gas, vapor ), la manera en que se genera, la velocidad y la dirección en que el contaminante se disemina en la atmósfera, y su toxicidad.

Los valores de la concentración máxima permisible en el caso del benceno, nos dan de una manera cuantitativa cual será la concentración máxima tolerable para un trabajador en un turno de 8 horas, 5 ó 6 días a la semana ( TLV-PPT). El valor TLV-PPT es tomado para el cálculo del tipo de ventilador, que se debe usar en el área. Estos valores son publicados cada año en el manual ACGIH secc.1 ó en la revista " Noticias de seguridad " del consejo interamericano de seguridad del mes de octubre de 1977.

Otra manera de calcular la toxicidad de una substancia es por los términos: ligeramente tóxico, moderadamente tóxico, y altamente tóxico.

Las substancias en las cuales no se conozca el nivel de toxicidad, deben tratarse como substancias altamente tóxicas, hasta que se compruebe lo contrario.

Se puede dar una equivalencia entre los valores TLV - PPT

y los grados de toxicidad según la siguiente tabla:

Valores de concentración máxima permisible

<u>Toxicidad</u>	<u>ppm</u>	<u>mg/m<sup>3</sup></u>
ligeramente tóxico	arriba de 500	más de 0.5
moderadamente tóxico	101 a 500	0.0101 a 0.5
altamente tóxico	0 a 100	0 a 0.01

Es necesario realizar análisis químicos sobre la calidad del aire, periódicamente, para conocer la concentración del contaminante. Los factores que a continuación se nombran, se deben tomar en cuenta cuando se trata de seleccionar algún tipo de ventilador, estos son : el tipo de trabajo que se realiza, la duración de la jornada de trabajo, y las condiciones de trabajo.

En general es necesario controlar estrictamente el proceso cuando en éste se produce un contaminante que sea tóxico.

Cuando el contaminante es ligeramente tóxico, no es indispensable controlar el proceso en razón de la concentración del contaminante. Pero como podemos ver según la tabla el benceno se puede considerar como una sustancia altamente tóxica, por lo cual los procesos en que se trabaje con éste, o se produz

ca benceno deben de ser perfectamente controlados, con objeto de evitar al máximo la fuga de benceno hacia la atmósfera.

En cualquier caso, uno de los factores más importantes a considerar, es la toxicidad así como la concentración del contaminante creado. Si se encuentra una substancia altamente tóxica en una concentración menor a la prevista en los valores TLV-PPT, no será necesario que se controle el proceso.

Existen dos métodos de ventilación aceptables, que son : la extracción local del contaminante por ventilación y la dilución, o extracción general del contaminante por ventilación.

- Control local del contaminante por ventilación.

En este método, el contaminante es removido por aire, lo más cerca posible de la fuente que lo produce. Se debe de elegir este método, siempre que el contaminante sea liberado bruscamente y estrechamente circunscrito a la operación. Sus ventajas básicas son : que el control del contaminante es positivo y eficiente, el volumen de aire extraído es relativamente bajo, y el costo del aire de compensación o make Up es mínimo. Las desventajas son: el alto costo inicial de instalación, el espacio que ocupa el elaborado sistema de ventilación y conducción.

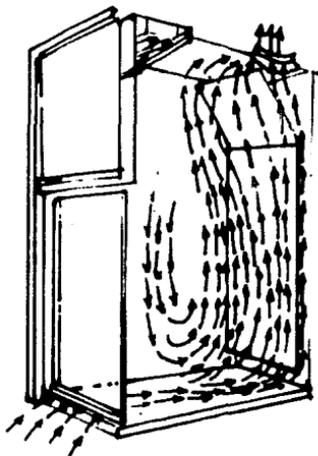
El principio básico : el aire debe fluir de un punto a otro debido a la diferencia de presión que existe entre los dos puntos, es decir fluye del punto de mayor presión al punto de menor presión.

El sistema de extracción local consiste en una serie de dispositivos que producen una diferencia de presión entre dos puntos debido a un flujo directo de aire. En un extremo del sistema, el ventilador produce menor presión que la presión exterior, por lo tanto el aire contaminado fluye hacia la campana u orificio y se elimina a la atmósfera en un punto lejano por medio de una tubería y de un ventilador.

La campana debe de localizarse rodeando la fuente de contaminación, previniendo el escape del contaminante y actuando como una cortina, entre el contaminante y el área de trabajo. La tubería por la que es conducido el aire por el ventilador, sirve como transportador del contaminante a un punto donde no afecte y va sacando el contaminante de la campana. El aire contaminado, puede mandarse a la atmósfera para que se diluya con el aire hasta una concentración que no sea peligrosa, o a un sitio donde se almacene y se purifique para ser recirculado.

- Campanas. La función de un sistema de extracción es la de proteger al trabajador de una exposición con el contaminante en el área de trabajo. El corazón del sistema de extracción sería la campana o el orificio. El diseño de estos sistemas, comienza con el de la campana. El diseño de la campana es gobernado por factores como el estado físico del contaminante, temperatura ambiente promedio, naturaleza de la operación, control, etc.

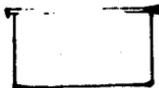
Existen varios tipos de campanas como: las totalmente cerradas, las parcialmente cerradas y colgantes.



Campana de circulación  
forzada.



Campana de circulación  
por by pass.



Campana Colgante

a) Totalmente cerradas. Este tipo de campana es usado cuando se trabaja con sustancias altamente tóxicas. El espacio interior en la campana, se encuentra totalmente sellado, y para trabajar en ella se usan dos huecos en los que se encuentran: dispositivos mecánicos para manejar las sustancias ( brazos mecánicos) o guantes de hule que se encuentran sellados a la campana, de manera que se puede meter la mano en ellos y así manipular sustancias peligrosas.

b) Parcialmente cerradas. En cualquiera de sus tipos estas campanas constan de una ventana que se abre, lo cual nos permite trabajar en su interior. La colocación de las ventanas dependerá de la accesibilidad que se quiera dar al área de trabajo. Este tipo de campanas son las que generalmente se usa en los laboratorios, y en el caso del benceno y sus derivados aromáticos es la más aconsejable, puesto que se tiene una mayor facilidad para trabajar en ella. Es recomendable el trabajar siempre con la ventana parcialmente cerrada de manera que no se tenga la posibilidad de que si se escapa el vapor o los gases tóxicos, den de lleno en la cara.

En estas campanas existen dos tipos de extracción que son: circulación forzada y by pass.

En las de circulación forzada, se tiene un extractor colocado en la parte superior de la campana, y con la abertura que se le da a la ventana se crea un flujo de aire, de manera que entra un flujo que se puede llamar de renovación o make up, que lleva consigo los vapores tóxicos y salen por el extractor .

En las de by pass se tienen un extractor, y un ventilador. El extractor saca el aire de la campana, mientras que el ventilador inyecta aire a ésta, de manera que si se cierra la ventana no se forma un vacío y existe siempre un flujo de aire.

Cualquiera de los dos sistemas se pueden utilizar, pero en el caso de las campanas cerradas sólo se usa el sistema de extracción por by pass.

c) Colgante. Este tipo de campana, se usa en zonas donde la concentración de los vapores o gases contaminantes es relativamente baja. Consiste en una campana con un extractor o una chimenea de manera que se cree un diferencial de presiones, entre la parte inferior y superior y así se extraiga el contaminante. Este tipo de campanas se recomienda en áreas de trabajo, donde la concentración del contaminante sea relativamente baja.

- Extracción general del contaminante por ventilación y dilución.

Se basa en el hecho de que una concentración peligrosa de contaminante, se puede disminuir en gran proporción diluyéndola en volúmenes de aire que tengan una calidad satisfactoria. Es decir, en un lugar donde se encuentra el vapor o gas contaminante en una concentración alta, es necesario dotarle de volúmenes grandes de aire, de manera que se diluya la concentración del contaminante hasta un nivel aceptable. El nivel adecuado es el indicado por los valores TLV-PPT.

Para realizar un control efectivo en un área de trabajo,

es necesario proveer de suficiente cantidad de aire para diluir la concentración del contaminante, esto se logra por medio de ventiladores, extractores, ventanas, etc. Toda la serie de elementos que permiten la entrada de aire puro a la zona de peligro, de manera que diluyen la concentración del contaminante, y además renuevan cada determinado tiempo el aire contenido en la zona.

Es de gran importancia el cálculo del volumen total de la zona donde existe posibilidad de contaminación, para que se pueda usar un ventilador, o ventiladores capaces de alimentar el aire suficiente en la zona afectada.

Existen dos combinaciones aceptables para la dilución del aire en una zona contaminante. Una es, el uso de un ventilador que alimente la cantidad de aire puro necesario para la zona, combinado éste con ventilas, ventanas, extractores, etc, los cuales puedan desalojar el aire contaminado. La otra combinación, es usar un extractor, de manera que se cree una diferencia de presiones y así se desaloje el aire contaminado.

Otro punto de gran importancia, es conocer cual es la capacidad del ventilador, la cual siempre es dada por el fabricante.

Este método sólo es aplicable cuando el contaminante es un vapor o gas. En el caso de los polvos no es aplicable.

- Cálculo de los límites de ventilación.

Existen dos tipos de ecuaciones para hacer el cálculo del aire necesario que debe entrar a un local para bajar la concentración a un nivel aceptable.

En la primera, se necesitan los datos de : concentración actual del contaminante, infiltración o gasto de aire que entra al local, factor de seguridad y concentración TLV.

factor de seguridad.....K

Dilución  $\text{ft}^3/\text{min}$

Concentración ppm

Infiltración  $\text{ft}^3/\text{min}$

Valor TLV ppm

Nota: a condiciones normales.

$$\text{Dilución} = \frac{\text{Concentración} \times \text{infiltración} \times K}{\text{valor TLV}}$$

nota: a condiciones normales

Los datos anteriores, son difíciles de conocer. Están sujetos a mucho error en su cálculo, y se tiene que repetir el cálculo al cambiar las condiciones. Debido a estas desventajas es preferible usar el segundo tipo de ecuación que involucran datos como :

libras de líquido evaporado por minuto

factor de seguridad K

peso molecular del contaminante en libras

valor TLV ppm

dilución en  $\text{ft}^3/\text{min}$

$387 \times 10^6 \text{ ft}^3/\text{ppm}$

$$\text{Dilución} = \frac{387 \times 10^6 \times \text{lb de líquido evaporado}/\text{min} \times K}{\text{peso molecular} \times \text{TLV}}$$

Tabla para el factor de seguridad.

toxicidad	pobre	medio	bueno	excelente
ligera	7	4	3	2
moderada	8	5	4	3
alta	11	8	7	6

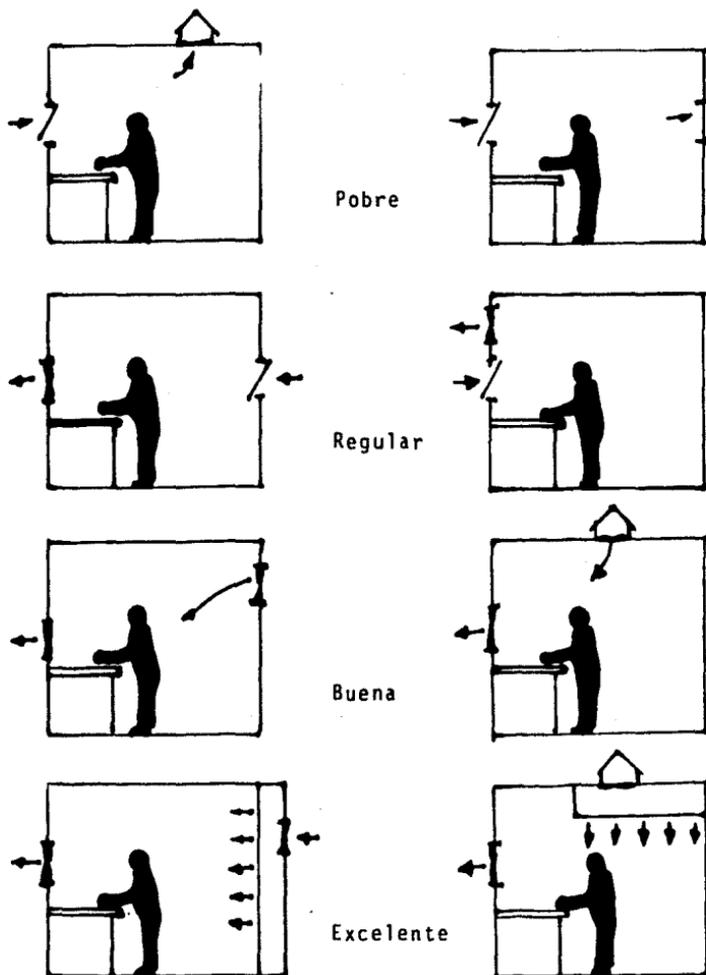
A continuación presentamos unos diagramas, de las diferentes combinaciones que existen para la extracción de aire contaminado o su control por dilución.

En los dos primeros sistemas, se utiliza una combinación de un ventilador extractor y una ventila, y con cualquiera de estos dos arreglos la eficiencia es baja, es decir, la extracción del contaminante es pobre. En ambos casos la ventila queda de frente al operador y el extractor a sus espaldas.

En los siguientes dos esquemas, se utiliza el mismo equipo que en los primeros, pero lo que se varía es la colocación de la ventila y el extractor. En ambos casos el extractor está al frente del operador, y la eficiencia del sistema es mayor que en los dos casos anteriores.

En el tercer par de esquemas, se utilizan dos ventiladores uno que actúa como inyector de aire al local y otro como extractor. Su eficiencia es mayor que en los casos anteriores.

Por último, el sistema más eficiente, es en el que se usan dos ventiladores, uno que actúa como inyector y el otro como extractor, con la diferencia de que se usa una mampara en el inyector, de manera que se logre que entre el aire de repuesto de



Diferentes combinaciones propuestas para la extracción de aire contaminado de un local.

de forma uniforme, al local.

### 3.6 Protección personal cutánea.

El segundo tipo de protección de acuerdo a su importancia, es la protección a la piel. Como pudimos ver en el capítulo anterior, una de las vías de entrada del benceno al organismo, es la piel. Por esta razón es importante, evitar cualquier contacto entre la piel y el benceno. Para este fin, es necesario, hacer uso del equipo de protección adecuado, dependiendo del tipo de operación que realice el trabajador en las áreas donde existe la posibilidad de una contaminación.

Los artículos de protección, que se usarán para evitar una contaminación, por la vía cutánea son:

a) Guantes. Estos deben estar hechos en materiales como el neopreno y plástico o de algún otro material, que no sea afectado por el benceno. Los guantes de hule no sirven en este caso, puesto que el benceno, es un solvente poderoso del hule. Para el manejo del benceno, tampoco es recomendable, el uso de guantes de cuero, puesto que el benceno es una substancia usada para trabajar la piel.

En cuanto a su tamaño, se sugiere que los guantes cubran por lo menos, hasta la mitad del antebrazo, previniendo así cualquier infiltración de benceno en la muñeca. Siempre que los guantes sean usados, y se haya tenido contacto con el benceno, es importante, lavarlos con agua y jabón y secarlos perfectamente antes de volver a usarlos.

b) Botas. Es recomendable que el material de construcción de las botas sea: neopreno, plástico, u otro material que no sea atacado por el benceno.

c) Ropa de trabajo. En cuanto a la ropa de trabajo, se recomienda el uso de camisa de manga larqa y pantalón. Estas prendas deben de tapar cualquier parte del cuerpo que esté expuesta al benceno. En caso de que se trabaje en atmósferas con una gran concentración de benceno, es recomendable que tanto la ca mi sa como el pantalón tengan un recubrimiento de neopreno. Tam bi én, se recomienda el uso de capuchas que protejan toda la zona de la cabeza y el cuello. Por lo general las capuchas, deben de quedar perfectamente ajustadas a la camisa o ser de una pieza, y llegar hasta la cintura.

d) Cremas. Existen ciertos tipos de cremas, a base de silicón, que pueden proteger a la piel del contacto con el benceno. Estas deben de aplicarse antes de empezar la jornada de trabajo, en caso de que el trabajador esté expuesto a concentraciones altas de benceno.

#### -Protección ocular.

Es el tercer tipo de protección de acuerdo a su importancia, pero no es la más importante.

Para la protección ocular se recomienda el uso de monogafas con vidrio y neopreno o plástico, anteojos con copa y pan talla, máscara de cara completa, capuchón ligero de plástico - con cabezal de suspensión y pantalla panorámica.

### 3.7 Limpieza de equipos de protección personal cutánea.

Una de las medidas de mayor importancia, que se pueden llevar a cabo es la limpieza de los equipos de protección, esta medida cobra importancia por el hecho, de cuando se ha usado cualquiera de los equipos de protección personal en una zona contaminada, estos pueden quedar contaminados también, entonces cuando sea necesario volver a hacer uso de ellos, estos actuarán como fuente contaminadora.

Por lo anterior es importante realizar un lavado cuidadoso y exhaustivo de los equipos. Es suficiente realizar el lavado con bastante agua y jabón con lo cual se puede quitar todos los rastros de benceno. En el caso de las telas de algodón (pantalones y camisas), se recomienda secar primero la prenda al sol para eliminar la mayor cantidad de benceno posible, y entonces ya lavarlos. En artículos fabricados con neopreno o plástico, puede ser suficiente dejarlos secar para que desaparezca todo el benceno de su superficie, debido a que estos materiales son poco porosos y el benceno no es absorbido por ellos.

En máscaras con suministro de aire, o con filtros, es necesario tener un mayor cuidado debido a que el operario puede transmitir por medio de éstas gran número de infecciones, por lo cual se recomienda que cada operario tenga asignado para sí una máscara de uso propio, y en el caso que tenga que usar otra esta deberá estar previamente esterilizada. También se recomienda, que todo el equipo de seguridad personal usado se -

guarde en lugares protegidos de las atmósferas contaminantes.

Siguiendo estas reglas básicas, se puede disminuir en gran proporción la posibilidad de contaminación por benceno, así también se disminuye la posibilidad de incendios y explosiones en áreas donde se guarden los equipos de seguridad personal).

### 3.8 Limpieza del área de trabajo.

Toda industria en la que se trabaje con benceno, es una industria que tiene un alto riesgo, es por esto que se debe tomar en consideración toda la gama de reglas de seguridad, para poder operar con un nivel que garantice la salud de sus trabajadores.

Una de las reglas más importantes en esta industria, es la limpieza en el área de trabajo. Esta se debe de llevar a cabo periódicamente, y además se debe de tener un sistema de inspección que permita detectar una falla, lo más pronto posible.

Los puntos en los cuales se debe poner atención son:

- a) El suelo. Este debe de encontrarse siempre limpio y libre de polvo, tierra, materiales de desecho, estopas, trapos, y en general cualquier material que pueda absorber el benceno, puesto que estos representan un alto riesgo en caso de incendio, explosión o contaminación.
- b) Paredes y techos. Deben de encontrarse libres de tierra y polvo y no deben tener elementos de materiales inflamables -

como : madera, papel prensado, etc.

c) Tuberfa. Es importante que se encuentren en buen estado, que no tengan fugas o derrames. También es de gran importancia que las tuberfas de vapor y los conductos eléctricos estén alejados de las tuberfas y tanques donde se trabaja con el benceno para limitar el riesgo de incendio y explosión. También se deben mantener limpias y evitar que en su recorrido se encuentren estopas, trapos, materiales de desecho, los cuales podrían absorber el benceno en caso de una fuga.

d) Drenajes, trincheras, bordos y diques. Estos deben encontrarse siempre limpios, para lo cual es necesario evitar la acumulación de materiales peligrosos dentro de ellos. Se recomienda que todos tengan una conexión con la red general de hidrantes o con la red general de vapor para que en el caso de que el benceno sea vertido en ellos se puedan limpiar fácilmente y llevar el benceno a una zona donde no tenga posibilidades de inflamarse, explotar o contaminar. Esta zona puede ser una fosa en la cual se pueda guardar, y en dado caso recuperar el benceno para tratarlo y volverlo a usar.

## **CAPITULO V**

### **NORMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO Y EXPLOSION.**

## CAPITULO V

### NORMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO Y EXPLOSION

Los riesgos de incendio y explosión son los riesgos principales que existen en el manejo del benceno.

#### 1.- INTRODUCCION

Para que exista fuego o combustión se requiere lo siguiente: a) Material combustible.

b) Oxígeno.

c) Una temperatura específica.

d) Interferencia de reacciones de radicales libres.

En recientes investigaciones se ha encontrado que la unión entre oxígeno y combustibles no es directa, sigue una serie de pasos en la cual ocurre una reacción entre el oxígeno y los radicales libres emitidos por el calor que es desprendido por el combustible. Estas reacciones de radicales libres dan flamas - visibles y aumentan el calor. Ciertas técnicas de extinción de incendios se basan en una interferencia con los radicales libres mediante el uso de hidrocarburos halogenados extintores, o ciertas mezclas de sustancias conocidas como polvos químicos.

Los métodos usuales de extinción envuelven manipulaciones del oxígeno y de la temperatura, pues si no existiesen estos componentes en una proporción específica nunca ocurriría el fuego. Si el fuego existe y uno de estos tres constituyentes es

modificado en la proporción adecuada, el fuego se extinguirá.

#### Definición de términos

- Punto de Inflamación. Es la temperatura más baja a la cual el líquido puede dar la cantidad necesaria de vapor para - que mezclándose con el aire, una chispa provoque la ignición. En el caso del benceno este punto se encuentra entre 5 y 9°C.
- Punto de combustión o de llama. Es la menor temperatura en la cual la mezcla de aire y vapor continúan quemándose en un recipiente abierto. Esta, por lo general es ligeramente superior al punto de inflamación y debe de existir la flama para que se mantenga. Esta temperatura cuando se trabaja con benceno está, entre 11° y 20°C.
- Temperatura de autoignición. A esta temperatura el material (sólido, líquido o gas), se quema, y mantiene a la combustión en ausencia de flama o chispa. Para el benceno esta temperatura oscila entre 120° y 145°C.
- Densidad de vapor. Es un valor comparativo, entre la densidad del compuesto y la densidad del aire. La mayoría de los vapores de líquidos inflamables, son más pesados que el aire, por lo que tienden a bajar. En el caso del benceno la densidad es 2.77 veces más que la densidad del aire.
- Punto de fusión. Es la temperatura a la cual el sólido y - el líquido se encuentran en equilibrio. La temperatura para el benceno es de 5.5°C.
- Punto de ebullición. Es la temperatura en que el líquido y su vapor se encuentran en el equilibrio. Este se debe de to-

mar como indicación de la volatilidad del material. En el caso de líquidos inflamables la temperatura de ebullición es la medida de peligrosidad de estos materiales. Para el benceno es de 81.1°C.

## 2.- Prevención de incendios y explosiones.

Es uno de los requisitos indispensables para evitar un incendio. A continuación trataremos los requerimientos para la existencia de un fuego.

a) Oxígeno. Se encuentra en gran proporción en el aire - por lo que industrialmente es muy difícil de controlar en el área de proceso. Es un componente del aire necesario para la vida humana, pero también es de gran peligro en el caso de que exista una chispa o se inicie un fuego.

Cuando hay un exceso de oxígeno es importante saberlo manejar y si es posible, alejarlo de las fuentes de peligro.

b) Calentamiento. Es otro de los componentes necesarios para el fuego. Cuando se inicia el fuego, éste es pequeño, - pero al ir aumentando la combustión de los materiales inflamables, el calentamiento aumenta por lo cual una de las medidas para controlar el fuego, es evitar el calentamiento.

El fuego es por definición exotérmico, un incendio comienza con un fuego pequeño, el cual se va autoalimentando, y así, al aumentar la cantidad de calor, se forma un incendio de importancia. El calor inicial puede ser producido por múltiples agentes :

temperatura ambiente muy

alta, superficies calientes, fricción mecánica, chispas, flama, etc.

c) Combustibles. Algunos líquidos dan cantidades peligrosas de vapores inflamables a una temperatura menor que la temperatura ambiente ( la presión de vapor del líquido es una medida de este efecto), otros a temperaturas un poco superiores a la temperatura ambiente, por lo tanto la temperatura a la cual los líquidos se vaporizan en cantidades importantes, es una medida de la peligrosidad de éstos; lo que se conoce como punto de inflamación.

Los líquidos inflamables se pueden dividir, en tres categorías: los muy peligrosos, son los que tienen un punto de inflamación menor a 23 °C. En esta categoría, se encuentra el benceno. Los moderadamente peligrosos, con un punto de inflamación mayor de 23°C pero menor de 60 °C. Los ligeramente peligrosos, con un punto de inflamación mayor de 60 °C.

Prácticamente, cualquier material orgánico se quemará si es expuesto a temperaturas suficientemente altas. Por lo tanto, es recomendable usar tanques cerrados y con desfogue, para no sobrepresurarlos. Un punto importante en el manejo de los líquidos inflamables es, la prevención de acumulación de cantidades de vapor que resulten explosivas en áreas, cerradas. Se pone de manifiesto, la importancia de guardar los líquidos inflamables en lugares ventilados.

Entre los principales agentes que se deben prevenir se encuentran :

- Flama. Es necesario checar, los posibles agentes que puedan producir una flama, cuando se encuentren cerca de líquidos inflamables : quemadores, cerillos, lámparas, sopletes, una línea rota de gas o petróleo, que se pueden convertir en agentes incendiarios.

En estos casos es recomendable, proteger el líquido inflamable, mediante una construcción resistente al fuego, como paredes de ladrillo, o concreto. Es importante, guardar el líquido inflamable, cuando no se esté usando.

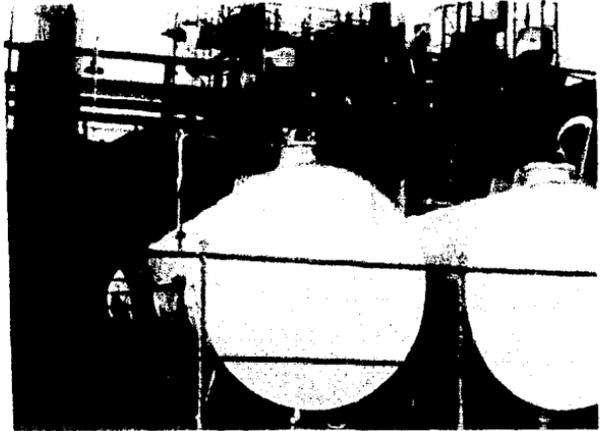
Se recomienda el uso de cápsulas de seguridad, cilindros cerrados para transportar pequeñas cantidades de líquido inflamable dentro del área de trabajo, y que éste sea guardado en un anaquel. Siempre que sea posible, se deben usar sistemas cerrados, para evitar que se desparrame el líquido, o produzca vapores.

En caso de que se inicie un incendio, es imperativo alejar el líquido inflamable, de la fuente de calor lo más pronto posible, para prevenir que se extienda el fuego. Por lo cual, todos los tanques deben de tener, un drenaje, que conduzca estos líquidos a un lugar seguro. Se debe utilizar un sistema de drenajes que aislen el líquido que se está inflamando de las demás áreas de trabajo, evitando así daños mayores. Otra de las recomendaciones importantes, es la de utilizar paredes, techos y pisos que no sean inflamables, y que no corran peligro con el



Bombas o Granadas, son dispositivos que liberan espumas en caso de algún sobrecalentamiento en las bombas que manejan el flujo del Benceno.

Sistema de Rociadores. Este sistema cubre toda el área de almacenamiento de Benceno, y otros derivados volátiles. En caso de un aumento brusco de la temperatura, o de peligro de incendio, el sistema puede pasar una gran cantidad de agua, la cual baja la temperatura de los tanques.



fuego.

- Aparatos eléctricos. Dentro de esta categoría entran todos los generadores de energía eléctrica, los equipos de generación de electricidad, los equipos de calentamiento a base de resistencias eléctricas y los equipos de iluminación. Las normas de prevención de fuego se encuentran incluidas en el National Electrical Code, las cuales se deben de seguir cuidadosamente en los lugares donde exista peligro.

- Sobrecalentamiento. Uno de los principales peligros en los procesos en los que se administra calor, es el de sobrecalentamiento. Debe evitarse que los procesos con calentamiento se encuentren en construcciones donde existan tanques almacenadores de combustibles o líquidos inflamables. En este tipo de procesos es de gran ayuda el uso de controles automáticos de temperatura y controles para altas temperaturas. Es también recomendable, una supervisión continua para evitar en lo posible el sobrecalentamiento de los equipos.

- Superficies calientes. Algunas de las causas que frecuentemente provocan un incendio son las superficies calientes. Estas existen cuando se efectúa la inmersión incompleta de un metal caliente, en un baño de enfriamiento, por contacto de vapores inflamables con secadores por calor, hornos, calderas, ductos y tuberías. También se debe de tener un especial cuidado con los materiales cuyo punto de ignición es más bajo que la temperatura en la que generalmente trabaja

el equipo, también es necesario que los materiales se encuentren a una distancia prudente de los equipos que trabajan a temperaturas elevadas.

- Ignición espontánea. Muchos de los incendios son causados por un calentamiento espontáneo con los materiales y acelerado por un calentamiento externo, proveniente de equipos - como secadores, hornos, ductos calientes y líneas de vapor adyacentes a pilas de materiales de desecho. Algunas veces el calor acumulado en un almacén cerrado no ventilado, será suficiente para acelerar la oxidación en los materiales hasta el punto de iniciar un incendio, siendo importante que los líquidos inflamables sean almacenados en lugares con ventilación adecuada. En la mayoría de las ocasiones, una negligencia en el cuidado de estos materiales, puede traer consigo la posibilidad de un incendio.

Todos los equipos y edificios deben mantenerse libres de acumulaciones de materiales de desecho. Las más comunes son: estopas empapadas en aceite, trapos para limpieza, cajas de cartón y papeles.

- Chispas. Las chispas de equipos mecánicos, cenizas incandescentes, extensiones que no están bien aisladas, quemadores y calderas y falsas explosiones causadas por motores de combustión interna, son potencialmente causas de incendio. Debe prohibirse fumar en secciones donde se almacenen, trabajen o desechen líquidos inflamables. Todo el equipo en estas áreas, debe estar en un estado óptimo de mantenimiento, y siempre que sea posible,

utilizar recubrimientos aislantes y herramientas contra chispas.

- Electricidad estática. Esta consiste, en cargas eléctricas generadas por frotamiento y fricción entre dos materiales, y es una de las causas que provocan más incendios en la industria huletera y papelerera. Generalmente, esto sucede en los meses en que la humedad del aire es baja y es utilizado un calentamiento artificial.

Uno de los métodos usados para reducir las chispas debidas a electricidad estática, consiste en mantener la humedad relativa en los lugares donde se manejan líquidos inflamables, entre 40 y 50 %.

Otra manera de prevención, consiste en poner una conexión a tierra, a todos los equipos en que se puede producir electricidad estática (tanques de almacenamiento, carros tanque, motores, etc). En todos estos equipos, es necesario eliminar la transmisión por bandas, y utilizar transmisión a base de cadenas o directa. Si no se puede eliminar este tipo de transmisiones se puede procurar, que la velocidad de la correa sea menor a 150 rpm, o usar bandas recubiertas, para eliminar la posibilidad de chispas por estática.

- Fricción. La fricción es causa importante de incendios debido a las chispas y calor que se emiten entre dos agentes friccionantes, como sucede en ventiladores, uniones mal lubricadas, procesos de molienda, etc. La experiencia nos dice que tanto los ventiladores como los demás equipos deben ser revisados periódicamente, para mantenerlos en buenas condiciones. Todos los pro-

cesos, donde se produzca fricción, deben estar separados de depósitos de líquidos inflamables.

Es de vital importancia, el hacer un programa para manejo, movimiento y uso de líquidos inflamables. El programa debe empezar, cuando el proceso está en su etapa de construcción, para conocer como se manejarán los materiales inflamables y para reemplazarlos, si este fuese el caso por otros - no inflamables.

### 3.- Medios y equipos comúnmente usados en la extinción de incendios provocados por benceno.

Para extinguir el fuego es necesario, remover una cantidad suficiente de cualquiera de los agentes que pueden provocar el fuego, como pueden ser : el oxígeno, el calentamiento y el combustible.

En condiciones normales, el oxígeno es uno de los agentes más difíciles de controlar cuando estalla un fuego, pues generalmente cualquier local está alimentado con aire ambiente, el cual tiene, como uno de los constituyentes principales, el oxígeno. En el caso en que debido al proceso, se pueda controlar la cantidad de oxígeno, al estallar un incendio se recomienda el cortar el suministro de oxígeno al proceso.

El calentamiento es uno de los factores, que fácilmente se puede controlar, usando un medio de enfriamiento como el agua que sería lo más barato. Otra de las maneras puede ser el cortar el suministro de calor al proceso y así prevenir -

el brote de otros fuegos.

Otro de los medios que se pueden usar para atacar un fuego es el de remover el combustible. Uno de los casos en que se puede aplicar este método es cuando estalla un fuego en una batería de tanques, en este caso se recomienda el bombear el contenido de los tanques a un lugar lejano, donde se encuentre el líquido fuera de peligro y entonces usar todos los medios disponibles para extinguir el fuego.

A continuación nombraremos los medios y equipos que serán de importancia para atacar un incendio debido al benceno.

Los medios de mayor importancia serán: agua, espumas y polvos.

- Agua. Es el medio más antiguo y más barato utilizado para extinguir incendios. Es también, uno de los medios más seguros y efectivos para apagar incendios pequeños. Sin embargo, el agua no funciona en el caso de un incendio importante donde los materiales que lo producen son benceno, aceites, gasolinas, pinturas y solventes orgánicos los cuales además de ser más ligeros que el agua, con esta tienden a dispersarse lo cual puede provocar que el fuego se extienda.

El agua tiene un poder mayor de extinción, cuando es aplicada en forma de pequeñas gotas (como rocío), porque ayuda a que el área cubierta sea mayor. En el caso de líquidos más ligeros que el agua, como el benceno, ésta ayuda a que no se esparzan y los cubre. Los sistemas con re-

gaderas y rociadores son lo más seguro y práctico, en el manejo del agua como agente extintor.

Por lo antes expuesto, cuando estalla un fuego no se recomienda el agua como el único agente extintor, si el fuego es debido al benceno, pero será de gran ayuda en el caso de que se utilice para bajar la temperatura de todos los equipos y alrededores por debajo de la temperatura de autoignición.

- Espumas. Las espumas son otros de los materiales de gran importancia en la extinción de incendios.

La gran mayoría de los aparatos usados para la aplicación de espumas son pequeños, ésta característica los hace que sean portátiles y muy efectivos en el caso de que el fuego no ocupe un área muy grande. Existen pocas instalaciones en que se cuente con equipo que produzca espuma en gran escala en el caso de que brote un fuego.

El nombre de espumas algunas veces es referido a la espuma de alcohol, la cual es de importancia en el caso de que el agente que haya producido el fuego sea un líquido más ligero que el agua, los cuales podrían flotar arriba de éste y así esparcirse de manera que el fuego se diversificará a muchos puntos. Esta espuma al ser muy ligera, puede formar una capa superior, que sofocaría al líquido inflamable, y así se apagaría el fuego. Químicamente, la espuma es producida al burbujear el  $\text{CO}_2$  o algún otro gas, a través de un líquido que contenga un producto químico para producir espuma (agente tensoactivo). Entonces se forman burbujas resistentes que for

man una capa que cubre la superficie que se quema. El gas es usado principalmente para formar burbujas en el líquido, y si este gas es  $\text{CO}_2$  o  $\text{N}_2$ , tiene el efecto de ahogar el fuego y lo previenen del acceso de oxígeno.

- Otros agentes

Existen otras técnicas para la extinción de incendios - además del agua y de las espumas, estos podrían ser: hidrocarburos halogenados, tetracloruro de carbono, bromuro de metilo y polvos químicos. Un extinguidor de polvos químicos, es útil en fuegos pequeños, pero en fuegos de mayor magnitud se recomienda el tener un sistema de conducción permanente, el cual permita la accesibilidad de polvos químicos en las cantidades necesarias.

El uso de hidrocarburos halogenados es recomendable, cuando el benceno o los hidrocarburos más comunes son la causa del fuego, produciendo además altas temperaturas y toxicidad. En el caso del tetracloruro de carbono, uno de sus productos de de composición es tóxico, el fosgeno.

En el caso de productos tóxicos, sólo se recomienda el uso de tetracloruro de carbono cuando existe una ventilación efectiva, si no es así existe una gran posibilidad de intoxi cación para las personas que se encuentren atrapadas o apagan do el fuego.

En el caso de fuego debido al benceno, u otros aromáticos, el medio de extinción más recomendado son los polvos químicos ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

La extinción de fuegos producidos por gases o vapores, debe realizarse con extinguidores de espumas, polvo químico y en algunos casos también con agua.

Se debe tomar en cuenta que si existen fugas de vapores o gases, estas pueden formar, en ciertas condiciones y proporciones una mezcla explosiva, la cual al acumularse en una construcción puede causar explosiones. Por todas estas razones, el mejor método para apagar incendios debidos a gases es el detener el flujo de éstos. Ahora, en el caso de que no sea posible realizar el método antes expuesto, se recomienda regar el área afectada, con agua para evitar la posibilidad de chispas y para bajar la temperatura, previniendo de esta manera una explosión. Se debe buscar a toda costa el cerrar la válvula o arreglar rápidamente la fuga, evitando así el aumento de gases, y disminuyendo los riesgos de generalización de fuego en toda el área.

Entre los equipos que se utilizan para la extinción de incendios debidos a benceno, y otros aromáticos encontramos: los extinguidores, los sistemas rociadores automáticos, los hidrantes y mangueras, las bombas.

#### - Extinguidores

Entre los extinguidores que más se utilizan para este fin encontramos aquellos que están provistos, de un cartucho de  $\text{CO}_2$  o  $\text{N}_2$  comprimido, el cual sirve para impulsar el agua, espumas, polvos y esparcirlos en áreas muy grandes, produciendo una especie de manto que cubre la superficie, en la que se

produce el incendio.

El mantenimiento de este equipo, es necesario sólo una vez al año y consiste en checar el peso del cilindro con  $\text{CO}_2$  o  $\text{N}_2$ .

- Sistemas rociadores.

Es un sistema de gran seguridad, muy utilizado actualmente. Consiste en una serie de rociadores, o regaderas, que se encuentran a una distancia determinada, conectadas por tuberías las cuales cubren toda el área de peligro. Tienen un dispositivo automático de temperatura, el cual al llegar a la temperatura máxima permisible, conecta el sistema, dejando pasar el agua a través de la tubería y siendo esparcida en el área de incendio. El sistema está equipado, con un tanque colector de agua, a una altura, que permita que el agua caiga con la presión de la gravedad, evitando el peligro de una falta de agua por falla eléctrica, durante una emergencia.

- Hidrantes y mangueras.

El uso de las mangueras en la extinción de incendios, es de gran importancia, pues es un medio que proporciona transporte de agua a las áreas que más necesitan controlarse.

Las mangueras generalmente, son de hule, con un material de recubrimiento externo que las protege de las llamas y el calor excesivo. Tienen diferentes diámetros que varían entre 1" y 3.5 ". Tienen diferentes longitudes, en el extremo hay un dispositivo, de esparcido, el cual hace que el agua salga en pequeñas gotas, y cubran una superficie mayor. Para las man -

queras es necesaria, una alta presión de descarga.

Una de las ventajas principales que proporciona el uso de manueras es su facilidad de transporte.

Los hidrantes, son depósitos de agua a presión para el uso de los cuales, sólo es necesario conectar la manguera, y abrir la válvula de salida para obtener un gran volúmen de agua con una gran presión.

-Bombas.

Las bombas o granadas, consisten en una botella metálica, que se abre cuando se registra un sobrecalentamiento o fuga en las bombas de un sistema para benceno u otros compuestos aromáticos, dejando caer espuma que cubra a la bomba y evita el riesgo de incendio y explosión.

#### 4.- Almacenamiento y manejo del benceno.

Prácticamente, todas las combustiones se llevan a cabo entre el oxígeno y los vapores del líquido inflamable. Debido a la alta presión de vapor de los líquidos inflamables, existe una gran posibilidad de provocar un incendio. Los materiales que tienen una gran facilidad de ignición a la temperatura normal de trabajo, se deben de considerar como peligrosos, tal es el caso del benceno. Este se debe almacenar en lugares seguros y a temperaturas relativamente bajas para prevenir la ignición accidental y vapores que se mezclen con el aire en proporciones explosivas. Es importante prever una buena ventilación en el espacio de almacenamiento para en caso dado

diluir la cantidad de vapores si una chispa comenzara un incendio o explosión.

Otra precaución necesaria, es localizar el área de almacenamiento en un lugar alejado de otras zonas con riesgo de incendio, ejemplo, corte de metales, instalaciones eléctricas mecheros, reactores, calentadores a vapor, fuego directo, resistencias, calderas, etc .

El equipo de extinción de incendios ya sea manual o automático, debe encontrarse en un lugar accesible para usarse en caso de emergencia. En el área de almacenamiento, debe de prohibirse el fumar o encender fósforos.

Todos los materiales combustibles son peligrosos en los casos de fuego y/o explosión.

Existen tres tipos de tanques de almacenamiento, dependiendo de su colocación para líquidos inflamables: subterráneos, a nivel fuera del edificio, y a nivel dentro del edificio.

- Tanques subterráneos. Estos tanques deben de ser diseñados y construídos según las reglas de construcción locales y deben de seguirse, la siguiente lista de requisitos:

- a) El tamaño y posición óptima del tanque (vertical u horizontal).
- b) La localización del tanque con respecto al terreno y al área en general, localización de las construcciones, bodegas, patios en el area. La posibilidad de corrosión es un factor importante.

- c) La sujeción adecuada del tanque, teniendo en cuenta la inundación por fuertes lluvias y otros aspectos, que tengan que tomarse en cuenta en la instalación.
- d) Una cubierta suficiente para el tanque, lo cual pueda dar seguridad a la instalación y ayuda a la sujeción.
- e) Seleccionar el lugar, donde la posibilidad de corrosión del tanque sea menor, evitar corrientes de agua subterráneas, o cualquier agente corrosivo. Si la corrosión es considerable, se aconseja pintar el tanque con una capa de rojo de plomo en aceite de linaza, y otra capa de asfalto, o una pintura con base de alquitrán. Otras formulaciones pueden ser igualmente efectivas.
- f) Es importante que el tanque, se encuentre totalmente cubierto; ahora que si queda una parte del tanque expuesta, se recomienda que se cubra con una capa de concreto, la cual contribuye a la sujeción.

- Tanques a nivel. Los tanques a nivel o superficiales, pueden ser extremadamente peligrosos si no son planeados cuidadosamente. Por ejemplo, una ruptura de un tanque superficial o una fuga debajo del nivel del líquido, pueden producir un gran peligro de fuego. Por esta razón, los tanques se deben localizar en un talud de piedra, drenajes apropiados a nivel del suelo y diques adecuados. En terrenos con desniveles es importante que el diseño del drenaje saque los líquidos a zonas de seguridad.

Las siguientes consideraciones, son importantes al dise

ñar un tanque superficial o a nivel:

- a) La posibilidad de daño en las construcciones o tanques cercanos.
- b) La cantidad de líquido inflamable con que se trabaja.
- c) Las características de inflamabilidad de los materiales que se usan.
- d) La existencia de un cuarto adecuado, para controlar incendios y el acceso a este equipo de control.
- e) La capacidad del borde o trinchera en el área que sea igual a la capacidad del tanque, que la capacidad total del borde sea 1.5 veces mayor, que la capacidad total de los tanques del área.
- g) La disposición adecuada de drenajes para prevenir la acumulación de agua en áreas abiertas.

Estas consideraciones son válidas tanto para tanques interiores como exteriores.

Protección contra incendio. La protección que requieren los tanques que almacenan benceno o líquidos inflamables, esta fijada por el tipo de tanque, tamaño, localización, equipos cercanos, el punto de inflamación del líquido, y la probabilidad de la interrupción de la producción, por la pérdida del contenido del tanque.

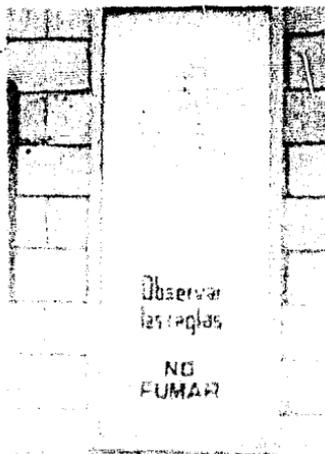
En la actualidad uno de los equipos de protección que más se usan para los tanques son los sistemas rociadores, los cuales se colocan cubriendo el área en que se encuentran los tanques de almacenamiento y cuando se registre una temperatura elevada, automáticamente funcionan dejando pasar grandes volúmenes de agua y enfriando así esta área.



- a -



- b -



Letreros de Seguridad para las Plantas en que se trabaje con Benceno.

- a- Uso del equipo protector en las áreas de trabajo.
- b- Es recomendable el aprender el uso de un extinguidor antes de que se presente algún peligro.
- c- Se indica que los vapores producidos por el Benceno, son explosivos, por lo cual no se debe de fumar en el área.

**Acondicionamiento de tanques previamente construidos.**

El acondicionamiento y reparación de tanques que han sido usados

- a) Los tanques que hayan contenido líquidos inflamables deben purgarse, ser llenados con agua y volverse a purgar.
- b) Usar un indicador portátil de concentración de vapores inflamables dentro del tanque ( explosímetros).
- c) Lavar perfectamente el tanque con detergentes o sosa y remojarlo con agua, hasta que no tenga residuos de líquido volátil.
- d) Llenar de agua o de un gas inerte el tanque cuando éste se vaya a soldar.
- e) Que los trabajadores, que trabajen en el tanque, ya sea adentro o afuera tengan la suficiente ventilación.
- f) Lavar el tanque con vapor para eliminar cualquier residuo de benceno que se pueda tener.

## CONCLUSIONES

- Conocimiento de la importancia de la sustancia.

Mediante los capítulos I y II, se busca presentar un panorama que de una idea real de la importancia del benceno, de manera que al leer el trabajo podamos conocer las aplicaciones que tiene el benceno y así darnos cuenta de la importancia que tiene controlarlo en su manejo.

- Grado de toxicidad de la sustancia.

Es de importancia primordial cuando se trabaja con sustancias tóxicas, conocer su grado de peligrosidad. El benceno por ser una sustancia altamente tóxica, es difícil de manejar, a lo cual debe agregarse, el hecho de que por no tener un olor desagradable, las personas que tienen contacto con sus vapores no los tratan de evitar, esto aumenta en gran escala el peligro de intoxicación que pueden sufrir. Debido a las razones antes mencionadas, el capítulo III referente a la toxicología de la sustancia y el capítulo siguiente, analizan los equipos de protección que deben usarse cuando se tra

je con el benceno y sus derivados.

- Importancia de la protección contra incendio y explosión.

El benceno al ser una sustancia altamente inflamable - presenta un elevado riesgo de incendio y explosión. En el presente trabajo se plantea el uso de equipos que pueden proteger de una manera más efectiva contra los peligros que presenta - el manejo del benceno.

- Letreros de seguridad para plantas en que se trabaje con benceno.

Una de las mejores maneras de prevenir a los trabajadores de intoxicación, incendios o explosiones, es mediante el uso de letreros de seguridad. Existen múltiples tipos de carteles o letreros que indican al personal el peligro que puede correr, si no respeta las normas de seguridad existentes en la planta.

- Establecimiento de normas de control y seguridad.

En la práctica se pudo notar la indiferencia con que se trabaja con sustancias como el benceno. Por esta razón se - sugiere dar más énfasis a las normas de prevención, control y seguridad, de manera que se pueda crear una conciencia en los trabajadores, de las repercusiones que puede tener en su

persona el manejo indebido del benceno.

- Cuerpo de bomberos voluntarios.

El desarrollo de este trabajo, permitió darnos cuenta de la necesidad que existe de crear un cuerpo de bomberos voluntarios entre los trabajadores de las plantas que manejan este tipo de sustancias. Así, se tendrá gente capacitada para prevenir estallidos y extinguir fuegos generalizados dentro de la planta.

- Importancia de los exámenes clínicos.

Se plantea la importancia de realizar exámenes clínicos periódicos en el personal que puede estar expuesto a una intoxicación por contacto con benceno. Este tipo de exámenes ayuda a mantener la salud del personal que labora en estas áreas.

- Integración de la información sobre el tema.

Se trató de abarcar los aspectos de mayor importancia con respecto a la seguridad y control en el manejo del benceno.

BIBLIOGRAFIA

## CAPITULO I

Organic Chemistry. H. Rakoff & Norman Rose  
Collier Mac Millan New York. 1966.

Organic Chemistry . Robert T Morrison & Robert N Boyd  
Allyn & Bacon Inc Boston . 1974.

Organic Chemistry . James H Dricknson, Donald Cram,  
George Hammond.  
Mac Grow Hill. New York. 1970.

Tratado Elemental de Química Orgánica. H Murillo.  
ECLASA. México D f. 1965.

Encyclopedia of Chemical Technology. 2° Edición volumen  
III.  
John Wiley & Son. New York 1964.

## CAPITULO II

BIBLIOGRAFIA

Boletines de Seguridad Industrial. Boletín III.  
Reglas para el manejo del Benceno en la Industria.  
Imprenta Nuevo Mundo. PEMEX. 1967.

Noticias de Seguridad. Consejo Interamericano de  
Seguridad. Octubre de 1977.

Safety in the Use of Bencene. Barret Div. Allison  
Chemicals & Dye Corporation New York. 1972.

Segurinotas ITESM-DIA. Monterrey N.L. Octubre de  
1978.

Memorias de la Secretaría de Patrimonio Nacional.  
Volumen IV de 1978. Industria Petroquímica, Evolu-  
ción y Perspectivas.

## CAPITULO III

BIBLIOGRAFIA

Higiene y Seguridad Industrial. Dr Humberto Lazo Serna  
Tercera Edición. Talleres Gráficos del Instituto Politécnico Nacional. 1956.

Industrial Hygiene and Toxicology Volumen I.  
Interscience Publishers. 1958.

Industrial Hygiene and Toxicology Volumen II. David W  
Fassehand. Irish Editors, John Wiley & Sons. London  
1963.

Toxicología Industrial. PEMEX. Toxicología del Benceno.  
1968.

Toxicology and Hygiene of Industrial Solvents.  
Williams & Wilkins Baltimore. 1973.

BIBLIOGRAFIA

## CAPITULO IV

Encyclopedia of Chemical Tecnology. Volumen III  
John Wiley & Sons. New York . 1964.

Encyclopedia of Industrial Chemical. Volumen VII.  
John Wiley & Sons Inc New York 1968.

Boletines de Seguridad Industrial. PEMEX. Boletines  
III y V. Imprenta Nuevo Mundo 1967.

Dangerous Propeties of Industrial Materials. N Irving  
Sax. Cuarta edición. Van Nostrand Reinhold Company  
1975.

Handbook of Solvents pure Hidrocarbons. I Mevan .  
Mac Graw Hill. 1967.

Normas de Seguridad. PEMEX. 1972.

Reglamento Interior de Seguridad e Higiene. PEMEX.  
1974.

Manual de Prevención de Accidentes de Trabajo.  
Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 1978.

Industrial Ventilation. XI Edición. Manual of Recommended Practice Comitte. 453 Lansing Michigan. 1972.

Air Pollution Handbook. P Magin. Mac Graw Hill Book Co. 1956.

Design of Industrial Exhaust Systems New York.  
The Industrial Press. 1970.

BIBLIOGRAFIA

## CAPITULO V

Dangerous Propeties of Industrial Materials. N Irving Sax. Cuarta Edición. Van Nostrand Reinhold Company. 1975.

Estudio de un Programa Estadfstico de los Accidentes de Trabajo y Prevención de los mismos, en la Refinerfa de Minatitlán Veracruz. Tesis. Hector Marcelo Nava J. 1976.

Reglamento Contra Incendio . PEMEX. Refinerfa Minatitlán Veracruz. Editorial Porrúa. 1974.

Normas de Seguridad de PEMEX. 1972.

Reglamento Interior de Seguridad e Higiene PEMEX. 1974.

El Supervisor de Seguridad. Asociación Mexicana de Seguridad e Higiene A.C. editado en AMHSA.

Aspectos generales de Seguridad para riesgos eléctricos. Octubre de 1977.

Un Incendio puede cambiar su futuro. Junio de 1977.