

24
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ANALISIS DE RIESGOS EN LA PRODUCCION
DE EXPLOSIVOS TIPO GEL Y
SALES DE NITRATO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

AREA INDUSTRIAL

P R E S E N T A

MARIO A. BONILLA TORRES

DIRECTOR DE TESIS: ING. ESPERANZA SEGOVIANO AGUILAR



MEXICO, D. F.

1992

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

<u>DESCRIPCION</u>	<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
INDICE	DE LOS NUEVE CAPITULOS	1
INDICE	DE FIGURAS	4
INDICE	DE TABLAS	6
CAPITULO 1.	GENERALIDADES.	
	1.1 INTRODUCCION.	7
	1.2 HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS.	7
	1.3 TERMINOLOGIA.	9
	1.4 TIPOS DE EXPLOSIVOS.	12
	1.5 CLASIFICACION DE LOS EXPLOSIVOS.	16
CAPITULO 2.	PROCESO DE FABRICACION DE LOS EXPLOSIVOS.	
	2.1 PROCESO DE FABRICACION DE LOS EXPLOSIVOS TIPO GEL.	18
	2.2 PROCESO DE FABRICACION DE EXPLOSIVO TIPO SALES DE NITRATO.	20
CAPITULO 3.	CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS.	
	3.1 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LA MATERIA PRIMA.	26
	3.2 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL PRODUCTO TERMINADO.	30
CAPITULO 4.	ANALISIS DE OPERACIONES, EVALUACION DE LOS RIESGOS GENERADOS POR ESTAS ASI COMO LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD RECOMENDADAS.	
	4.1 ANALISIS DE OPERACIONES, EVALUACION DE LOS RIESGOS GENERADOS POR ESTAS, ASI COMO LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD RECOMENDADAS PARA LA FABRICACION DE EXPLOSIVO TIPO GEL.	31

4.2	REQUISITOS QUE DEBEN REUNIR LAS AREAS DE ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVOS TIPO GEL Y SALES DE NITRATO.	53
4.3	PROCESO DE DESTRUCCION DEL EXPLOSIVO TIPO GEL FUERA DE ESPECIFICACIONES U OBSOLETO.	55
4.4	PROCESO DE PRUEBAS A CARTUCHOS MUESTRA DE EXPLOSIVO TIPO GEL.	59
4.5	ANALISIS DE OPERACIONES, EVALUACION DE LOS RIESGOS GENERADOS POR ESTAS, ASI COMO LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD RECOMENDADAS PARA LA FABRICACION DE EXPLOSIVO TIPO SALES DE NITRATO.	63

CAPITULO 5.

SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA PLANTAS EN GENERAL.

5.1	SISTEMAS CONVENCIONALES DE SEGURIDAD.	66
5.2	INSTRUCTIVOS DEL REGLAMENTO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.	71
5.3	CLASIFICACION DE LAS EMPRESAS DE ACUERDO A SU INDICE DE SINIESTRALIDAD.	76
5.4	PLAN DE EMERGENCIA PARA LAS PLANTAS EN GENERAL.	79
5.5	INSTALACIONES FIJAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO.	89
5.6	CODIGO DE COLORES.	98

CAPITULO 6.

SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA PLANTAS DE EXPLOSIVOS.

6.1	SISTEMAS DE SEGURIDAD EN LA MANUFACTURA DE MATERIALES EXPLOSIVOS.	103
6.2	TRANSPORTE DE MATERIALES EXPLOSIVOS.	103

6.3	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES EXPLOSI- VOS.	105
6.4	PROTECCION DE LOS MATERIALES EXPLOSI- VOS CONTRA EL FUEGO.	108
6.5	COMBATE CONTRA EL INCENDIO DE EXPLO- SIVOS.	108
6.6	COMBATE CONTRA EL INCENDIO DE LOS AGENTES DETONANTES.	109
CAPITULO 7.	SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA PLANTAS QUIMI- CAS.	
7.1	FACTORES ERGONOMICOS Y HUMANOS.	110
7.2	CALCULO DE CONSECUENCIAS.	119
7.3	TRAMPAS AL REALIZAR ESTUDIOS DE PE- LIGRO Y OPERABILIDAD.	121
7.4	VALUACION DE RIESGOS.	125
7.5	SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA ESTAS PLANTAS.	130
CAPITULO 8.	CONCLUSIONES.	139
CAPITULO 9.	BIBLIOGRAFIA.	142

INDICE DE FIGURAS

No.	CONCEPTO	PAGINA
2.1	Diagrama de Bloques del Proceso de Fabricación del Explosivo tipo Gel.	19
2.1.1	Cursograma Sinóptico del Proceso de Fabricación del Explosivo tipo Gel.	21
2.1.2	Balance de Materiales para la Producción de Explosivos tipo Gel.	22
2.2	Diagrama de Bloques del Proceso de Fabricación del Explosivo tipo Sales de Nitrato.	23
2.2.1	Cursograma Sinóptico del Proceso de Fabricación del Explosivo tipo Sales de Nitrato.	24
2.2.2	Balance de Materiales para la Producción de Explosivos tipo Sales de Nitrato.	25
4.1	Diagrama del Circuito Neumático de Control de las Engrapadoras de Cartuchos para Explosivo tipo Gel.	47
4.1.1	Bombas neumáticas de Diafragma.	43
4.3.1	Cursograma Sinóptico del Proceso para la Destrucción de Explosivo fuera de Especificaciones u Obsoleto.	56
4.4.1	Cursograma Sinóptico del Proceso para Pruebas a Muestras de Cartucho de Explosivo tipo Gel.	60
5.4.3	Plano de Rutas de Evacuación.	87
5.5.1	Diagrama Típico de Protección contra Incendio a base de Agua.	93
5.5.2	Tipos de rociadores y de Distribución de agua.	95
5.5.3	Válvulas de Alarma de Sistemas Húmedos.	96
7.1.1	Sistema Hombre - Máquina.	111
7.1.2.1	Guía de Errores Humanos.	113
7.1.2.2	Factor K2 de Error.	114

INDICE DE FIGURAS

No.	CONCEPTO	PAGINA
7.1.2.3	Factores K3 y K4 de Error.	115
7.1.2.4	Factor K5 de Error.	116
7.2.1	Triángulo del Fuego	119
7.2.2	Gráfica de Explosión de TNT en función del tiempo y la presión.	122
7.2.3	Explosión de TNT en función de Distancia vs Sobrepresión.	123
7.4.1	Análisis de Peligros vs Análisis de Riesgos.	126
7.4.3	Forma de la curva de Dispersión de una nube de Gas.	128
7.4.4	Isopleta para cálculo.	129
7.5.4.1	Sistema Básico de Control y Comunicación interna.	133
7.5.5	Estructura Típica de Perfil de Responsabilidades.	134
7.5.6	Plan General de Emergencias para Emanaciones Tóxicas.	137

INDICE DE TABLAS

No.	CONCEPTO	PAGINA
4.1	Distancias y volúmenes recomendados para almacenar Nitrato de Amonio.	32
4.2	Tabla Americana de distancias para Almacenamiento de Explosivos.	51,52
5.1	Resumen de 46 Obligaciones Legales que las Empresas deben cumplir en materia de Seguridad e Higiene.	67
5.3	Clasificación de Empresas de acuerdo a su Grado de Riesgo.	77
7.1.2.1	Tipo de Actividad para factor K1.	112
7.1.2.2	Actividades de Rutina para factor K2.	117
7.1.2.3	Actividades Fuera de Rutina para factor K2.	117
7.1.2.4	Conocimiento / Capacitación del operador factor K3.	117
7.1.2.5	Situación de la Actividad, factor K4.	117
7.1.2.6	Condiciones del Cuarto de Control, factor K3.	118
7.2.1	Valores de Límites de Inflamabilidad y de Puntos de Ignición para algunas sustancias.	120

CAPITULO 1 GENERALIDADES.

1.1 INTRODUCCION.

En este trabajo se pretende contemplar todo el panorama que en materia de Seguridad Legal existe en México, y se busca presentar la que se maneja con más frecuencia en la empresa privada y que constituye la parte medular de los Sistemas Convencionales de Seguridad de constante aplicación en el país.

Los explosivos son considerados una de las herramientas más poderosas con las que cuenta el ser humano, para desarrollar trabajos tan importantes como:

- La localización de materias primas y combustibles.
- Extracción de los mismos de la tierra.
- Construcción de caminos, aeropuertos y ciudades.

Del uso de los explosivos y la habilidad para optimizar su aprovechamiento, depende en mucho el desarrollo económico alcanzado por la mayoría de los países.

La manufactura de los explosivos requiere de un gran cuidado para disminuir los riesgos y de una investigación para hacerlos más poderosos, seguros y controlables incluso para utilizarse en el corazón de las ciudades y desarrollar trabajos de precisión.

Un ejemplo en México es la demolición de los edificios ubicados en la zona de Tlaltelolco, después de ser afectados por el terremoto ocurrido en Septiembre de 1985.

Sin embargo los riesgos de deflagraciones o detonaciones no controladas, existen desde la fabricación, transporte y almacenamiento de los explosivos, hasta su utilización en el campo.

Nuestra atención se concentrará en determinar las Reglas de Seguridad necesarias, en base a las propiedades físicas y químicas de las materias primas y productos terminados, así como en el estudio de factores de diseño de equipo y Distribución de Planta, durante las fases de fabricación, transporte y almacenamiento de los explosivos tipo gel y sales de nitrato de amonio, destinados para operaciones comerciales.

1.2 HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS.

El uso de los explosivos se ha atribuido a los Chinos, a los Indostanos y a los Arabes, pero probablemente nunca sabremos quién fué el inventor de la pólvora.

Durante el siglo XII en Inglaterra, Roger Bacon generó unos escritos que contienen instrucciones para la preparación de la pólvora negra.

En 1802, Eleuthere Ireneé Du Pont de Nemours, comenzó la fabricación de la pólvora integrada por :

75% Nitrato de Potasio

15% Carbón

10% Azufre

En 1831, William Bickford inventa la "Mecha de Seguridad" en Inglaterra.

En Estados Unidos de Norteamérica en 1857, Lamont Du Pont introdujo una mejora a la formulación utilizada por Eleuthere Ireneé Du Pont, la fórmula se modificó a :

75% Nitrato de Sodio

15% Carbón

10% Azufre

En 1857, Nobel diseñó su primer fulminante razonablemente seguro y eficiente, éste es una cápsula de estaño llena con fulminato de mercurio.

En 1866, Alfred Nobel mezcla la Nitroglicerina con el Kieselguhr que era una tierra porosa absorbente, y formó una substancia sólida y sensible a un golpe ordinario, a éste explosivo, Nobel lo denominó "Dinamita".

En 1875, Alfred Nobel efectuó otro descubrimiento de gran importancia cuando disolvió algodón colodión en Nitroglicerina; esto dio como resultado una masa gelatinosa más poderosa que la Dinamita de su invención y que es la antecesora de todas las dinamitas gelatinas.

Posterior al invento del fulminante de Nobel, fabricado con fulminato de mercurio y diseñado para disparar con mecha de seguridad, siguieron otros inventos para disparar fulminantes mediante la electricidad. Estos estopines eléctricos se disparaban mediante una chispa que pasaba entre los extremos desnudos de dos alambres insertados en la carga de la cápsula.

Julius Smith fué un activo inventor que realizó varias mejoras a los estopines eléctricos y a la máquina explosora. También inventó un estopín de retardo en el año de 1895.

Después de la Nitroglicerina, el ingrediente más importante para los explosivos está representado por el:

Nitrato de Amonio

con la desventaja de que su potencia es sólo de un 70 % de la potencia de la Nitroglicerina y por otra parte la desventaja de que es higroscópico.

Dentro de sus ventajas podemos encontrar que es menos sensitivo y menos caro.

Además si variamos el tamaño de los granos del Nitrato de Amonio, se puede controlar la velocidad de detonación, por ejemplo si se utilizan partículas finas se obtienen explosivos rápidos y si se emplean granos gruesos resultan explosivos de menor velocidad.

A partir de 1950 el empleo de la pólvora negra disminuyó al grado de representar una cantidad insignificante debido al riesgo de incendio que representa.

Desde el año de 1970 a la fecha, los Agentes detonantes basados principalmente en la sensibilización del Nitrato Amónico, han llegado a dominar aproximadamente el:

80 % del mercado

Este cambio se ha debido fundamentalmente a consideraciones económicas y al gran aumento de Seguridad que proporcionan las materias explosivas carentes de Nitroglicerina.

En México se fabricó por primera vez la Dinamita en 1904, siendo su producción esporádica hasta 1925, ya que a partir de entonces se fabrican explosivos para Operaciones Comerciales.

1.3 TERMINOLOGIA.

Es fundamental conocer la naturaleza de los materiales explosivos antes de estudiar su potencial explosivo e incendiario.

La definición de algunos términos proporcionará una base para la comprensión de los mismos.

1.3.1. DEFINICION DE EXPLOSIVO.

Se llama explosivo a una substancia o mezcla de substancias que ante un estímulo sufre una rápida reacción autopropagante, caracterizada por la formación de productos más estables; generalmente gases, producción de calor y el desarrollo de un efecto de presión súbita, de-

bida a la acción del calor sobre los gases producidos y los contiguos.

En este término se incluyen:

La Dinamita

La Pólvora negra

Los Explosivos iniciadores

Los Detonadores

Las Mechas de detonación e ignición

Las Cargas de proyección

1.3.2. AGENTE EXPLOSIVO.

Con este término se designa a cualquier materia o mezcla de un combustible y un oxidante, útil para producir explosiones controladas, aunque la mezcla y los ingredientes no estén clasificados como explosivos.

Además el producto ya mezclado, terminado y envasado para su empleo o transporte, no puede hacerse detonar si no se encuentra confinado.

1.3.3. MATERIAL EXPLOSIVO.

En este término se incluyen:

Los explosivos

Los agentes explosivos

Las gelatinas acuosas

Los detonadores

1.3.4. PROPULSOR.

Se llama así al material explosivo que funciona normalmente por deflagración (combustión) y se emplea con fines de propulsión.

1.3.5. DETONADOR.

Es cualquier dispositivo que contenga un detonante y se emplea para

iniciar la detonación de un explosivo. Este término incluye aunque no exhaustivamente :

Las espoletas

Los fulminantes

Los cebadores eléctricos de acción instantánea

Los cebadores eléctricos de acción retardada

Los fulminantes combinados con espoletas de seguridad

Los conectores de retardo de las mechas de detonación

1.3.6. EXPLOSION.

Es el efecto de una súbita y violenta producción de gases de expansión, pudiendo ir acompañada de ondas expansivas, de la destrucción del material envolvente, de una estructura o ambos.

La explosión puede ser el resultado de:

- a) Cambios químicos, como los que acompañan a la detonación de un explosivo o a la combustión de una mezcla de aire y gas inflamable.
- b) Cambios físicos o mecánicos, como es el caso del estallido de una caldera de vapor o la reacción de un recipiente sujeto a presión.
- c) Cambios atómicos, como los que se reproducen en una explosión nuclear.

1.3.7. INCENDIOS Y EXPLOSIONES.

Debe establecerse una diferencia entre los incendios y explosiones accidentales y los intencionados.

Las reacciones de combustión reguladas y controladas son fundamentales para la producción de energía y necesarias para la economía industrial. Del mismo modo, las reacciones detonantes son esenciales en minería y construcción.

Por otra parte, las pérdidas de vidas y recursos naturales debidas a incendios y explosiones no intencionados son motivo de preocupación mundial.

Como el fuego es uno de los principales peligros relacionados con la utilización de explosivos y agentes detonantes, es importante conocer

la naturaleza básica de dichos materiales y los métodos aplicables para reducir las pérdidas provocadas por reacciones no controladas de los mismos.

Los explosivos que se utilizan en operaciones comerciales, son una mezcla de sólidos, o, de sólidos y líquidos, que son capaces de generar una descomposición rápida y violenta, dando por resultado una conversión a grandes volúmenes de gas.

1.4 TIPOS DE EXPLOSIVOS.

Aunque solo nos ocuparemos de describir los explosivos comerciales, deben tenerse en cuenta algunas similitudes y diferencias entre los materiales para empleo comercial y los de tipo militar.

La mayor parte de los explosivos militares poseen gran potencia destructora y velocidades de detonación relativamente altas.

Estos explosivos se guardan generalmente durante períodos de tiempo bastante largos, por lo que deben poseer buena estabilidad, ya que es esencial que detonen fácilmente incluso después de haberse mantenido almacenados en condiciones muy variables.

Los explosivos comerciales se emplean en trabajos subterráneos y deben producir humos de características respirables, esto exige el empleo de fórmulas que sean más equilibradas en oxígeno y que por lo tanto produzcan cantidades mínimas de monóxido de carbono y óxido de nitrógeno.

Los explosivos militares más generalmente usados como son:

TNT - Trinito Tolueno

RDX - Ciclonita o Hexógeno

que producen grandes cantidades de gases tóxicos, pues éstos son deficientes en oxígeno.

Las dinamitas comerciales poseen normalmente buenas condiciones de durabilidad en almacén, sin embargo como los agentes explosivos se emplean más a menudo por lo general inmediatamente después de su fabricación, ésta característica pierde importancia.

Sin embargo el almacenamiento prolongado de agentes explosivos puede dar por resultado un grave deterioro, particularmente en climas húmedos y cálidos.

1.4.1. TIPOS DE EXPLOSIVOS COMERCIALES.

Los materiales explosivos pueden dividirse en una gran variedad de tipos específicos, según sus propiedades características.

Los siguientes explosivos son los más empleados generalmente en la industria y se citan por orden de riesgos decreciente, considerando que se emplean con las debidas condiciones de seguridad:

Explosivos detonantes RP primarios o iniciales

Explosivos detonantes secundarios

Explosivos lentos o propulsores

Agentes explosivos

Gelatinas acuosas o lodos

Explosivos nucleares

1.4.1.1. EXPLOSIVOS DETONANTES RP PRIMARIOS O INICIALES.

Son materiales muy peligrosos, pero desempeñan un papel sumamente importante en la utilización de los explosivos.

Dentro de este grupo de explosivos los típicos son:

El fulminato de mercurio

El estifnato de plomo

La azida de plomo

Debido a su naturaleza peligrosa, raras veces se emplean solos, siendo su principal función la de "iniciar" la detonación de explosivos menos sensibles.

Estos explosivos primarios detonan fácilmente ante la aplicación de calor o de un impacto pequeño. Se usan casi exclusivamente como agentes iniciadores de los detonadores.

1.4.1.2. EXPLOSIVOS DETONANTES SECUNDARIOS.

Estos materiales son relativamente poco sensibles al impacto mecánico y al calor, y aunque detonan fácilmente por la acción de un explosivo primario, son más potentes que éstos últimos.

Se emplean principalmente para usos militares, aunque también tienen una considerable aplicación en las operaciones de voladuras comerciales.

Si no se encuentran estrechamente "confinados", pueden arder sin detonar, pero no se puede apagar un fuego en los almacenes.

Dentro del grupo de los "explosivos detonantes secundarios" encontramos productos tales como:

La Dinamita

La Nitroglicerina

El TNT

El RDX

El PETN

Debido a su gran sensibilidad, la nitroglicerina nunca se emplea sola. Por otra parte estos explosivos generalmente son sensibles a fulminantes, esto los distingue de los "Agentes Explosivos".

1.4.1.3. EXPLOSIVOS LENTOS O PROPULSORES.

Este tipo de explosivos se emplean principalmente para la propulsión.

Suelen funcionar por combustión y no por detonación, aunque algunos propulsores son capaces de detonar.

Dentro de esta categoría encontramos los siguientes:

La pólvora negra

La pólvora sin humo

Los combustibles sólidos para cohetes

Para los explosivos lentos, el fuego constituye el mayor riesgo dentro de su manipulación y empleo.

1.4.1.4. AGENTES EXPLOSIVOS.

Casi el 90% de las voladuras que se realizan en el mundo, se generan empleando materiales que carecen de nitroglicerina.

Por definición, los "Agentes Explosivos" no contienen ingredientes clasificados como explosivos y el producto final que se prepara para su empleo, es incapaz de iniciar la detonación por la acción de un fulminante si no se encuentra "confinado".

El agente explosivo más comúnmente usado es una mezcla de un combustible y un oxidante, estos ingredientes son:

Un combustible del tipo Diesel No. 2

Un oxidante con el Nitrato Amónico

A esta fórmula se le llama:

ANFO

La adición de aproximadamente un 60% de petróleo combustible a una granulación especialmente preparada de nitrato amónico, produce un material explosivo de sorprendente eficacia. Esta combinación tiene la ventaja de un bajo costo, las características satisfactorias de sus humos y un gran índice de seguridad en comparación con las dinamitas de nitroglicerina.

Aunque la combinación no arde fácilmente, puede pasar a un estado capaz de producir una seria detonación cuando se produce un fuego bien desarrollado.

El agente explosivo ANFO tiene la desventaja de que es difícil o imposible emplearlo en condiciones muy húmedas. Se han desarrollado y empleado con éxito muchas variaciones de la fórmula básica del ANFO.

Recientemente se está empleando la adición de aluminio en polvo en ciertas formulaciones para aumentar la potencia del material.

1.4.1.5. GELATINAS ACUOSAS O LODOS.

La necesidad de realizar operaciones que exigen el empleo de explosivos resistentes al agua, o en aquellas operaciones que requieren densidades mayores de las que se puede obtener con el ANFO, ha conducido al desarrollo de una clase de agentes explosivos conocida como:

GELATINAS ACUOSAS O LODOS

El nitrato amónico suele ser el oxidante básico de este tipo explosivos y puede sensibilizarse por medio de una gran variedad de materiales, el más común es el:

ALUMINIO

en sus presentaciones de polvo, escamas o en forma de pintura, puede lograr que la combinación adquiera gran sensibilidad a la acción del fulminato, por lo que se clasifica a las gelatinas como: Explosivos Detonantes.

Las gelatinas acuosas no están consideradas dentro del grupo de Agentes Explosivos.

Las gelatinas acuosas son bastante más caras que el ANFO, pero sus características de seguridad son en general bastante buenas.

1.4.1.6. EXPLOSIVOS NUCLEARES.

Los explosivos nucleares no están considerados entre los explosivos comerciales, pero se citan porque poseen un gran potencial. La naturaleza peligrosa de las reacciones nucleares y el costo de los materiales empleados hacen dudar de la posibilidad de que éste tipo de explosivo entre en el mercado en un futuro próximo.

1.5 CLASIFICACION DE LOS EXPLOSIVOS.

En Estados Unidos de Norteamérica, el Departamento de Transportes (DOT), divide a los materiales explosivos en tres clases.

La industria ha aceptado este sistema de clasificación, ya que corresponde con gran aproximación a sus riesgos de manipulación, almacenamiento y transporte.

La siguiente clasificación de éstos materiales explosivos, se asigna en base a un orden descendente de sensibilidad.

1.5.1. EXPLOSIVO CLASE A.

Son aquellos materiales explosivos que poseen los máximos peligros de detonación y de cualquier tipo, se incluye entre éstos:

La dinamita

La nitroglicerina insensibilizada

La azida de plomo

El fulminato de mercurio

La pólvora negra

Los fulminantes

Las cápsulas detonantes

Cierto tipo de propulsores sin humo

1.5.2. EXPLOSIVOS CLASE B.

Estos explosivos presentan un gran riesgo de inflamabilidad. Se incluye en este grupo a la mayor parte de los materiales propulsores. Se consideran menos peligrosos que los explosivos de la clase A.

1.5.3. EXPLOSIVOS CLASE C.

Los explosivos de esta clase, incluyen artículos manufacturados que contienen cantidades limitadas de explosivos de las clases A ó B.

Entre estos materiales figuran:

Las mechas de detonación

Los remaches explosivos

Los explosivos clase C, normalmente no detonan en masa en caso de incendio.

1.5.4. AGENTES EXPLOSIVOS.

Aunque se reconocen los peligros de éstos, no se han incluido en el sistema de clasificación.

Generalmente se consideran más seguros que los explosivos de las clases A, B ó C, sin embargo si se inician en forma adecuada, pueden funcionar del mismo modo que los explosivos clase A.

Generalmente, los agentes explosivos entran en combinación sin pasar a una reacción detonante.

CAPITULO 2. PROCESO DE FABRICACION DE LOS EXPLOSIVOS.

La Ingeniería de Seguridad afirma que muchos de los accidentes son evitables, un mal diseño puede causar o contribuir a accidentes y lesiones.

Encontrar datos de errores en los sistemas de fabricación, transporte y almacenamiento de los explosivos, es una fértil fuente de información para prevenir fallas en el diseño y operación del Sistema hombre-máquina-producto. (Referencias 14, 18, 22, 23 y 38; Bibliografía).

Dicho sistema debe ser eficiente y seguro, por lo que ésta aplicación es compatible y suplementa los enfoques de la Ingeniería Industrial.

Es por ésta razón que se han utilizado en éste trabajo, técnicas de Ingeniería Industrial para el análisis y búsqueda de actividades inseguras y/o riesgosas así como las recomendaciones necesarias.

Figuras como los Cursogramas Sinópticos, los Diagramas de Bloques y los de Balance de Materiales, constituyen herramientas muy básicas pero muy poderosas para el estudio cuidadoso de cada actividad, los riesgos que éstas involucran y que se definen más adelante en el capítulo IV.

El Cursograma Sinóptico o Gráfico de Proceso provee una descripción sistemática de un proceso o ciclo de trabajo, con suficiente detalle como para desarrollar mejoras de métodos. (Referencias 18 y 22, Bibliografía).

El Diagrama de Bloques nos representa de una forma más general todas las actividades que se desarrollan dentro de un proceso.

El gráfico de Balance de Materiales nos permite verificar con precisión que insumos, residuos y salidas de materiales, tenemos en un proceso y en que proporción participan dentro del mismo.

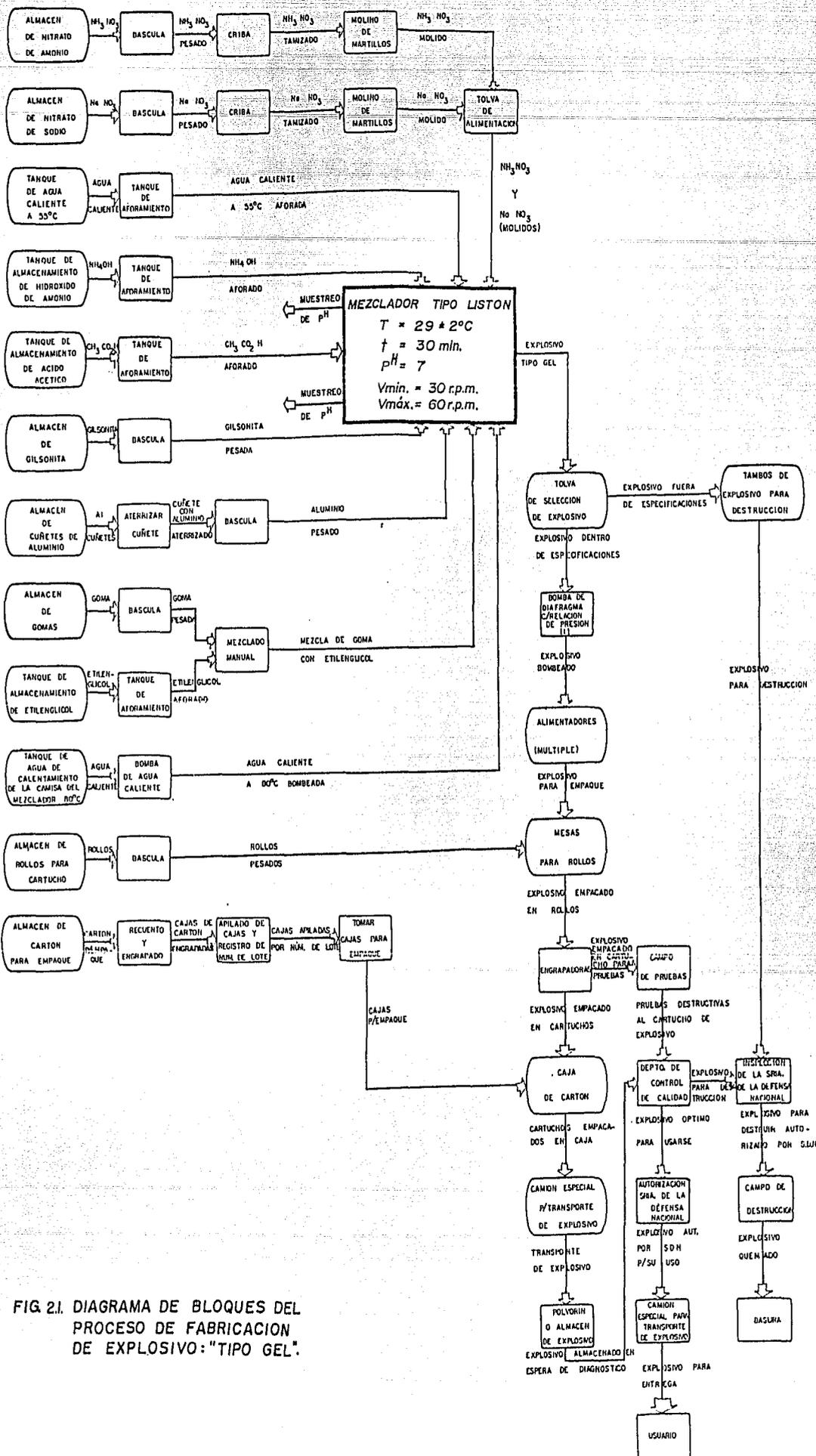
Si a lo anterior sumamos el análisis de las propiedades físico - químicas de las materias primas y del producto terminado definidas más adelante en el capítulo III, se puede tener un nivel de confianza aceptable en las recomendaciones de seguridad emitidas.

2.1 PROCESO DE FABRICACION DE LOS EXPLOSIVOS TIPO GEL.

El explosivo tipo gel tiene una presentación en forma de cartuchos, parecidos a las salchichas (embutidos de plástico).

Está compuesto por una masa gelatinosa integrada por ingredientes tales como: agua, nitrato de amonio, aluminio, nitrato de sodio, gomas, ácidos y bases.

En el Diagrama de Bloques figura 2.1, se representa el proceso de fabricación del explosivo tipo gel y nos establece: el material requere-



rido, máquinas y herramental necesario, secuencia de operaciones y los puntos de control necesarios para inspección o comprobación.

También el Cursograma Sinóptico figura 2.1.1 de dicho proceso, presenta la secuencia de las operaciones de fabricación, en este gráfico a las operaciones ya se les ha identificado por un número.

Sin embargo en la figura 2.1.2 denominada Balance de Materiales para la producción del explosivo tipo gel, es donde encontramos una síntesis significativa. Es en la operación de mezclado en donde convergen todos los componentes para la fabricación del explosivo y en donde podemos visualizar el balance de materiales.

2.2 PROCESO DE FABRICACION DE EXPLOSIVOS TIPO SALES DE NITRATO.

El explosivo tipo sales de nitrato, tiene una presentación en bolsas semejante a la del alimento para animales domésticos.

Está compuesto por dos ingredientes: el nitrato de amonio y el diesel.

En el Diagrama de Bloques de la figura 2.2, se representa el proceso de fabricación del explosivo tipo sales de nitrato y aquí al igual que en el caso del explosivo tipo gel, nos establece: el material requerido, máquinas y herramental necesario, secuencia de operaciones y puntos de control necesarios para la inspección o comprobación.

Aquí del mismo modo que en el caso del explosivo tipo gel, el Cursograma Sinóptico de la figura 2.2.1 presenta el proceso de fabricación del explosivo tipo sales de nitrato y la secuencia de operaciones de dicho proceso, en este gráfico a cada una de éstas se les ha identificado por un número.

Como se puede apreciar es en la figura 2.2.2 denominada Balance de Materiales para la producción del explosivo tipo sales de nitrato, donde encontramos una síntesis significativa. Es en la operación de mezclado en donde convergen todos los materiales y en donde podemos visualizar el balance de los mismos.

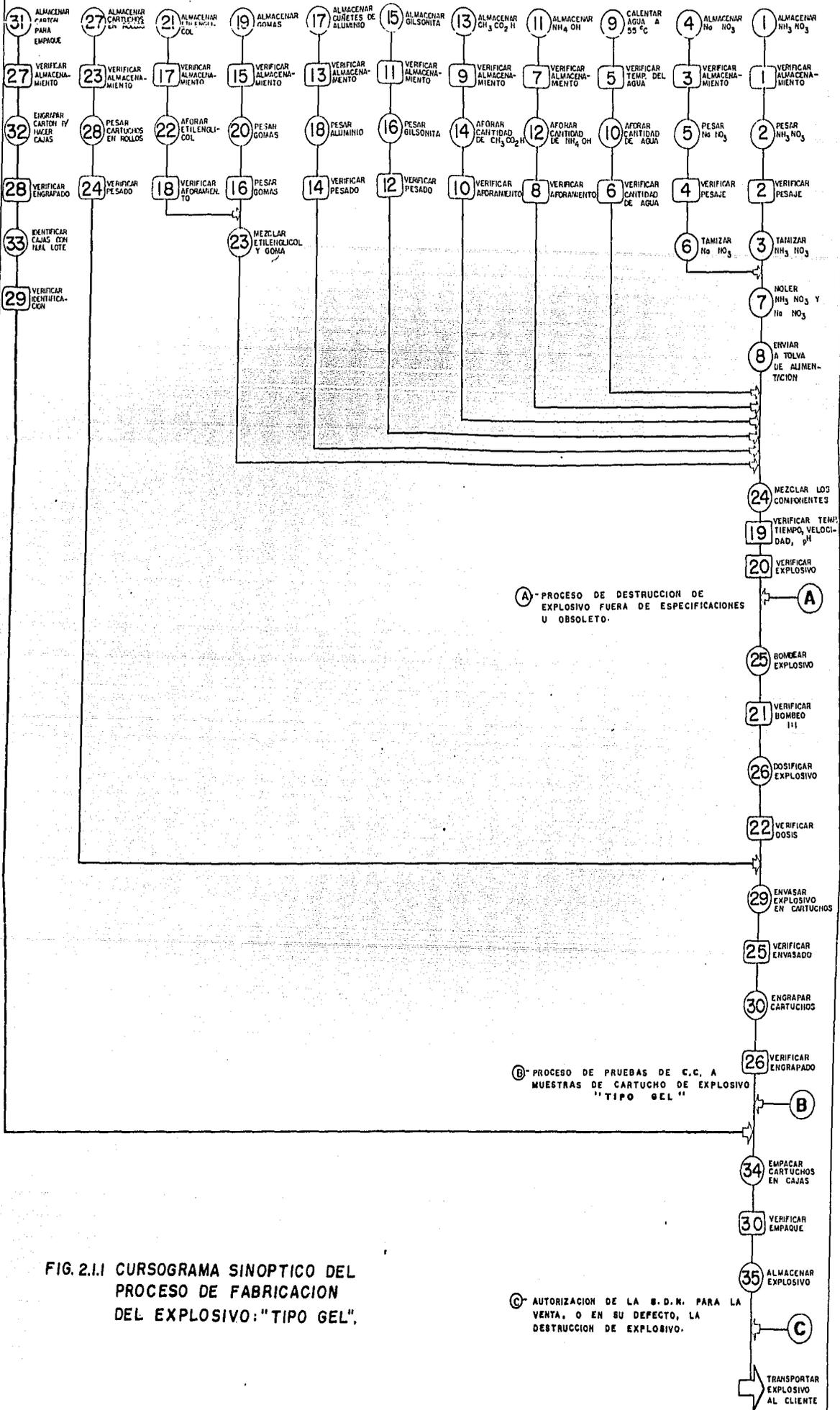


FIG. 2.1.1 CURSOGRAMA SINOPTICO DEL PROCESO DE FABRICACION DEL EXPLOSIVO: "TIPO GEL".

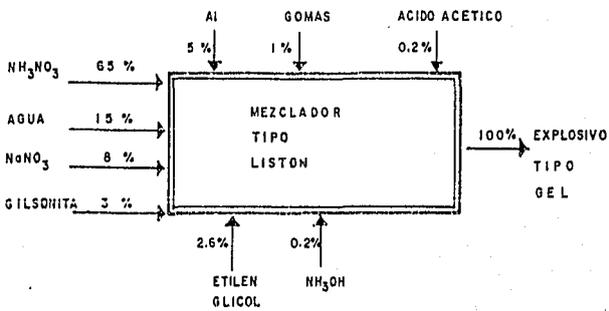


FIG.21.2. BALANCE DE MATERIALES PARA LA PRODUCCION DE EXPLOSIVOS, "TIPO GEL."

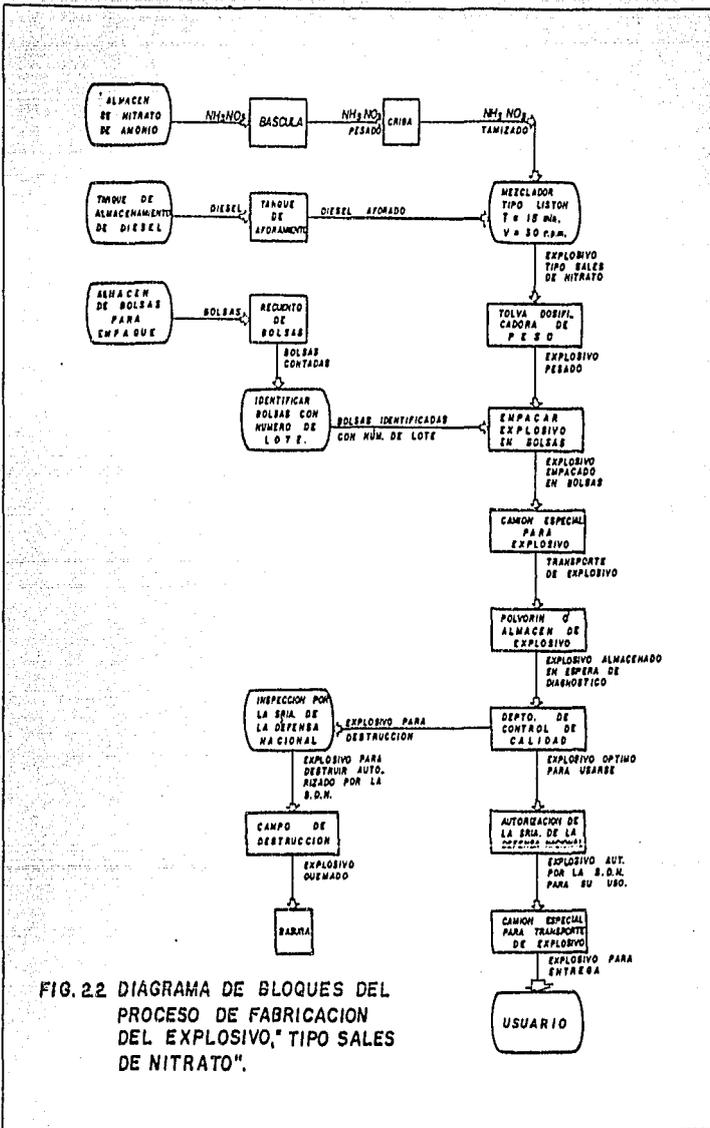


FIG. 2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE FABRICACION DEL EXPLOSIVO, TIPO SALES DE NITRATO".

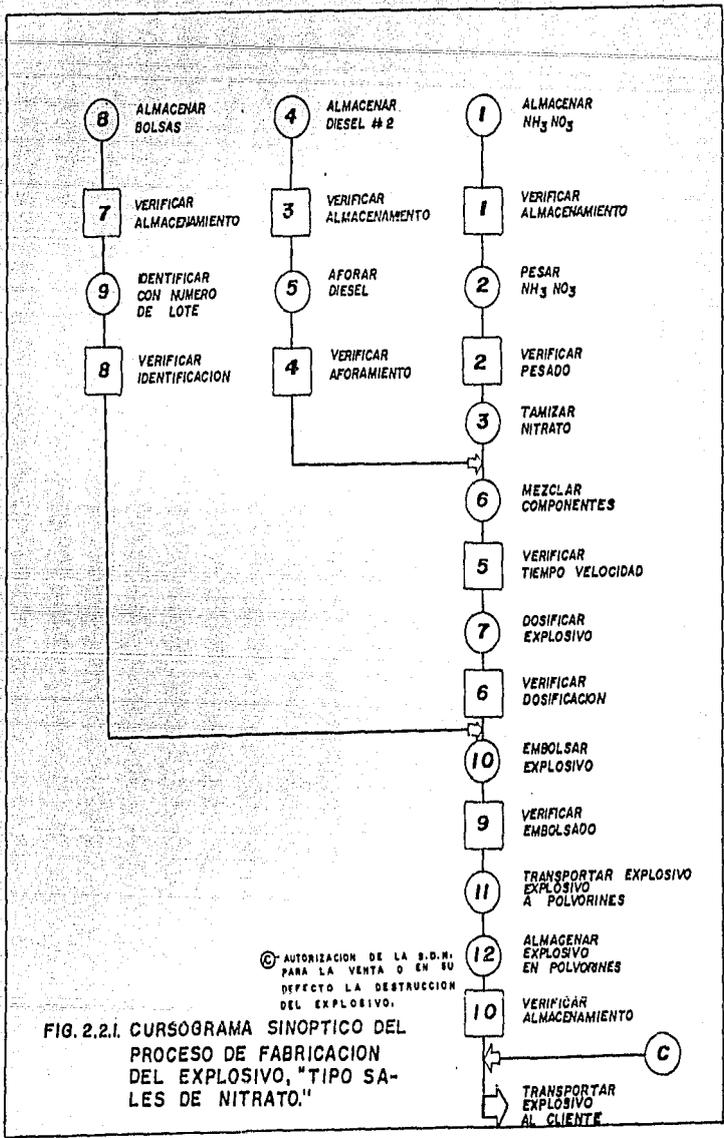


FIG. 2.2.I. CURSOGRAMA SINOPTICO DEL PROCESO DE FABRICACION DEL EXPLOSIVO, "TIPO SALES DE NITRATO."



FIG.2.2.2. BALANCE DE MATERIALES PARA LA PRODUCCION DE EXPLOSIVOS, "TIPO SALES DE NITRATO".

CAPITULO 3. CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS.

3.1 CARACTERISTICAS FISICO QUIMICAS DE LA MATERIA PRIMA.

Con el objeto de determinar los riesgos que representa la fabricación de los explosivos tipos gel y sales de nitrato, es necesario conocer las propiedades físico-químicas de las materias primas que los componen.

Por ejemplo el explosivo tipo gel usa los siguientes componentes: Nitrato de amonio, nitrato de sodio, agua caliente, hidróxido de amonio, ácido acético, gilsonita, aluminio, goma guar y etilenglicol.

Para el caso del explosivo tipo sales de nitrato, se utilizan los siguientes ingredientes: Nitrato de amonio y diesel.

De acuerdo a lo anterior, a continuación se presentan las características físico-químicas de las materias primas mencionadas. (Referencias 3, 29 y 30, Bibliografía)

3.1.1 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL NITRATO DE AMONIO.

El nitrato de amonio es un polvo cristalino de color variable que va desde el casi blanco al pardo. Es el único explosivo inorgánico importante entre los de alta potencia.

Generalmente no detona por el calor o la fricción, pero puede hacerse explotar con la detonación de un estopín o un pequeño recipiente a presión como es el caso de los envases tipo aerosol.

No es inflamable a temperatura ambiente 21°C, pero es un fuerte oxidante que aumenta la intensidad y la propagación de la combustión de cualquier material inflamable que esté mezclado con él o contiguo; por lo que los incendios grandes de nitrato de amonio, lo transforman en un explosivo.

El nitrato de amonio es un polvo higroscópico, por lo tanto debe ser envasado o almacenado en envases o áreas a prueba de humedad.

Cuando está confinado y sometido a una cierta presión mínima de gas, su sensibilidad al choque aumenta con la temperatura.

Esta Prueba de Choque consiste en que la caída mínima de un peso de 2 Kg, puede producir por lo menos una explosión en 10 intentos:

Temperatura °C	25	75	100	150	175*
Prueba de Choque (pulg)	31	28	27	27	12

* Fundido

La producción de calor y de gas generados por la explosión de nitrato de amonio es de: 346 Cal/g y 980 ml/g respectivamente.

He aquí algunas otras de sus características:

Fórmula: $\text{NH}_4 \text{NO}_3$
Peso molecular: 80.05
Peso específico: 1.725 a 15°C
Punto de fusión: 169 °C
Solubilidad en agua: 118 g/100 ml a 0°C
Solubilidad en alcohol: 3.8 g/100 ml a 20°C

La velocidad de detonación del nitrato de amonio varía entre 1100 y 2700 m/seg según el tamaño de las partículas, densidad aparente, grado de confinamiento y eficiencia de la carga iniciadora.

Otras propiedades:

Humedad: 0.10 %
Densidad: 730 g/l
Absorción de diesel: 5.5
Punto de Inflamación: 450°C
Nitrógeno Amoniacal: 16.8 %
Nitrógeno total: 33.5 %

Granulometría

Malla:	+4	+5	+6	+7	+10	+12	+20	-20
Porcentaje %	2.5	11	25	47	7.5	3	3.5	0.5

3.1.2 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL NITRATO DE SODIO.

El nitrato de sodio es un polvo blanco bastante higroscópico.

A continuación se presentan algunas de sus propiedades:

Fórmula: NaNO_3
Peso específico: 2.257 a 15°C
Punto de fusión: 307.5°C
Peso molecular: 85.01
Solubilidad en agua: 73 g/100 ml a 0°C
Solubilidad en agua caliente: 180 g/100 ml a 100°C
Punto de Inflamación: -----

3.1.3 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL ALUMINIO.

El aluminio es un combustible muy peligroso que posee una enorme afinidad con el oxígeno, por lo que cualquier descarga de electricidad estática, producirá una chispa eléctrica que llevará al aluminio a su punto de inflamación que es de 600°C y provocará una explosión. Además presenta una característica exotérmica cuando es mezclado con

agua que también puede provocar una explosión.

Fórmula:	Al
Peso molecular:	26.97
Peso específico:	2.702 a 15°C
Punto de fusión:	660°C
Punto de inflamación:	600°C

3.1.4 CARACTERISITICAS FISICO-QUIMICAS DEL ETILENGLICOL.

El etilenglicol es una substancia que al mezclarse con agua se utiliza como salmuera para evitar que el agua se congele a temperaturas inferiores a los 0°C.

Llamado simplemente glicol es el más sencillo de los polioles, es un líquido incoloro, viscoso, de sabor dulce y comunmente usado como anticongelante.

Fórmula:	OH - CH2 - CH2 - OH
Punto de ebullición:	197.9°C
Punto de Inflamación:	111.1°C
Temperatura de Ignición:	412.7°C

Como alcohol reacciona con ácidos para formar ésteres. Es soluble en agua y alcohol y poco soluble en éter. Es higroscópico.

Propiedades del etilenglicol como salmuera:

Solución en peso:	25 %
Densidad:	1.036 g/cc
Viscosidad:	3.7 centipoises
Punto de congelación:	-10.6°C
Punto de ebullición:	102.8°C

3.1.5 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL HIDROXIDO DE AMONIO.

Fórmula:	NH4 OH
Peso molecular:	35.05
Soluble:	En agua fría

3.1.6 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL ACIDO ACETICO.

Fórmula:	CH3 CO2 H
Peso molecular:	60.05
Peso específico:	1.049 a 15°C
Punto de fusión:	16.7°C
Punto de inflamación:	42.7°C
Nivel máximo permisible:	10 ppm y 25 mg/m ³ (Concentración como contaminante)

3.1.7 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL DIESEL No. 2.

Punto de inflamación:	51.5°C
-----------------------	--------

Temperatura de ignición: 256.6°C
 Agua y sedimentos por volumen: 1.10 %
 Viscosidad máxima: 5.8 centistokes
 45 segundos saybolt a 37°C

3.1.8 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL AGUA.

Fórmula: H₂O
 Peso molecular: 18.06
 Peso específico: 1 a 15°C
 Punto de fusión: 0°C
 Punto de ebullición: 100°C a 1 Atmósfera

Como sabemos, el agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido y es la substancia de mayor capacidad calorífica, con excepción del hidrógeno.

Sirve de referencia para definir muchas constantes físicas, por ejemplo los puntos 0 y 100 del termómetro, la densidad, el calor específico, etc.

Químicamente es un compuesto muy estable. Actúa sobre los metales y los óxidos produciendo hidróxidos.

Con los anhídridos genera ácidos y con las sales forma hidratos.

3.1.9 CARACTERISITICAS FISICO-QUIMICAS DE LA GOMA GUAR.

Es un polvo prácticamente inodoro, de color blanco a blanco amarillento. Se disuelve con agua caliente o fría formando una solución que tiene un pH de 5.4 a 7.0, la cual se puede convertir en gel por la adición de pequeñas cantidades de borato de sodio.

La goma guar consiste principalmente de un polisacárido hidrocoloidal, compuesto de unidades de galactosa y manosa combinadas a través de enlaces glucosídicos.

Apariencia: Polvo fino
 Color: Blanco o ligeramente amarillo
 Sabor: Insípido
 Olor: Inodoro
 Viscosidad: De 2200 a 2500 cps (En sol. al 1%)
 pH: De 5.4 a 7.0 (En sol. al 1%)
 Mínima energía requerida . . .
 para ignición: 30 milijoules (0.030 Watts/s)
 Máxima presión de explosión: 6.46 Atmósferas
 Mín. concentración explosiva: 0.03 g/cm³
 Temperatura de Ignición: 360°C

3.1.10 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LA GILSONITA.

Es una substancia producto de la molienda de la roca volcánica y se comporta como un material combustible.

Es un polvo negro y volátil cuya granulometría está definida por una malla del número 30 (500 micras).

Mínima energía requerida . .
para ignición: 25 milijoules (0.025 Watts/s)
Máxima presión de explosión: 6.12 Atmósferas
Mín. concentración explosiva: 0.02 g/cm³
Temperatura de ignición: 560°C

3.2 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL PRODUCTO TERMINADO.

Como se ha mencionado anteriormente el presente trabajo analiza los riesgos en la fabricación, manejo y almacenamiento de dos tipos de explosivos: el explosivo tipo gel y el explosivo tipo sales de nitrato.

Cada explosivo presenta diferentes características según sean las necesidades del usuario de acuerdo a:

- 1) Diseño de voladuras por medio de programas computarizados.
- 2) Costos de barrenación, explosivos y accesorios.
- 3) Características de la roca (Módulo de elasticidad, coeficiente de poisson, etc.)
- 4) Parámetros geométricos (Altura del banco, diámetro del barrenado, bordo, espaciamiento, taco, etc.).
- 5) Voladuras controladas, que reduzcan las vibraciones de niveles riesgosos, pronostiquen resultados de fragmentación de la roca y permitan conocer la velocidad y energía utilizada en la explosión.

A continuación aparecen algunas características físico-químicas de los explosivos considerados como producto terminado.

3.2.1 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL EXPLOSIVO TIPO GEL.

Tiempo de vida: De 10 a 12 meses (A temperatura ambiente)
Sensitividad: Menor a 1°C
Claro: Igual o menor a su diámetro
Sensibilidad: Positiva a cápsula No. 6
Velocidad de detonación: De 3200 a 3500 m/s
Densidad del cartucho: De 1.16 a 1.2 g/cc
Densidad de la gelatina: 1.04 + - 0.02 g/cc
Balance de oxígeno: 0.28 g/100 g

3.2.2 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL EXPLOSIVO TIPO SALES DE NITRATO.

Densidad por gravedad: 0.75
Densidad confinada: 0.78 a 0.83
Velocidad de detonación: De 2200 2380 m/s
Balance de oxígeno: 2.77 g/100 g
Olor: inoloro

CAPITULO 4 ANALISIS DE OPERACIONES, EVALUACION DE LOS RIESGOS GENERADOS POR ESTAS ASI COMO LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD RECOMENDADAS.

4.1 ANALISIS DE OPERACIONES Y EVALUACION DE LOS RIESGOS GENERADOS POR ESTAS, ASI COMO LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD RECOMENDADAS DURANTE LA FABRICACION DE EXPLOSIVOS TIPO GEL.

Si observamos con cuidado el Diagrama de Bloques de la figura 2.1 y muy en especial el Cursograma Sinóptico de la figura 2.1.1, encontraremos registradas 35 operaciones que describen el proceso de fabricación del explosivo tipo gel.

De estas 35 operaciones vamos a encontrar algunas de alto riesgo y otras con riesgos menores.

Algunas de las operaciones pueden causar la muerte de una y hasta varias personas, mientras que otras pueden provocar desde una intoxicación hasta una invalidez parcial o total ya sea de tipo individual o colectiva.

A continuación analizaremos cada una de las actividades o en su caso un grupo de operaciones análogas, para poder evaluar su tipo de riesgo y las medidas de seguridad propuestas.

OPERACION No. 1 ALMACENAR NITRATO DE AMONIO.

Como se indicó en el capítulo anterior en el punto 3.1.1, el nitrato de amonio es un polvo cristalino de color variable que va desde el casi blanco al pardo.

Generalmente no detona por el calor o la fricción, pero puede hacerse detonar con un iniciador como es el caso de un estopín o un pequeño recipiente tipo aerosol.

No es muy inflamable a temperaturas atmosféricas, pero los incendios por grandes cantidades de nitrato de amonio lo convierten en un peligroso explosivo.

Tomando en consideración lo expuesto anteriormente, cuando sea almacenado deberán cumplirse los requisitos de Cantidad y Distancia establecidas por la Secretaría de la Defensa Nacional.

A continuación aparece en la página No.32 la tabla 4.1, que determina las distancias y volumen recomendados para almacenar Nitrato Amónico, de acuerdo a normas que utilizan el Ejército de los Estados Unidos de Norteamérica y el Ejército del Reino Unido.

De acuerdo a lo antes expuesto en la operación de almacenamiento de Nitrato de Amonio, se debe tener como medida de seguridad el que sea

TABLA 4.1

TABLA DE DISTANCIAS RECOMENDADAS PARA ALMACENES DE NITRATO AMONICO Y AGENTES EXPLOSIVOS RESPECTO A EXPLOSIVOS O AGENTES EXPLOSIVOS

Peso del Donante		Distancia mínima del receptor si está provisto de barreras.		Espesor mínimo de la barrera artificial.
En libras	En libras	(Pies)		
Más de	No más de	NH4 NO3	Agentes Explosivos	(Pulgadas)
	100	3	11	12
100	300	4	14	12
300	600	5	18	12
600	1,000	6	22	12
1,000	1,600	7	25	12
1,600	2,000	8	29	12
2,000	3,000	9	32	15
3,000	4,000	10	36	15
4,000	6,000	11	40	15
6,000	8,000	12	43	20
8,000	10,000	13	47	20
10,000	12,000	14	50	20
12,000	16,000	15	54	25
16,000	20,000	16	58	25
20,000	25,000	18	65	25
25,000	30,000	19	68	30
30,000	35,000	20	72	30
35,000	40,000	21	76	30
40,000	45,000	22	79	35
45,000	50,000	23	83	35
50,000	55,000	24	86	35
55,000	60,000	25	90	35
60,000	70,000	26	94	40
70,000	80,000	28	101	40
80,000	90,000	30	108	40
90,000	100,000	32	115	40
100,000	120,000	34	122	50
120,000	140,000	37	133	50
140,000	160,000	40	144	50
160,000	180,000	44	158	50
180,000	200,000	48	173	50
200,000	220,000	52	187	60
220,000	250,000	56	202	60
250,000	275,000	60	216	60
275,000	300,000	64	230	60

ALGUNAS NOTAS RELACIONADAS CON LA TABLA 4.1.

Nota 1.- Distancia recomendada para impedir las explosiones de nitrato amónico y de agentes explosivos con base de nitrato amónico, por propagación de depósitos cercanos a explosivos detonantes o agentes explosivos que en la tabla se denominan donantes. El nitrato amónico, per se, no se considera donante para la aplicación de esta tabla. El nitrato amónico y las combinaciones de nitrato amónico y petróleo combustible se consideran receptores. Si los depósitos de nitrato amónico están situados dentro de la distancia de detonación por afinidad de otros explosivos o agentes explosivos se debe sumar a la masa del donante la mitad de la masa del nitrato amónico. Estas distancias son aplicables solamente a la separación de los almacenes. Para determinar las distancias respecto a los edificios habitados, ferrocarriles de pasajeros y carreteras públicas, debe emplearse la Tabla 4.2 página 51 "Tabla Americana de Distancias". (Referencia 37, Bibliografía).

Nota 2.- Si los depósitos de nitrato amónico y/o agentes explosivos no estuvieran provistos de barreras, las distancias indicadas en la tabla deberán multiplicarse por seis. Estas distancias tienen en cuenta la protección contra fragmentos despedidos a alta velocidad procedentes de mezcladoras, tolvas, carrocerías de camiones, estructuras de metal laminado, recipientes de metal, etc., que pudieran contener al donante. Si el almacenamiento se realiza en polvorines a prueba de balas que se recomiendan para para la conservación de explosivos o si estuviera protegido por una pared blindada, no será necesario aplicar distanciamientos ni espesores de barreras superiores a los descritos en la Tabla 4.2 página 51. (Referencia 38, Bibliografía).

Nota 3.- Las distancias dadas en la tabla son aplicables al nitrato amónico que pasa las pruebas de insensibilidad prescritas en la definición de fertilizantes de nitrato amónico promulgada por el Instituto Nacional de Alimentos Vegetales (National Plant Food Institute). (Referencia 7, Bibliografía). El nitrato amónico que no supere dicha prueba debe almacenarse con distanciamientos determinados por personas competentes y aprobados por la autoridad que tenga la jurisdicción.

Nota 4.- Estas distancias son aplicables a los nitratos nitrocarbónicos y agentes explosivos que cumplan con la prueba de insensibilidad de los reglamentos del Departamento de Transporte de los EE. UU. (DOT). (Referencia 5, Bibliografía).

Nota 5.- Se consideran barreras artificiales los diques de tierra o arena con espesor mínimo prescrito. Se consideran aceptables las naturales, tales como colinas o bosques con la densidad necesaria para que las instalaciones circundantes que requieran protección no puedan verse desde del emplazamiento del donante estando los árboles desnudos de hojas.

Nota 6.- En los casos en que deba contarse el nitrato amónico para la determinación de las distancias a mantener respecto a los edificios habitados, los ferrocarriles de pasajeros y carreteras públicas, puede contarse solamente la mitad de su peso real, debido a que su potencia expansiva es menor.

guardado en un área específica para oxidantes y por ningún motivo mezclarlo con materiales combustibles.

Si la recomendación anterior no es respetada, se corre el riesgo de que al ser mezclado el nitrato de amonio con materiales combustibles y además al combinarlo con fuego o calor, se desencadene un incendio o una explosión.

OPERACIONES Nos. 2 y 3 PESADO Y TAMIZADO DE NITRATO DE AMONIO.

En todas las fases de producción en que intervenga el nitrato de amonio, debemos considerar que existe el riesgo de una explosión.

Puesto que durante el desarrollo de las operaciones de pesado y tamizado no existe la posibilidad de encontrar material combustible y calor, el riesgo se reduce al cuidado de la salud del personal.

Como medida de seguridad, el personal deberá usar equipo de seguridad personal como es el caso de fajillas, guantes, filtros para nariz y boca, lentes de seguridad, así como el equipo necesario para el manejo de materiales como son carretillas y transportadores.

Para el caso de la operación de tamizado del nitrato de amonio, se deberá contar con una malla construida con varilla redonda de 3.175 mm de acero inoxidable y espaciada en un 6.35 mm con el objeto de evitar la introducción de algún objeto metálico que pueda mezclarse con el material mencionado.

OPERACION No. 4 ALMACENAMIENTO DE NITRATO DE SODIO.

Puesto que el nitrato de sodio es un material oxidante e higroscópico puede guardarse a granel o en sacos, pero en almacenes bien construidos y a prueba de humedad y de incendio. Además no deberá almacenarse con otros materiales combustibles.

Cuando se almacena solo, sus riesgos no son apreciables, pero en combinación con material inflamable el riesgo de incendio es enorme.

Los incendios de pilas de costales de nitrato de sodio producidos por los intentos de desmenuzarlo a golpes, son difíciles de extinguir.

Debido a las altas temperaturas que desarrolla durante un incendio, el nitrato de sodio y el agua utilizada para extinguirlo han ocasionado severas explosiones de vapor.

El nitrato de sodio al arder produce también humos tóxicos cuya inhalación puede ser de fatales consecuencias.

El personal encargado de combatir incendios de este tipo de material, deberá estar protegido con equipo de seguridad personal para combate de incendios, en especial equipo de respiración autónoma.

OPERACION No. 5 PESADO DEL NITRATO DE SODIO.

En esta operación insistiremos en el uso de equipo de seguridad personal y sobre todo, en la recomendación de "no desmenuzar a golpes" al nitrato de sodio que viene contenido en sacos, de esta forma se evitará un posible incendio que posteriormente será difícil de extinguir.

OPERACION No. 6 TAMIZADO DEL NITRATO DE SODIO.

Como se mencionó en las operaciones 2 y 3, se deberá usar equipo de seguridad personal y la malla de acero inoxidable misma que se utilizó para el cernido del nitrato de amonio.

OPERACION No. 7 MOLIENDA DE NITRATO DE AMONIO CON EL NITRATO DE SODIO.

En ésta operación existe un riesgo de incendio si se llega a producir una chispa, o con la flama de un fósforo o un cigarrillo, o cualquier otra fuente de calor dentro del molino.

Como medidas de seguridad podemos afirmar que en esta operación se deberá contar con un "sistema de diluvio" instalado dentro del mismo molino, para ser usado en caso de incendio.

La instalación eléctrica deberá ser a prueba de polvos explosivos clase II, grupos E, F o G como lo marca la norma estadounidense NEMA 9 (National Electric Manufacturers Association) o como lo definen las Normas Técnicas Nacionales para Instalaciones Eléctricas de la S.P y F.I. en el Código Nacional Eléctrico Clase I, División II. (Referencias 8,25,26 y 27, Bibliografía).

Finalmente la malla deberá ser inspeccionada de manera que no esté averiada y deberá ser lavada al iniciar y finalizar cada turno.

OPERACION No. 8 ENVIAR A TOLVA DE ALIMENTACION.

Aunque esta operación se realiza dentro del ducto de conducción de los nitratos de amonio y sodio molidos, se debe prever siempre la posibilidad de acceso de alguna chispa, partícula metálica, la flama producida por un fósforo o un cigarrillo o cualquier otra fuente de ignición o calor.

Por lo anterior es recomendable como medida de seguridad, verificar que el ducto esté bien sellado con silicón y limpio al finalizar cada turno.

Una verificación análoga a la anterior deberá realizarse cuando se ha terminado de soldar o dar mantenimiento a dicho ducto.

OPERACION No. 9 CALENTAR AGUA A 55°C.

Durante esta operación con el objeto de evitar un sobrecalentamiento en la mezcla de nitratos y demás componentes, se deberá medir y controlar la temperatura del agua antes de enviarla al mezclador.

Como medida de seguridad se deberá contar con válvulas de control (válvula termostática automática con capilar de glicerina) en el sistema de calentamiento del agua.

Por otro lado las calderas como los intercambiadores de calor representan un riesgo de explosión ya que se comportan como recipientes sujetos a presión.

Por tanto como medida de seguridad, debemos cerciorarnos de que estos recipientes se sujeten periódicamente a pruebas de tipo hidrostático y de funcionamiento, de acuerdo a lo estipulado por el "Reglamento para la Inspección de Generadores de Vapor y Recipientes sujetos a Presión" así como las fracciones IV y V del artículo III de la Ley Federal del Trabajo. (Referencias 20 y 35, Bibliografía).

OPERACION No. 10 AFORADO DEL AGUA.

Esta operación no presenta ningún riesgo, con la excepción de una probable ruptura en el nivel de cristal del tanque de aforamiento lo que ocasionaría el derrame del agua caliente y pedazos de cristal que podrían quemar o cortar al operador.

Para evitar este riesgo, es recomendable como medida de seguridad la instalación de una media caña de acero inoxidable que proteja al cristal del nivel así como sus válvulas de corte y/o reemplazar el nivel de cristal por otro de material plástico.

OPERACIONES Nos. 11 y 12 ALMACENAMIENTO Y AFORAMIENTO DEL HIDROXIDO DE AMONIO.

El almacenamiento del hidróxido de amonio debe mantenerse en sus envases comerciales de embarque o frascos de vidrio.

El riesgo consiste en que el hidróxido de amonio puede provocar asfixia si es respirado en gran cantidad. Para contrarrestar este riesgo se deberán usar mascarillas para humos amoniacales, además como se ha mencionado anteriormente se deberán usar lentes de seguridad, guantes y fajillas.

OPERACIONES Nos. 13 y 14 ALMACENAMIENTO Y AFORAMIENTO DE ACIDO ACETICO.

Durante el almacenamiento y aforamiento del Acido Acético así como

cualquier otro ácido, se deberán observar las siguientes precauciones:

- a) Debido al riesgo de que los envases de cristal se rompan a causa de cambios bruscos de temperatura, los garrafones que contengan ácido acético no deberán almacenarse expuestos a los rayos del sol.
Al recibirse un nuevo embarque de garrafones los tapones deben ser aflojados con el objeto de despresurizarlos.
Si están llenos se sacará de cada uno un 50% de su contenido para permitir la expansión de gases que se genere dentro de los garrafones.
- b) Los ácidos no deben almacenarse en locales de madera, a fin de evitar incendios y la dilución que causan los ácidos a la materia orgánica.
- c) Los almacenes donde se conserve o maneje el ácido, deberán estar limpios y libres de desechos.
Además deberán existir cubos con agua limpia y soluciones neutralizantes, que permitan quitarse rápida y fácilmente el ácido de las manos, cara u otras partes del cuerpo de los operarios. Una regadera de emergencia y un lavajojos son necesarios.
- d) En lugares confinados donde los humos del ácido tienen un efecto tóxico, corrosivo y asfixiante, se tendrán a la mano anteojos y mascarillas así como personal entrenado para su portación y uso.
- e) Además de todo lo anterior, aquellas áreas dentro de las cuales se almacenen o usen ácidos, deberán tener el siguiente equipo y material neutralizante disponible:
 - 1).- Equipo lavajojos y regadera de emergencia.
 - 2).- Solución de Bicarbonato de Sodio al 10% para lavar la piel contra quemaduras por ácido.
 - 3.- Para lavar el ácido de los pisos o equipo en donde sea requerido, una solución de soda-ash al 10 ó 20 %.

OPERACIONES 15 y 16 ALMACENAMIENTO Y PESADO DE LA GILSONITA.

Como ya se ha mencionado, la gilsonita es un polvo obtenido de la molienda de la piedra volcánica y se comporta como material combustible por lo tanto no debe almacenarse con materiales oxidantes como son los nitratos de amonio y de sodio con el objeto de evitar una posible explosión.

Para evitar daños a los ojos, piel y vías respiratorias producidos por este polvo negro y volátil, se recomienda el uso de:

- Lentes de Seguridad

- Filtros para boca y nariz
- Fajillas para evitar hernias producidas al levantar porrones cuyo peso es superior a los 20 kgs.

OPERACION No. 17 ALMACENAMIENTO DE CURETES DE ALUMINIO.

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, el Aluminio es un combustible muy peligroso que posee una enorme afinidad con el oxígeno, por lo que cualquier tipo de descarga eléctrica, la electricidad estática inclusive producirá una chispa, que llevará al aluminio a su punto de inflamación que es de 600°C y provocará una explosión.

El aluminio por lo tanto no deberá almacenarse cerca de compuestos oxidantes como son:

- El Nitrato de Amonio y
- El Nitrato de Sodio

Por otra parte en caso de que se genere un incendio con aluminio, no se deberá usar agua para extinguirlo ya que producirá una explosión.

A continuación se presentan algunas medidas de seguridad para el manejo del Aluminio:

- El aluminio en polvo o en escamas deberá ser almacenado en recipientes perfectamente sellados y cerrados.
- El almacenaje deberá ser en cuartos cuya construcción sea resistente al fuego o de materiales no inflamables.
- Debido a las diferencias en los métodos de prevención de incendios, el aluminio no deberá ser almacenado con otros materiales combustibles o inflamables.
- La colocación de los recipientes de aluminio deberá permitir que exista suficiente espacio en los pasillos.
- Todo alambrado eléctrico debe estar protegido de manera análoga a las operaciones 2 y 3, con tubería y conexiones a prueba de explosión, según la norma estadounidense NEMA 9 o la norma Clase I División II Código Nacional Eléctrico. (Referencias 8,25,26 y 27, Bibliografía).
- No deberán existir goteras en los techos o humedades provenientes de los sistemas de aire acondicionado o similares.
- Se deberá mantener el área de almacenamiento de aluminio, libre de polvo, papel, tela o cualquier otro material combustible.
- No se deberán usar ni sopletes, ni cualquier otro tipo de fuentes de ignición o calor.

- Se deberán fijar rótulos de fácil comprensión que indique:

" NO FUMAR "

- Se deberá evitar el contacto de metal con metal que pudiera producir una chispa.
- Para evitar el calentamiento de los recipientes de aluminio, éstos deberán mantenerse alejados de fuentes de calor como son tuberías de vapor, radiadores, etc.
- El aluminio deberá ser almacenado en su empaque original.
- Se deberá evitar el contacto del aluminio con el agua.
- En caso de incendio se deberá usar únicamente "Arena Fosfatada".

OPERACION No. 18 PESADO DE ALUMINIO.

Durante la operación de pesado del aluminio se encuentran riesgos tales como:

- Frotamiento de cuñetes o tambos entre sí, metal con metal, con la posibilidad de ocasionar una chispa eléctrica.
- Una posibilidad analoga a la anterior existe al frotar palas o utensilios metálicos entre sí.
- Como ya se ha mencionado el contacto del aluminio con el agua es otro riesgo que ocasiona una "reacción exotérmica" con formación de gases y las altas presiones de éstos.

De acuerdo a lo anterior se pueden proponer las siguientes medidas de seguridad:

- Manejar de manera lenta y precisa el aluminio para evitar que permanezcan partículas en suspensión.
- Al mezclar el aluminio con otros ingredientes deberá evitarse la fricción.
- Se deberá evitar la generación de electricidad estática.
- Para manejar el aluminio se deberá usar material conductor de electricidad debidamente aterrizado, por ejemplo el aterrizar una pala metálica que se usa para levantar o mover aluminio.
- Todo motor eléctrico o equipo eléctrico deberá estar fuera del cuarto de pesado.
- Ninguna chispa o flama deberá permitirse durante esta operación.

- El operador no deberá llevar consigo ni encendedores, ni cerillos o cualquier otra fuente que produzca chispa.
- El aluminio debe vaciarse en superficies conductivas para evitar la electricidad estática.

OPERACION No. 19 ALMACENAMIENTO DE GOMAS.

Como sabemos las gomas son combustibles y el riesgo que presenta su almacenamiento, es precisamente el que pudieran ser almacenadas con materiales oxidantes y provocar las consecuencias mencionadas en la operación No. 1.

Por lo tanto podemos sugerir como medida de seguridad, evitar el almacenar materiales oxidantes dentro del área de gomas.

OPERACION No. 20 PESADO DE GOMAS.

Si se sigue la recomendación de seguridad en la operación precedente, el pesado de las gomas no debe representar ningún riesgo.

Por supuesto la medida de seguridad recomendada en esta operación consiste en el uso de equipo de seguridad personal, o sea, fajillas, guantes, filtros para nariz y boca y lentes de seguridad.

OPERACION No. 21 ALMACENAMIENTO DE ETILENGLICOL.

Esta operación no representa ningún riesgo. Sólo se recomienda almacenar el Etilenglicol en tanques de acero inoxidable y alejado de las áreas de almacenamiento de los materiales combustibles y oxidantes.

OPERACION No. 22 AFORAMIENTO DEL ETILENGLICOL.

Fuesto que el Etilenglicol es una substancia de tipo higroscópico, en esta operación existe el riesgo de que le pueda caer al operador en los ojos o en la piel, pudiendo ocasionar ceguera o quemaduras.

Es por esta razón que se recomienda como medida de seguridad, el uso de "Equipo de Seguridad Personal", que hemos definido ya anteriormente como la indumentaria de trabajo integrada por: Lentes de seguridad, fajillas, filtros para nariz y boca así como ropa para proteger la piel.

OPERACION No. 23 MEZCLADO DEL ETILENGLICOL CON LAS GOMAS.

Esta operación presenta la suma de los riesgos previstos en las operaciones 20 y 22, y sólo requiere el uso del equipo de seguridad personal.

OPERACION No. 24 MEZCLADO DE TODOS LOS COMPONENTES.

Esta es la operación más peligrosa de todo el proceso de fabricación de los explosivos tipo gel, es en el mezclador donde se aglutinan todos los materiales: Nitratos, aluminio, gomas, etc...

También es en el mezclador donde se precisan condiciones específicas de operación, ésto es: Temperatura, humedad, velocidad de mezclado, pH, etc...

La operación de mezclado posee la probabilidad más alta de producir una detonación, la cual provocaría la muerte del personal de la Planta como de todos aquellos seres vivientes que estuvieran aledaños a ésta.

La explosión puede ser ocasionada dentro del mezclador por cualquier objeto metálico, como puede ser un tornillo, un anillo, un reloj, residuos de soldadura, etc., que durante la operación de mezclado cayeran entre las aspas del mezclador y el cuerpo interior de éste.

Otra forma de producir una chispa dentro del mezclador sería, la flama producida por un cerillo o un cigarro que se hubieren introducido accidentalmente al mezclador, el disparo de un arma de fuego, o un corto circuito en las instalaciones eléctricas.

Para evitar sufrir los riesgos anteriores, se recomiendan las siguientes medidas de seguridad:

- El mezclador deberá contar en la tolva de alimentación, con una malla de acero inoxidable que evite la caída de objetos metálicos.

La separación de la malla deberá ser menor a la separación que existe entre el agitador tipo listón del mezclador y la pared interior de la carcasa aproximadamente 3.175 mm.

- El muestreo del explosivo mezclado (lodo), necesita de que el operador use la boquilla de muestreo. El operador nunca deberá introducir la mano y mucho menos el brazo para realizar dicha actividad.
- Las boquillas de alimentación y descarga del mezclador deberán permanecer cerradas y selladas para evitar que material extraño se introduzca a éste.

Cabe mencionar que todos los equipos que preceden o siguen del mezclador, también deberán tener sus boquillas de alimentación y descarga, perfectamente cerradas y selladas para evitar que algún cuerpo extraño se introduzca a éstos.

- Se deberá establecer un procedimiento de acceso a las áreas de operación, que evite que el personal de dichas áreas o visitas a las mismas, introduzcan anillos, llaves, monedas, relojes, plumas o cualquier otro tipo de objeto metálico.
- El mezclador deberá contar con boquillas de seguridad que alojen

dentro de éste, un Sistema de Diluvio para ser usado en caso de emergencia o fuego.

Para ésto, el operador deberá ser capacitado a través de prácticas regulares, para que su respuesta sea automática e instintiva al activar el sistema de diluvio en caso de emergencia.

- Se deberá implantar la práctica de fijación y sujeción de tornillos y tuercas de los equipos, a través de un sellador como es el silicón.

OPERACION No. 25 BOMBEO DEL EXPLOSIVO.

Esta es una operación altamente peligrosa, que debe ser realizada por bombas de diafragma accionadas neumáticamente y cuya presión no debe exceder de 1.2 kg/cm², con el objeto de evitar una posible detonación.

En la figura 4.1.1 se presentan datos de este tipo de bombas con los gastos y cargas dinámicas que manejan.

OPERACION NO. 26 DOSIFICACION DEL EXPLOSIVO.

La dosificación del explosivo, depende de la apertura y cierre rápido que proporcionan las válvulas de tipo esférico, que operan mientras las bombas de diafragma bombean, llenando y dosificando de esta manera a los cartuchos de polietileno.

Esta operación es confiable y sólo depende de que la anterior, o sea la No. 25 se realice como se precisó.

Sin embargo se debe tener mucho cuidado en recuperar el desperdicio, o sea el explosivo en forma de lodo que pueda existir en las mesas, piso y válvulas, con el objeto de evitar un incendio o posible explosión.

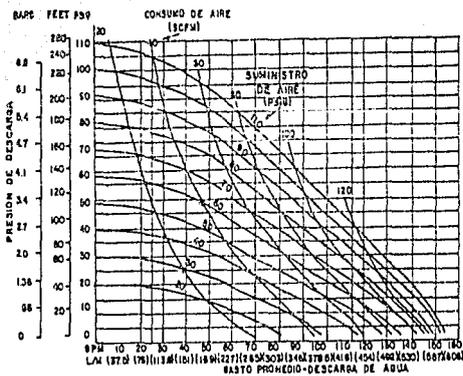
OPERACION No. 27 ALMACENAMIENTO DE CARTUCHOS DE POLIETILENO.

Los rollos de polietileno como sabemos, son utilizados como material de empaque para formar salchichas de explosivo tipo gel.

Dichos rollos deben ser almacenados en un área especial alejada de los materiales utilizados para la fabricación del explosivo, si ésto se cumple la operación no representa riesgos.

OPERACION No. 28 PESADO DE ROLLOS DE POLIETILENO.

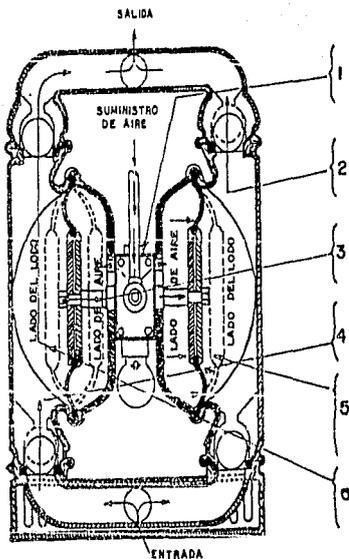
Dado que esta operación no representa riesgos siempre y cuando la



EJEMPLO PARA LA SELECCION DE GASTO Y PRESION EN LA HOJA 44.

BREVE EXPLICACION SOBRE LA OPERACION DE LA BOMBA EN LA HOJA 44.

FIG. 4.1.1. BOMBAS NEUMATICAS DE DIAFRAGMA.



COMO FUNCIONAN LAS BOMBAS NEUMATICAS DE DIAFRAGMA

Si analizamos el corte de la bomba neumática de diafragma que aparece en la figura 4.1.1., veremos que su funcionamiento consiste en lo siguiente:

El aire comprimido pasa por la cámara hasta el diafragma, el elastómero separa el aire desde la columna de líquido. Esta balanza remueve la tensión desde los diafragmas para permitir presiones bajas o altas según sea necesario.

El volumen puede ser controlado por varios tipos de válvulas, desde pocos hasta miles de litros por hora con la misma bomba. No se requiere de válvula de alivio o comunicación lateral debido a que la presión de la bomba nunca excederá la presión de suministro de aire.

La bomba puede operar seca sin daño alguno. Con el sistema de doble diafragma, se puede cambiar la velocidad a través de la bomba hasta la mitad de la velocidad de descarga. La bomba puede bombear los lodos mas abrasivos con poco deterioro.

Por ejemplo: De acuerdo a la gráfica de la figura 4.1.1 para bombear 178 lpm (47 gpm) a una presión de descarga de 3.44 bars (50 psig) se requieren 4.13 bars (60 psig) y 1134 lpm (40 scfm) de consumo de aire comprimido.

Como funcionan las diferentes partes de la bomba:

- 1) La válvula de aire de una sola pieza móvil, dirige el suministro de aire a la parte posterior del diafragma.
- 2) Las descargas de la bomba cuentan con dos esferas que funcionan como válvulas antiretorno, los lodos son empujados fuera de la cámara de líquido por las salidas de la bomba.
- 3) La barra de conexión, arrastra al mismo al diafragma opuesto hacia el interior con éste bajo presión.
- 4) La entrada de la bomba, por medio de la succión creada aspira los lodos al interior de la cámara de líquido.
- 5) Cuando el diafragma bajo presión alcanza el límite de carrera, la válvula de aire cambia la alimentación de aire hacia la cámara del diafragma que había sido arrastrado.
- 6) El lodo se expulsa fuera de la cámara a través de la salida de la bomba.

operación No. 27 se cumpla, sólo se recomienda que el personal use fajillas para evitar una posible hernia y guantes para protegerse las manos.

OPERACION No. 29 ENVASADO DEL EXPLOSIVO EN CARTUCHOS DE POLIETILENO.

Se puede decir que el explosivo es muy noble mientras no sea expuesto al calor o a una chispa.

Durante el envasado del explosivo tipo gel, podemos encontrar algunos riesgos debido a probables fugas del mismo en los cartuchos, bombas y en las mismas válvulas, derramándose en el piso o en las mesas de envasado.

Con el objeto de evitar estos riesgos, se deberá revisar que las bombas y válvulas estén bien instaladas y que los cartuchos sean muestrados con aire comprimido para detectar si están rotos o picados, con lo anterior se evitarán fugas y cuando éstas ocurran a pesar de lo anterior, se deberá recuperar el explosivo para evitar que al estar expuesto al calor o a alguna chispa se pueda incendiar o detonar.

Por lo tanto durante y al término de cada turno además de limpiar las mesas, piso y válvulas, se deberán mantener todas las áreas libres de aquel explosivo que se hubiese derramado accidentalmente.

Por supuesto que el Departamento de Control de Calidad deberá evitar el recibir rollos de polietileno que presenten fugas y que causen problemas a las áreas de fabricación.

OPERACION No. 30 ENGRAPADO DE CARTUCHOS.

Se puede considerar que el engrapado de cartuchos de explosivo tipo gel es una operación de alto riesgo, debido a que la fricción entre la engrapadora y la grapa puede generar una chispa que active al explosivo y se produzca una explosión.

Debido a lo anterior, se recomienda que la engrapadora esté provista de un sistema de amortiguamiento que reduzca o nulifique en forma significativa la fricción.

Además no se debe utilizar en esta operación ningún mecanismo accionado por energía eléctrica.

En base a lo anterior se recomienda el uso de engrapadoras de cartuchos accionadas neumáticamente y amortiguadas a través de mecanismos neumáticos o de resorte.

En la Figura 4.1, encontramos el diagrama del circuito neumático de control propuesto para operar las engrapadoras mencionadas.

La engrapadora está compuesta por 3 cilindros de simple efecto:

- C 1 Cilindro Sujetador de cartucho
- C 2 Cilindro Engrapador de cartucho
- C 3 Cilindro Cortador de cola de cartucho

Esto significa que:

- 1 Baja el cilindro sujetador y asegura el cartucho previamente llenado con explosivo.
- 2 Baja el cilindro engrapador y pone la grapa.
- 3 El cilindro cortador saca la cuchilla y corta el cartucho.
- 4 Regresan los tres cilindros a su posición original.

De esta manera se ha formado un cartucho o salchicha.

Por otra parte el circuito neumático consta además de los cilindros mencionados, de 7 válvulas neumáticas de control, una válvula de escape rápido, 2 temporizadores, 2 reguladores unidireccionales y un cilindro descargador de presión neumática.

Las 7 válvulas neumáticas de control son:

- A Válvula de 3 vías 2 posiciones accionada manualmente y regreso a su posición original por medio de resorte interno.
- B Válvula de 4 vías 2 posiciones accionada neumáticamente y regreso a su posición original por medio de presión neumática.
- C Válvula de 3 vías 2 posiciones accionada neumáticamente y con regreso a su posición original por medio de resorte interno.
- D Válvula de 3 vías 2 posiciones accionada neumáticamente y con regreso a su posición original por medio de resorte interno.
- E Válvula de 3 vías 2 posiciones accionada neumáticamente y regreso a su posición original por presión neumática.
- F Válvula de 4 vías 2 posiciones accionada neumáticamente y con regreso a su posición original por medio de resorte interno.
- G Válvula de 3 vías 2 posiciones accionada manualmente y con regreso a su posición original por medio de un resorte interno.
- ER Válvula de escape rápido.
- T1 Temporizador número 1.
- T2 Temporizador número 2.
- R1 Regulador de flujo unidireccional número 1.
- R2 Regulador de flujo unidireccional número 2.

La válvula de escape rápido tiene como función evitar un exceso de

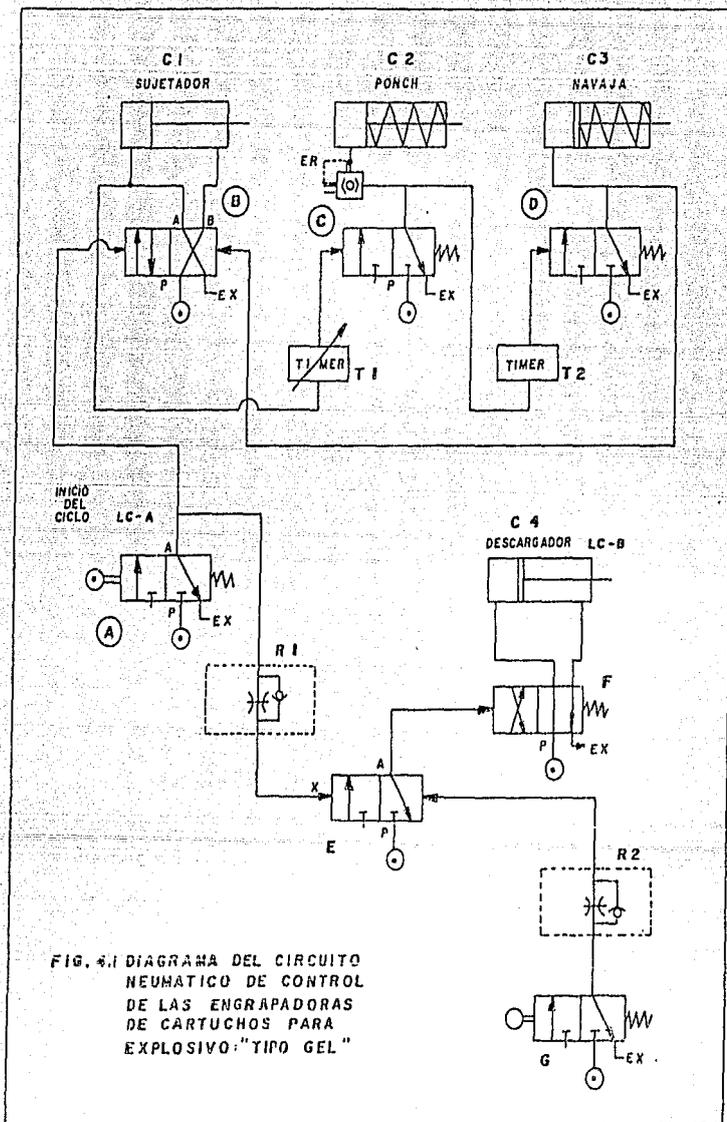


FIG. 4.1 DIAGRAMA DEL CIRCUITO NEUMATICO DE CONTROL DE LAS ENGRAPADORAS DE CARTUCHOS PARA EXPLOSIVO: "TIPO GEL"

presión de parte del aire comprimido que funciona como un amortiguador para el cilindro engrapador.

Para que los 3 cilindros neumáticos de la engrapadora realicen los cuatro movimientos mencionados, el circuito neumático de control efectúa lo siguiente:

a) Cuando el operador presiona el botón de la válvula "A", ésta cambia de la posición 1 a la posición 2 permitiendo el paso del aire comprimido y al salir éste encuentra dos líneas por donde fluir, una la conduce hacia la válvula "B" y la otra hacia el regulador unidireccional "R1".

b) Si seguimos al aire comprimido primero hacia la válvula "B", veremos que ésta también cambia de la posición 1 a la posición 2, permitiendo el paso del aire comprimido el cual al salir encuentra dos caminos a seguir, el primero hacia el cilindro "C1" y el segundo hacia el temporizador "T1".

c) Siguiendo el aire comprimido hacia el cilindro "C1" vemos que al ser presurizado, mueve su vástago hasta asegurar o sujetar el rollo que se va a engrapar por medio de un dado.

Si seguimos al aire comprimido hacia el temporizador "T1", éste después de 2 segundos permite el acceso del aire comprimido hacia la válvula "C".

d) Al recibir la presión del aire comprimido, la válvula "C" cambia de posición y permite el paso del fluido a través de dos líneas, hacia la válvula de escape rápido "ER" y hacia el temporizador "T2".

e) Siguiendo al aire comprimido hacia "ER" la válvula de escape rápido, ésta permite el acceso del aire comprimido hacia el cilindro "C2" el cual "instantáneamente" presurizado pone la grapa al cartucho por medio de un alimentador de arapas y dos dados, uno superior y otro inferior.

Siguiendo al aire comprimido hacia el temporizador "T2", éste después de 2 segundos permite el acceso del aire comprimido hacia la válvula "D".

f) Al ser accionada neumáticamente la válvula "D" cambia de la posición 1 a la posición 2, lo cual permite el acceso del aire comprimido hacia el cilindro "C3" y hacia la válvula "B".

Siguiendo el aire comprimido que va hacia el cilindro "C3", éste al ser presurizado mueve el vástago que acciona la cuchilla de corte de cartucho y regresa a su posición original por medio de su resorte interno.

Por otra parte si seguimos el aire comprimido que va hacia la válvula "B", cuando recibe la presión del aire cambia a su posición original logrando que el cilindro "C1" sujetador suelte al cartucho.

g) Una vez sucedido lo anterior el ciclo se repite como se indica en el inciso (a), puesto que todos los elementos del circuito han regresado a su posición original.

Cabe aclarar que los reguladores 1 y 2, las válvulas E, F y G, así como el cilindro C4, funcionan de manera similar a los demás elementos con el fin de cumplir como un Sistema de Seguridad destinado a evitar contrapresiones.

OPERACION No. 31 ALMACENAMIENTO DE CARTON DE EMPAQUE.

El cartón utilizado para la fabricación de cajas debe ser almacenado en algún sitio alejado de los combustibles y oxidantes utilizados para la fabricación del explosivo, así como de calor, posibilidad de fuego o cualquier fuente de ignición, con el objeto de evitar incendios que pudieran ocasionar posibles explosiones.

OPERACION No. 32 ENGRAPADO DE CAJAS.

Si se evitan chispas eléctricas o cualquier otra fuente de ignición, esta actividad no debe representar riesgos.

Como ya se ha mencionado en las operaciones 7 y 17 también para esta actividad se recomienda que tanto los motores, como los interruptores conexiones y canalizaciones, deberán cumplir con las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas de la "Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial", en sus secciones Clase I. División II. (Referencias 8,25,26 y 27, Bibliografía).

OPERACION No. 33 IDENTIFICACION DE CAJAS.

La identificación de cajas por número de lote tiene una gran importancia en lo que se refiere a clasificar el explosivo en base a su fecha de producción y su futura fecha de venta u obsolescencia.

La identificación del número de lote a través de sellos cumple con lo indicado anteriormente.

Por supuesto no se recomienda acercarse a las cajas a las fuentes de ignición y evitar los riesgos señalados en las operaciones 31 y 32.

OPERACION No. 34 EMPACADO DE CARTUCHOS EN CAJAS.

Durante esta operación es importante verificar que los cartuchos ya engrapados no presenten fugas ni en el sello o unión del cartucho ni en los extremos engrapados, para evitar que se derrame el explosivo

dentro de la caja, la moje y se salga de ésta, lo que representaría un riesgo de incendio o explosión.

Por otra parte la importancia de esta operación estriba en guardar cada cartucho de acuerdo al número de lote que le corresponde y conseguir una clasificación confiable.

OPERACION No. 35 ALMACENAMIENTO DEL EXPLOSIVO ENVASADO.

Los lugares donde se almacena el explosivo se conocen con el nombre de POLVORINES, los cuales deben cumplir con el objetivo de resguardar de manera confiable a dicho explosivo.

Los riesgos que se pueden presentar en estos almacenes son los siguientes:

- a) Peligro de un incendio dentro o alrededor de los polvorines, producido por la flama de un cerillo o un cigarrillo, por un arma de fuego, o por un corto circuito en las instalaciones eléctricas.
Este incendio puede provocar finalmente una explosión.
- b) Otro riesgo lo representan los fenómenos meteorológicos como son las tormentas eléctricas o rayos, que pueden ocasionar un incendio, o una explosión no solamente dentro de los polvorines sino en cualquier parte de la Planta.
- c) Si se produce la explosión de un polvorín, éste provocará una reacción en cadena con los demás polvorines.
- d) También el almacenar exceso de explosivo representa un riesgo muy grande en caso de explosión o incendio.
- e) Las cargas eléctricas estáticas almacenadas en el ser humano, en su ropa, en el aire, son factores adicionales de riesgo de incendio o explosión dentro de un polvorín.
- f) Los requisitos "Cantidad-Distancia" tienen una estrecha correlación con los riesgos; por lo que dichos requisitos deben cumplirse y dependen de lo siguiente:

f.1) Riesgos de incendio.

El riesgo de incendio es el accidente más común en la fabricación proceso, manejo y almacenamiento de explosivos.

En la "Tabla Americana de distancias de Almacenamiento de Explosivos" (Tabla 4.2) aparecen las cantidades de explosivo y las distancias que deben existir entre estos a fin de evitar incendios o explosiones. (Referencia 37, Bibliografía).

Los explosivos pueden detonar como resultado de un incendio, y hacer extensivo el "desastre" hasta distancias considerablemente

TABLA 4.2

TABLA AMERICANA DE DISTANCIAS PARA ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVOS

Distancia en pies. Revisada y aprobada por el Instituto de Fabricantes de Explosivos; el 5 de Noviembre de 1971.

EXPLOSIVOS	Edificios		Carreteras		Ferrocarriles de pasajeros, carreteras públicas. (%)		Separación de Polvones.		
	Habitados		Públicas	de clases A a D					
En libras	Barreras	Barreras	Barreras	Barreras	Barreras	Barreras	Barreras	Barreras	
más de	más de	con	sin	con	sin	con	sin	con	sin
menos de	menos de								
2	5	70	140	30	60	51	102	6	12
5	10	90	180	35	70	64	128	8	16
10	20	110	220	45	90	81	162	10	20
20	30	125	250	50	100	93	186	11	22
30	40	140	280	55	110	103	206	12	24
40	50	150	300	60	120	110	220	14	28
50	75	170	340	70	140	127	254	15	30
75	100	190	380	75	150	139	278	16	32
100	125	200	400	80	160	150	300	18	36
125	150	215	430	85	170	159	318	19	38
150	200	235	470	95	190	175	350	21	42
200	250	255	510	105	210	189	378	23	46
250	300	270	540	110	220	201	402	24	48
300	400	295	590	120	240	221	442	27	54
400	500	320	640	130	260	238	476	29	58
500	600	340	680	135	270	253	506	31	62
600	700	355	710	145	290	266	532	32	64
700	800	375	750	150	300	278	556	33	66
800	900	390	780	155	310	289	578	35	70
900	1,000	400	800	160	320	300	600	36	72
1,000	1,200	425	850	165	330	318	636	39	78
1,200	1,400	450	900	170	340	336	672	41	82
1,400	1,600	470	940	175	350	351	702	43	86
1,600	1,800	490	980	180	360	366	732	44	88
1,800	2,000	505	1010	185	370	378	756	45	90
2,000	2,500	545	1090	190	380	408	816	49	98
2,500	3,000	580	1160	195	390	432	864	52	104
3,000	4,000	635	1270	210	420	474	948	58	116
4,000	5,000	685	1370	225	450	513	1026	61	122
5,000	6,000	730	1460	235	470	546	1092	65	130

TABLA 4.2 (CONTINUACION).

6,000	7,000	770	1540	245	450	573	1146	68	136
7,000	8,000	800	1600	250	500	600	1200	72	144
8,000	9,000	835	1670	255	510	624	1248	75	150
9,000	10,000	865	1730	260	520	645	1290	78	156
10,000	12,000	875	1750	270	540	687	1374	82	164
12,000	14,000	885	1770	275	550	723	1446	87	174
14,000	16,000	900	1800	280	560	756	1512	90	180
16,000	18,000	940	1880	285	570	786	1572	94	188
18,000	20,000	975	1950	290	580	813	1626	98	196
20,000	25,000	1055	2000	315	630	876	1752	105	210
25,000	30,000	1130	2000	340	680	933	1866	112	224
30,000	35,000	1205	2000	360	720	981	1962	119	238
35,000	40,000	1275	2000	380	760	1026	2000	124	248
40,000	45,000	1340	2000	400	800	1068	2000	129	258
45,000	50,000	1400	2000	420	840	1104	2000	135	270
50,000	55,000	1460	2000	440	870	1140	2000	140	280
55,000	60,000	1515	2000	455	910	1173	2000	145	290
60,000	65,000	1565	2000	470	940	1206	2000	150	300
65,000	70,000	1610	2000	485	970	1236	2000	155	310
70,000	75,000	1655	2000	500	1000	1263	2000	160	320
75,000	80,000	1695	2000	510	1020	1293	2000	165	330
80,000	85,000	1730	2000	520	1040	1317	2000	170	340
85,000	90,000	1760	2000	530	1060	1344	2000	175	350
90,000	95,000	1790	2000	540	1080	1368	2000	180	360
95,000	100,000	1815	2000	545	1090	1392	2000	185	370
100,000	110,000	1835	2000	550	1100	1435	2000	195	390
110,000	120,000	1855	2000	555	1110	1479	2000	205	410
120,000	130,000	1875	2000	560	1120	1521	2000	215	430
130,000	140,000	1890	2000	565	1130	1557	2000	225	450
140,000	150,000	1900	2000	570	1140	1593	2000	235	370
150,000	160,000	1935	2000	580	1160	1629	2000	245	490
160,000	170,000	1965	2000	590	1180	1662	2000	255	510
170,000	180,000	1990	2000	600	1200	1695	2000	265	530
180,000	190,000	2010	2010	605	1210	1725	2000	275	550
190,000	200,000	2030	2030	610	1220	1755	2000	285	570
200,000	210,000	2055	2055	620	1240	1782	2000	295	590
210,000	230,000	2100	2100	635	1270	1836	2000	315	630
230,000	250,000	2155	2155	650	1300	1890	2000	335	670
250,000	275,000	2215	2215	670	1340	1950	2000	360	720
275,000	300,000	2275	2275	690	1380	2000	2000	385	770

† Con volumen de tráfico superior a 3000 vehiculos por dia.

mayores a las incluidas en la tabla 4.2.

f.2) Detonaciones afines.

Una detonación afín es la que se produce inmediatamente después y como resultado directo de una explosión inicial.

Puede ser el resultado de la propagación de la onda o de los fragmentos proyectados por la explosión inicial.

En todo caso es una explosión que sigue tan cerca a la inicial que difícilmente puede distinguirse de ella.

Las distancias entre almacenaje e interplantas, se estima que proporciona protección contra la propagación de explosiones a edificios o almacenes cercanos.

4.2 REQUISITOS QUE DEBEN REUNIR LAS AREAS DE ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVOS TIPO GEL Y SALES DE NITRATO.

Son requisitos que deben de reunir las áreas de Almacenamiento de explosivos los siguientes:

- 1.- Estar suficientemente alejadas de edificios habitados, vías y carreteras públicas, de manera que los riesgos que implica el almacenamiento y fabricación de explosivos, queden confinados casi enteramente a dichas áreas.
- 2.- Los edificios administrativos deberán agruparse en una zona de seguridad fuera del área de Almacenamiento.
- 3.- Los grupos de Almacenes que contengan explosivos, mechas o estopines, deberán formar secciones definidas. Cada sección quedará situada de manera que estén definidos o clasificados los riesgos y peligros que implica el almacenamiento de cada tipo de material. estos riesgos consisten en:
 - a) Daño a las estructuras, resultante de una explosión de Altos explosivos.
 - b) Peligro de Incendio.
 - c) Peligro de fragmentación de espoletas, que se convierten en proyectiles.
- 4.- Los almacenes deberán construirse con materiales que en caso de explosión no constituyan proyectiles peligrosos u orígenes de incendio, deberán estar a prueba de incendio, su construcción debe ser de tal naturaleza que no permita la acumulación de polvos explosivos.

Además en estos almacenes no deberán existir instalaciones eléc-

tricas, pero cuando éstas se requieran deberán cubrir las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, Clase I, División II, a prueba de explosión. (Referencias 8,25,26 y 27, Bibliografía).

Se deben construir con paredes y pilares de concreto, o con paredes de tabiques huecos rellenos de arena, con el objeto de que puedan detener balas de fusil. La estructura deberá ser de acero y los pisos de concreto cubiertos con mastique a prueba de chispas.

El techo deberá estar soportado por armadura de acero pero construido con lámina de asbesto corrugada cubierta con material aislante al calor.

Deben existir ventiladores en el techo y debajo del piso protegidos contra la entrada de chispas.

5.- Capacidad de Almacenamiento:

La capacidad máxima de almacenamiento será de 125 toneladas, deberán almacenarse los explosivos en pilas que permitan amplios pasillos para inspección y embarque.

Aunque es siempre recomendable almacenar un promedio de 50 toneladas.

6.- Cuidado y Mantenimiento de Almacenes:

El mantenimiento apropiado de los almacenes deberá satisfacer los siguientes requisitos:

- a) El terreno alrededor de los almacenes deberá estar libre de pasto seco, hojarasca y matorrales, debiéndose conservar un espacio limpio de 15 metros alrededor de éstos.
- b) Los extinguidores, tambos de arena y demás equipos auxiliares deberán estar colocados estratégicamente cerca de los almacenes, debidamente protegidos contra deterioro, al alcance de todos y listos para usarse.
- c) Los letreros de aviso deberán fijarse cerca de cada puerta del almacén en lugar visible.
- d) Deberá existir un sistema de tierra a la entrada de los almacenes, para que el personal decargue la electricidad estática que almacenan su ropa y su cuerpo.

4.3 PROCESO DE DESTRUCCION DEL EXPLOSIVO TIPO GEL FUERA DE ESPECIFICACIONES U OBSOLETO

Analizando las 7 operaciones registradas en el Cursograma Sinóptico de la figura 4.3.1 encontramos lo siguiente:

OPERACION A-1 ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVO FUERA DE ESPECIFICACIONES.

Cuando el explosivo tipo gel durante el proceso de fabricación o como producto terminado no cumple las especificaciones, debe ser almacenado en un área definida en espera de ser destruido (incinerado).

Esto quiere decir que aquellos explosivos que se encuentran peligrosamente deteriorados o cuya recuperación ya no es posible, deberán ser destruidos (Referencias 4,6,11,12,19 y 24, Bibliografía).

Es importante seguir como norma de seguridad, el que la destrucción del material se realice por ignición y estar seguros de que por ningún motivo se entierran los explosivos en fosas, pozos o pantanos. La Secretaría de la Defensa Nacional autorizará la destrucción.

En esta operación como en las siguientes se deberán realizar actividades de: observación, investigación y prueba de los explosivos almacenados, con el objeto de detectar aquellos explosivos que tienden a incrementar su deterioro.

A efecto de determinar la vida del explosivo se deberán realizar inspecciones periódicas y de ser factible reacondicionar aquellos explosivos que así lo ameriten.

Algunas de las operaciones de reacondicionamiento más comunes son: el recodificado de cajas y envases así como el cambio de empaquetaduras.

OPERACION A-2 ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVO OBSOLETO.

El almacenamiento de cajas en los polvorines en ocasiones lleva mucho tiempo dentro de éstos antes de ser comercializados.

Es por esta razón que en ocasiones el producto pierde sus propiedades por lo que se convierte en producto obsoleto y debe ser incinerado, bajo la autorización de la Secretaría de la Defensa Nacional.

OPERACION A-3 ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVO MEZCLADO CON DESPERDICIOS.

Cuando el explosivo por alguna razón se ve mezclado con basura producto de restos de material de empaque u otros materiales que se han

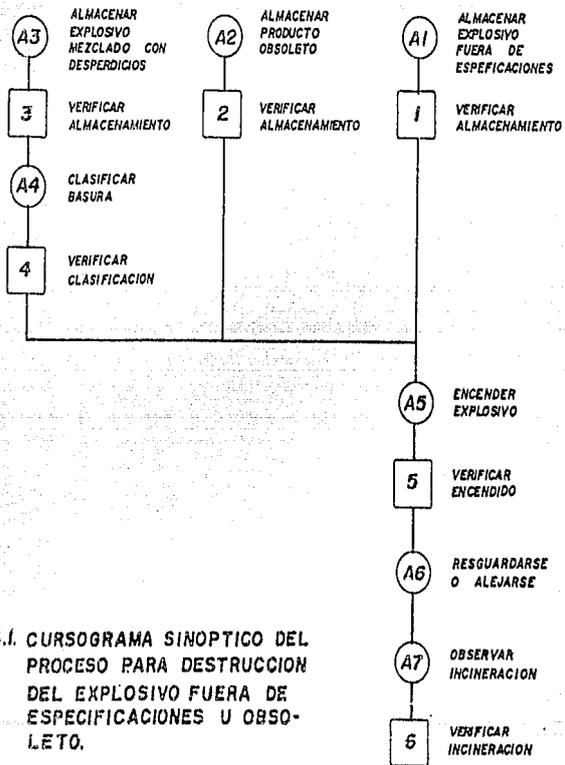


FIG. 4.3.f. CURSOGRAMA SINOPTICO DEL PROCESO PARA DESTRUCCION DEL EXPLOSIVO FUERA DE ESPECIFICACIONES U OBSOLETO.

acumulado al asear la planta, dicho explosivo debe ser almacenado en un área definida en espera de ser incinerado.

En esta operación como medida de seguridad, se debe evitar que el explosivo se mezcle con productos tales como: estopines o detonadores, pequeños recipientes a presión; como los de tipo aerosol, ya que se comportarían como "iniciadores".

El riesgo que se presenta en esta operación es similar para las operaciones A-1 y A-2, es decir puede existir una detonación fuera de control si el explosivo estalla activado por un detonador o iniciador.

Por otra parte se deberá evitar que se acumulen cajas rotas, cartón y papel de desperdicio, para prevenir un posible incendio que también pudiera ocasionar una explosión.

OPERACION A-4 CLASIFICACION DE BASURA MEZCLADA CON EXPLOSIVO.

Esta operación es muy importante, ya que consiste en separar toda aquella basura que pueda funcionar como un "iniciador o detonador" como es el caso de materiales de empaque, cajas, cartón, papel, etc.

OPERACION A-5 ENCENDER EXPLOSIVO.

El explosivo puede ser incinerado sin contratiempos a menos que no se respeten las normas de seguridad indicadas en los incisos anteriores; por ejemplo: que el explosivo se incinere con algún detonador como es el caso de un pequeño recipiente tipo aerosol, debido a que la basura no fué clasificada antes de ser quemada.

Antes de realizar la incineración, se deberá verificar que todo el pasto, hojarasca y otros materiales combustibles, sean retirados en un radio de 60 metros del lugar de destrucción.

Se tendrá a mano equipo para combatir incendios y de ser posible, se humedecerá con agua el lugar donde se verifique la destrucción al final de cada día de operaciones.

La cantidad de material "permitido" por destruir a un mismo tiempo, se mantendrá al mínimo compatible con una operación confiable y segura.

Se podrá iniciar con 100 kilos de explosivo y en base a la experiencia, esta cantidad se podrá incrementar hasta una tonelada máximo.

Mientras tanto el material listo para su destrucción, será protegido contra incendios o explosiones accidentales.

OPERACION A-6 ALEJARSE Y RESGUARDARSE.

Aun habiéndose cumplido con todas las normas de seguridad indicadas anteriormente, es necesario tener precauciones durante la incineración del explosivo; alejándose por lo menos unos 2 km del lugar, resguardándose en un lugar seguro y evitando que alguien accidentalmente se acerque.

Es decir, siempre existe el riesgo de una detonación provocada por algún suceso imprevisto.

Para la operación anterior se proporcionará protección suficiente y adecuada al personal mediante barricadas temporales o permanentes.

Se obligará al personal a usar estas barricadas y a observar las distancias de seguridad.

La destrucción del explosivo por incineración deberá ser realizada por personal experimentado o entrenado.

Se deberá reducir a un número mínimo a las personas encargadas de tales operaciones, tres personas son suficientes.

OPERACION A-7 OBSERVAR LA INCINERACION.

Es importante observar durante un mínimo de 2 horas a través de binoculares, que el explosivo se queme en su totalidad así como impedir que alguien accidentalmente se acerque; pues aunque parezca que el explosivo ya terminó de quemarse, es probable que se reactive su incineración con el peligro siempre latente de una explosión.

En los casos en que falle la incineración del explosivo, el personal no se aproximará al lugar hasta pasados 30 minutos.

4.4 PROCESO DE PRUEBAS A CARTUCHOS MUESTRA DE EXPLOSIVO TIPO GEL.

Analizando las 10 operaciones registradas en el Cursograma Sinóptico de la figura 4.4.1 encontramos lo siguiente:

OPERACION B-1 ALMACENAR MUESTRAS DE CARTUCHOS EN REFRIGERADOR.

Con el objeto de conocer la calidad de fabricación del explosivo tipo gel, el departamento de Control de Calidad evalúa estos cartuchos en el Campo de Pruebas.

Una vez que se han engrapado los cartuchos, se toman muestras aleatorias por lote para que posteriormente sean guardadas en refrigeradores, a fin de conservarlas a una temperatura máxima de 15°C antes de que sean detonadas y que a través de esta última operación se mida la cantidad de energía liberada.

Nuevamente encontramos los riesgos de incendio o explosión durante la operación de almacenamiento de los cartuchos en los refrigeradores, al existir un detonador o cualquier otra fuente de calor.

OPERACION B-2 ALMACENAMIENTO DE ESTOPINES.

Los estopines o detonadores son guardados en cajas de seguridad construidas de concreto armado, ubicadas lejos de la Planta y en colindancia con el "Campo de Pruebas", de manera que estén disponibles para su uso en la detonación de cartuchos.

Debido a lo mencionado anteriormente el almacenamiento de estopines se convierte en una operación sumamente peligrosa, puesto que un error en su manejo o cualquier exposición a alguna fuente de calor, puede ocasionar una explosión en cadena de estopines y en consecuencia producir la muerte de uno o varios operadores.

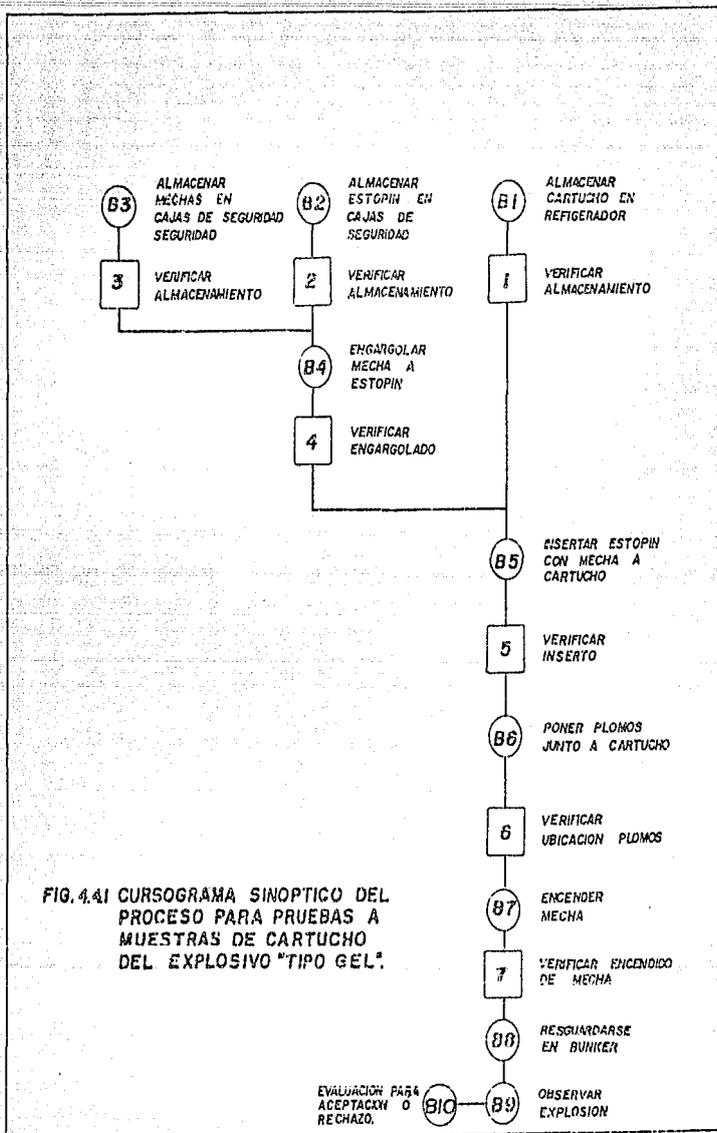
OPERACION B-3 ALMACENAMIENTO DE MECHAS.

Como recordaremos tanto el estopín como la mecha tienen en su interior TNT, por lo que los riesgos de esta operación en relación a la B-2 son análogos.

Por otra parte cabe mencionar que estos materiales deben quedar perfectamente resguardados para evitar que lleguen a manos de personas inexpertas o conflictivas.

OPERACION B-4 ENGARGOLADO DE ESTOPIN A MECHA.

Esta operación también es sumamente peligrosa, ya que consiste en engargolar el estopín a la mecha por medio de unas pinzas especiales.



Sin embargo cualquier descuido en esta operación puede ocasionar una detonación en cadena de los estopines y mechas, que se convertirán en cientos de proyectiles que provocarán heridas muy graves, o la muerte de las personas que realizan esta actividad.

OPERACION B-5 INSERTAR EL ESTOPIN Y SU MECHA AL CARTUCHO.

Esta operación consiste en hacer un pequeño orificio al cartucho para insertar el juego mecha-estopín al mismo.

Esta operación no presenta ningún riesgo mientras no se encienda la mecha o se golpee al estopín.

OPERACION B-6 COLOCAR PLOMOS JUNTO A CARTUCHOS.

Esta operación consiste en colocar varios trozos de plomo de peso conocido alrededor de los cartuchos, a fin de calcular mediante el desplazamiento que sufren éstos durante las pruebas, la cantidad de energía liberada por la explosión de los cartuchos mencionados.

Esta operación no presenta ningún riesgo mientras no se encienda la mecha del juego mecha-estopín.

OPERACION B-7 ENCENDER MECHA.

Esta operación es altamente peligrosa para el personal que realiza las pruebas de control de calidad a los cartuchos de explosivo tipo gel.

Consiste en encender la mecha del juego estopín-mecha insertado al cartucho, con el objeto de hacerlo detonar y verificar que cumpla con las especificaciones de calidad.

Aunque la mecha está graduada de acuerdo a su longitud para hacer detonar al estopín después de algunos milisegundos, dicha longitud deberá estar calculada para proporcionar el tiempo suficiente al "personal de pruebas" para que pueda ponerse a salvo y observar la explosión desde un lugar conocido como BUNKER, que traducido del inglés al español significa caseta blindada.

Generalmente el tiempo que tarda en detonar el explosivo es de 30 segundos, no siendo necesario que el personal de pruebas se precipite, corra y tenga el riesgo de caerse y quedar a merced de la explosión; caminando puede llegar perfectamente a la caseta blindada.

OPERACION B-8 RESGUARDARSE EN LA CASETA BLINDADA.

Una vez encendida la mecha del juego mecha-estopín como se mencionó

en el punto anterior, el personal de pruebas debe ponerse a salvo en la caseta blindada, cubrir sus oídos con equipo de seguridad (sordinas) y observar la explosión.

Con esto se evitará que: proyectiles se impacten contra el personal de pruebas, daños a la salud por descargas de adrenalina y se tendrá la posibilidad de observar de manera segura las pruebas a cartuchos.

Podemos agregar que la caseta blindada es un refugio contra explosiones, construido de muros de mampostería y cristales a prueba de proyectiles.

OPERACION B-9 OBSERVAR LA EXPLOSION.

Una vez que el personal se ha resguardado en la caseta blindada, observa el desarrollo de la explosión a través de binoculares o a simple vista.

Si el explosivo no detona se debe a dos cosas:

- a) Se apagó la mecha
- b) Falló el explosivo

Cuando esto suceda, el personal de pruebas deberá permanecer en el Bunker por lo menos 5 minutos para posteriormente observar a los cartuchos probados, de esta manera se previene que al acercarse pudieran activarse la mecha y/o el explosivo y detonar.

OPERACION B-10 ACEPTACION O RECHAZO DEL EXPLOSIVO.

Una vez que los cartuchos han detonado y después de ser observados, el personal de pruebas sale del Bunker a medir la energía liberada por éstos para determinar su aceptación o rechazo.

El riesgo más alto que existe durante esta actividad se presenta cuando el cartucho no estalla; entonces el "personal de pruebas" debe asegurarse antes de decidir acercarse, de que el cartucho no se reactivo y detone, verificando a través de binoculares que efectivamente que la mecha se apagó por efecto de una corriente de aire o que simplemente el explosivo falló.

Estadísticamente se sabe que de cada 1000 cartuchos que se prueban, uno o dos fallan, por lo que la probabilidad de que esto suceda es de 0.002.

Para determinar la cantidad de energía liberada por el explosivo, se calcula en base al peso del plomo colocado junto al cartucho probado y la distancia que lo movió desde ese sitio.

4.5 ANALISIS DE OPERACIONES, EVALUACION DE LOS RIESGOS GENERADOS POR ESTAS, ASI COMO LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD RECOMENDADAS PARA LA FABRICACION DE EXPLOSIVO TIPO SALES DE NITRATO.

Si observamos cuidadosamente el Diagrama de Bloques figura 2.2 (página 23) y en especial el Cursograma Sinóptico figura 2.2.1, (página 24) encontramos registradas 12 operaciones que describen el proceso de fabricación del explosivo tipo sales de nitrato.

A continuación analizaremos cada una de las actividades para evaluar su tipo de riesgo y proponer las medidas de seguridad necesarias.

OPERACIONES Nos. 1, 2 y 3 ALMACENAMIENTO, PESADO Y TAMIZADO DEL NITRATO DE AMONIO.

En estas operaciones encontramos riesgos análogos a los de las operaciones 1, 2 y 3 del proceso de fabricación del explosivo tipo Gel.

OPERACION No. 4 ALMACENAMIENTO DE DIESEL.

El diesel representa por sus características combustibles y su punto de inflamación relativamente bajo de 51.5°C, un riesgo latente de incendio que de extenderse a zonas en las que se encuentre el explosivo en proceso de fabricación o almacenamiento, puede provocar una explosión.

Por tal razón es conveniente almacenarlo en tanques de acero al carbón que cuenten con sus boquillas de alimentación, descarga, purga y venteo, diseñadas y fabricadas para evitar la introducción de fuentes de ignición y fugas.

Además estos tanques de almacenamiento de diesel deben contar a su alrededor con muros de contención, que eviten la propagación del combustible a otras áreas de mayor riesgo, para el caso de que presenten fugas.

OPERACION NO. 5 AFORAMIENTO DE DIESEL.

Como ya se advirtió en la operación anterior, el derrame de diesel en combinación con alguna fuente de ignición representa un riesgo de incendio, y lo anterior en combinación con algún explosivo representa el riesgo de explosión.

Por lo tanto el diesel debe ser conducido por medio de tuberías perfectamente selladas hasta el tanque de aforamiento para así realizar la operación de aforado de manera segura.

También el tanque de aforamiento debe contar con un nivel de plástico debidamente graduado; además deberá contar con válvulas de corte tipo aguja y estar protegido por una envolvente o media caña de metal.

Por otra parte las válvulas de alimentación y descarga deberán ser de tipo esférico para contar con un cierre y apertura hermético.

OPERACION No. 6 MEZCLADO DE NITRATO DE AMONIO CON DIESEL.

Los riesgos de esta operación son muy semejantes a los existentes en la operación No. 24 del proceso de fabricación del explosivo tipo gel.

Esta operación se realiza en el mezclador y puesto que cualquier fuente de ignición como la flama de un cerillo o un cigarrillo, una chispa eléctrica, o la chispa generada por la fricción de un tornillo o cualquier objeto metálico contra las aspas y el cuerpo interno del mezclador, pueden originar una detonación.

Las medidas de seguridad por lo tanto son análogas a las previstas en la operación No. 24 (página 41) del proceso de fabricación del explosivo tipo gel.

OPERACION No. 7 DOSIFICACION DEL EXPLOSIVO.

El envasado del explosivo en bolsas de polietileno contenidas en bolsas de papel para 25 Kq de capacidad, se realiza a través de una tolva dosificadora automática que cierra su boquilla de descarga al llegar a detectar 25 kg. de peso.

Sin embargo durante esta operación cae al piso explosivo tipo sales de nitrato que puede incendiarse y explotar.

Por lo tanto como medida de seguridad se debe limpiar el área varias veces por turno, por lo menos cada 3 horas así como evitar cualquier chispa eléctrica o fuente de calor.

OPERACION No. 8 ALMACENAR BOLSAS.

Las bolsas utilizadas para el envasado del explosivo deben ser almacenadas en un área especial para material de empaque, ya que estén fabricadas como se ha mencionado de papel cosido a una bolsa de polietileno (ésta última evita que el diesel contenido en el explosivo tipo sales de nitrato se derrame, contamine o evapore).

De acuerdo a lo anterior existe el riesgo de incendio de las bolsas, por lo que debe preverse que no existan chispas eléctricas o fuentes de ignición que pudieran hacer contacto con éstas.

OPERACION No. 9 CODIFICADO DE BOLSAS DE ENVASADO.

Esta operación consiste en codificar las bolsas a través de un sello, indicando el número de lote por fecha de acuerdo al explosivo próximo a envasar.

En esta operación sólo se debe tener cuidado de que ninguna fuente de ignición tenga contacto con las bolsas para evitar un incendio.

OPERACION No. 10 ENVASADO DEL EXPLOSIVO EN BOLSAS.

Esta operación es consecuencia de la operación No. 7, ya que una vez que se ha envasado por peso el explosivo pasa a la cosedora para el sellado final de la misma.

El riesgo probable de esta operación es que se incendien las bolsas conteniendo el explosivo, si alguna fuente de calor tuviera contacto con éstas, provocaría una explosión.

OPERACION No. 11 TRANSPORTE DE EXPLOSIVO A POLVORINES.

En el área de embarque no debe haber más de 30 bolsas conteniendo explosivo tipo sales de nitrato, ya que representa un alto riesgo de explosión dentro de la planta.

Por esta razón debe existir un movimiento constante de transporte de balsas a polvorines.

Además los camiones de transporte deben estar dotados de sistemas contra incendio, que extingan cualquier conato de incendio en el motor, tanque de combustible, cabina o caja del mismo, así como estar conectados a tierra.

OPERACION no. 12 ALMACENAR EXPLOSIVO EN POLVORINES.

Dado que los riesgos de almacenamiento del explosivo tipo sales de nitrato son semejantes a los de la operación No. 35 (página 50) para el almacenamiento de explosivo tipo gel; las medidas de seguridad se consideran análogas.

CAPITULO 5 SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA PLANTAS EN GENERAL.

5.1 SISTEMAS CONVENCIONALES DE SEGURIDAD.

En México la Seguridad e Higiene están normadas entre otras leyes por:

- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- La del Instituto Mexicano del Seguro Social.
- La Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

Así como por algunos reglamentos, códigos e instructivos tales como:

- El Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (Referencia 33, Bibliografía).
- El Reglamento para la Clasificación de Empresas y determinación del Grado de Riesgo del Seguro de Riesgos de Trabajo. (Referencia 34, Bibliografía).

Dichas leyes, reglamentos, códigos e instructivos, establecen los requisitos mínimos a cubrir por parte de las empresas en materia de Seguridad e Higiene.

Para vigilar que dichas leyes y normas se cumplan, el Gobierno cuenta entre otras con las siguientes Dependencias Oficiales:

- La Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (S.T y P.S.).
- El Instituto Mexicano del Seguro Social. (I.M.S.S.).
- La Secretaría de Salubridad y Asistencia. (S.S.A.).
- La Secretaría de la Defensa Nacional. (S.D.N.).
- La Secretaría de Desarrollo Social. (S.D.S.).

Las continuas acciones legales en México en materia de seguridad exigen una dinámica más práctica en las empresas.

El presente enfoque sintetiza la parte medular de los Sistemas Convencionales de Seguridad de constante aplicación en el país.

En la tabla T.5.1 aparece un "Resumen de 46 Obligaciones Legales que las Empresas deben cumplir en materia de Seguridad e Higiene", ante las dependencias oficiales involucradas así como su periodo de verificación.

TABLA T.5.1

RESUMEN DE 46 OBLIGACIONES LEGALES QUE LAS EMPRESAS DEBEN CUMPLIR EN MATERIA DE SEGURIDAD E HIGIENE.

DESCRIPCION DE OBLIGACIONES	DEPENDENCIA OFICIAL	PERIODO DE VERIFICACION
1) Tramitar licencias de aptitud a Jefe de Planta.	S.T. y P.S.	Anual o permanente
2) Tramitar licencias de aptitud a Operador de Calderas	" "	" "
3) Tramitar licencias de aptitud a Vaporistas.	" "	" "
4) Tramitar licencias de aptitud a Operadores de Montacarga.	" "	" "
5) Tramitar licencias de aptitud a Operadores de Grúa	" "	" "
6) Presentar para autorización Bitácoras p/Generadores de Vapor.	" "	Anual o cuando se termine.
7) Presentar para autorización Bitácoras para Autoclaves.	" "	" " "
8) Presentar para autorización Bitácoras para Recipientes sujetos a Presión.	" "	" " "
9) Presentar para autorización planos para Construcción y Montaje de Instalaciones nuevas, reparaciones, modificaciones o desecho de equipo sujeto a presión.	" "	Quando se presenten estos casos.
10) Presentar Libro Oficial de Inventario de maquinaria necesaria para las secuencias productivas y terminado de las mismas.	" "	Anual, al cambio de maquinaria o al término de libreta
11) Presentación de manifestaciones de cabal cumplimiento a las medidas de Seguridad e Higiene ordenadas en las Actas de Inspección periódicas.	" "	Cada vez que se presente este tipo de inspección.
12) Presentar mensualmente para su evaluación y sellado las Actas de la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene en el Trabajo.	" "	Mensualmente.

13) Presentar para sellado anual, libro de Actas de la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene.	" "	Anual o al término del libro.
14) Presentar Actas de la modificación de la integración de la Comisión Mixta de Seguridad, mencionando el nombre de los nuevos integrantes.	" "	Cuando exista modificación.
15) Mantener actualizado Oficio de Visto Bueno de ubicación de la Empresa.	S.S.A.	Anual o al cambio de Instalaciones.
16) Verificar autorización de planos de: <ul style="list-style-type: none"> a) Planta General b) Cortes sanitarios y arquitectónicos. c) Drenajes de aguas pluviales, negras y residuales. d) Ubicación de maquinaria y equipo. 	S.S.A.	Anual o al cambio de instalaciones.
17) Aviso de inicio y terminación de Obra.	S.S.A.	Anual o al cambio de instalaciones.
18) Verificar vigencia de Oficio de Autorización de ocupación.	S.S.A.	Anual
19) Verificar vigencia de Oficio de apertura.	S.S.A.	Anual
20) Verificar refrendos y vigencia de la Licencia Sanitaria en funcionamiento.	S.S.A.	Anual
21) Obtención del Oficio de periodicidad de desinfección y desinfestación.	S.S.A.	Anual
22) Comprobante de servicios practicados de desinfección y desinfestación.	S.S.A.	Anual
23) Vigencia de la solicitud de registro de Aguas Residuales.	S.S.A.	Anual
24) Autorización para el uso de pozo de agua.	S.S.A.	Anual
25) Constancia reciente de análisis bacteriológico y físico químico del agua de pozo y aguas residuales.	S.S.A.	Semestral

26) Refrendo de licencia sanitaria del comedor.	S.S.A.	Anual
27) Tarjetas de control sanitario del personal que labora en el comedor.	S.S.A.	Anual
28) Presentar Actas y Ordenamientos de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, para verificar el cabal cumplimiento de las medidas ordenadas por dicha dependencia.	S.S.A.	Anual o cuando se presente.
29) Informar de la relación de trabajadores sindicalizados, no sindicalizados, eventuales totales y por turno, de hombres y mujeres.	S.S.A.	Anual
30) Informar del Capital Social involucrado.	S.S.A.	Anual
31) Diagrama de Flujo del proceso productivo.	S.S.A.	Anual
32) Relación de materias primas y productos terminados.	S.S.A.	Anual
33) Mandar copias de las Actas de Integración de la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene.	S.T. y P.S.	Cada vez que exista modificación.
34) Presentar mensualmente copias de las actas de las juntas ordinarias de la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene.	S.T. y P.S.	Mensual
35) Presentar mensualmente la relación de accidentes de trabajo, la gravedad de los mismos y la situación que los provocó, así como las muertes en el trabajo.	S.T. y P.S.	Mensual
36) Presentar Actas de cualquier modificación que se efectúe en la integración de la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene.	S.T. y P.S.	Cuando se presenten estos casos.
37) Llenar la forma MT-1 para aviso de calificación de probable riesgo de trabajo, cuando sucedan accidentes de trabajo.	I.M.S.S.	Cuando se presenten estos casos.
38) Llenar la forma MT-1 para aviso		

de calificación de probable riesgo de trabajo, cuando se suponga existe enfermedad profesional, describiendo los agentes contaminantes y tiempo de exposición a los mismos.

	I.M.S.S.	Quando se presenten estos casos.
39) Mantener dentro de los límites oficiales, el índice de Sinies-tralidad.	I.M.S.S.	Anual
40) Registro de armas de fuego en existencia, como apoyo al Cuerpo de Vigilancia.	S.D.N.	Anual
41) Obtención del permiso de portación de armas de fuego en el interior de la Empresa, relacionando a las personas involucradas.	S.D.N.	Anual
42) Solicitar permiso para efectuar simulacro contra incendio.	S.S.A.	Anual
43) Atención a inspectores del Trabajo.	S.T. y P.S.	Anual/Semestral
44) Atención a inspectores del Trabajo.	S.T. y P.S.	Anual/Semestral
45) Atención a inspectores de Medicina del Trabajo.	I.M.S.S.	Quando se presente
46) Atención a inspectores de la Secretaría de Salud.	S.S.A.	Anual/Semestral

5.2 INSTRUCTIVOS DEL REGLAMENTO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.

A continuación hemos resumido los conceptos más relevantes de los 21 Instructivos que conforman el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (Referencia 33, Bibliografía).

Podemos considerar que a la fecha las empresas y los mismos Jefes de Seguridad no han valorado cabalmente las obligaciones que los 21 Instructivos del Reglamento mencionado imponen.

Un análisis a fondo de éstos representará una herramienta básica para todo Jefe de Seguridad que se precie de ser un profesional en su especialidad.

INSTRUCTIVO No.1 CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS EDIFICIOS Y LOCALES DE LOS CENTROS DE TRABAJO.

Este instructivo determina las condiciones de seguridad e higiene que se deben cumplir en los techos, paredes, pisos, escaleras fijas, rampas, escaleras marinas y plataformas elevadas en los edificios y locales de los centros de trabajo.

INSTRUCTIVO No.2 CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

Este instructivo determina las condiciones de seguridad e higiene que deben cumplir aquellos locales en que se fabrican, almacenan o manejan productos con alto riesgo de incendio, aislamiento de dichas áreas, formulación de procedimientos, salidas normales y de emergencia.

Por otra parte determina las condiciones que deben reunir rampas, escaleras, puertas y escaleras de emergencia, equipo para extinción de incendios, así como los programas de capacitación y adiestramiento para el personal que maneje el equipo de extinción.

INSTRUCTIVO No.3 OBTENCIÓN Y REFRENDO DE LICENCIAS, PARA OPERADORES DE GRUAS Y MONTACARGAS EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

Este instructivo determina los requisitos para la obtención de licencias de operadores de grúas y operadores de montacargas, la responsabilidad que tiene el patrón, los conocimientos generales requeridos, vigencia de las licencias y requisitos del refrendo.

INSTRUCTIVO No.4 SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN LA MAQUINARIA Y EQUIPO DE LOS CENTROS DE TRABAJO.

Determina los dispositivos de seguridad y protección para la maquinaria y equipo de transmisión mecánica, cubiertas de protección, conexiones eléctricas a tierra, para tornos, malacates y equipos para izar, para ascensores de carga, montacargas, tractores, carretillas autopropulsadas y transportadores.

INSTRUCTIVO No.5 CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LOS CENTROS DE TRABAJO PARA EL ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y MANEJO DE SUBSTANCIAS INFLAMABLES Y COMBUSTIBLES.

Este instructivo determina las características de seguridad para el manejo de sustancias inflamables y combustibles así como la de las tuberías que conducen líquidos inflamables o a alta temperatura.

Dentro de estas características existen las relacionadas con locales, recipientes fijos, recipientes portátiles, almacenamiento en edificios, transporte de sustancias por tuberías, sistemas de aspersión contra desprendimiento de vapores, procedimientos de operación, uso de ropa y zapatos.

INSTRUCTIVO No.6 CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE PARA LA ESTIBA Y DESESTIBA DE LOS MATERIALES EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

Este instructivo determina la delimitación, ventilación e iluminación que deben tener los espacios destinados a la estiba y desestiba de materiales.

Dentro de estas características se prevén riesgos para los trabajadores; la altura máxima de estiba, pasillos libres, la no obstrucción de equipo contra incendio, ventilación natural y artificial, e iluminación.

INSTRUCTIVO No.7 CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE PARA LA INSTALACION Y OPERACION DE FERROCARRILES EN LOS CENTROS DE TRABAJO

Este instructivo establece condiciones de seguridad para la instalación y operación de vías, andenes, cruceos y equipo móvil de ferrocarriles.

Determina el tipo de construcción, toques, cambios de vías con seguros, operaciones de carga y descarga así como las precauciones necesarias cuando se transportan sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas, inflamables o explosivas.

INSTRUCTIVO No.8 CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE PARA LA PRODUCCION, MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVOS EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

Este instructivo determina 4 tipos de condiciones de seguridad: generales, para la producción, para el almacenamiento y para el manejo de los explosivos.

Dentro de las condiciones generales están: la protección de los trabajadores contra el riesgo de explosión, definición de riesgos, alarmas, procedimientos de trabajo y condiciones que deben reunir los locales de trabajo.

Dentro de las condiciones para la producción están: la limitación en el uso de sustancias peligrosas, identificación adecuada de los recipientes que las contienen y el uso de herramientas bajo norma.

Dentro de las condiciones para el almacenamiento están : el uso de edificios aislados y resistentes al fuego, la separación adecuada de explosivos y accesorios, acceso controlado a almacenes, identificación adecuada del área y la ausencia de interruptores, contactos o tableros eléctricos.

Dentro de las condiciones para el manejo de explosivos están: el evitar chispas provocadas por la ropa o herramientas, el control de la distribución y uso de explosivos, contar con una zona de seguridad para voladuras, neutralizar desperdicios y evitar los gases producto de la explosión.

INSTRUCTIVO No. 9 CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE PARA EL ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y MANEJO DE SUBSTANCIAS CORROSIVAS, IRRITANTES Y TOXICAS EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

Este instructivo determina las características que se deben reunir para evitar fugas y derrames de substancias corrosivas e irritantes así como las características de un manejo seguro de substancias tóxicas.

Para proteger al trabajador establece que se determinen las características de las substancias, se cuente con equipo de protección personal, controlar fugas, desechos o escurrimientos, controlar su almacenamiento, identificar recipientes portátiles, limitar su uso, evitar la descarga de estos productos al drenaje y determinar periódicamente las condiciones de salud de los trabajadores.

INSTRUCTIVO No.10 CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO EN DONDE SE PRODUZCAN, ALMACENEN Y MANEJEN SUBSTANCIAS QUIMICAS CAPACES DE GENERAR CONTAMINACION EN EL AMBIENTE LABORAL.

Este instructivo determina los niveles de contaminación máxima permisible de los agentes físicos así como de los compuestos químicos o biológicos que pueden alterar la salud de los trabajadores y también determina las medidas de seguridad necesarias en ambientes con substancias contaminantes de elevada peligrosidad.

"Los niveles máximos permisibles de concentración de los contaminantes (sólidos, líquidos y gaseosos) en el ambiente de los centros de trabajo, para jornadas de 8 horas" están definidos en este instructivo.

INSTRUCTIVO No.11 CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO DONDE SE GENEREN RUIDO Y VIBRACIONES.

Este instructivo determina: los niveles máximos permisibles de exposición al ruido, las características de las fuentes emisoras, del ruido su magnitud y frecuencia, la exposición de los trabajadores a éste, las alteraciones de la salud derivadas de dichas exposiciones y los métodos generales y específicos de prevención y control.

Determina conceptos como: decibel, exposición al ruido, frecuencia, índice compuesto de exposición al ruido.

"Los niveles máximos permisibles en lo que se refiere a la contaminación por ruido para jornadas de 8 horas en los centros de trabajo", se definen en este instructivo.

INSTRUCTIVO No.12 CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN CENTROS DE TRABAJO DONDE SE MANEJEN, ALMACENEN O TRANSPORTEN, FUENTES GENERADORAS DE RADIACIONES IONIZANTES, CAPACES DE PRODUCIR CONTAMINACION EN EL AMBIENTE LABORAL.

Este instructivo establece los niveles máximos permitidos en radiación ionizante. Define que la empresa es responsable de reconocer, evaluar y controlar sus fuentes de radiación, la frecuencia de exámenes médicos al personal y condiciones que debe reunir éste último. Además el cuidado en el manejo de desechos y plan de evacuación.

Los niveles máximos de radiación permisible así como la definición de rem, se definen en este instructivo.

INSTRUCTIVO No.13 CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO, DONDE SE GENEREN RADIACIONES ELECTROMAGNETICAS NO IONIZANTES.

Este instructivo establece los niveles máximos permitidos de radiaciones electromagnéticas no ionizantes, directa o indirectamente a su paso a través de la materia. Incluye ondas de radio, microondas, radiaciones: láser, máser, infrarroja, visibles y ultravioleta.

Determina que la empresa es responsable de identificar estas fuentes y definir zonas de riesgo, la frecuencia de exámenes médicos, tiempo y frecuencia de exposición, dotar al trabajador de dispositivos de seguridad y equipos de protección.

INSTRUCTIVO No.14 CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE PARA LOS TRABAJADORES QUE LABOREN A PRESIONES AMBIENTALES ANORMALES.

Este instructivo determina las características de higiene para el trabajo en condiciones de presiones ambientales anormales.

Considera presiones bajas a 3000 metros s.n.m. (abajo de 522 mm Hg) y presiones altas (arriba de 860 mm Hg).

Establece una jornada de trabajo máxima de 4 horas por día, el uso de mezclas de gas para presiones altas (oxígeno, aire comprimido, helio - oxígeno), procedimientos y condiciones para buceo, así como tiempo y exposición a estas presiones.

INSTRUCTIVO No. 15 CONDICIONES TERMICAS AMBIENTALES EXTREMAS, ELEVADAS Y ABATIDAS EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

Este instructivo determina las condiciones térmicas del ambiente para cada tipo de trabajo, los periodos de descanso o recuperación para el trabajador expuesto a condiciones térmicas extremas y condiciones de renovación del aire en los ambientes de trabajo.

INSTRUCTIVO No.16 CONDICIONES DE HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO REFERENTE A LA VENTILACION.

Este instructivo determina las características de los sistemas de ventilación en los centros de trabajo.

INSTRUCTIVO No. 17 REQUERIMIENTOS Y CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL PARA LOS TRABAJADORES

Este instructivo determina los casos en que se requiere equipo de protección personal y las características del mismo para proteger al trabajador contra el ruido, radiaciones electromagnéticas ionizantes, agentes químicos y biológicos y proyección de partículas.

INSTRUCTIVO No. 18 REQUERIMIENTOS Y CARACTERISTICAS DE REGADERAS, VESTIDORES Y CASILLEROS EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

Este instructivo determina los casos de trabajo en que se requieren regaderas, vestidores y casilleros, así como sus características.

INSTRUCTIVO No. 19 REQUERIMIENTOS Y CARACTERISTICAS DE LA ORGANIZACION Y FUNCIONAMIENTO DE LAS COMISIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

Este instructivo determina todo lo relativo a la integración, registro y funcionamiento de las comisiones de Seguridad e Higiene.

INSTRUCTIVO No.20 REQUERIMIENTOS Y CARACTERISTICAS DE LOS BOTIQUINES PARA PRIMEROS AUXILIOS EN LOS CENTROS DE TRABAJO.

Este instructivo establece los elementos que deben contener los botiquines de primeros auxilios.

INSTRUCATIVO No.21 REQUERIMIENTOS Y CARACTERISTICAS DE LOS INFORMES DE LOS RIESGOS DE TRABAJO QUE OCURRAN PARA INTEGRAR LAS ESTADISTICAS.

Este instructivo determina los datos que deben contener los reportes de los riesgos ocurridos para integrar las estadísticas.

5.3 CLASIFICACION DE LAS EMPRESAS DE ACUERDO A SU INDICE DE SINIESTRALIDAD.

El Diario Oficial de la Federación, publicó el Reglamento para la clasificación y grados de riesgo de las empresas, para el pago de la prima del seguro de accidentes y enfermedades de trabajo al IMSS.

Esto puede representar un ahorro para cada empresa en el pago de este seguro al IMSS, en la medida que la prevención de accidentes sea importante. Un buen programa de seguridad podrá obtener ventaja de este reglamento, que de otro modo únicamente será motivo de quejas por el aumento que tendrá en sus cuotas del seguro de riesgo de trabajo.

En el capítulo III del "Reglamento para la Clasificación de Empresas y Determinación del Grado de Riesgo del Seguro de Riesgos de Trabajo" del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), en su artículo 30, - (Referencia 34, Bibliografía) -, nos dice lo siguiente:

Los componentes y elementos que integran los índices de frecuencia (If), los índices de gravedad (Ig) y los de siniestralidad (Is), expresados actuarialmente en el lapso que se analice son los siguientes:

$$If = \frac{n}{N \times 300}$$
$$Ig = \frac{s \times 300/365 + (1/100 \times 25 \times 300) + (D \times 25 \times 300)}{n}$$
$$Is = \frac{s/365 + (0.25 \times I) + (25 \times D)}{N} (1\ 000\ 000)$$

El significado de cada una de las variables es el siguiente:

- n - Número de casos de riesgo de trabajo terminados.
- N - Número de trabajadores promedio expuestos a los riesgos.
- s - Total de días subsidiados a causa de incapacidad temporal.
- I - Suma de porcentajes de las incapacidades permanentes, parciales y totales.
- D - Número de defunciones.

El significado de cada una de las constantes es el siguiente:

- 1 000 000 - Ponderación para hacer más fácil la lectura y aplicación del Is.
- 300 - Número estimado de días laborables por año.
- 365 - Número de días naturales del año.
- 25 - Duración promedio de vida activa de un individuo que no haya sido víctima de un accidente mortal, o de una incapacidad permanente total.

El número de trabajadores promedio expuestos al riesgo se obtiene en base a las semanas cotizadas, los días de salario devengados o las cuotas pagadas por la empresa por concepto del Seguro de Riesgos de Trabajo.

Por otra parte el citado capítulo III, artículo 22 del mismo Reglamento para la Clasificación de Empresas y Determinación del Grado de Riesgo del Seguro de Riesgos de Trabajo, presenta las tablas de los productos de los índices de frecuencia (If) y gravedad (Ig) por clases y grados de riesgo y primas.

En base a lo anterior se distinguen 5 clases de empresas de acuerdo a su grado de riesgo, las cuales pagarán desde un porcentaje mínimo de 1.67 % hasta un 166.67 % de prima según la tabla 5.3.

TABLA 5.3

CLASIFICACION DE EMPRESAS DE ACUERDO A SU GRADO DE RIESGO

CLASE	RIESGO 6 (If x Ig) 10	GRADO DE RIESGO	PRIMA POR %
I- ORDINARIO	454	Mínimo 1	1.67
	1086	Medio 3	5.00
	1757	Máximo 5	8.33
II- BAJO	1368	Mínimo 4	6.67
	3302	Medio 9	15.00
	5127	Máximo 14	23.33
III-MEDIO	4032	Mínimo 11	18.33
	9226	Medio 24	40.00
	15867	Máximo 37	61.67
IV- ALTO	11368	Mínimo 30	50.00
	16552	Medio 45	75.00
	21787	Máximo 60	100.00
V- MAXIMO	18207	Mínimo 50	83.33
	26610	Medio 75	125.00
	36662	Máximo 100	166.67

A continuación presentaremos 3 ejemplos de cálculo de los índices de frecuencia, gravedad y siniestralidad, para averiguar la clasificación de la empresa y el porcentaje de prima a pagar.

Ejemplo No. 1.

En una Planta que fabrica Explosivos, son 50 el Número de casos de Riesgo de Trabajo terminados, 1000 el Número de trabajadores promedio expuestos a los riesgos y 1500 los Días subsidiados a causa de Inca-

riesgos y 1500 los Días subsidiados a causa de Incapacidad Temporal, calcular los índices de Frecuencia, Gravedad y Siniestralidad.

$$\begin{aligned} n &= 50 & If &= n / N \times 300 \\ N &= 1000 & &= 50 / 1000 \times 300 \\ s &= 1500 & &= 0.000165 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ig &= ((s \times 300/365) + (1/100 \times 25 \times 300) + (D \times 25 \times 300)) / n \\ &= ((1500 \times 0.8219) + 75 + 7500) / 1500 \\ &= 24.657 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Is &= (s/365 + (0.25 \times I) + (25 \times D)) / N \times 10 \\ &= (1500/365 + 0 + 0) / 1000 \times 1000,000 \\ &= 4050 \end{aligned}$$

Para este ejemplo No.1 podemos concluir lo siguiente, puesto que el índice de siniestralidad resultó igual a 4050, si lo comparamos con la tabla 5.3 y dado que $Is = If \times Ig \times 1000,000$ tenemos que:

La empresa quedó clasificada en la Clase III, Grado de riesgo 11 con un porcentaje de prima del 18.33 %.

Ejemplo No. 2

Una compañía tiene los siguientes datos:

$$\begin{aligned} n &= 25 & s &= 900 & If &= n / N \times 300 \\ N &= 1000 & I &= 25\% & &= 25 / 1000 \times 300 \\ & & & & &= 0.0000825 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ig &= (s(0.8219) + (75 \times I) + (7500 \times D)) / n \\ &= ((900 \times 0.8219) + (75 \times 25) + (7500 \times 0)) / 125 \\ &= 104.5884 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Is &= ((s \times 0.0027) + (0.26 \times I) + (25 \times D)) \times 10 / N \\ &= ((900 \times 0.0027) + (0.26 \times 25) + (25 \times 0)) \times 1000,000/1000 \\ &= 8680 \end{aligned}$$

Para el ejemplo No. 2, puesto que el índice de siniestralidad resultó igual a 8680 y si comparamos con la tabla 5.3, tenemos que:

La empresa quedó clasificada en la Clase III, Grado de riesgo 23 con un porcentaje de prima del 38.33 %.

Ejemplo No. 3

Una compañía tiene los siguientes datos:

$$\begin{aligned} n &= 10 & s &= 100 & If &= n / N \times 300 \\ N &= 1000 & I &= 15\% & &= 10 / 1000 \times 300 \\ D &= 1 & & & &= 0.0000333 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ig &= ((s \times 0.8219) + (75 \times I) + (7500 \times D)) / n \\ &= ((100 \times 0.8219) + (75 \times 15) + (7500 \times 1)) / 10 \\ &= 871.719 \end{aligned}$$

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

$$\begin{aligned} I_s &= ((s \times 0.0027) + (0.25 \times I) + (25 \times D)) \cdot 10 / N \\ &= ((100 \times 0.0027) + (0.25 \times 15) + (25 \times 1)) \cdot 1000,000 / 1000 \\ &= 29020 \end{aligned}$$

Para el ejemplo No. 3, puesto que el índice de siniestralidad resultó igual a 29020 comparando con la tabla 5.3, tenemos que:

La empresa quedó clasificada en la Clase V, Grado de Riesgo B1 con un porcentaje de prima del 135.10 %.

5.4 PLAN DE EMERGENCIA PARA PLANTAS EN GENERAL.

El plan de emergencia es uno de los aspectos más importantes que debe implantar una empresa. Es conveniente antes de explicar dicho plan, establecer el significado del vocablo "emergencia".

Emergencia: Es la acción de emerger, lo que acontece cuando en la combinación de factores conocidos surge un fenómeno inesperado.

Otra definición es la de una situación insegura, que cuando se genera expone a la empresa a la pérdida total o parcial de sus recursos humanos y económicos.

DEFINICION DE PLAN DE EMERGENCIA.

Es el conjunto de medidas de seguridad orientadas a ser aplicadas por el personal de la empresa, en casos de emergencia, protegiendo así los recursos humanos y económicos de la misma.

OBJETIVO DEL PLAN DE EMERGENCIA.

El objetivo del plan de emergencia es el de salvaguardar la seguridad del personal que labora en la empresa. Define clara y objetivamente la acción a seguir por el personal en general para estar en condiciones de reducir los efectos de una emergencia a su mínima expresión.

CLASIFICACION DE EMERGENCIAS.

CONATO DE EMERGENCIA.

Un conato de emergencia es una condición insegura, capaz de provocar una situación de peligro para el personal de la empresa y sus instalaciones.

EMERGENCIA MENOR.

Es una situación de peligro que se presenta en una área determinada y que puede ser controlada por el personal de la misma.

EMERGENCIA MAYOR.

Es una situación peligrosa que si no se controla, es capaz de impedir la operación total de la empresa, generando riesgos, amenazando la seguridad de su fuerza de trabajo y bienes de la misma.

CAUSAS DE EMERGENCIAS

CAUSAS BASICAS	FENOMENOS NATURALES	.- S I S M O S, INUNDACIONES
	FENOMENOS NO NATURALES	.- INCENDIOS, EXPLOSIONES, FUGAS DE MATERIALES PELIGROSOS, DISTURBIOS PUBLICOS, TERRORISMO.

DESARROLLO DE UNA EMERGENCIA.

Una emergencia se desarrolla de acuerdo a tres fases que son la pre-emergencia, la emergencia en proceso y la postemergencia, teniendo cada fase sus respectivas etapas.

FASES	ETAPAS
I PREEMERGENCIA	1.- CAUSAS BASICAS 2.- CAUSAS POTENCIALES 3.- ACCIDENTES
II EMERGENCIA EN PROCESO	4.- DETECCION 5.- CLASIFICACION 6.- COMUNICACION 7.- ACCION O ATAQUE 8.- EVACUACION
III POSTEMERGENCIA	9.- SALVAMENTO 10.- RECUPERACION 11.- REINICIACION

A continuación explicaremos en que consisten cada una de las etapas de cada fase.

FASE I PREEMERGENCIA Y SUS ETAPAS.

ETAPA 1 CAUSAS BASICAS.

Esta etapa se refiere a los riesgos existentes en instalaciones, equipos, sistemas de producción industrial y las materias que se utilizan con estos, por ejemplo: calderas, generadores de presión, montacargas, líneas de producción, bombas, depósitos de combustible, depósitos de ácidos, almacenes de explosivos y de productos químicos inestables, etc.

ETAPA 2 CAUSAS POTENCIALES.

Se refiere a la intervención del factor humano en el manejo de los equipos mencionados en la etapa 1. Significa que un manejo inadecuado de éstos por cualquier motivo, genera riesgos potenciales capaces de provocar emergencias de diversas características.

ETAPA 3 ACCIDENTES.

El accidente es entendido como un suceso inesperado que nos expone a sufrir desde una herida leve, hasta la muerte. Es el factor que más emergencias desencadena.

FASE II EMERGENCIA EN PROCESO Y SUS ETAPAS.

ETAPA 4 DETECCION.

Aquí arranca la fase más rápida y decisiva en el desarrollo de una emergencia, ya que el factor tiempo y espacio en la localización de la misma, influye directamente en las posibilidades de asumir o no el control de sus efectos.

ETAPA 5 CLASIFICACION.

Se refiere a la acción de los responsables por determinar el tipo de emergencia lo más exactamente posible en cuanto a magnitud y las características de la misma, con el objeto de combatirla a través de una estrategia eficaz e inmediata.

ETAPA 6 COMUNICACION.

Es el proceso de difundir por los medios posibles al alcance, la noticia de la existencia de una emergencia. De esto depende la rápida movilización del factor humano: para que algunos se pongan a salvo mientras otros se organizan para combatir y/o aislar el riesgo existente.

ETAPA 7 ACCION O ATAQUE.

Se refiere a la organización, decisiones y estrategias adoptadas por los responsables de seguridad de la Planta, encaminadas a reducir o eliminar los efectos de una emergencia, utilizando para ello los recursos destinados previamente por la empresa.

ETAPA 8 EVACUACION.

Esta es la delicada tarea de movilizar gente durante una emergencia con el objeto de salvar sus vidas. Es de suma importancia establecer medios adecuados de organización, coordinación y acción para realizar

una evacuación con éxito; ésto no es responsabilidad única de la Administración de la empresa sino del personal en general.

FASE III POSTEMERGENCIA Y SUS ETAPAS.

ETAPA 9 SALVAMENTO.

Una vez que la emergencia ha sido reducida a sus niveles mínimos posibles de riesgo, en las áreas afectadas se desarrolla la tarea de rescatar personal accidentado, materiales y equipos.

ETAPA 10 RECUPERACION.

Esta etapa consiste en el reacondicionamiento de la Planta, sus equipos y materiales. Requiere un cuidado extremo con el objeto de evitar la generación de otra emergencia, las normas de seguridad deben ser respetadas.

ETAPA 11 REINICIACION

La Administración de la empresa tratará por todos los medios a su alcance de reiniciar la operación de la Planta, y para ésto requiere la colaboración decidida de su fuerza humana.

5.4.1 FUNCIONAMIENTO DEL PLAN DE EMERGENCIA.

Una emergencia se puede presentar bajo tres condiciones básicas en una empresa:

- 1- Cuando se encuentra todo el personal laborando en la Planta.
- 2- Cuando se encuentra parte del personal laborando en la Planta.
- 3- Cuando únicamente se encuentra el personal de Vigilancia.

Aunque las tres condiciones son importantes y complejas, analizaremos la condición número 1 preferentemente.

Cuando se presente una emergencia el personal que lo detecte, avisará al coordinador del área afectada, a la operadora del conmutador o a la Brigada contra incendio.

- QUE HACER EN CASO DE INCENDIO.

- 1.- Dé la voz de alarma, avise a los departamentos cercanos.
- 2.- Si sabe como hacerlo, combata el fuego de acuerdo a su capacidad y los recursos del área afectada.
- 3.- Si no puede controlar el fuego no se arriesgue, abandone el área usando la salida de emergencia más cercana.

- QUE HACER EN CASO DE SISMO.

- 1.- Serénese, no abandone el lugar a menos que sea necesario y siga las indicaciones de su coordinador de área.
- 2.- No circule por escaleras, aléjese de vidrieras y cuídese de objetos que puedan caerle encima.
- 3.- Desconecte los equipos y sistemas eléctricos que estén a su cargo.

- QUE HACER EN CASO DE ACCIDENTES MAYORES.

- 1.- Auxilie al o los lesionados si sabe como y/o en su caso avise a cualquier coordinador del área.
- 2.- No mueva lesionados si no es necesario, avise al Servicio Médico y/o a la Brigada contra incendios que cuenta con un grupo de primeros auxilios.

5.4.2 ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL PLAN DE EMERGENCIA.

Los elementos que intervienen en un Plan de Emergencia son tres: Humanos, equipos y sistemas y el plan mismo.

Dentro de los elementos humanos se encuentra el personal en general que representa el motivo básico de la organización de este plan, pero además dicho plan cuenta con:

El Gerente de Planta, Gerente de Relaciones Industriales, Gerentes y Jefes de Departamento, Jefe y/o Supervisor(es) de Seguridad, Brigada contra Incendio, Jefe de Mantenimiento, Operadora de conmutador telefónico y Depto. de Vigilancia.

Dentro de los equipos y sistemas se encuentran:

- Los sistemas fijos contra incendio.
- Extintores de fuego portátiles.
- Equipos de protección personal.
- Salidas de emergencia.

RESPONSABILIDADES DE LOS RECURSOS HUMANOS EN EL PLAN DE EMERGENCIA

Del Gerente de Planta.-

- Es el responsable de la seguridad de la Planta.
- En una emergencia, coordina las acciones a seguir.
- Asesora a la Brigada contra incendio.
- Mantiene los sistemas de seguridad en condiciones de operación.

Del Gerente de Relaciones Industriales.-

- Auxilia a la Gerencia de Planta.
- Difunde procedimientos de seguridad.
- Establece políticas a seguir en Seguridad por el personal.

De los Gerentes y Jefes de Departamento.-

- Son los coordinadores de área durante una emergencia.

Del Jefe y/o Supervisor de Seguridad.-

- Selecciona y adiestra a los elementos de la Brigada contra incendio
- Dirige a la Brigada durante una emergencia.
- Verifica que las condiciones de seguridad sean óptimas en la Planta
- Dirige los simulacros y prácticas de la Brigada.

De la Brigada contra incendio.-

- Presentarse en el lugar de la emergencia para auxiliar al personal.
- Conocer los sistemas fijos y portátiles contra incendio.
- Prevenir incendios.
- Reducir los efectos de un incendio, mientras es atendido por el H. Cuerpo de Bomberos.
- Asistir a los cursos de capacitación preparados para la Brigada.

Del Jefe de Mantenimiento y su personal.-

- Garantizar la operación eficaz de los sistemas de protección.
- Comprobar la operación correcta de bombas, rociadores, válvulas, planta de emergencia, sistemas eléctricos y electrónicos, en caso de emergencia.
- Técnicamente formar parte de la Brigada contra incendio.
- Acatar la instrucciones de la Gerencia de Planta.

De la Operadora del Conmutador Telefónico.-

Al recibir la llamada de alarma interna hará lo siguiente:

- Obtendrá el dato preciso de ubicación y magnitud de la emergencia.
- Avisará a la Gerencia de Planta y a la Brigada contra Incendios.
- Si es necesario interferirá las líneas telefónicas para avisar oportunamente de la emergencia.
- Solicitará la presencia del H. Cuerpo de Bomberos en caso de incendio comprobado.

Del Departamento de Seguridad y Vigilancia.

- Forma parte de la Brigada contra incendios.
- Garantiza la seguridad y protección al personal y a la empresa.
- Mantiene un sistema de inspección a las instalaciones para detectar y reportar anomalías.
- Fuera de horas hábiles, los vigilantes son el único medio para detectar y combatir emergencias en base a la capacidad del personal y los recursos disponibles.

5.4.3 PLAN DE EVACUACION.

DEFINICION DE PLAN DE EVACUACION.

Es una de las etapas más importantes del Plan de Emergencia, (Fase II, Etapa B) y consiste en un procedimiento proporcionado al personal de la empresa, para desarrollar actividades encaminadas a salvar la integridad física de éste en caso de una emergencia.

Dichas actividades se deberán realizar de manera prevista, organizada y confiable.

SITUACIONES PROBABLES EN UNA EVACUACION.

Una emergencia y por ende el plan de evacuación se pueden presentar en 3 situaciones probables:

- A) Cuando se encuentra todo el personal laborando en la empresa.
- B) Cuando se encuentra parte del personal en la empresa.
- C) Cuando únicamente se encuentra el personal de vigilancia.

ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL PLAN DE EVACUACION.

Los elementos que intervienen en un plan de evacuación son de dos tipos, humanos y físicos.

HUMANOS.- Personal en general, Sección de evacuación, Auxiliares de evacuación, Revisores de escape y Personal de vigilancia.

FISICOS.- Salidas de emergencia, Accesos normales, Plano de evacuación, Extintores, Hidrantes, Hachas y Puertas contra incendio.

Cabe mencionar que los extintores, hidrantes y hachas se usarían eventualmente para abrirse paso.

LA SECCION DE EVACUACION.

Está formada por todos los Gerentes de área.

LOS AUXILIARES DE EVACUACION.

Son todos los Jefes y Supervisores de Departamento, siguen en jerarquía a la sección de evacuación. Normalmente tienen a una o varias personas bajo su cargo y por tanto tienen la responsabilidad de cuidar de éstas.

LOS REVISORES DE ESCAPE.

Son los más cercanos colaboradores de los Auxiliares de Evacuación o sea los Jefes y Supervisores de Departamento.

DEFINICION DE EVACUACION PARCIAL.

Consiste en desalojar al personal de la zona de peligro bajo las indicaciones de los auxiliares de evacuación.

DEFINICION DE EVACUACION TOTAL.

Reside en desplazar totalmente al personal de las instalaciones de la empresa, bajo las instrucciones de la Gerencia de Planta ó la Gerencia de Relaciones Industriales a través de la Sección de Evacuación.

Si no estuviera presente la sección de evacuación, le seguirán en jerarquía los auxiliares de evacuación y en última instancia la Brigada contra incendios.

CENTROS DE REUNION Y RUTAS DE EVACUACION

Dentro de las instalaciones de la empresa, deberán estar identificados un Centro de Reunión para la Brigada contra Incendios y uno o más Centros de Reunión para el personal ajeno a la Brigada contra incendios.

Por otra parte deberán existir las rutas de evacuación que conduzcan al personal a los centros de reunión mencionados para cada caso.

En caso de evacuación total, todo el personal acudirá a los centros de reunión. Un ejemplo se presenta en el "Plano de Rutas de Evacuación" de la figura No. 5.4.3.

COMO FUNCIONA EL PLAN DE EVACUACION

Presentaremos un ejemplo para el caso de una evacuación total, basados en el Plano de Rutas de Evacuación de la figura No. 5.4.3.

Al recibir el personal instrucciones de ejecutar la Evacuación Total de la Planta, de parte de la Gerencia de Planta o en ausencia de ésta, de la Gerencia de Relaciones Industriales o en su defecto de cualquier Gerente previamente definido:

1.- La Sección de Evacuación deberá desplazarse de la siguiente manera:

RESPONSABLE DEL AREA DE	LUGAR DE REUNION
Almacén de M.P.	Andén de Almacén de M.P.
Almacén de F.T.	Andén de Almacén de F.T.
Control de Calidad	Salida de emergencia No. 3
Comedor	Salida de emergencia No. 9
Producción	Andén de Producción
Servicio Médico	Salida de Servicio Médico
Oficinas	C.R. de personal ajeno a la Brigada contra incendios
Gerente de Planta	C.R. Brigada contra Incendios
Mantenimiento	C.R. Brigada contra Incendios
Seguridad	C.R. Brigada contra Incendios

Si analizamos el Plano de Evacuación, aparecen 9 salidas de emergencia, 37 accesos normales, 1 Centro de Reunión para la Brigada contra Incendios y 3 rutas que conducen a este último.

También encontramos un Centro de Reunión para el personal ajeno a la Brigada contra Incendios que cuenta con las rutas 4 y 5 para conducir a éste.

Debido a lo anterior.-

1.- La Sección de Evacuación es responsable de:

- Conocer las salidas de emergencia, los centros de reunión y las rutas de evacuación.
- Dirigir al personal a los "Centros de reunión" ya establecidos.

2.- Los auxiliares de evacuación son responsables de:

- Desalojar su área en caso de evacuación y conducir al personal hasta el centro de reunión convenido, debiendo comprobar que estén todos presentes.
- En caso de existir visitantes, conducirlos al Centro de Reunión ajeno a la Brigada contra Incendios.
- Asignar a "Revisores de Escape" que verifiquen que nadie permanezca en las oficinas, baños o área en peligro.
- Contar al personal que está bajo su responsabilidad y si faltara alguien, reportar a la Sección de Evacuación.
- Conocer las rutas de evacuación de mayor factibilidad para llegar a los centros de reunión.

5.5 INSTALACIONES FIJAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO.

En este tema se tratarán de describir en forma general, los principales tipos de Sistemas Fijos de Protección contra Incendio más usuales.

Todos estos sistemas tienen como fundamento la reducción o eliminación del oxígeno y/o calor, que combinados con material combustible, producen, mantienen o aumentan el fuego.

En forma genérica los fuegos se han clasificado como clase A,B,C o D, sin embargo dentro de estas clasificaciones existen niveles menores o superiores de peligrosidad.

Para emplear el sistema fijo de protección contra incendio más adecuado, efectivo y económico para cada planta, es necesario hacer un estudio detallado de las fuentes de ignición que permita la selección correcta.

5.5.1 SISTEMAS FIJOS CONTRA INCENDIO MAS COMUNES.

Los sistemas fijos contra incendio más comunes son los siguientes:

- A- Sistemas de Bióxido de Carbono.
- B- Sistemas de Polvo Químico Seco.
- C- Sistemas de Espuma y Espuma-Agua.
- D- Sistemas a base de Agua.

a continuación se presenta una breve descripción de cada uno de éstos.

A- SISTEMAS DE BIOXIDO DE CARBONO.

Estos sistemas son efectivos para la mayor parte de los materiales combustibles, con pocas excepciones pero especialmente para equipo eléctrico y ventajosos para locales que contienen elementos de valor tales como pieles, archivos y equipo o materiales susceptibles a daños por residuos sólidos o líquidos.

Existen 2 métodos de aplicación del bióxido de carbono :

- 1- Por inundación total de un espacio cerrado.
- 2- Dirigido sobre una determinada superficie o zona.

Dichos sistemas pueden ser activados automática o manualmente y están formados por una red de tubería, conexiones y accesorios para muy alta presión, con boquillas estratégicamente localizadas para lograr el mayor rendimiento en un corto periodo de descarga.

En casos especiales, pueden ser complementados por líneas de manguera permanentes o conectadas al sistema.

No se recomiendan estos sistemas para áreas de computación, pues el enfriamiento producido por éstos, provocará la fractura de los circuitos electrónicos.

Para localizar especificaciones más detalladas de estos sistemas, se puede acudir al folleto No. 12 de la N.F.P.A. (National Fire Protection Association). (Referencia 40, Bibliografía).

B- SISTEMAS DE POLVO QUIMICO SECO.

Estos sistemas se usan para combatir incendios principalmente en líquidos inflamables, equipo eléctrico y para cierto tipo de combustibles ordinarios.

El sistema maneja tres tipos de aplicación dependiendo de la composición química del polvo usado:

- 1- Inundación total de un espacio cerrado.
- 2- Dirigida sobre una determinada superficie o zona.
- 3- A través de mangueras independientes de la red fija.

Los sistemas de inundación total o aplicación local son activados automáticamente, con provisiones de operación manual y se componen de una red de tuberías, conexiones, accesorios y boquillas instaladas de tal modo que se logre el máximo rendimiento, ya que la descarga generalmente es de corta duración.

La desventaja principal de este sistema, es la contaminación que produce el polvo químico seco.

Para una información más detallada se puede consultar el folleto No. 17 de la N.F.P.A. (National Fire Protection Association). (Referencia 41, Bibliografía).

C- SISTEMAS DE ESPUMA.

La espuma es un elemento que se puede producir por medios mecánicos o químicos, aunque éstos últimos están siendo desplazados gradualmente por la espuma mecánica.

Su uso es efectivo para líquidos inflamables, almacenaje en la industria petroquímica de solventes y alcoholes y en la industria de la aviación en celdas de prueba para motores de propulsión y combustión interna.

Su aplicación puede ser por inundación total o local.

Dicha aplicación se puede realizar a través de sistemas fijos o semi-fijos o por medio de mangueras y/o vehículos con aplicadores especiales.

Otra variación para el uso de este agente, es combinarlo con agua para distribuir mejor la capa aislante que se pretende producir.

Los sistemas fijos se componen de tuberías, conexiones, accesorios y boquillas especiales cuidadosamente seleccionadas para el tipo de espuma y condiciones de aplicación.

Una información más detallada acerca de este tipo de sistemas la encontramos en los folletos Nos. 11 y 16 de la N.F.P.A. (National Fire Protection Association). (Referencia 42, Bibliografía).

D- SISTEMAS A BASE DE AGUA.

Finalmente trataremos del elemento más importante, efectivo, económico, natural y antiguo de todos: El Agua.

Con muy pocas excepciones el agua es efectiva para la protección contra incendio si es usada en la forma adecuada para cada caso.

Los métodos más importantes de aplicación consisten en rociadores automáticos y su rocío.

Aunque el principio básico de funcionamiento de los dispositivos de descarga sea el mismo, se han utilizado distintas denominaciones para diferenciar la forma de distribución del agua.

Los sistemas de rocío hidráulico son empleados para las protecciones contra incendio que requieren consideración especial por el grado de peligrosidad y se diseñan específicamente para proveer el óptimo control efectivo o de extinción.

Se usan para proteger riesgos especiales como transformadores, combustibles y tanques de almacenamiento de gases o solventes susceptibles de ser afectados por incendios o aumentos de temperatura por causas externas.

Generalmente estos sistemas se diseñan para que operen por inundación o diluvio total del equipo o grupo a proteger, con el fin de obtener una acción enérgica por medio de la abundante descarga de agua en toda la zona protegida.

Es indispensable que para estos sistemas se estudie el tipo de boquillas de descarga a usar para que mediante el cálculo hidráulico se logre determinar el aprovechamiento máximo de la descarga por superficie de aplicación, para que sea efectiva y no eleve las necesidades de abastecimiento a un nivel exagerado física y económicamente.

Para mayor información acerca de estos sistemas, se puede consultar el folleto No.15 de la N.F.P.A. (National Fire Protection Association). (Referencia 43, Bibliografía).

ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SISTEMA CONTRA INCENDIO A BASE DE AGUA.

En México se emplean por las facilidades y posibilidades existentes, sistemas a base de agua normados de acuerdo a códigos internacionales como el N.F.P.A.

Dichos sistemas están formados por los siguientes elementos básicos:

- 1- Fuentes de Abastecimiento.
- 2- Líneas alimentadoras hacia los riesgos.
- 3- Hidrantes exteriores o interiores.
- 4- Sistemas automáticos de rociadores. (Sistemas Fijos).

que se describen a continuación:

1- FUENTES DE ABASTECIMIENTO.

El abastecimiento puede estar integrado por un tanque de almacenamiento de agua con su equipo de bombeo y/o un tanque elevado.

La cantidad de agua disponible exclusivamente para incendio, deberá ser cuidadosamente calculada para responder a las necesidades de presión y flujo requeridos para que los dispositivos de descarga rindan al máximo de eficiencia durante el tiempo de aplicación que se establezca como adecuado para cada tipo de riesgo.

La fuente de abastecimiento es la médula de toda protección, por lo que merece una especial atención tanto en su planeación como en su mantenimiento.

2- LINEAS ALIMENTADORAS HACIA LOS RIESGOS.

Las líneas alimentadoras principales son generalmente subterráneas, forman circuitos cerrados y los diámetros de éstas son comunmente de 6" y 8", a este circuito se instala la conexión para bomberos.

Las tuberías pueden ser de asbesto-cemento, fierro fundido o acero debidamente protegido contra la corrosión.

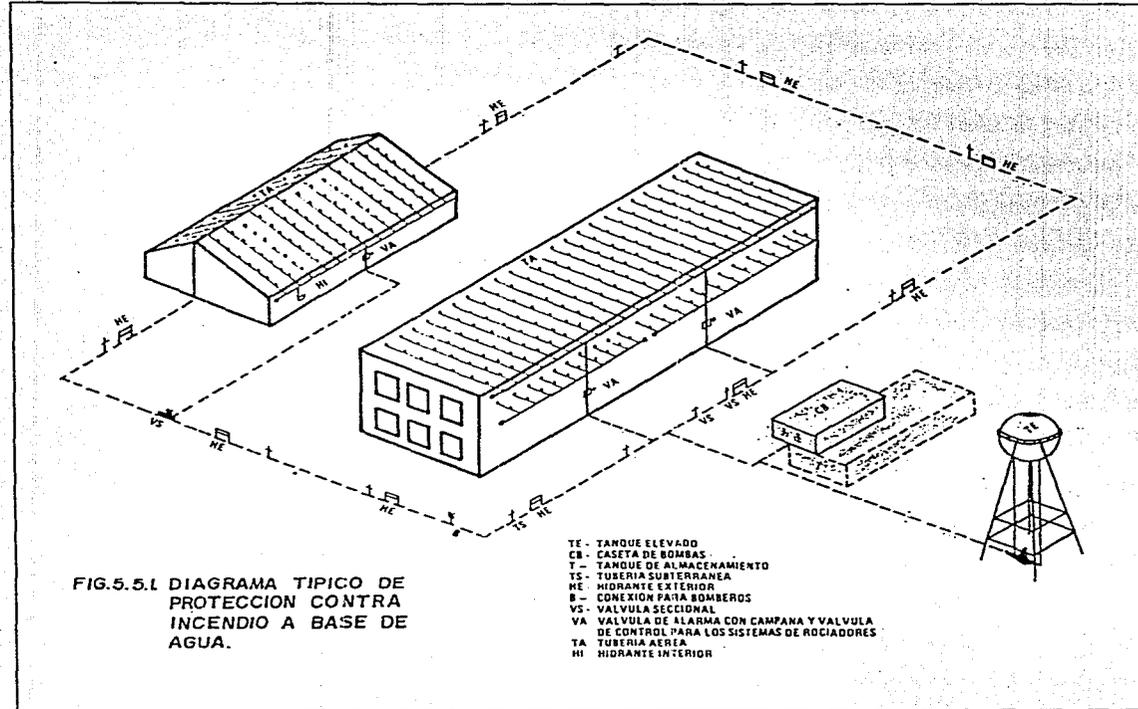
En la figura 5.5.1 aparece un "Diagrama Típico de Protección contra Incendio a base de Agua".

3- HIDRANTES EXTERIORES O INTERIORES.

Los hidrantes usualmente se conectan a las tuberías subterráneas y se usan con mangueras de 2 1/2", aunque en algunos casos y con previa aceptación de las Autoridades, las mangueras pueden ser de 2" y en casos especiales hasta de 1 1/2".

Cuando los riegos de acuerdo a su peligrosidad se consideran menores, un Sistema Fijo es incosteable y resulta conveniente únicamente proteger las áreas con una red de hidrantes exteriores y/o interiores de 2 1/2" o de 1 1/2" de diámetro.

No obstante debe recordarse que esta última alternativa se toma cuando no existe material o físicamente la posibilidad de un Sistema Fijo; ya que la eficacia de una red de hidrantes depende de los aciertos o fallas del personal que los utilice.



4 - SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE ROCIADORES.

Los sistemas automáticos de rociadores se clasifican en: De tubería húmeda o cargada, de tubería seca, de preacción, de diluvio y de tubería seca combinada con preacción.

Los sistemas húmedos o de tubería cargada son los más simples y solidificados, siempre tienen agua en todas sus secciones y sus rociadores son cerrados. En la figura 5.5.2 aparece un diagrama denominado "Tipos de Rociadores y de Distribución de Agua".

Los Sistemas Automáticos de Rociadores están compuestos por tuberías, dispositivos, accesorios y rociadores localizados en un edificio o sección que tiene una misma Válvula de Alarma, la cual provee una señal de alarma en caso de haber Flujo de agua hacia el área controlada por ésta.

Para eliminar el flujo cuando éste no es necesario, cada sistema cuenta con una válvula de control. En la figura 5.5.3 aparece un diagrama denominado "Válvulas de Alarma para Sistemas Húmedos".

De acuerdo con las dimensiones del riesgo pueden existir uno o varios de estos sistemas pero siempre formando un conjunto. Esto quiere decir que la operación del sistema es individual o sea, que sólo actuará el sistema o circuito que protege al área donde se localiza el incendio.

A su vez los rociadores cerrados actúan individualmente o sea que sólo funcionarán el o los rociadores que se encuentren en la zona afectada.

El funcionamiento de los rociadores es automático, actúan al elevarse la temperatura circundante al límite predeterminado para su operación aproximadamente a 73°C.

Como complemento a las tuberías de rociadores se conectan mangueras de 1 1/2" de diámetro por una longitud de 30 m (hidrantes interiores) para usarse como ayuda al combatir un incendio.

Este sistema de rociadores es el medio de protección más recomendable porque:

- Sólo operan los rociadores de la zona afectada, evitando posibles daños innecesarios por agua.
- La descarga se efectúa más rápidamente.
- El servicio de mantenimiento es casi nulo.
- Están alertas durante las 24 horas de todos los días del año.
- Son los más económicos porque los materiales usados para su instalación son del tipo más común: tubería negra cédula 40, conexiones de uso normal en la industria y accesorios especiales poco complicados.
- Eliminan los errores y demoras humanas en combatir un incendio.

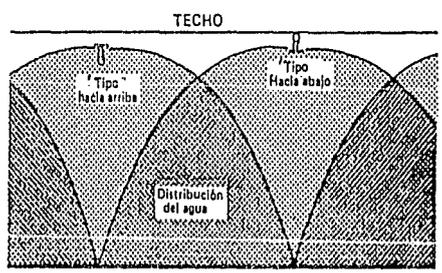
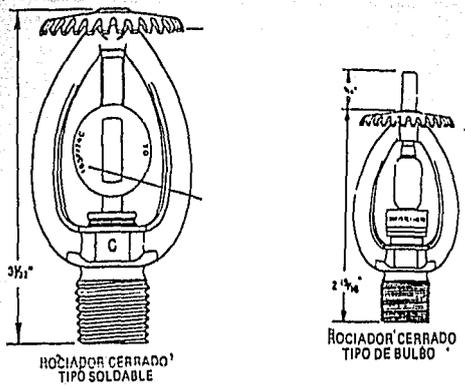
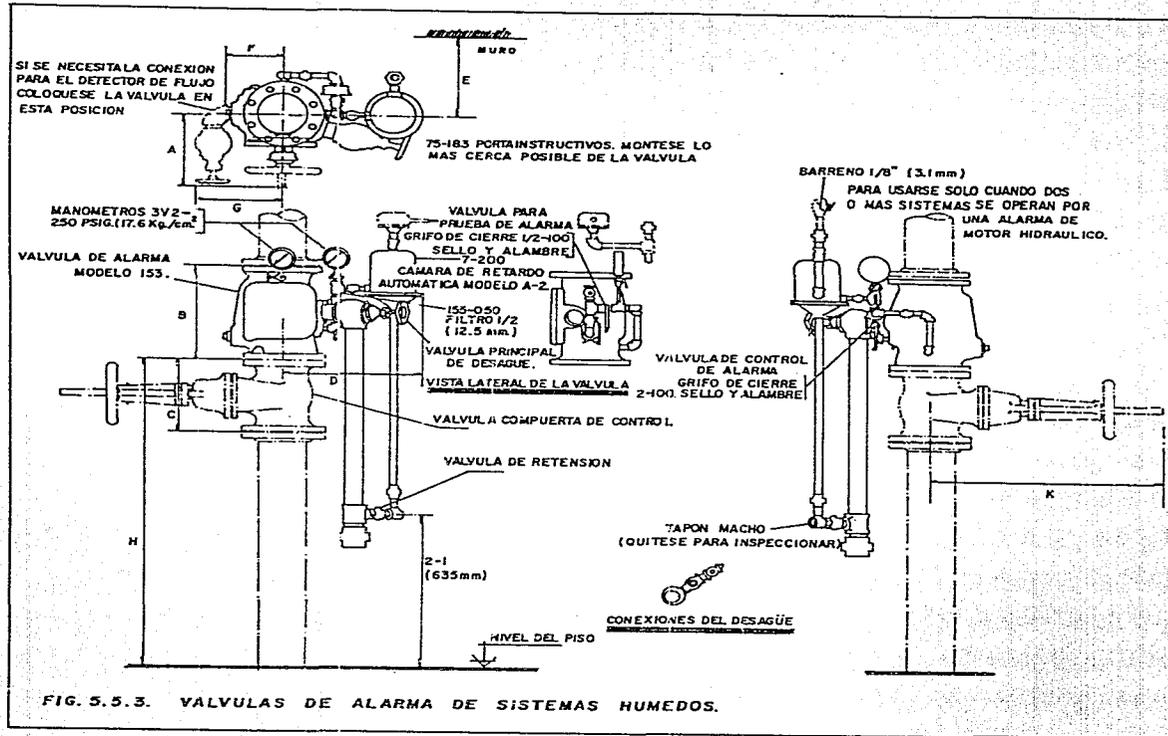


FIG. 5.5.2. TIPOS DE ROCIADORES Y DE DISTRIBUCION DE AGUA.



Es importante recordar que un incendio con suficiente oxígeno puede multiplicarse 50 veces en aproximadamente 8 minutos.

El primer rociador descargando 1.6 lps (25 gpm) puede ser más eficaz en los primeros instantes, que 157.7 lps aproximadamente 2500 gpm aplicados más tarde.

Además de lo mencionado anteriormente, las estadísticas muestran que aproximadamente en el 60% de las conflagraciones los rociadores han extinguido el fuego, el 36% lo han controlado y el 4% restante por circunstancias ajenas se ha imposibilitado el funcionamiento de éstos.

Las circunstancias ajenas que han evitado el funcionamiento de los rociadores son:

- Falta de agua.
- Válvulas cerradas.
- Obstrucciones al patrón de distribución interfiriendo con su buen funcionamiento.

Para riesgos de pequeñas dimensiones, se usan sistemas de rociadores conocidos como de capacidad limitada. Esto es porque toda el agua disponible se encuentra contenida y será descargada por un sistema hidroneumático.

Para información más detallada se podrá consultar el folleto No. 13 de la N.F.P.A. (National Fire Protection Association). (Referencia 43, Bibliografía).

Si un Sistema Completo de protección contra incendio se planea, diseña e instala debidamente, brinda los siguientes beneficios:

- Conservación de bienes humanos y naturales.
- Mantenimiento en la continuidad de la producción, existencias y operaciones.
- Obtención de descuentos en las primas de Seguros contra incendio.

Para obtener los beneficios mencionados además de la inversión, es necesario que las recomendaciones y requisitos para la protección más adecuada, sean proporcionados por grupos o personas calificadas: con experiencia en la materia y actualizadas en relación a los adelantos tecnológicos.

De este modo la inversión para protecciones contra incendio, estará mejor planeada para las condiciones presentes y futuras.

5.6 CODIGO DE COLORES

El Código de Colores representa una guía que permite conocer los colores establecidos por las Normas Nacionales e Internacionales, para identificar los diferentes equipos, maquinaria, instalaciones, oficinas y edificios.

Más importante aún, el Código de Colores contribuye a la seguridad en el trabajo, obteniendo un control y reducción de los costos ya que al estandarizar los colores se mantienen mínimos inventarios de pintura en el almacén.

Todo código de colores debe cubrir 3 aspectos: Objetivo, definiciones y alcance. A continuación se presenta un ejemplo:

OBJETIVO.— El propósito del Código de Colores es brindar al personal de las empresas seguridad y comodidad, así como evitar la corrosión y oxidación de la maquinaria, equipo, instalaciones y edificios, manteniéndolos presentables.

DEFINICIONES.— El Código de Colores consiste en un conjunto de reglas de utilización y aplicación de los colores en las diferentes instalaciones. Dichas reglas se basan en un Muestrario que consiste en una tabla de colores equivalentes en las distintas marcas de pinturas del mercado.

ALCANCE.— El Código de Colores deberá ser aplicable a todas las áreas de la empresa.

El Código de Colores ejemplificado a continuación, pretende ser una guía que permita conocer los colores establecidos para identificar los diferentes equipos, maquinaria, instalaciones, oficinas y edificios.

Los colores de este código son los aceptados por la mayoría de las industrias y se les utiliza para contribuir en la normalización, basados en la Norma del Consejo Interamericano de Seguridad y en la Norma Oficial D.G.N. -S-14-1971. (Referencia 2B, Bibliografía).

CODIGO DE COLORES

INDICE

- I.- Edificios
- II.- Equipo contra Incendio
- III.- Maquinaria
- IV.- Muebles
- V.- Oficinas y Laboratorios
- VI.- Recipientes
- VII.- Tuberías

Las letras E y V ubicadas entre la descripción, el nombre y número de color que se presentan a continuación, significan lo siguiente:

E - Recubrimiento en esmalte.

V - Recubrimiento en vinílica.

I.- EDIFICIOS

<u>Descripción</u>		<u>Nombre y número de color</u>
Áreas de estacionamiento	E	Amarillo cromo 114 (Líneas)
Áreas de trabajo	E	Amarillo cromo 114 (Líneas)
Barandales	E	Amarillo cromo 114
Escaleras piso	E	Negro
Escaleras 1 y último escalón	EE	Negro y Amarillo cromo 114
Muros interiores	V	Bianco ostión
Muros exteriores	V	Bianco ostión
Fasillos	E	Amarillo cromo 114 (Líneas)
Plafones	V	Bianco ostión
Plataformas parte superior	E	Negro
Puertas	E	Gris claro 126
Puertas de emergencia	E	Rojo inglés 108
Salientes peligrosas	EE	Negro y amarillo cromo 114
Techos	E	Bianco ostión

II.- EQUIPO CONTRA INCENDIO

<u>Descripción</u>		<u>Nombre y número de color</u>
Alarmas	E	Rojo inglés 108
Extintores	E	Rojo inglés 108
Hidrantes	E	Rojo inglés 108
Indicadores de equipo	E	Rojo inglés 108
Tambores de arena	E	Rojo inglés 108
Tubería	E	Rojo inglés 108

III.- MAQUINARIA Y EQUIPO

Descripción		Nombre y número de color
Bombas de agua	E	Verde esmeralda 111
Bombas contra incendio	E	Rojo inglés 108
Bombas de vacío	E	Verde pistache 118
Calderas	E	Aluminio alta temperatura
Cargadores de baterías	E	Azul holandés
Compresores	E	Gris claro 126
Maquinaria en talleres	E	Verde Johnson
Mezcladoras	E	Verde Johnson
Motores	E	Azul holandés
Refrigeradores	E	Verde Johnson
Unidades de aire acondicionado	E	Verde Johnson

III.- PARTES DE MAQUINARIA

Elementos en movimiento (Levas, manivelas, etc.)	E	Naranja 104
Guardas Protectoras	E	Verde Johnson
Partes de acero inoxidable	-	No se pintan
Volantes	E	Naranja 109
Soportes, bases y tirantes	E	Negro

IV.- MUEBLES

Descripción		Nombre y número de color
Archiveros de madera	-	Barniz
Archiveros metálicos	E	Crema 102, Azul fino 123 y Blanco.
Escritorios de madera	E	Formaica
Escritorios metálicos	E	Crema 102, Azul fino 123 y Blanco.
Libreros metálicos	E	Crema 102, Azul fino 123 y Blanco.
Libreros de madera	-	Barniz
Mesa de madera	-	Barniz
Mesas metálicas	E	Crema 102, Azul fino 123 y Blanco.
Sillas	E	Crema 102, Azul fino 123 y Blanco.

V.- OFICINAS Y LABORATORIOS

Descripción		Nombre y número de color
Barandales de madera	-	Barniz
Barandales metálicos	E	Amarillo cromo 114
Columnas	V	Bianco ostión
Escaleras piso	E	Negro
Escalera 1 y último escalón	EE	Negro y Amarillo cromo 114
Muros	V	Bianco espuma
Puertas	E	Verde pistache
Puertas de emergencia	E	Rojo inglés 108

VI.- RECIPIENTES

Descripción		Nombre y número de color
Aire	E	Gris claro 126
Aceite *	-	-----
Amoniaco *	-	-----
Basura	E	Bianco
Gas L.P.	E	Aluminio
Gasolina	E	Amarillo cromo 114
Nitrógeno *	-	-----
Petróleo	EE	Amarillo Yucatán 712, Café Oaxaca 720
Oxígeno *	-	-----
Suavizador	E	Azul fino 123
Recipientes de seguridad	E	Rojo inglés 108

* Se respetarán los colores de recipientes de los proveedores.

Nota: Para el traslado de líquidos y solventes, se utilizarán invariablemente los recipientes de seguridad debidamente rotulados.

VII.- TUBERIAS

Descripción		Nombre y número de color
Agua caliente	EE	Verde nilo 112, Amarillo cromo 114
Agua fría entrada	E	Verde pistache 118
Agua fría retorno	E	Verde selva 1026
Agua hidrante	E	Rojo inglés 108
Agua potable	E	Azul fino 123

VII.- TUBERIAS (Continuación).

<u>Descripción</u>		<u>Nombre y número de color</u>
Agua suavizada	E	Azul fino 123, Verde pistache 118
Aire acondicionado	E	Aluminio
Aire comprimido	E	Gris claro
Gas	E	Amarillo
Vacío	E	Blanco
Vapor baja presión **	EE	Crema 102, Amarillo
Vapor alta presión **	E	Crema 102
Condensados	EE	Verde nilo 912, Naranja 109
Teléfono	E	Gris acero 909
Computación	EE	Gris acero 909, con franjas Azul holandés 138
Soportes para tubería	E	Negro
Gasolina	EE	Gris claro 126, con franjas amarillo cromo 114
Diesel	EE	Gris claro 126, con franjas Verde nilo 912

** Se colocará el color sobre el forro térmico

Observación: Los números de colores del presente ejemplo, fueron tomados de los catálogos de pinturas de marcas varias.

CAPITULO 6 SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA PLANTAS DE EXPLOSIVOS.

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, dependiendo del tipo de explosivo que se fabrique, las propiedades fisico-químicas que posean sus componentes y tipos de pruebas que se realicen, existen algunos sistemas de seguridad que son generales para todas las plantas que fabrican explosivos.

A continuación se describen algunos de los Sistemas de Seguridad más comunes aplicados a Plantas de Explosivos de Estados Unidos de Norteamérica.

6.1 SISTEMAS DE SEGURIDAD EN LA MANUFACTURA DE MATERIALES EXPLOSIVOS

Con la posible excepción de los agentes explosivos, los materiales explosivos se fabrican bajo la directa supervisión de personal calificado. Aunque el riesgo de accidentes es relativamente alto, el historial de seguridad es muy bueno, en gran parte debido a que dichos riesgos se conocen perfectamente.

El fuego es la principal causa de accidentes, pero la distribución y trazado normales de estas plantas industriales mantienen este riesgo dentro de unos límites razonables.

En México los instructivos 1,2,16 y muy especialmente el número 8, del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo rigen la construcción de edificios. (Referencias Capítulo 5.2 y 33 Bibliografía).

La prohibición de fumar se exige estrictamente en las cercanías de los lugares donde se opera con explosivos y sólo se permite el empleo de equipos productores de llamas en lugares especificados y bajo reglas de seguridad muy estrictas. En México los instructivos 2,4 y 8 del R.G. de S.H.T. rigen estas normas de seguridad. (Referencias Capítulo 5.2 y 33 Bibliografía).

Gracias a la gran reducción del riesgo de incendio y a la facilidad de la mezcla de los agentes explosivos, se han montado muchas industrias relativamente pequeñas para la mezcla de estos agentes en diversas zonas mineras.

6.2 TRANSPORTE DE MATERIALES EXPLOSIVOS.

En México los instructivos números 7 y 8 del Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, regulan las condiciones de transporte de substancias inflamables o explosivos. (Referencias Capítulo 5.2 y 33 Bibliografía).

En E.E.U.U. el Departamento de Transportes regula el transporte de todos los materiales explosivos al amparo de reglamentos promulgados por el "Código de Reglamentos Federales", título 49, capítulo 1, secciones 170 a la 189. La última edición de esta publicación es la lla-

mada "Reglamentos sobre materias peligrosas del departamento de transportes". (Referencias 4,5,6 y 10 Bibliografía). Se incluyen en ella una relación de Explosivos Prohibidos, que abarca todos los materiales cuyo transporte no se permite en el comercio interestatal. Las combinaciones explosivas prohibidas por el Departamento de Transporte son las siguientes:

1. Nitroglicerina líquida.
2. Dinamita (excepto en forma de gelatina) que contenga más del 60% de ingrediente explosivo líquido.
3. Dinamita compuesta por un absorbente no aprobado o que permita la fuga del ingrediente explosivo líquido en cualquier situación previsible de almacenamiento.
4. La nitroglicerina en forma seca sin comprimir, en cantidades mayores de 10 libras de peso neto en un solo envase.
5. Fulminato de mercurio en forma seca y fulminato de otros metales en cualquier condición, excepto componentes de artículos manufacturados que no se prohíben en este reglamento.
6. Composiciones explosivas que puedan entrar en ignición espontánea o sufrir una fuerte descomposición que las convierta en otros productos de tipo más peligroso al ser sometidas durante 48 horas consecutivas o menos a una temperatura de 75°C.
7. Explosivos que contengan sales de amoníaco y un clorato.
8. Los explosivos nuevos no contemplados en este reglamento que todavía no estén probados por el Departamento de Transportes, con excepción de los permisos individuales que se concedan en los laboratorios para su transporte y posesión con el fin de ser examinados en un proceso de investigación y llevado a cabo por organizaciones responsables.
9. Explosivos que no estén envasados o rotulados de acuerdo a los requisitos de Departamento de Transportes.
10. Explosivos expresamente prohibidos por el Departamento de Transportes.

La mayor parte de los explosivos comerciales se transportan por las carreteras públicas a bordo de camiones. Los militares se transportan generalmente por ferrocarril, aunque existe un volumen considerable de transporte por camión a larga distancia.

El fuego es el accidente más común en este tipo de transportes. El punto donde más probablemente se puede iniciar un incendio durante el transporte por camión, es en los neumáticos.

Estos incendios son bastante comunes y representan un riesgo difícil de dominar debido a que el conductor del camión no se da cuenta de la

existencia del fuego hasta que éste ha alcanzado considerables proporciones.

No se deben cargar directamente en el camión los detonadores en combinación con explosivos o agentes explosivos, aunque el Instituto de Fabricantes de Explosivos ha realizado recientemente una serie de pruebas que indican que el transporte de detonadores en compartimentos separados de la cabina del camión puede realizarse con un margen de seguridad aceptable.

El transporte de explosivos a bordo de camiones por carreteras públicas es motivo de preocupación especial, debido a la máxima exposición del público a los riesgos de incendio y explosiones.

Desgraciadamente, los incendios y otros tipos de accidentes tienden a atraer a los espectadores curiosos, lo que aumenta los riesgos de que se ocasionen víctimas.

Aunque el transporte por ferrocarril suele representar menor riesgo para el público, puede convertirse en un riesgo mayor si se mezclan varios explosivos en un mismo tren.

6.3 ALMACENAMIENTO DE MATERIALES EXPLOSIVOS.

En México el instructivo número 8 del R.G. de S.H.T. y la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos y su Reglamento, son aplicadas por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y por la Secretaría de la Defensa Nacional respectivamente, con el objeto de regular el almacenamiento de materiales explosivos. (Referencias 19 y 33 Bibliografía).

El objeto fundamental del almacenamiento de la mayor parte de las materias industriales explosivas, es el de proporcionar protección a dichos materiales contra la agresión del medio ambiente.

Debido a la peligrosidad de los explosivos, en su almacenamiento deben tenerse en cuenta otros factores. La seguridad de los trabajadores, del público en general y del vecindario del almacén.

Como la mayor parte de las materias explosivas se utilizan en las industrias de la minería y de la construcción, estos ramos tienen un interés especial en la instrucción de sus empleados para la consecución de la máxima seguridad posible.

Los empleados de las empresas fabricantes de explosivos están perfectamente al tanto de los riesgos de su trabajo y la seguridad es parte integrante de sus tareas, sin embargo, los empleados de las industrias mineras y de la construcción están menos familiarizados con las precauciones requeridas para lograr un grado satisfactorio de seguridad.

Otro factor relacionado con el almacenamiento e indirectamente, con las seguridades de su manipulación se refiere a la protección contra su empleo ilegal. En los últimos años se ha hecho cada vez más necesario proteger al público del empleo de explosivos que ciertos individuos suelen obtener por medios ilegales.

La mayor parte de los explosivos empleados ilegalmente o con fines ilegales se obtienen en los almacenes autorizados. Para contribuir a la prevención del empleo ilegal de explosivos, actualmente la ley en E.E.U.U. establece que la Oficina de Alcohol, Tabaco y Armas de Fuego del Departamento del Tesoro, regule la fabricación, distribución y almacenamiento de los materiales explosivos. En México ésto es controlado por la Secretaría de la Defensa Nacional.

6.3.1 POLVORINES.

Existen cinco tipos de polvorines para proporcionar un almacenamiento adecuado a la gran variedad de materias explosivas que se producen actualmente. Las especificaciones técnicas para estos tipos de polvorines y los tipos de materiales que pueden almacenarse en ellos se pueden obtener en la Oficina de Alcohol, Tabaco y Armas de fuego del Departamento del Tesoro o en la publicación No. 495 "Fabricación, transporte, almacenamiento y empleo de materiales explosivos" de la NFPA. (National fire protection association). (Referencia 6 Bibliografía).

A continuación se da un extracto de esta última referencia, en el que se describen los tipos de polvorines y los materiales que pueden almacenarse en cada tipo.

Polvorín tipo 1:

Polvorines permanentes para el almacenamiento de materiales explosivos susceptibles de iniciación por fulminantes del no.8 y que pueden detonar en masa, como la dinamita y los fulminantes no eléctricos.

Los polvorines del tipo 1 deben ser a prueba de balas, fuego, robo e intemperie.

Polvorín tipo 2:

Polvorines móviles o portátiles para almacenamiento interior o exterior de materiales explosivos susceptibles de iniciación con fulminantes del no.8 y que pueden detonar en masa, como la dinamita y los fulminantes no eléctricos.

Los polvorines del tipo 2 deben ser resistentes a las balas, al fuego, al robo y a la intemperie, con excepción de los que estén situados en el interior de otro polvorín, y que no tienen que ser resistentes a las balas.

Polvorín tipo 3:

Polvorines portátiles para el almacenamiento temporal de materiales explosivos bajo vigilancia. El ejemplo típico de esta clase de polvorines es la caja de día que se instala en el lugar donde se realizan voladuras.

Los polvorines del tipo 3 deben ser resistentes a las balas, al fuego, al robo y a la intemperie.

Polvorín tipo 4:

Polvorines permanentes o portátiles para el almacenamiento de materiales explosivos que no detonan bajo la iniciación de un fulminante del no. 8, como son, agentes explosivos, ciertas gelatinas acuosas, pólvoras sin humo y pólvora negra, o materiales explosivos que no pueden detonar en masa como los fulminantes eléctricos con alambres conductores de por lo menos 1.22 mts. de largo.

Los polvorines del tipo 4 deben ser resistentes al fuego, al robo y a la intemperie.

Polvorín tipo 5:

Polvorines permanentes o portátiles para el almacenamiento de materiales explosivos que no pueden detonar ante la iniciación de un fulminante del no. 8, como, por ejemplo, los agentes explosivos y ciertas gelatinas acuosas.

Entre los polvorines del tipo no. 5 se incluyen los depósitos, remolques-cisterna, camiones-cisterna, semiremolques, remolques y camiones para transporte a granel, cajones y oiletas.

Los polvorines del tipo no. 5 deben ser resistentes al robo, y a la intemperie aquellos que se coloquen al exterior.

Aparte de su almacenamiento en polvorines, existe la práctica muy extendida en la industria, de transportar los agentes explosivos relativamente insensibles en camiones remolque hasta die de obra o bocamina.

El fabricante estaciona el remolque en una zona especialmente destinada para ese fin, desconecta el tractor y engancha un remolque vacío para el viaje de regreso.

El agente explosivo se transporta entonces en un camión pequeño hasta el lugar de las operaciones. Se considera que este procedimiento proporciona suficiente seguridad contra el riesgo de incendio.

Para los casos en que los camiones que transportan explosivos o agentes explosivos deban detenerse en tránsito o su cargamento trasladarse a otro vehículo, existen actualmente terminales para vehículo automotores de transporte de explosivos en las cercanías de muchas de las grandes ciudades.

Estas terminales están bien vigiladas y funcionan bajo muy estrictas normas de seguridad.

La reglamentación aplicable a este tipo de terminales está contenida en la "Norma para terminales de vehículos que transporten explosivos", publicación No. 498 de la NFPA. (Referencia 10, Bibliografía).

Para la protección del público en general se ha especificado la "Tabla americana de distancias", (Refs. tabla 4.2, página 51 y 37 de Bibliografía), que señala las distancias que deben respetarse al montar polvorines respecto a los puntos de contacto con el público o a las instalaciones de uso público. Esta tabla es revisada periódicamente por el Instituto de fabricantes de explosivos.

Aunque los agentes explosivos sean bastante menos sensibles que los explosivos de clase A, una vez iniciada su detonación pueden producir daños comparables a los de clase A. Por lo tanto la "Tabla americana de distancias" se aplica para determinar las distancias de seguridad para los almacenes de agentes explosivos respecto a los edificios habitados, ferrocarriles, etc.

Sin embargo, debido a la menor sensibilidad de los agentes explosivos, la distancia entre los polvorines o almacenes de explosivos y los agentes explosivos no tiene que ser tan grande como entre varios almacenes de explosivos como se indica en la tabla T.4.1, página 32.

La tabla T.4.1 señala la distancia recomendada y el espesor de las barreras artificiales que se recomiendan para estos materiales menos sensibles. De no existir barreras protectoras de los almacenes, las distancias deben aumentarse como se indica en la tabla T.4.1 (Nota 2). (Referencia 37, Bibliografía).

6.4 PROTECCION DE LOS MATERIALES EXPLOSIVOS CONTRA EL FUEGO.

En México los instructivos 2,4,5 y 8 del R.G. de S.H.T. regulan las especificaciones de los sistemas de protección contra incendios. (Referencia 33, Bibliografía).

El fuego es la principal causa de los accidentes de los materiales explosivos. Aunque sea el método más común de destrucción de los explosivos deteriorados o sobrantes, no quiere decir que los materiales explosivos se encuentren seguros en las cercanías de un incendio incontrolado.

Los explosivos y los agentes explosivos varían considerablemente respecto a su sensibilidad, pero todos estos materiales son capaces de producir explosiones desastrosas si se exponen al fuego.

El único método efectivo de protección cuando se trata de materiales explosivos, es eliminar el origen de fuego. No debe permitirse fumar o emplear cualquier otro aparato que produzca llamas en los lugares

donde se producen, manipulan, almacenan o emplean materiales explosivos.

Debido a la relativa insensibilidad de los agentes explosivos, siempre existe el peligro de que los trabajadores adquieran confianza y se descuiden en sus cercanías.

6.5 COMBATE CONTRA EL INCENDIO DE EXPLOSIVOS.

Se han producido muchos incidentes como consecuencia de los intentos de combatir incendios de explosivos. Se puede combatir un incendio en las cercanías de cantidades importantes de explosivos de clase A, B o C con cierto grado de seguridad.

Sin embargo, no debe intentarse luchar contra el fuego una vez que se hayan llegado a alcanzar las explosiones. La única acción posible en estas condiciones, es evacuar la zona cercana al fuego donde existan explosiones.

Si se encontrase una cantidad relativamente pequeña de explosivos en las cercanías de un incendio de ciertas proporciones, éstos deben trasladarse a una distancia prudente y protegerse de todas las fuentes de iniciación de detonaciones.

6.6 COMBATE CONTRA EL INCENDIO DE LOS AGENTES DETONANTES.

De no estar estrechamente confinados, los fuegos incipientes de los agentes explosivos pueden combatirse con abundantes cantidades de agua. El agua actúa solamente para enfriar la masa ardiente a temperaturas inferiores al punto de ignición.

Cuando el incendio de los agentes explosivos ha tomado gran incremento, puede combatirse con agua, pero sólo mediante mandos a distancia. Aunque es bastante improbable que el Nitrato Amónico detone por sí solo en un incendio, es perfectamente posible que lo haga si en su proximidad existen almacenadas grandes cantidades de agentes explosivos u otros explosivos detonantes.

Las gelatinas acuosas o los lodos explosivos tienen aún menos probabilidad de detonación que los tipo ANFO, pero se recomienda que en cualquier fuego de gran escala en que estén presentes, se les deje quemar en lugar de intentar apagarlos.

Las tuberías de desagüe abiertas y demás recipientes confinantes en que puedan escurrirse y penetrar los materiales fundidos pueden producir desastrosas explosiones.

CAPITULO 7 SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA PLANTAS QUIMICAS.

7.1 FACTORES ERGONOMICOS Y HUMANOS.

Inicialmente empezaremos por recordar que la información acerca de las capacidades humanas, físicas y mentales, está disponible o puede ser proporcionada por una ciencia llamada Ergonomía de los factores humanos. En ella está trabajando, siempre progresivo, un subgrupo de la comunidad científica formado por fisiólogos, psicólogos, antropólogos, médicos e ingenieros.

La Ergonomía nos permite alcanzar la mayor eficiencia y efectividad del sistema hombre-máquina, con la mínima tensión sobre el individuo, este conocimiento del hombre, acoplado a los conocimientos del diseñador, puede conducir a un sistema hombre-máquina-entorno más eficiente con un mínimo de tensión sobre el operador. Lo anterior se ve perfectamente expresado en la figura No. 7.1.1 Sistema Hombre-Máquina. (Referencias 2, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 36 y 38; Bibliografía).

La consecuencia de los errores humanos en operación de sistemas complejos inherentes a industrias, tales como: generadoras de energía nuclear, elaboración de explosivos o industrias similares, derivan su importancia del impacto que tienen tanto en la seguridad del personal de una planta como en la comunidad.

Los errores humanos pueden presentarse durante todas o algunas de las etapas del ciclo de vida de un proyecto: durante el diseño, elaboración, habilitamiento, construcción, instalación, operación y mantenimiento.

7.1.1 ORIGEN Y TIPOS DE ERRORES HUMANOS.

Los errores humanos se pueden clasificar y medir, éstos responden a tres parámetros que son: estímulo recibidos, respuesta interna y respuesta externa. Un error humano ocurre cuando la actividad de la persona no logra el propósito deseado. Las causas del error pueden no ser directamente atribuibles a la persona que lo comete. (Referencias 13 y 14; Bibliografía).

El factor más común que origina los errores humanos es probablemente el Ambiente de Trabajo. Si el señalamiento o la presentación de la información, el acceso a los dispositivos de seguridad no resulta claramente visible, si el ambiente es caliente o frío, o bien su disposición es desordenada, muy probablemente el operador cometerá errores.

A continuación se enlistan varias de las causas de error, seguidas de algunos factores en cuanto al diseño de interacción del Sistema Hom-

CAPITULO 7 SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA PLANTAS QUIMICAS.

7.1 FACTORES ERGONOMICOS Y HUMANOS.

Inicialmente empezaremos por recordar que la información acerca de las capacidades humanas, físicas y mentales, está disponible o puede ser proporcionada por una ciencia llamada Ergonomía de los factores humanos. En ella está trabajando, siempre progresivo, un subgrupo de la comunidad científica formado por fisiólogos, psicólogos, antropólogos, médicos e ingenieros.

La Ergonomía nos permite alcanzar la mayor eficiencia y efectividad del sistema hombre-máquina, con la mínima tensión sobre el individuo, este conocimiento del hombre, acoplado a los conocimientos del diseñador, puede conducir a un sistema hombre-máquina-entorno más eficiente con un mínimo de tensión sobre el operador. Lo anterior se ve perfectamente expresado en la figura No. 7.1.1 Sistema Hombre-Máquina. (Referencias 2, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 22, 23, 36 y 38; Bibliografía).

La consecuencia de los errores humanos en operación de sistemas complejos inherentes a industrias, tales como: generadoras de energía nuclear, elaboración de explosivos e industrias similares, derivan su importancia del impacto que tienen tanto en la seguridad del personal de una planta como en la comunidad.

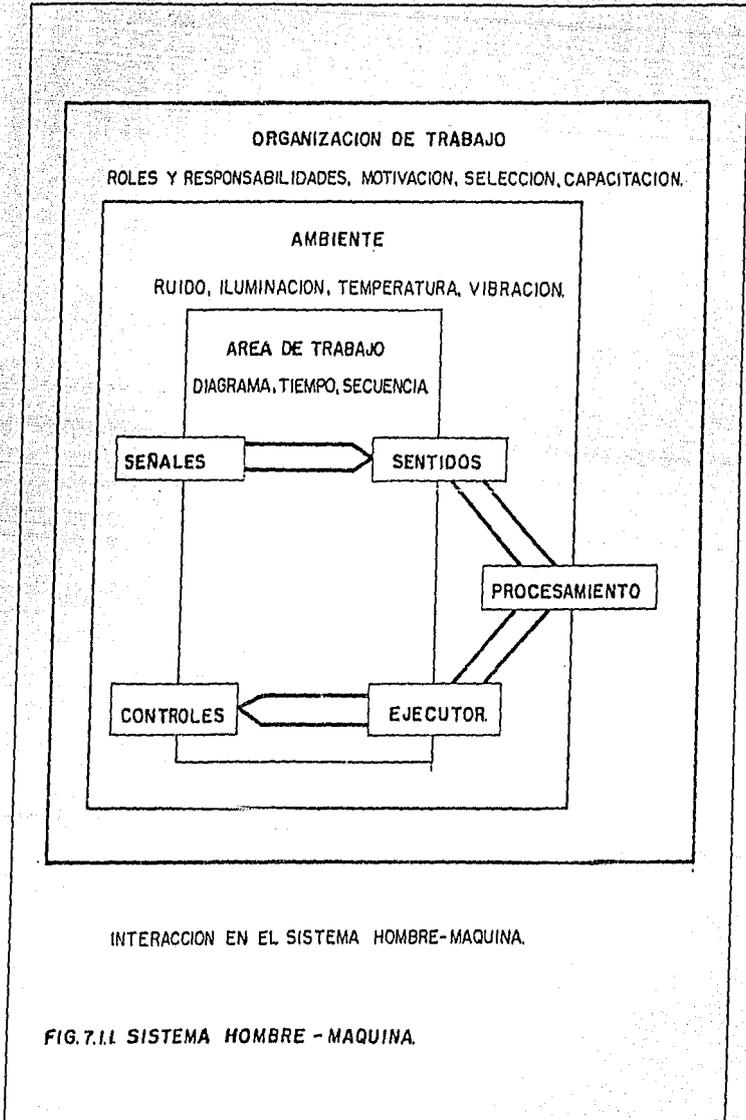
Los errores humanos pueden presentarse durante todas o algunas de las etapas del ciclo de vida de un proyecto: durante el diseño, elaboración, habilitamiento, construcción, instalación, operación y mantenimiento.

7.1.1 ORIGEN Y TIPOS DE ERRORES HUMANOS.

Los errores humanos se pueden clasificar y medir, éstos responden a tres parámetros que son: estímulos recibidos, respuesta interna y respuesta externa. Un error humano ocurre cuando la actividad de la persona no logra el propósito deseado. Las causas del error pueden no ser directamente atribuibles a la persona que lo comete. (Referencias 13 y 14; Bibliografía).

El factor más común que origina los errores humanos es probablemente el Ambiente de Trabajo. Si el señalamiento o la presentación de la información, el acceso a los dispositivos de seguridad no resulta claramente visible, si el ambiente es caliente o frío, o bien su disposición es desordenada, muy probablemente el operador cometerá errores.

A continuación se enlistan varias de las causas de error, seguidas de algunos factores en cuanto al diseño de interacción del Sistema Hom-



bre-Máquina-Entorno, de los que depende crucialmente el cumplimiento efectivo del operador humano:

1. Falta de Atención/Memoria
2. Distracción de Atención
3. Factores Ambientales
4. Tensión
5. Colocación
6. Características de una Buena Presentación
7. Controles

7.1.2 VALUACION DE LAS PROBABILIDADES DE ERROR.

Cuando el operador comete un error durante una operación secuencial, se espera un error también en la siguiente operación; por lo que deberá considerarse el factor de probabilidad.

En 1980 Bello y Columbari desarrollaron una técnica conocida como "TESEQ" para calcular las probabilidades de errores humanos, una técnica empírica. (Referencia 15, Bibliografía).

El modelo básico se da por las relaciones multiplicativas :

$$PEH = K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5$$

PEH - Probabilidad de error humano.

K1 - Tipo de actividad que realiza.

K2 - Factor de "Tensión" basado en el tiempo que le lleva efectuar la actividad.

K3 - Factor humano del conocimiento/capacitación del operador.

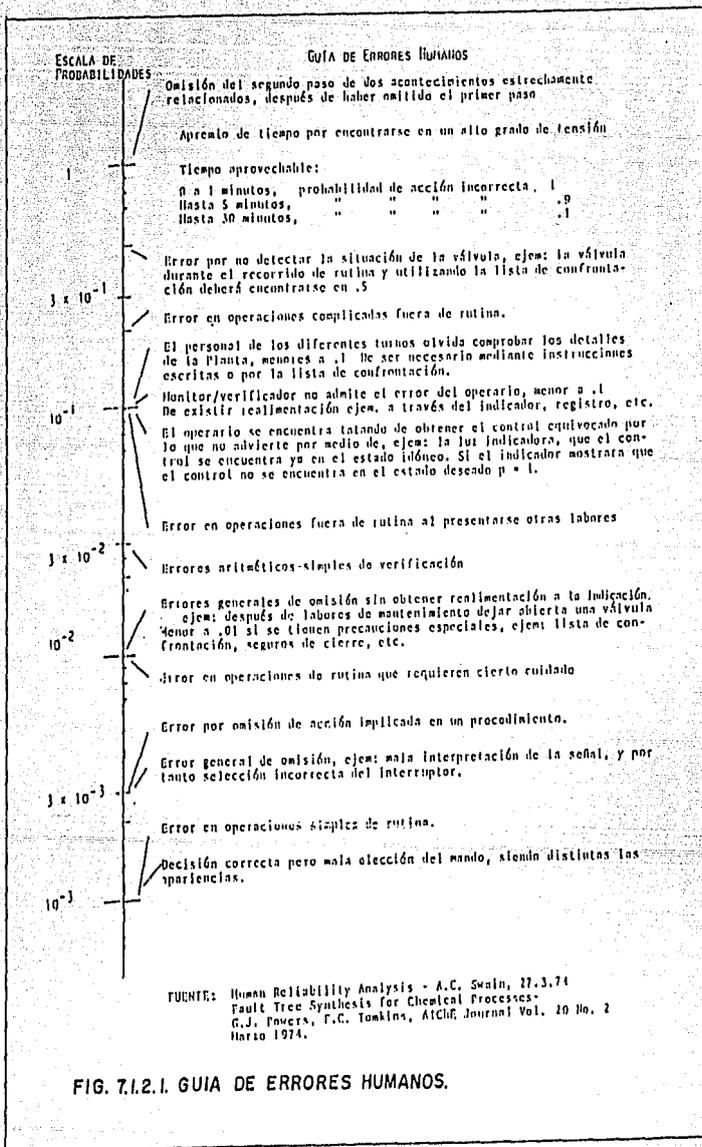
K4 - Factor de situación de la actividad.

K5 - Factor del medio ambiente.

Las tablas siguientes 7.1.2.1, 7.1.2.2, 7.1.2.3, 7.1.2.4, 7.1.2.5, 7.1.2.6 y las figuras 7.1.2.1, 7.1.2.2, 7.1.2.3 y 7.1.2.4 permiten la evaluación de parámetros como sigue:

TABLA 7.1.2.1

TIPO DE ACTIVIDAD	FACTOR K1
Simple; de rutina	0.001
Requiere atención; de rutina	0.01
Fuera de rutina	0.1



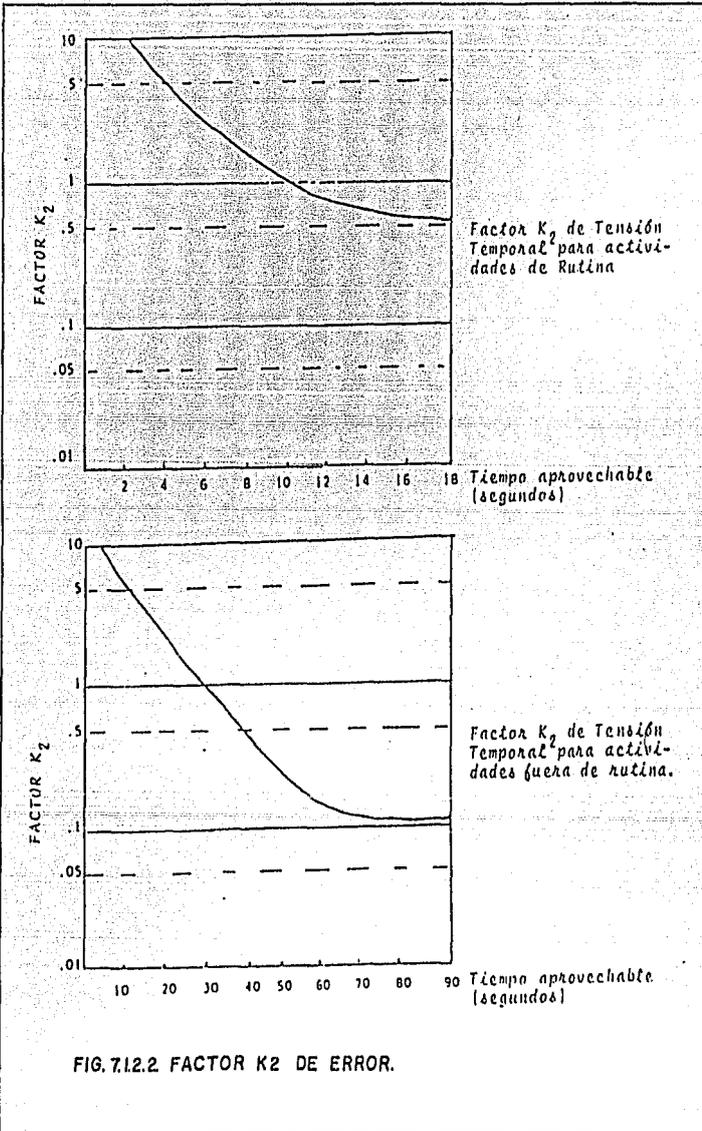


FIG. 7.1.2.2 FACTOR K2 DE ERROR.

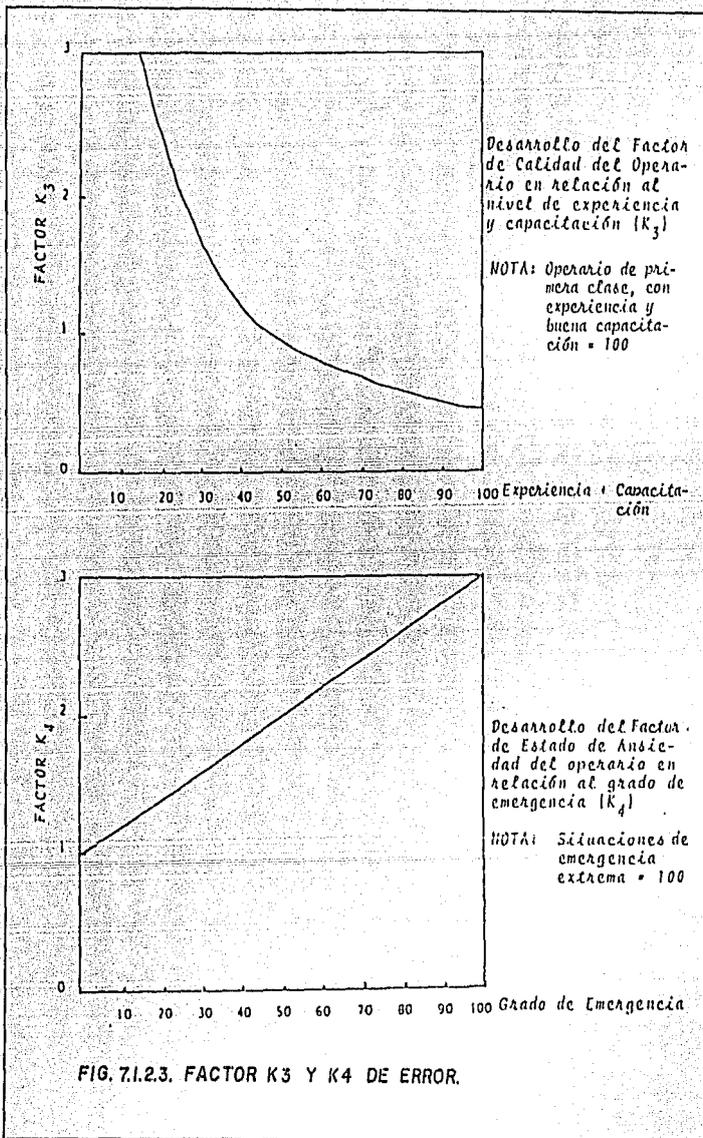
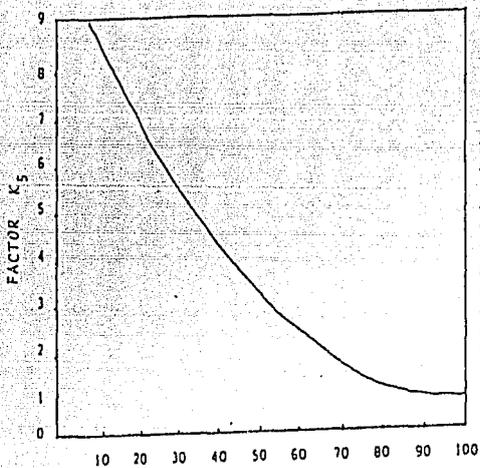


FIG. 7.1.2.3. FACTOR K_3 Y K_4 DE ERROR.



Desarrollo del Factor Ergonómico (K_5) en relación a la realimentación y a las cualidades ambientales.

NOTA: Realimentación de primera calidad en la Planta y excelentes condiciones ambientales = 100

FIG. 7.1.2.4. FACTOR K5 DE ERROR.

TABLA 7.1.2.2

ACTIVIDADES DE RUTINA	FACTOR K2
Tiempo aprovechable (Segundos)	
2	10
10	1
20	0.5

TABLA 7.1.2.3

ACTIVIDADES FUERA DE RUTINA	FACTOR K2
Tiempo aprovechable (Segundos)	
3	10
30	1
45	0.5
60	0.1

TABLA 7.1.2.4

CONOCIMIENTO/CAPACITACION DEL OPERADOR

CALIDAD DEL OPERADOR	FACTOR K3
Seleccionado cuidadosamente, experto bien capacitado.	0.5
Conocimiento y capacitación media.	1.0
Escaso conocimiento, mal capacitado.	3.0

TABLA 7.1.2.5

SITUACION DE LA ACTIVIDAD

ESTADO DE ANSIEDAD	FACTOR K4
Situaciones de emergencia grave	3.0
Situación potencial de emergencia	2.0
Situación normal	1.0

TABLA 7.1.2.6

CONDICIONES DEL CUARTO DE CONTROL

FACTOR ERGONOMICO Y AMBIENTAL	FACTOR K5
Excelentes condiciones ambientales y relaciones con la empresa	0.7
Buenas condiciones ambientales y relaciones con la empresa	1.0
Condiciones ambientales y relaciones con la empresa media	3.0
Condiciones ambientales medias, mala relación con la empresa	7.0
Pésimas condiciones ambientales y escasas relaciones con la empresa	10.0

El Ingeniero de Seguridad al utilizar este modelo, deberá emplear su juicio y experiencia para valuar el factor K.

Cuando el resultado obtenido del producto de: $k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5$ es mayor a la unidad, se presume que la probabilidad de que el operador cometa un error es de 1.

$$PEH = 1 \text{ (Probabilidad de Error Humano)}$$

En el ejemplo descrito a continuación se ilustra esta técnica :

Un operador deberá elegir la línea de transferencia del producto entre 2 tanques, por medio del manejo de las válvulas de control operadas a distancia.

La posición de las válvulas en el cuarto de control ruidoso y mal iluminado, no se encuentra señalada.

El operador con una experiencia media, cuenta con 5 minutos para elegir la operación antes de que el tanque que está siendo llenado se desborde.

Solución.-

Tomando como base las tablas anteriores:

$$k_1 = 0.01 \text{ (Requiere atención)}$$

k2 = 0.50 (Actividad de rutina)

k3 = 1.00 (Conocimiento y capacitación media)

k4 = 2.00 (Situación potencial de emergencia)

k5 = 10.00 (Pésimas condiciones ambientales y escasas relaciones con la empresa)

$$\begin{aligned} \text{PEH} &= K1 \times K2 \times K3 \times K4 \times K5 \\ &= 0.01 \times 0.5 \times 1 \times 2 \times 10 \end{aligned}$$

PEH = 0.1 Probabilidad de falla del 10 %

Por supuesto que la probabilidad de error podría disminuirse, si no existiera la probabilidad de derrame del tanque, k4 mejoraría a 1.

$$k4 = 1$$

y si la posición de las válvulas en el cuarto de control se encontraran señaladas y además las condiciones ambientales fueran mejores, k5 bajaría a 5.

$$k5 = 5$$

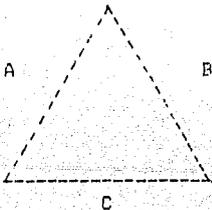
Entonces la Probabilidad de Error Humano se vería reducida a:

$$\text{PEH} = 0.025$$

7.2 CALCULO DE CONSECUENCIAS.

En caso de que se produzca un incendio en una planta de fabricación de explosivos, las consecuencias obvias son de fuego y/o explosión.

El triángulo del fuego de la figura 7.2.1 nos indica que para que exista una combustión, deben estar presentes 3 elementos:



- a) Combustible
- b) Oxidante (Comúnmente oxígeno)
- c) Calor (Fuente de ignición)

Figura 7.2.1 TRIANGULO DEL FUEGO

Aunque existen excepciones a considerar, como es el caso de las substancias denominadas de auto-descomposición, que no requieren mezclarse con un oxidante para convertirse en fuentes de fuego o explosión.

Las medidas de seguridad deben ser encaminadas a controlar las substancias en base a sus límites de inflamabilidad y sus puntos de ignición. Por ejemplo en la tabla 7.2.1 tenemos valores de algunas substancias.

TABLA 7.2.1

	VALORES DE LIMITES DE INFLAMABILIDAD Y DE PUNTOS DE IGNICION PARA ALGUNAS SUBSTANCIAS			
	LIMITES DE INFLAMABILIDAD % POR VOLUMEN		PUNTO DE IGNICION °C	
	INFERIOR	SUPERIOR	COPA CERRADA	COPA ABIERTA
ACETONA	2.6	13.0	- 18	-9
CICLOHEXANO	1.3	7.8	- 20	--
ETANO	3.0	12.4	-135	--
ETILENO	2.7	36.0	-121	--
METANO	5.0	15.0	--	--
PROPANO	2.1	9.5	-104	--
ESTIRENO	1.1	6.1	32	38
TOLUENO	1.3	7.0	4	7

Las medidas de seguridad deben encaminarse a controlar las fuentes de ignición tales como:

- Flamas, calor directo y superficies calientes
- Soldar o cortar
- Chispas
- Vehículos
- Energía Estática
- Energía Eléctrica

La probabilidad de que se presenten fuentes de ignición en las áreas de peligro de inflamabilidad se reducen al mínimo mediante un buen diseño de seguridad de los sistemas de operación, la clasificación apropiada de las áreas eléctricas; así como procedimientos de trabajo autorizados.

Las consecuencias deben calcularse a fin de ubicar la Planta de Fabricación de Explosivos, en un punto que no permita dañar más personas, edificios y equipos. (Referencia 1, Bibliografía).

7.2.1 CUANTIFICACION DEL DAÑO.

La generación de ondas de sacudimiento son los efectos principales de una explosión. Inmediatamente detrás de la onda de sacudimiento, se presenta un aumento repentino de presión denominado, sobrepresión, la cual puede lesionar personas así como ocasionar daños a edificios y equipos.

El perfil de presión de una explosión ocasionada por explosivos elevados como son el TNT, es bien conocido y pronosticable. El método conocido como TNT equivalente aunque no es lo suficientemente exacto, se utiliza por su simplicidad y porque por el momento no existe otro método que lo sustituya.

En la figura 7.2.2 muestra la presión como función de tiempo de una explosión de TNT a una distancia determinada de la fuente. Se puede observar que la presión crítica se alcanza cuando la onda de sacudimiento logra el punto, y que la sobrepresión en este punto decae con el tiempo. Una presión negativa respecto a la atmosférica, se produce antes de que la presión vuelva a su estado normal. El valor crítico de sobrepresión decae dependiendo de que la distancia de la fuente de explosión sea mayor.

La sobrepresión crítica de explosiones de TNT tiene relación en términos de parámetros de distancia a escala, determinándose como sigue:

$$z = \frac{R}{\sqrt[3]{\left(\frac{W}{\text{TNT}}\right)}}$$

- z = Parámetro de distancia a escala $\text{m/Kg}^{1/3}$
 R = Distancia radial desde el origen de la explosión (m)
 W = Peso de TNT (Kg)

TNT

La distancia a escala adopta esta forma, ya que una explosión de TNT obedece la ley de raíz cúbica en que dos diferentes cargas de TNT producen idénticas propiedades de onda de sacudimiento a la misma distancia a escala. (Referencias 9 y 21, Bibliografía).

La figura 7.2.3 nos muestra la relación distancia a escala ($\text{m/Kg}^{1/3}$) contra sobrepresión, de manera que conociendo el peso de TNT equivalente, se puede determinar la sobrepresión desde diferentes distancias de origen.

7.3 TRAMPAS AL REALIZAR ESTUDIOS DE PELIGRO Y OPERABILIDAD.

Cuando se realizan estudios de peligro y operabilidad a través de

SOBREPRESION POR ONDA EXPLOSIVA vs. TIEMPO EN UN PUNTO DETERMINADO.

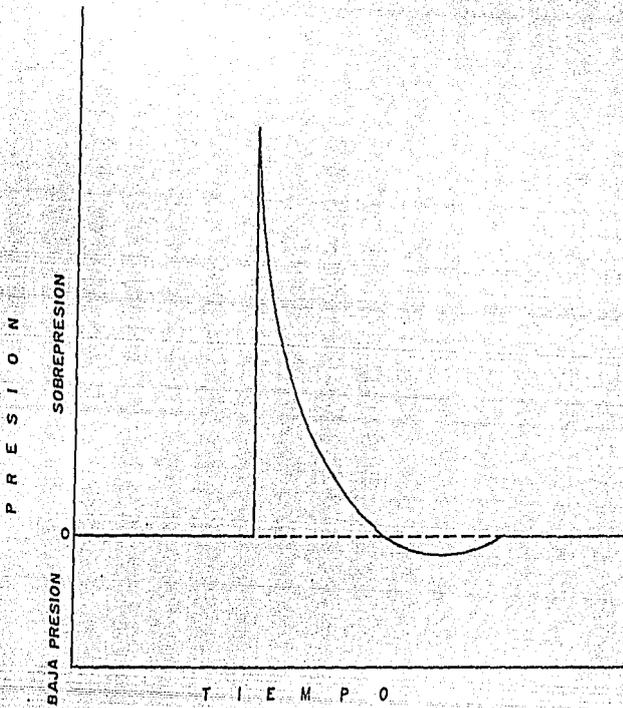


FIG. 7.2.2 GRAFICA DE EXPLOSION DE T.N.T. EN FUNCION DEL TIEMPO Y LA PRESION.

SOBREPRESION DE INCIDENTE DE ESTALLIDO DE TNT EN SUPERFICIE

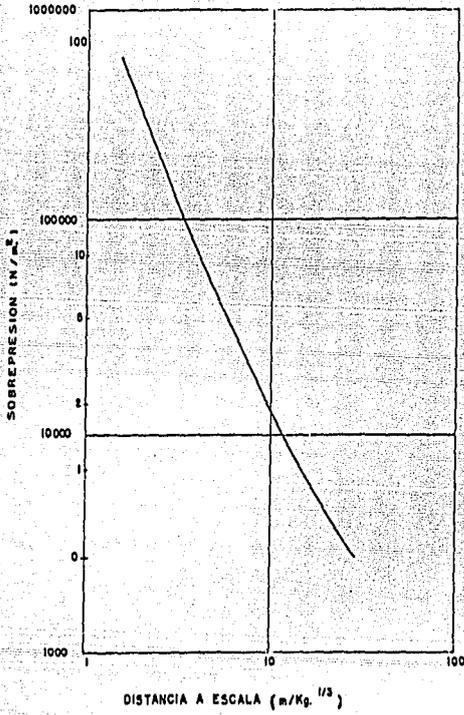


FIG. 7.2.3. EXPLOSION DE T.N.T. EN FUNCION DE:
DISTANCIA Vs. SOBREPRESION

grupos de ingeniería, existen ciertas trampas potenciales que deben ser consideradas:

- Diseño inicial inadecuado.
- Definición adecuada del problema.
- Re-estudio de peligros de cambios al diseño.
- Sustitución de miembros de grupos (Empresa-Ingeniería).

7.3.1 DISEÑO INICIAL INADECUADO.

En ocasiones los circuitos de control en estudio pueden no estar adecuadamente descritos. Esto se hace notorio cuando al examinar uno o dos circuitos surgen una gran cantidad de problemas generando acciones; alternativamente, se hace evidente que toda la parte del circuito, simplemente resulta inoperable requiriendo ser éste rediseñado.

En la práctica, el estudio de Peligros rectifica el diseño base. Esto conduce a solicitar al grupo de diseño un circuito de control mejor definido y en ocasiones un nuevo diseño.

7.3.2 DEFINICION ADECUADA DE LOS PROBLEMAS.

En ocasiones al realizar los estudios de problemas de seguridad en planta, no están presentes las personas más involucradas con éstos: tal es el caso de un Gerente de Planta, o un Gerente de Manufactura, un Supervisor y en muchos casos algún operador.

Al definir las causas, consecuencias y acciones del problema, deben estar presentes este tipo de personas durante el estudio, por lo que es importante involucrarlas o en su defecto cerciorarse de que cuando estas personas reciben la información escrita del estudio, puedan comprender la naturaleza del problema.

Esto requiere por supuesto que la información entregada sea fácilmente comprensible.

7.3.3 RE-ESTUDIO DE PELIGROS DE CAMBIOS AL DISEÑO.

Cuando la acción involucra un cambio a los circuitos de control, el cambio deberá someterse a un nuevo estudio, para cerciorarse que a consecuencia del cambio no surja un nuevo problema. Resulta tentador pasar por alto este nuevo estudio especialmente cuando son cambios menores.

Para evitar que esto suceda, es conveniente llevar a cabo revisiones formales del estudio, toda vez que se hayan implantado las acciones de cambio, para establecer el criterio del efecto logrado por los

cambios realizados y determinar si resulta nuevamente necesario celebrar una nueva reunión para estudio de dichos cambios.

7.3.4 SUSTITUCION DE LOS MIEMBROS DE GRUPO.

Esto debe evitarse en lo posible, ya que ocasionará retrasos por el tiempo que les lleva a los nuevos integrantes familiarizarse con los detalles del proceso. Si por ejemplo, se tiene el nombramiento de un nuevo gerente de planta, ésto además puede originar cambios de procedimientos, lo que también resulta un problema.

7.4 VALUACION DE RIESGOS

La valuación de riesgos se adoptó al existir interés respecto a los riesgos potenciales de peligro asociados con plantas existentes o nuevas. Se puede observar que los riesgos implican efectos potenciales en la población local, en el medio ambiente o en la ecología.

7.4.1 OBJETIVO DE LA VALUACION DE RIESGOS.

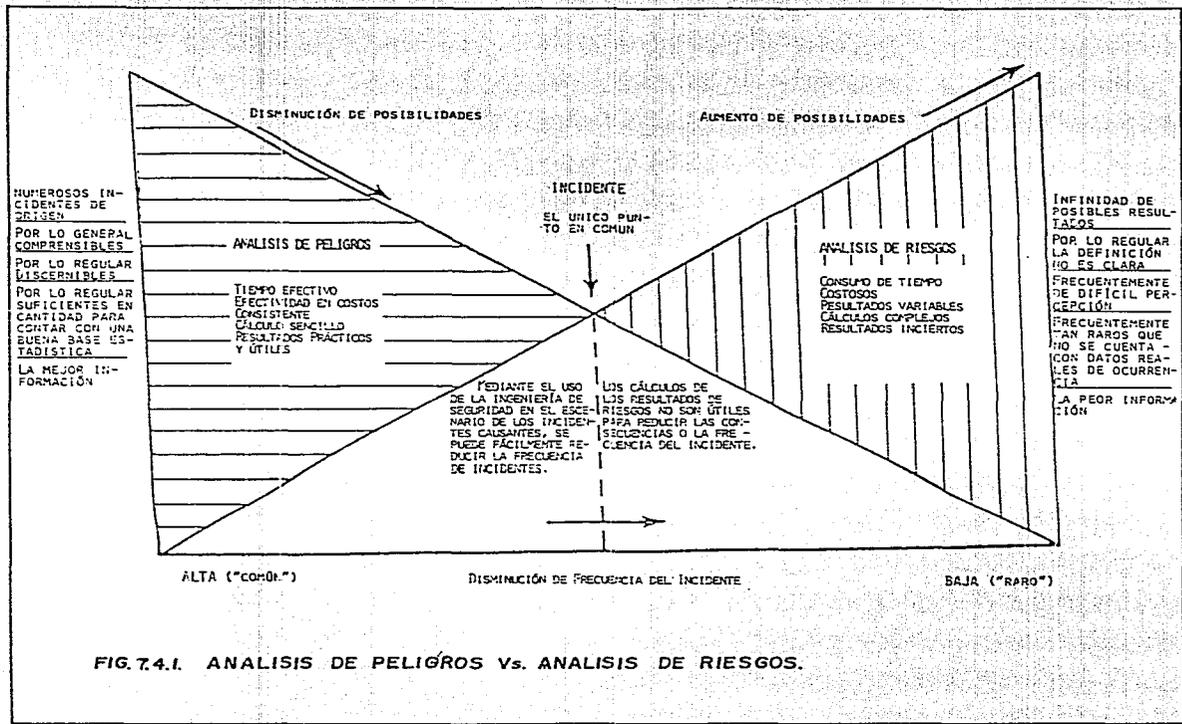
Consiste en detectar los riesgos potenciales asociados con los lugares de mayor peligro; ya sean a la población, al medio ambiente o a la ecología, en perspectiva con otros riesgos conocidos, enfrentados y aceptados durante todos los días de nuestras vidas.

En la figura 7.4.1 se presenta un diagrama denominado "Análisis de Peligros vs. Análisis de Riesgos" que nos permite entender con mayor claridad lo antes expuesto. Es decir, un peligro como es el caso de caídas de escaleras, manos prensadas en méquinas o quemaduras por ácidos o equipos para soldar; es sencillo predecirlo pues normalmente existe alguna estadística o mucha información. Pero un riesgo como es el caso de un sismo, un ciclón o una explosión; no cuenta con suficiente información y es difícil predecirlo.

7.4.2 EL PROCESO DE VALUACION DE RIESGOS.

Los métodos empleados son muy diversos, pero generalizando, el proceso de valuación puede resumirse de la siguiente manera:

- Identificación de incidentes peligrosos.
- Valuación de la frecuencia de los incidentes.
- En el caso de que el incidente ocurra, estimar la probabilidad de que resulte una consecuencia específica.
- Cálculo del parámetro de riesgo.



En el inciso siguiente 7.4.3 a manera de ejemplo del último concepto, se presenta un ejercicio numérico denominado "cálculo de riesgo individual por gas tóxico". (Referencia 39, Bibliografía).

7.4.3 CALCULO DEL PARAMETRO DE RIESGO.

Suponiendo que el riesgo en evaluación sea el escape de un gas tóxico "X" a través de un orificio de 19 mm en una tubería de 50 mm.

Los cálculos pronostican una descarga monofásica de "X" del orden de 8 Kg/seg, con una duración de 20 minutos, antes de que la línea pueda ser aislada.

Suponiendo también que la información histórica con que se cuente indique que la frecuencia de ocurrencia es de 1 en 1000 años, o sea de 0.001/año.

Este incidente provoca una dispersión de "X" a favor del viento desde el punto de escape. La formación de una nube alargada se desplaza a favor del viento con forma similar a la que se muestra en la figura 7.4.3 denominada "Forma de la curva de dispersión de una nube de gas".

La figura presenta la forma conocida como curva de "isopleta".

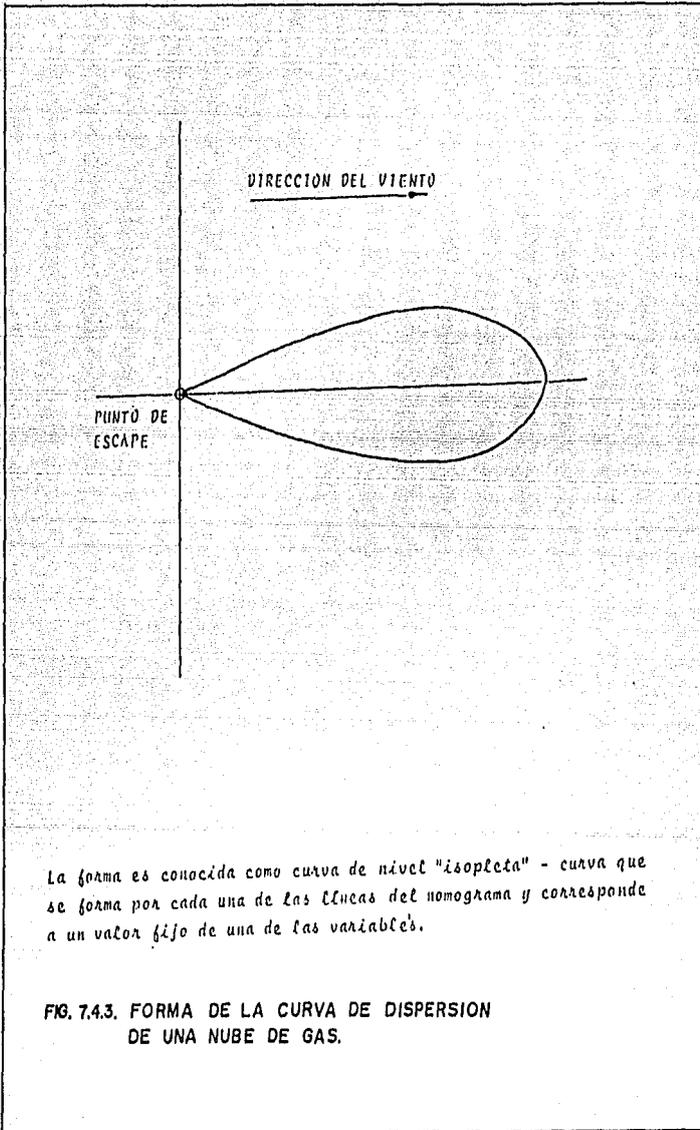
Se consideran velocidades de viento y estadísticas sobre dirección del viento, que permiten calcular la probabilidad de que la nube se traslade hacia un sitio determinado.

La figura 7.4.4 nos permitirá calcular la isopleta para:

- 4 combinaciones de dos velocidades del viento.
- Las combinaciones anteriores se eliminan si el alcance extremo de la isopleta no llega más allá de la distancia del punto de interés. La probabilidad fatal es de cero para esta combinación.
- Las combinaciones restantes se revisan para determinar la relación del ancho de la curva de nivel a la distancia del punto de interés la longitud asociada al arco del sector seleccionado.

La frecuencia de fatalidades en el punto "P" y la medida del riesgo individual, se calculan como sigue:

La frecuencia de escapes se multiplica por el total del producto de probabilidad de que el viento se encuentre en el sector en que el punto "P" se ubica, la probabilidad de que el punto "P" lo envuelva la isopleta de concentración requerida (relación w/l) y las probabilidades de velocidad del viento y categorías de clima, para todas las direcciones de viento y todas las condiciones climatológicas seleccionadas.



Muestra los cuatro sectores y el punto "p" en que se requiere hacer el cálculo de riesgo individual. El escape produce una curva de nivel isopleta en el sector donde se encuentra el punto "p" y el ancho de la isopleta a la distancia del punto de escape hacia "p" se muestra como "w". La longitud del arco dentro del sector, a la distancia del punto "p" se muestra como "e". La probabilidad de que el punto "p" reciba una dosis de tóxico fatal, dado que la dirección del viento se encuentra en el sector derecho, se asume sea "w" dividida entre "e".

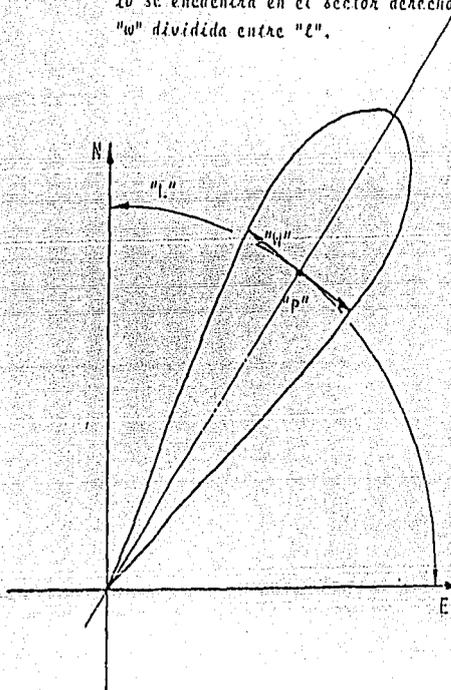


FIG. 7.4.4 ISOPLETA PARA CALCULO.

Se asume que el punto "P" se encuentra en el sector noroeste y que la probabilidad de viento que se dará en ese sector es de 0.35

Los valores típicos se suponen para ilustrar la técnica para la probabilidad "w/1"; asimismo, se supone que las condiciones neutras persisten 84% del tiempo, y la de inversión 16%, con un 50% de posibilidad de una velocidad de viento de 2.3 a 4.4 m/seg.

A continuación se presentan en forma tabular los resultados de la valuación:

CONDICIONES DEL TIEMPO	VELOCIDAD DEL VIENTO m/seg	PROBABILIDAD DE VIENTO Y CLIMA	PROBABILIDAD DE ENVOLVIMIENTO DE "P" w/1	PROBABILIDAD DE DIRECCION DEL VIENTO NE	RESULTADO DE LAS PROBABILIDADES
Neutro	2.3	0.42	0.16	0.35	0.024
Neutro	4.4	0.42	0.0	0.35	0.0
Inversión	2.3	0.08	0.08	0.35	0.002
Inversión	4.4	0.08	0.04	0.35	0.001
TOTAL					0.027

Riesgo por persona por año = Frecuencia del escape (0.001/año) x total de probabilidades de que el punto "P" reciba una dosis fatal de material tóxico "X" (0.027).

$$= 0.001 \times 0.027$$

$$= 0.000027 / \text{año}$$

-6

Se puede describir como 27 en 1 millón de años ó 27 x 10⁻⁶ / año.

7.5 SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA ESTAS PLANTAS.

Muchos esfuerzos y recursos económicos se invierten para reducir la escala y probabilidades de peligros; no obstante, persiste la probabilidad limitada de que estos ocurran.

La acción efectiva y oportuna que evite pérdidas humanas y materiales se logra principalmente, por la existencia de procedimientos preconcebidos y ejercitados para el manejo de las emergencias. (Referencia 31, Bibliografía).

- a) A nivel interno de la planta y con recursos propios, y
- b) En gran escala mediante la combinación de recursos propios y servicios externos.

En junio de 1982, el Consejo de Comunidades Europeas adoptó el Reglamento Directivo 82/501/EEC sobre "Peligros de Accidentes Mayores de Determinadas Actividades Industriales" (Referencia 32, Bibliografía).

el cual establece la capacitación e información para todos los trabajadores, sobre riesgos potenciales por sus actividades; planificación, organización y medidas adoptadas para la prevención de emergencias mayores.

7.5.1 IDENTIFICACION Y VALUACION DE PELIGROS.

Antes de desarrollar cualquier tipo de plan sólido, se deben considerar ciertos elementos. En primer lugar se debe concebir a lo que el plan debe enfrentarse y por consiguiente identificar y valorar los peligros principales. Los tres peligros mayores con que se enfrenta la industria química a la que pertenecen las plantas de explosivos son: incendio, explosión y emanaciones tóxicas; a veces, la combinación de las tres.

7.5.2 OBJETIVO DEL PLAN PARA EMERGENCIAS.

Como ya se mencionó en una emergencia se pueden utilizar recursos internos y externos; no obstante, en ciertas situaciones interfieren en su actuación los recursos internos, por lo que el propósito es lograr el uso efectivo de los recursos combinados para:

- Salvaguardar a la población.
- Efectuar operaciones de rescate y manejo del siniestro.
- Reducir al mínimo los daños a los bienes y al medio ambiente.
- Contener y finalmente controlar el incidente.
- Identificar el siniestro.
- Disponer de lo necesario para la contingencia.
- Proporcionar información de los hechos a las autoridades y medios informativos.
- Asegurar la rehabilitación de las áreas afectadas.
- Conservar el equipo y la información, para investigaciones posteriores de las circunstancias y causas del incidente.

7.5.3 DELINEAMIENTO DEL PLAN Y LAS ACCIONES.

Después de concebir una imagen clara de los incidentes factibles, la disponibilidad de los recursos internos así como el objetivo del plan, el paso siguiente será considerar junto con las autoridades locales (ejército, policía, bomberos y servicios de ambulancias) las acciones a seguir y su interrelación.

- La comprensión de las consecuencias potenciales de los incidentes.
- La efectividad de la operación de control y coordinación.
- Que los planes y procedimientos internos, sean rescaldados y compatibles con los de los servicios de emergencia.
- Que los servicios de emergencia estén enterados de la naturaleza de los posibles riesgos atribuibles al lugar.

- Que se establezcan los sistemas de flujo de información durante la emergencia.
- Que los niveles de respuesta inicial de parte de los de emergencia sean los apropiados a la situación.

7.5.4 SISTEMA BASICO DE CONTROL Y COMUNICACION INTERNA.

No obstante que dentro de la planta (área de fabricación, manejo y almacenamiento de explosivos) no es posible contar con aparatos telefónicos, o cualquier otro medio electrónico de comunicación; si puede ser diseñado un "Sistema Básico de Control y Comunicación Interna".

En la figura 7.5.4.1 aparece un sistema sencillo, la comunicación entre Planta, la Gerencia de Planta y la Oficina de Emergencias se realiza por medio de equipo de transporte y/o sirenas hidráulicas, el resto de las comunicaciones si pueden utilizar un sistema de radio y red interna de teléfonos.

Al presentarse el incidente, el grupo de emergencia junto con el equipo de proceso, efectúan la valuación inicial de la situación y determinan las acciones a seguir; ya sea solicitando ayuda a los servicios externos o aislando ciertas áreas de la planta. Uno de los vehículos de emergencia ubicado en el lugar del incidente, se designará como el punto de control/transmisor, quien reportará a algún representante directivo.

7.5.5 ESTRUCTURA TIPICA DE PERFIL DE RESPONSABILIDADES.

Durante la emergencia es importante dar una respuesta inmediata (acción) por lo que las responsabilidades de cada una de las personas asignadas a iniciar o dirigir acciones deben estar perfectamente definidas así como sus responsabilidades. La figura 7.5.5 ilustra la Estructura Típica del Perfil de Responsabilidades.

La Oficina de Emergencias locales deberá ubicarse en un área de riesgo mínimo y con buenos accesos tanto de entrada como de salida. No siempre es posible, por lo que se deberá elegir un lugar alternativo en el que se cuente con el equipo esencial como radio, teléfonos, indicador de dirección del viento, detector de gases, etc.

7.5.6 DESARROLLO DEL PLAN DE MANEJO DE EMERGENCIAS MAYORES.

El objetivo del plan original consiste en establecer la estructura y los procedimientos para el manejo de emergencias, pudiendo éste estructurarse para el manejo de emergencias mayores.

El plan de manejo de emergencias mayores deberá ser responsabilidad del personal clave con conocimientos técnicos adecuados, así como con acceso y disponibilidad a la información suficiente para la toma de decisiones.

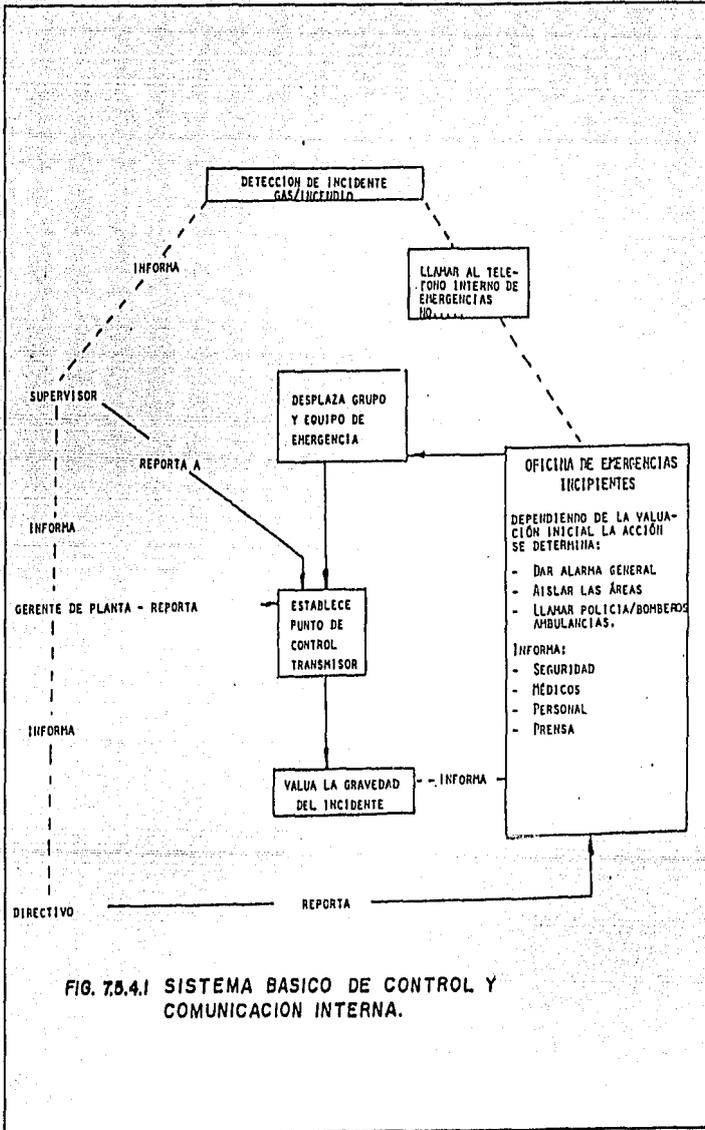
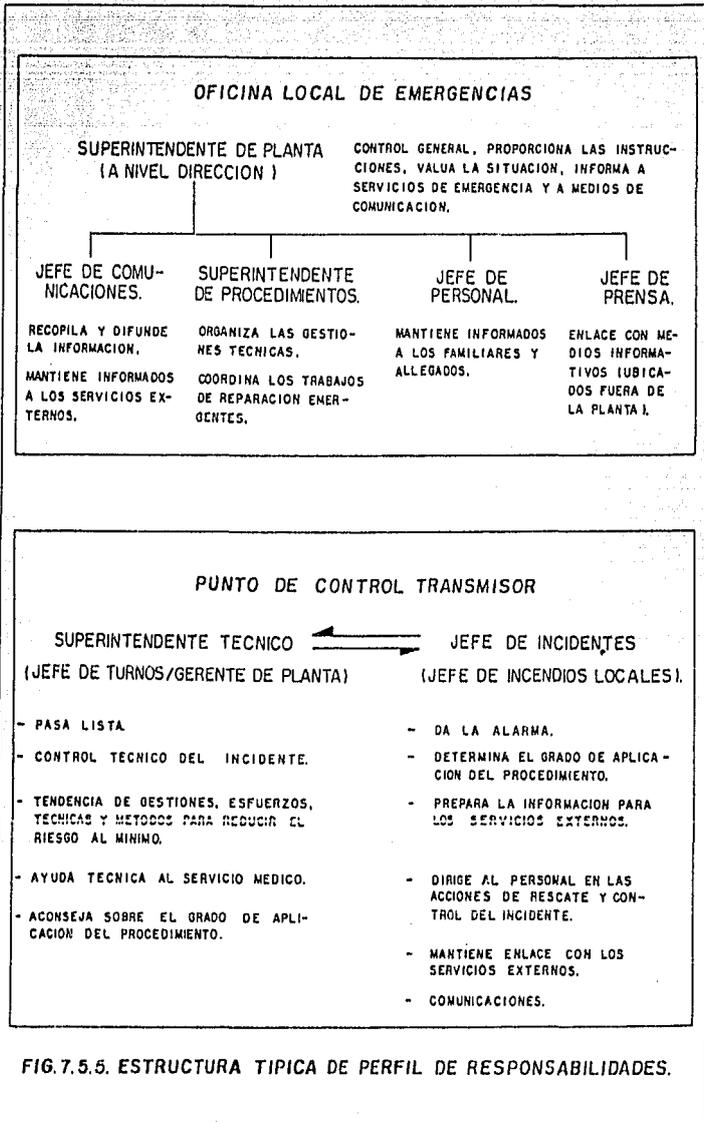


FIG. 7.5.4.1 SISTEMA BASICO DE CONTROL Y COMUNICACION INTERNA.



En caso de incendio o emanación de gases en una Planta de Explosivos, la finalidad será reducir al mínimo posible, la cantidad de personas expuestas al peligro, incluyendo a los miembros de los servicios de emergencia, quienes se encuentran potencialmente expuestos. Con esta medida, se evita alarmar innecesariamente a la población y se previene la movilización excesiva de los diferentes recursos.

Por supuesto las decisiones oportunas deben estimularse, aunque esto provoque en ocasiones una respuesta excesiva.

Existe una clara necesidad de estrecha cooperación entre los servicios internos y externos una vez que éstos últimos se han movilizado hasta el lugar del incidente; por lo que, se recomienda reunir en un solo sitio a los dirigentes del ejército, policía y bomberos con el personal local para lograr una buena comunicación y dirección de las acciones.

Sin embargo, esto también puede ocasionar problemas cuando no se planea adecuadamente la división de actividades, creándose interferencia en la comunicación. Con toda seguridad esto implica un mayor número de personas expuestas cerca del área de peligro.

Cuando la población resulta afectada por algún incidente mayor, un oficial del ejército o en su defecto de la policía deberá ser asignado como inspector del incidente.

El ejército y la policía se encargarán de proteger la vida y los bienes, dirigiendo el tránsito, identificando los muertos, estableciendo el depósito de cadáveres, documentando los accidentes, proporcionando abrigo a los evacuados, etc. (Referencia 31, Bibliografía).

El ceder al ejército o a la policía las actividades de coordinación de los servicios de emergencia, permite que las responsabilidades específicas sean asignables individualmente, teniendo la ventaja de contar tanto con la policía como con las brigadas de bomberos y el servicio de ambulancias, todos ellos haciendo uso de la mejor manera, de todos los recursos disponibles formándose así la imagen exacta de los acontecimientos.

Uno de los aspectos que merecen especial consideración en cualquier plan, es el impacto que tiene en los hospitales un alto número de desgracias. No todas las personas expuestas al riesgo requerirán hospitalización, pero si reposo, observación y tal vez terapia menor.

Manteniendo esto en mente, y cuando se puede disponer de recursos, es conveniente contar con un sitio donde poder proporcionar primeros auxilios, reposo y terapia a las personas afectadas, enviando al hospital sólo a aquéllas que requieran hospitalización.

En el caso de que una autoridad competente establezca un "puesto de socorro" para emergencias, éste deberá contar con información detallada, esencial para los usos médicos y de la policía.

Se requiere una buena comunicación entre el jefe de incidentes del

ejército y/o la policía y el superintendente de la planta, a fin de mantenerse informados respecto a los acontecimientos. Se recomienda contar con un sistema de enlace extra, para casos de falla del sistema de comunicación principal. Además del equipo se requiere que la comunicación sea clara, fácilmente entendible por todos.

No obstante existe un ámbito de incompreensión cuando personas técnicas se comunican con las "no técnicas", por lo que deberá proporcionarse al ejército y/o policía y los servicios de bomberos, una persona calificada y técnica que actúe como intérprete y desarrolle la información. Dicha persona también podrá interpretar la información recopilada por el ejército y/o la policía, la cual podrá ser de gran utilidad para el superintendente al revisar el desarrollo de las situaciones adversas en la planta, logrando una visión general del incidente.

En la figura 7.5.6 se muestra un "Plan General, Puestos de Control, Mandos, Movimientos de Personal y Vehículos, Enlaces de Comunicación", indicando los puntos claves de control, los movimientos de personal y de vehículos así como los enlaces de comunicación.

Sin embargo es importante estimar cuidadosamente las concentraciones de gas y el alcance de la nube. La información durante el inicio no será muy acertada por lo que se requiere efectuar pruebas a favor del viento para confirmar o ajustar los estimados originales. La información recogida de la población también puede resultar de gran utilidad a este respecto.

7.5.7 RELACIONES PUBLICAS

Cualquier incidente de emergencia que implique los servicios del ejército, la policía y bomberos atrae la atención de los medios informativos, prensa, radio y T.V., y éstos transmitirán la información de que disponen. Si la información obtenida es poca, nula o de mala calidad, las declaraciones pueden conducir a conjeturas distorsionadas que provocan alarma entre la población. Por lo anterior, es de vital importancia que dicha información sea preferentemente proporcionada por una oficina fuera del lugar del siniestro, y por una persona con experiencia en el trato con estos medios de comunicación.

Es común que el Director General sea quien proporcione la información, en algunos casos con la asesoría de la policía.

7.5.8 MANTENIMIENTO DEL PLAN

Al desarrollar un plan para emergencias mayores, éste deberá establecerse en términos claros y concisos y todos los involucrados deberán recibir entrenamiento, especialmente el personal clave.

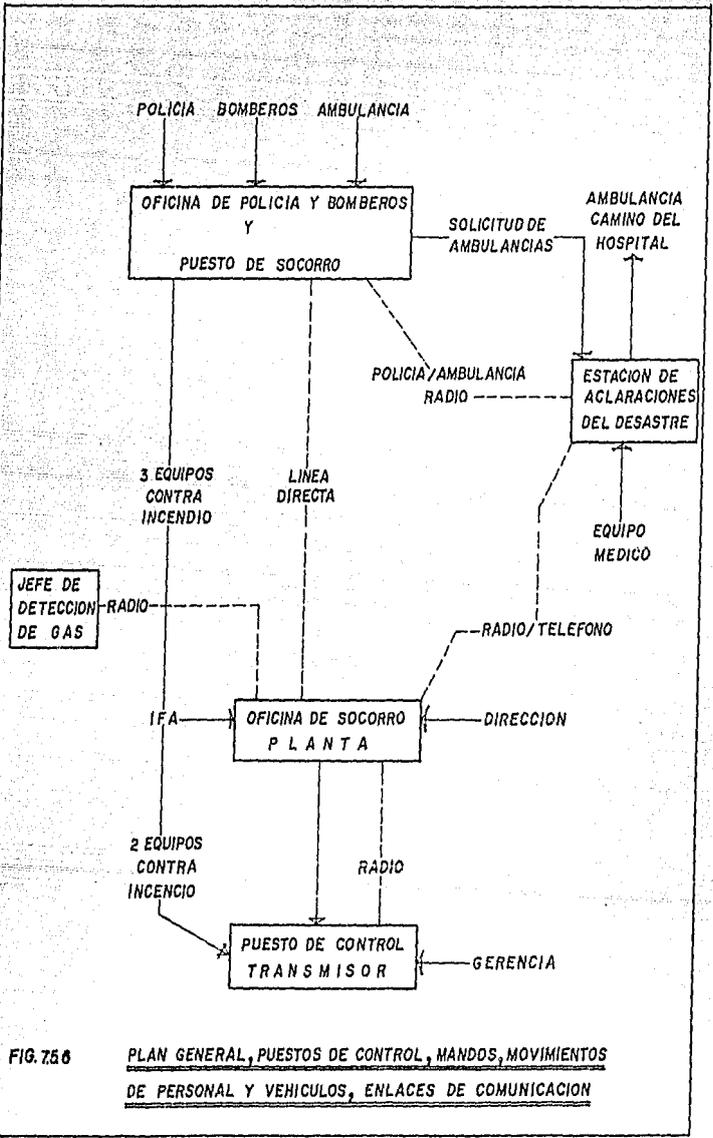


FIG. 756 PLAN GENERAL, PUESTOS DE CONTROL, MANDOS, MOVIMIENTOS DE PERSONAL Y VEHICULOS, ENLACES DE COMUNICACION

Asimismo, se deberán realizar simulacros; ya que muchos de los planes pueden fracasar cuando no se efectúan pruebas de las distintas funciones, como son: efectividad de comunicación, la velocidad de respuesta de las personas claves, toma de decisiones, localización, búsqueda, rescate y tratamiento de las víctimas, aislamiento y cierre de la planta, compatibilidad del equipo, etc.

Estos simulacros se deben complementar con otros aspectos generales del plan, así como el apoyo de los servicios externos. Los resúmenes de los simulacros, ayudan en la identificación de las deficiencias, para la modificación del plan original.

Los simulacros son de gran utilidad para que se conozcan aquéllos que durante una emergencia deben trabajar unidos. Igualmente útiles resultan las visitas y el enlace con los representantes de los servicios externos.

CAPITULO 8. CONCLUSIONES.

En el presente estudio se adecuan los Sistemas de Seguridad convencional, iniciando desde los más generales hasta los sistemas más específicos, encaminados a proteger a Plantas con alto riesgo de Incendio, Explosión y en ocasiones de Emanaciones Tóxicas.

Inicialmente se enfatiza que el desarrollo económico e industrial de los países depende en mucho del uso adecuado de los explosivos; convirtiéndose en una medición media del progreso o retroceso de la humanidad.

Después por medio de Diagramas de Bloques y de Balance de Materiales entre otros, realiza la descripción de operaciones en plantas tan complejas como son las de explosivos; determinando "que se hace", o que actividades se realizan, para posteriormente definir "como deberían realizarse" y de esta forma establecer Sistemas de Seguridad confiables.

Los aspectos de Sistemas de Ingeniería de Seguridad propuestos en este trabajo, fueron analizados a través de la observación de prácticas acertadas y/o equivocadas realizadas en plantas de explosivos, utilizando herramientas de Ingeniería Industrial tales como: Cursogramas Sinópticos, Diagramas de Sistema Hombre-Máquina, Valuación de Probabilidades de Error y Cuantificación de Daños, entre otras.

El objetivo de las actividades anteriores fué detectar los diferentes riesgos y peligros probables de ocurrir en la fabricación, manejo y almacenamiento de explosivos.

Todo esto servirá como una guía de consulta para el estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, deseoso de satisfacer sus diferentes inquietudes relacionadas con la Ingeniería de Seguridad en el área de explosivos.

Se demuestra dentro de esta tesis que el conocimiento de las propiedades físico-químicas de la materia, en sus diferentes etapas de fabricación de explosivos, ya sea como materia prima, como producto en proceso o como producto terminado; se convierte en información indispensable para medir las consecuencias en el sistema causa - efecto dentro de las plantas que fabrican estos materiales, a fin de evitar siniestros dentro y fuera de éstas.

El análisis de cada una de las operaciones que van desde la fabricación y manejo hasta el almacenamiento de los explosivos,

permite en esta obra evaluar los riesgos y usar medidas de seguridad reduciendo la probabilidad de incidentes peligrosos.

Se hace mención en este análisis de la Reglamentación Nacional como un medio existente en México, para la regulación de las Normas de Seguridad en todas las Plantas instaladas en nuestro país, incluyendo a aquellas que fabrican, manejan y almacenan explosivos.

Tal es el caso del Reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo, La Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, la Ley Federal del Trabajo, Reglamentos de la Secretaría del Trabajo, Normas Técnicas de la Secretaría del Trabajo, Normas Técnicas de Instalaciones Eléctricas de la S. P. y F. I. y la Ley Federal de Normas entre otras.

También se hace mención a Normas Extranjeras con el objeto de complementar a las normas nacionales.

Algunas de éstas son: la Norma NEMA (National Electric Manufacturers Association). los Códigos de Reglamentos Federales de Estados Unidos, del Instituto de Fabricantes de Explosivos, de la Oficina de Alcohol Tabaco y Armas de Fuego; el Reglamento para la Fabricación, Transporte, Almacenamiento y Empleo de materiales explosivos de la N.F.P.A. (National Fire Protection Association) y la Tabla Americana de Distancias.

Las reglamentaciones nacionales y extranjeras mencionadas, permiten establecer directrices para formular planes de Emergencia y Seguridad convencionales que no siempre son aplicables en todos los casos en plantas de fabricación de explosivos, aunque en su mayoría si son útiles, tal es el caso de los sistemas de diluvio, planes de evacuación y los códigos de colores.

Se mencionan desde las normas más simples hasta las que regulan los riesgos más altos, que pueden considerarse para plantas de explosivos inclusive.

Para el diseño de Plantas químicas, petroquímicas, de explosivos y en general; el presente estudio considera que el empleo de la Ergonomía y la Seguridad es incontestable a fin de evitar errores humanos, pues éstos últimos son medibles y pronosticables.

Por tanto la ausencia en el empleo de la Ergonomía y la Seguridad puede traducirse en consecuencias tales como: fuego y explosión con los daños que estos fenómenos pueden causar.

Se considera que lo mencionado anteriormente permite el diseño adecuado de las plantas, de su ubicación, así como de los sistemas internos que las integran; logrando de esta manera la disminución de los riesgos de incidentes.

Se hace hincapié que durante estos diseños se deberán visualizar errores de logística en función de los riesgos de la planta.

Propone este estudio que un buen plan de emergencia para estas plantas resulta indispensable; ya que en caso de existir emergencias mayores es probable que se requiera el apoyo de recursos externos como es el caso del ejército, policía, bomberos, servicios de rescate y en algunos casos hasta de hospitales.

También se sugiere la implantación de simulacros en estas plantas con una frecuencia mínima de un año, de sistemas de detección de rayos y tormentas eléctricas, igualmente de sistemas de pararrayos con redes de tierras independientes de las eléctricas, ya que son recursos indispensables.

Con todo lo anterior se tendrán la mayoría de los Sistemas de Seguridad tanto los generales como los específicos, así como la metodología que podrá ser utilizada con un alto factor de confiabilidad para la implantación de sistemas de Seguridad, tanto para Plantas de Explosivos como para plantas en general.

CAPITULO 9 BIBLIOGRAFIA.

- 1) AMERICAN CIVIL ENGINEERING, Vol. 1, Tabla 46, Sección 3.74.
Edición 1956, Jhon Wiley and Sons.
- 2) AN INDEX OF ELECTRONIC EQUIPMENT OPERABILITY.
(DATA STORE) S. Munger Et Al.
American Inst. for Research.
Pittsburgh, 1962.
- 3) CHEMICAL ENGINEERS HAND BOOK.
De Robert H. Perry y Cecil H. Chilton.
Editorial Mc Graw Hill.
Edición de 1971.
- 4) CODIGO DE LOS E.E. U.U., NUMERO 18, CAPITULO 40, Relacionado
con la " IMPORTACION, MANUFACTURA, DISTRIBUCION Y ALMACENA--
MIENTO DE MATERIALES EXPLOSIVOS"
Oficina de Alcohol, Tabaco y Armas de Fuego de los E.E. U.U.
Washington D.C. 1969.
- 5) CODIGO DE REGLAMENTOS FEDERALES DE E.E. U.U.
Reglamento sobre Materiales Peligrosos
Departamento de Transportes (D.O.T.).
Washington D.C. 1972.
- 6) CODIGO PARA LA MANUFACTURA, TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y EM-
PLEO DE EXPLOSIVOS Y AGENTES EXPLOSIVOS.
Publicación No. 495 de la NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION
N.F.P.A. Capítulo 3.
Edición 1990.
- 7) DEFINICION Y PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO PARA EL FERTILIZANTE DE
NITRATO AMONICO.
Instituto Nacional de Alimentos Vegetales.
National Plant Ford Institute.
Noviembre de 1974.
- 8) ELECTRIC INSTALLATIONS IN HAZARDDOUS LOCATIONS.
National Fire Protection Association.
Edición 1988.

- 9) EXPLOSIONS AND THEIR INFLUENCE ON BUILDING DESIGN.
Proceedings of Conference on Design And Siting of Buildings
to Resist Explosions and Fire.
Oyez, 1980.
- 10) EXPLOSIVES IN MOTOR VEHICLE. Folleto No. 498.
Edición 1990.
National Fire Protection Association.
- 11) EXPLOSIVOS Y AGENTES DETONANTES.
Panfleto de la National Fire Protection Association
Sección 3, Capítulo 6.
16a. Edición 1986.
- 12) FIRE PROTECTION HAND BOOK.
NFPA (National Fire Protection Association).
17a. Edición. Julio 1991.
- 13) HUMAN ERROR ANALYSIS USING FAULT TREE GRAFICS.
D. Smith, H. Burkleo.
Lockheed Missiles and Space Co.
Sunnyvale, 1975.
- 14) HUMAN ERROR QUANTIFICATION.
A. Swain, L.W. Rook.
Sandia Corp.
Reprint SCR 610, Albuquerque, 1963.
- 15) HUMAN FACTOR IN RISK ANALYSIS: Teseo Model.
G. C. Bellio, V. Colombari.
Reliability Engineering, Vol. 1 (1980).
- 16) HUMAN PERFORMANCE AND PERSONNEL RESOURCE DATA.
STORE DESIGN GUIDELINES.
R. E. Blanchard,
Human Factors 17 (1), 1975.
- 17) HUMAN RELIABILITY IN COMPLEX SYSTEM: AN OVERVIEW.
D. E. Embrey.
NCSR R-10 UKAEA Culcheth, 1976.
- 18) INTRODUCCION AL ESTUDIO DEL TRABAJO.
Oficina Internacional del Trabajo.
Tercera Edición de LIMUSA.
1981, Suiza.

- 19) LÉY FEDERAL DE ARMAS DE FUEGO Y EXPLOSIVOS.
Diario Oficial de la Federación 11 de Enero de 1972.
- 20) LEY FEDERAL DEL TRABAJO. Artículo III, fracciones IV y V.
Diario Oficial de la Federación 1 de Abril de 1970
- 21) LOSS PREVENTION IN THE PROCESS INDUSTRIES.
Vol. 1. Capítulos 16 y 17.
Butterworths, 1980.
- 22) MANUAL DE INGENIERIA Y ORGANIZACION INDUSTRIAL.
H. B. Maynard.
Editorial Reverté S.A.
España, 1978.
- 23) MAN - MACHINE SIMULATION MODELS.
A.I. Siegel, J.J. Wolf.
J. Wiley, New York, 1969.
- 24) MANUAL PARA USO DE EXPLOSIVOS. DU PONT.
Editorial Continental, S.A.. México.
Wilmington, Del., 1966
- 25) NATIONAL ELECTRICAL CODE. HAND BOOK.
National Fire Protection Association.
Edición 1990.
- 26) NORMA NATIONAL ELECTRIC MANUFACTURES ASSOCIATION (N.E.M.A.)
De Estados Unidos de Norteamérica.
16a. Edición 1986.
- 27) NORMAS TECNICAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS.
Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
Dirección General de Normas.
Edición 1981.
- 28) NORMA OFICIAL D.G.N. S-14-1971.
- 29) PETROLEUM PROCESSING HAND BOOK.
William F. Bland y Ribert L. Davidson.
Editorial Mc Graw Hill.
Edición 1967.

- 30) QUIMICA ORGANICA.
Gregory R. Choppin, Jaffe, Summerlin y Jackson.
Publicaciones Cultural S.A.
México, 1991.
- 31) RECOMMENDED PROCEDURES FOR HANDLING MAJOR EMERGENCIES.
Chemical Industries Association, 1976.
- 32) REGLAMENTO DIRECTIVO 82/501/EEC SOBRE PELIGROS DE ACCIDENTES
MAYORES DE DETERMINADAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES.
Consejo de Comunidades Europeas.
Junio de 1982.
- 33) REGLAMENTO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Instructivos del 1 al 21.
Edición de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y
del Instituto Mexicano del Seguro Social.
Junio 5 de 1978.
- 34) REGLAMENTO PARA LA CLASIFICACION DE EMPRESAS Y DETERMINACION
DEL GRADO DE RIESGO DEL SEGURO DE RIESGOS DE TRABAJO.
Instituto Mexicano del Seguro Social.
Junio 29, 1981. Diario Oficial.
- 35) REGLAMENTO PARA LA INSPECCION DE GENERADORES DE VAPOR Y
RECIPIENTES SUJETOS A PRESION.
Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
Diario Oficial de la Federación del 27 de Agosto de 1936.
- 36) SHORTCUTS IN HUMAN RELIABILITY ANALYSIS IN GENERIC TECHNIQUES
IN RELIABILITY ASSESSMENT.
A. D. Swain.
Noordhoff, Amsterdam, 1976.
- 37) TABLA AMERICANA DE DISTANCIAS PARA ALMACENAMIENTO DE EXPLOSI-
VOS, Revisada y aprobada por el Instituto de Fabricantes de
Explosivos el 5 de Noviembre de 1971.
- 38) THE HUMAN FACTORS - Culchet, 1977.
SRS Quarterly Digest.
- 39) USE OF ACUTE TOXICITY DATA IN THE RISK ASSESSMENT OF THE
EFFECTS OF ACCIDENTAL RELEASES OF TOXIC GASES.
N.C. Harris & A.M. Mases.
I. Chem. Symposium, Harrogate.
Septiembre, 1983.

- 40) USO DE SISTEMAS DE EXTINCION A BASE DE BIOXIDO CARBONO.
Carbon Dioxide Extinguishing Systems. Folleto No. 12.
Edición 1989.
National Fire Protection Association.
- 41) USO DE SISTEMAS DE EXTINCION A BASE DE POLVO QUIMICO SECO.
Dry Chemical Extinguishing Systems. Folleto No. 17.
Edición 1990.
National Fire Protection Association.
- 42) USO DE SISTEMAS DE EXTINCION A BASE DE ESPUMA.
- Low Expansion Foam and Combined Agent Systems. Folleto No.11.
Edición 1988.
- Medium and High Expansion Foam Systems. Folleto No.11A.
Edición 1988.
- Mobile Foam Apparatus. Folleto No.11C.
Edición 1990.
- Deluge Foam-Water Sprinkler and Spray Systems. Folleto No.16.
Edición 1991.
- Folletos de National Fire Protection Association.
- 43) USO DE SISTEMAS DE EXTINCION A BASE DE AGUA.
- Water Spray Fixed System. Folleto No. 15.
Edición 1990.
- Installation of Sprinkler. Folleto No. 13.
Edición 1991.
- Folletos de National Fire Protection Association.