

100
207

RECIBO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

PROPUESTA DE GUIA DE PROCEDIMIENTOS PARA
EL ANALISIS DE RIESGOS DE LA INDUSTRIA
ACEITERA EN MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

ILIANA KARINA REYES TENORIO



MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1994



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Á MI MADRE Y A MI PADRE

Con infinito amor y admiración,
por guiarme y apoyarme cariñosa y
firmemente a lo largo del camino.

Con agradecimiento, por depositar
su confianza en mí y obsequiarme
un regalo tan especial en la vida.

A MIS HERMANOS: CHRISTIAN E IGOR

Por el apoyo y cariño que me han
brindado, por los pequeños y
grandes momentos que siempre
compartimos, con todo mi amor.

A LALO,

Por su cariño y por ser como un
hermano más para mí.

CON INMENSO AMOR A DIOS, GRACIAS.

A MI TIA MARI Y AL INGENIERO
ISIDRO LEMUS,

Por la confianza y el invaluable
apoyo que me han brindado siempre.

A MIS TIAS ROSA Y MECHE,

Con especial cariño.

A MI ABUELITA LICHITA,

Por su cariño y confianza, con
amor.

A LAS FAMILIAS: TENORIO Y REYES,

Con inmenso cariño.

A MIS PRIMAS Y PRIMOS.

A LA MEMORIA DE MI TIA ESPERANZA
Y DE MIS ABUELITOS.

A MIS AMIGOS: ISABEL, CLAUDIA,
EDITH, NORMA, MONICA, ALBERTO,
ADOLFO, JUANJO, SAM, PACO Y
ERICK,

Por su incondicional apoyo y
carifio en los momentos de alegria
y dificultad, ... MIL GRACIAS.

A BETY Y RODOLFO,

Con carifio especial, ...GRACIAS

A LAS FAMILIAS GOMEZ LOPEZ, ORTIZ
CARRILLO, ROBLES MACIAS, CARREON
FARRERA, MORA NORIEGA Y ESPINOZA DE
LOS MONTEROS REBOLLEDO,

Con estimación y agradecimiento.

A GLORIA, EDUARDO Y KARINA SOSA

A MIS MAESTROS Y COMPAÑEROS.

CON AGRADECIMIENTO ESPECIAL

A EL DOCTOR HUMBERTO BRAVO ALVAREZ,

A EL ING. RICARDO TORRES JARDON,

POR SU PACIENCIA E INVALUABLE AYUDA

PARA LA ELABORACION DE ESTA TESIS

A LOS INTEGRANTES DE LA SECCION DE
CONTAMINACION AMBIENTAL DEL CENTRO
DE CIENCIAS DE LA ATMOSFERA, GRACIAS
POR SU APOYO.

A MI QUERIDA FACULTAD DE QUIMICA





EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUÍMICA

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE

Prof.: Ramón Edgar Domínguez Betancourt

VOCAL

Prof.: Humberto Bravo Álvarez

SECRETARIO

Prof.: Rodolfo Torres Barrera

1er. SUPLENTE

Prof.: Humberto Rangel Dávalos

2o. SUPLENTE

Prof.: Ricardo Torres Jardón

El presente trabajo se desarrolló en el Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

ASESOR DEL TEMA

Dr. Humberto Bravo Álvarez

SUPERVISOR TÉCNICO

Ing. Ricardo Torres Jardón

SUSTENTANTE

Iliana Karina Reyes Tenorio

INDICE DE TEMAS

Pág.

RESUMEN

1. INTRODUCCION	1
2. ANALISIS DE RIESGOS	3
2.1. Generalidades	3
2.2. Estructura del análisis de riesgos	3
2.3. Organización del análisis de riesgos	4
2.3.1. Reconocimiento del proceso	4
2.3.2. Análisis preliminar de peligros	6
2.3.3. Análisis de consecuencia	7
2.3.4. Análisis de frecuencia	8
2.3.4.1. Métodos de análisis de frecuencia	8
2.3.4.2. Datos de probabilidad y frecuencia	9
2.3.5. Evaluación de riesgo	12
3. INDUSTRIA ACEITERA	14
3.1. Proceso de producción de aceite vegetal comestible	14
3.1.1. Generalidades	14
3.1.2. Extracción del aceite	16
3.1.3. Procesamiento del aceite	20
3.2. Proceso de producción de hidrógeno	39
3.2.1. Generalidades	39
3.2.2. Proceso de reformación Vapor-Hidrocarburo	39
4. BASES LEGALES	46
4.1. Aspectos generales de la legislación en México	46
4.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	48
4.2.1. Generalidades	48
4.2.2. Actividades consideradas como altamente riesgosas ...	49
4.2.3. Manejo de residuos peligrosos por su potencial de riesgo	50
4.3. Guía para la elaboración del estudio de riesgo	51
4.4. Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo	51

Continúa...

5. METODOLOGIA	53
5.1. Reconocimiento del proceso	53
5.2. Análisis preliminar de peligros	53
5.2.1. Identificación de sustancias peligrosas	54
5.2.2. Identificación de residuos peligrosos con potencial de peligro	54
5.2.3. Identificación preliminar de peligros por unidad de proceso	54
5.2.4. Identificación detallada de peligros	57
5.3. Análisis de consecuencia	58
5.3.1. Selección de secuencia de eventos	58
5.3.2. Establecimiento de escenarios	63
5.3.3. Tasa de escape	64
5.3.3.1. Tamaño de abertura	66
5.3.3.2. Tiempo de escape	66
5.3.3.3. Tipos de escape	66
5.3.3.4. Cálculo de la tasa de escape	68
5.3.4. Modelos de dispersión	68
5.3.4.1. Dispersión de "puffs" y "plumas"	69
5.3.4.2. Elección del modelo: Instantáneo o Continuo ..	71
5.3.4.3. Dispersión de gases pesados	71
5.3.4.4. Efectos de la meteorología	73
5.3.4.5. Modelo de Pasquill-Gifford	75
5.3.4.6. Distancia virtual para fuentes área o nubes instantáneas	76
5.3.5. Análisis de consecuencia de escapes	81
5.3.5.1. Análisis de consecuencia de nubes tóxicas ..	82
5.3.5.2. Análisis de consecuencia de nubes inflamables	84
5.3.5.3. Análisis de consecuencia de nubes explosivas ..	88
5.4. Análisis de frecuencia	89
5.5. Evaluación de riesgo	90
6. APLICACION DE LA METODOLOGIA -CASO EJEMPLO-	96
6.1. Reconocimiento del proceso	96
6.1.1. Descripción del proceso	96
6.1.2. Información adicional sobre el proceso	99
6.1.3. Balance de materia	100
6.1.4. Materiales utilizados en el proceso	100
6.1.5. Inventario de materiales	105
6.1.6. Plano de localización general	119
6.1.7. Antecedentes de riesgo del proceso	119

Continúa...

6.2. Análisis preliminar de peligros	123
6.2.1. Identificación de sustancias peligrosas	123
6.2.2. Identificación de residuos peligrosos con potencial de peligro	123
6.2.3. Identificación preliminar de peligros	124
6.3. Análisis de consecuencia	151
6.3.1. Análisis de consecuencia de nubes tóxicas	151
6.3.2. Análisis de consecuencia de nubes explosivas	155
6.3.2.1. Explosiones confinadas	155
6.3.2.2. Explosiones no confinadas	156
6.3.3. Análisis de consecuencia de nubes inflamables	156
6.4. Análisis de frecuencia	191
6.5. Evaluación de riesgos	191
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	207
APENDICE A Metodologías de identificación de peligros	212
APENDICE B Índice de Dow -Fuego, explosión y toxicidad	216
APENDICE C Método rápido de la EPA para determinar la zona de vulnerabilidad de escapes de gases tóxicos	222
APENDICE D Clasificación de peligro de acuerdo con la NFPA ...	224
APENDICE E Substance Hazard Index: S H I	226
APENDICE F Metodología para el cálculo de tasas de escape	228
APENDICE G Expresiones de toxicidad	230
APENDICE H Cálculo de dimensiones y radiación térmica de flamas	231
APENDICE I Método de cálculo del alcance de nubes explosivas ..	232
APENDICE J Probabilidad	238
APENDICE K Procedimiento de evaluación de riesgo de la Swedish Rescue Services Board (SRSB)	243
8. BIBLIOGRAFIA	250

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1 Estructura de un estudio de análisis de riesgos
- Fig. 2 Diagrama representativo de un árbol de fallas
- Fig. 3 Diagrama representativo de un árbol de eventos
- Fig. 4 Diagrama de bloques del proceso de producción de aceite vegetal comestible
- Fig. 5 Proceso de depuración de aceite de prensado
- Fig. 6 Proceso de extracción con hexano: De Smet
- Fig. 7 Desgomado, neutralización y lavado de aceite
- Fig. 8 Proceso continuo de hidrogenación de aceite
- Fig. 9 Proceso convencional de decoloración de aceite
- Fig. 10 Proceso discontinuo de decoloración de aceite
- Fig. 11 Proceso continuo de decoloración de aceite
- Fig. 12 Filtro rotativo con descarga mecánica .
- Fig. 13 Proceso convencional de winterización de aceite
- Fig. 14 Ciclo de refrigeración: amoniaco-propilenglicol
- Fig. 15 Proceso de winterización de aceite por solventes
- Fig. 16 Proceso continuo de desodorización de aceite
- Fig. 17 Diagrama de bloques de la producción de hidrógeno a partir de gas natural
- Fig. 18 Diagrama de flujo del proceso de producción de hidrógeno por reformación de gas natural con vapor
- Fig. 19 Diagrama representativo del análisis preliminar de peligros
- Fig. 20 Árbol de eventos para el análisis de consecuencia de consecuencia de un escape de materiales
- Fig. 21 Árbol de eventos para el análisis de consecuencia del escape de un gas inflamable
- Fig. 22 Árbol de eventos para el análisis de consecuencia del escape de un líquido
- Fig. 23 Árbol de eventos para el análisis de consecuencia del escape de un gas tóxico
- Fig. 24 Esquema de la dispersión gaussiana
- Fig. 25 Esquema idealizado de la formación de un "puff" y su comportamiento respecto al tiempo de una sustancia muy volátil
- Fig. 26 Árbol de decisión para determinar el tipo de evento y modelo a aplicar para la dispersión
- Fig. 27 Parámetros meteorológicos para las ecuaciones de Pasquill-Gifford para fuente continua
- Fig. 28 Parámetros meteorológicos para las ecuaciones de Pasquill-Gifford para fuente instantánea
- Fig. 29 Distancia virtual para fuente área
- Fig. 30 Árbol de eventos representativo de un escape de materiales
- Fig. 31 Esquema conceptual del trazo de la zona de vulnerabilidad con una representación de un tóxico bajo la dirección de viento más frecuente

- Fig. 32 Árbol de eventos representativo para el escape de un material inflamable
- Fig. 33 Formato para la evaluación de Riesgos
- Fig. 34 Diagrama general de la metodología propuesta para el desarrollo del análisis de riesgos de la industria acelera
- Fig. 36 Análisis de consecuencia: Dispersión de amoniaco. Escape instantáneo por ruptura total espontánea en tanque de almacenamiento
- Fig. 37 Dispersión de amoniaco a las condiciones del viento dominante (2 m/s). Escape instantáneo por ruptura espontánea de tanque de almacenamiento
- Fig. 38 Análisis de consecuencia: Dispersión de amoniaco. Escape instantáneo por ruptura con área equivalente a 4 pulg² en tanque de almacenamiento
- Fig. 39 Dispersión de amoniaco a las condiciones del viento dominante (2 m/s). Escape instantáneo por ruptura equivalente a 4 pulg² en tanque de almacenamiento
- Fig. 40 Alcance de las zonas de vulnerabilidad por toxicidad por amoniaco a las condiciones de intensidad del viento dominante. Escape instantáneo por ruptura espontánea de tanque de almacenamiento
- Fig. 41 Alcance de las zonas de vulnerabilidad por toxicidad por amoniaco a las condiciones de intensidad del viento dominante. Escape instantáneo por ruptura con área equivalente a 4 pulg² en tanque de almacenamiento
- Fig. 42 Análisis de consecuencia: Dispersión de amoniaco. Escape continuo por falla en válvula de relevo
- Fig. 43 Dispersión de amoniaco a las condiciones del viento dominante (2 m/s). Escape continuo por falla en la válvula de relevo
- Fig. 44 Alcance de las zonas de vulnerabilidad por toxicidad por amoniaco a las condiciones de intensidad del viento dominante. Escape continuo por falla en la válvula de relevo Análisis de consecuencia: Dispersión de hexano.
- Fig. 45 Derrame de tanque de almacenamiento en dique de contención Análisis de consecuencia: Dispersión de hexano.
- Fig. 46 Derrame continuo de carro-tanque fuera del dique de contención
- Fig. 47 Dispersión de hexano a las condiciones del viento dominante (2 m/s). Derrame continuo por ruptura con área equivalente a 4 pulg² en tanque de almacenamiento
- Fig. 48 Dispersión de hexano a las condiciones del viento dominante (2 m/s). Derrame continuo de carro-tanque de descarga
- Fig. 49 Alcance de las zonas de vulnerabilidad por hexano a las condiciones del viento dominante. Derrame continuo por ruptura con área equivalente a 4 pulg² en tanque de almacenamiento

- Fig. 50 Alcance de las zonas de vulnerabilidad por hexano a las condiciones del viento dominante. Derrame continuo del carro-tanque de descarga
- Fig. 51 Análisis de consecuencia: Ondas de sobrepresión. Explosión de vapores de hexano por derrame de tanque de almacenamiento en dique de contención
- Fig. 52 Análisis de consecuencia: Ondas de sobrepresión. Explosión de vapores de hexano por derrame de carro-tanque fuera de dique de contención
- Fig. 53 Magnitud de las ondas de sobrepresión producidas por la explosión de vapores de hexano en charco dentro de dique de contención por derrame en tanque de almacenamiento
- Fig. 54 Magnitud de las ondas de sobrepresión producidas por la explosión de vapores de hexano en charco por derrame de carro-tanque fuera de dique de contención
- Fig. 55 Análisis de consecuencia: Ondas de sobrepresión. Explosión de hidrógeno por falla en tanque de almacenamiento
- Fig. 56 Magnitud de las ondas de sobrepresión producidas por la explosión de hidrógeno por escape instantáneo en tanque de almacenamiento
- Fig. 57 Análisis de consecuencia: Ondas de sobrepresión. Explosión de hexano en extractor de SMET
- Fig. 58 Análisis de consecuencia: Ondas de sobrepresión. Explosión de hexano en evaporador de miscela
- Fig. 59 Análisis de Consecuencia: Ondas de sobrepresión. Explosión de hidrógeno en reactor de reformación catalítica
- Fig. 60 Magnitud de las ondas de sobrepresión producidas por la explosión de vapores de hexano dentro de evaporador o extractor en el departamento de extracción con solventes
- Fig. 61 Magnitud de las ondas de sobrepresión producidas por la explosión de hidrógeno dentro de reactor reformador en la planta de producción de hidrógeno
- Fig. 62 Análisis de consecuencia: Irradiación térmica incidente. Incendio en charco de hexano dentro del dique de contención
- Fig. 63 Análisis de consecuencia: Irradiación térmica incidente. Incendio en charco de hexano fuera del dique de contención por derrame de carro-tanque
- Fig. 64 Alcance por irradiación térmica del incendio en charco de hexano dentro de dique de contención por derrame en tanque de almacenamiento
- Fig. 65 Alcance por irradiación térmica del incendio en charco de hexano fuera de dique de contención por derrame en carro-tanque de descarga
- Fig. 66 Árbol de fallas representativo de la explosión por polvos en el elevador de granos

- Fig. 67 Árbol de fallas representativo del escape de amoniaco contenido en tanque presurizado
- Fig. 68 Árbol de fallas representativo de la formación de charco de hexano provocado por derrame en tanque de almacenamiento
- Fig. 69 Árbol de fallas representativo del escape de hidrógeno en tanque de almacenamiento
- Fig. 70 Árbol de fallas representativo de la formación de mezcla explosiva metano-aire formada en el interior del reactor de reformación catalítica
- Fig. 71 Árbol de fallas representativo de la explosión de mezcla hidrógeno-aire formada en el interior del reactor de hidrogenación
- Fig. 72 Árbol de eventos representativo de la formación de mezcla explosiva hidrógeno-aire formada en el interior del reactor de hidrogenación por secuencia de operación errónea

LISTA DE TABLAS

Tabla I	Características de peligrosidad de las sustancias
Tabla II	Clasificación de credibilidad de casos de eventos
Tabla III	Escenarios típicos de escapes
Tabla IV	Componentes de proceso típicos asociados a fallas
Tabla V	Descripción de clase de estabilidad
Tabla VI	Parámetros para la determinación de la estabilidad atmosférica por Pasquill
Tabla VII	Parámetros meteorológicos para las ecuaciones de Pasquill-Gifford
Tabla VIII	Efectos de diferentes concentraciones de algunos gases tóxicos
Tabla IX	Daño causado a varios niveles de irradiación térmica
Tabla X	Daño producido por sobrepresión
Tabla XI	Frecuencia de falla de equipos y accesorios
Tabla XII	Frecuencia de falla anual de componentes de control
Tabla XIII	Probabilidad típica de error humano en la industria
Tabla XIV	Frecuencia de peligros industriales típicos
Tabla XV	Departamentos de proceso que conforman la instalación ejemplo
Tabla XVI	Actividades a realizar en el análisis preliminar
Tabla XVII	Resultados del análisis preliminar de peligro por toxicidad
Tabla XVIII	Resultados del análisis preliminar de peligro por fuego y explosión
Tabla XIX	Casos de estudio para el análisis de consecuencia
Tabla XX	Resultados del modelamiento de dispersión de amoníaco Escape instantáneo por ruptura total espontánea en tanque de almacenamiento
Tabla XXI	Resultados del modelamiento de dispersión para el escape continuo de amoníaco por ruptura con área equivalente a 4 pulg ² en tanque de almacenamiento
Tabla XXII	Resultados del análisis de consecuencia para explosiones confinadas
Tabla XXIII	Resultados de los análisis de consecuencia y frecuencia de nubes tóxicas
Tabla XXIV	Resultados de los análisis de consecuencia y frecuencia para nubes inflamables
Tabla XXV	Resultados de los análisis de consecuencia y frecuencia para nubes explosivas
Tabla XXVI	Riesgos identificados clasificados con prioridad B
Tabla XXVII	Clasificación General de los riesgos existentes en la instalación estudiada (caso-ejemplo)

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de tesis es presentar una Propuesta de Guía Metodológica para realizar estudios de análisis de riesgos enfocados a la industria aceitera, tomando en cuenta la situación actual de esta industria en México.

El funcionamiento de la industria aceitera, la cual juega un papel económico y social relevante, involucra peligros potenciales en operaciones y procesos unitarios en los cuales se utilizan sustancias inflamables, explosivas y/o tóxicas, tales como: hexano, hidrógeno y amoníaco, por lo que es necesario hacer énfasis en su operación segura.

Para cumplir con el objetivo anterior se incluyen en este trabajo los siguientes puntos.

Bases teóricas: descripción de la estructura general de un estudio análisis de riesgos y la descripción general de la industria aceitera.

Bases legales: descripción de la normatividad existente para definir una sustancia potencialmente peligrosa, así como la estructura y requerimientos normativos para el análisis de riesgos.

Metodología: Integración de las bases teóricas y legales anteriores para proponer una metodología de trabajo basada en las condiciones actuales de la industria y la experiencia de estudios de riesgo en la industria química en México.

Caso Ejemplo: aplicación de la metodología propuesta a un caso ejemplo de una industria mexicana tipo, que utiliza hexano para la extracción, hidrógeno para la elaboración de manteca y amoníaco en el sistema de refrigeración del departamento de winterizado.

Agrupando los resultados de los diferentes capítulos se establecen las conclusiones y recomendaciones para sugerir el uso de la metodología desarrollada como guía de procedimientos para el análisis de riesgos de esta industria en México.

1. INTRODUCCION

México es un país en el cual existe una amplia variedad de industrias y algunas de éstas han sufrido en la actualidad problemas originados por el surgimiento de medidas oficiales referentes a aspectos de prevención y control de la Contaminación Ambiental. Estas medidas nacen de la necesidad de mantener un orden para evitar o disminuir en la medida en que sea posible el continuo deterioro de la calidad ambiental incluyendo el peligro a la salud y los bienes por riesgos industriales debido al desmesurado crecimiento demográfico en el país. La función de estas medidas pretenden también una preparación de las empresas para actuar ante el TLC. Una de las industrias más afectadas es la Industria Aceltera.

En el año de 1991, a raíz de la explosión ocurrida en la Ciudad de Guadalajara, ésta industria fue atacada severamente, ya que dicho accidente se atribuía a la acumulación excesiva de hexano en el drenaje proveniente de una instalación aceltera. Aunque no se cuenta con información clara y precisa, existen antecedentes de accidentes serios ocurridos en algunas instalaciones de plantas productoras de Aceite Vegetal Comestible ubicadas en el territorio nacional atribuidos a deficiencias en el manejo de solventes y amoníaco.

La industria aceltera, tiene gran importancia en el ámbito económico nacional, pues no sólo involucra la producción de aceite para el consumo del país, sino que genera a su vez gran movimiento dentro de la balanza comercial, habiendo importaciones de semillas como soya, girasol, canola, nabo y maíz, y exportaciones de algunos de los aceites mencionados. El mayor porcentaje de la producción nacional de aceites está constituido por el aceite de soya, el cual se importa en su mayor parte. Otros aceites como el de cártamo, a pesar de ser la única oleaginosa que se produce en grandes cantidades en México, tiene un consumo mínimo a nivel nacional, exportándose a Holanda y E.U. en su mayor parte.

Actualmente en México, existen alrededor de 55 instalaciones destinadas a la producción de aproximadamente 1 500 000 toneladas métricas anuales de aceites y mantecas vegetales comestibles para consumo nacional, cuyo papel como fuentes de trabajo resulta inminente. De éstas instalaciones el 20% se encuentra preparado en todos los aspectos, incluyendo Seguridad y Calidad, para competir con industrias extranjeras, mientras que el 80% restante se mantiene al margen, sobreviviendo.

Esta problemática se atribuye al mal estado en el que se encuentran las instalaciones de las Industrias Acelteras en general en este País. Esta industria surge propiamente en México en la década de los 40's y permanece, en la mayoría de los casos, sin cambios radicales hasta hoy día, no sólo en el equipo utilizado en el proceso y en el proceso mismo, sino también en lo que respecta a la capacitación de empleados y trabajadores, la cual es prácticamente nula.

Las consecuencias de este retraso se reflejan notablemente en el aumento de la frecuencia de fallas de equipos, por falta de mantenimiento y

tecnología. Este tipo de fallas aunado al error humano por falta de información, capacitación o debido a las características propias del ser humano, es una de las causas del origen de muchos accidentes que se traducen en pérdidas humanas y/o materiales que afectan el medio ambiente, ya sea a corto o largo plazo.

La solución, ante esta problemática implica una inversión normalmente alta y un tiempo de actuación relativamente corto en función de las disposiciones oficiales que deban cumplirse, lo cual dificulta el proceso de reformación dadas las características mencionadas.

El propósito de este trabajo de tesis es proponer una guía metodológica para realizar un estudio de análisis de riesgos en la industria aceltera en México. La metodología propuesta se ejemplifica mediante su aplicación a una instalación tipo. Para cumplir con este objetivo, el presente trabajo se estructura de la manera siguiente.

En el capítulo 2 se presenta la estructura general de un estudio de riesgos. El propósito principal que tiene el incluir esta información es presentar los conceptos fundamentales del análisis de riesgos, cuyo conocimiento facilitará la comprensión de la metodología propuesta.

En el capítulo 3 se describe de manera detallada el proceso general de producción de aceite vegetal comestible incluyendo algunas variantes de las operaciones y procesos unitarios involucrados. En este capítulo se describe también el proceso de producción de hidrógeno por reformación vapor-hidrocarburo. Esta información apoya teóricamente el uso de algunos procedimientos utilizados en la aplicación de la metodología propuesta, ya que resulta indispensable conocer la información existente sobre el proceso analizado para realizar un estudio adecuado y definir su alcance. Esta información se utiliza en el capítulo 6 como apoyo para la aplicación de la metodología en un caso ejemplo.

El propósito del capítulo 4 es fundamentar la importancia de la realización de un estudio de riesgo con base en la legislación existente en México respecto al tema. Las principales bases legales incluidas son la Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente y los Instructivos de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Con base en la información presentada en los capítulos 2, 3 y 4, en el capítulo 5 se desarrolla la metodología para realizar un estudio de análisis de riesgos en la industria aceltera en México, profundizando sobre los conceptos fundamentales sobre la estructura básica de los estudios de riesgo.

En el capítulo 6 se aplica la guía metodológica resultante a una instalación aceltera tipo cuyas operaciones se basan en la descripción hecha en el capítulo 3. El objetivo principal de este caso ejemplo es destacar la aplicación práctica de esta metodología, la cual puede extrapolarse a un caso real.

En el capítulo 7 se incluyen las conclusiones y recomendaciones respecto a este trabajo de tesis. Esta guía metodológica provee un instrumento de apoyo para la realización de estudios de análisis de riesgos enfocados a la industria aceltera en México.

2. ANALISIS DE RIESGOS

2.1. Generalidades

Todas las actividades humanas involucran un cierto grado de riesgo, y las industrias de proceso no son la excepción. En general, esta industria utiliza una gran variedad de procesos de producción, almacenamiento y control, los cuales involucran muchas diferentes materias primas, sustancias químicas intermedias o producidas, algunas con propiedades tóxicas, explosivas o inflamables. Algunas veces en estos procesos también se requieren altas presiones y temperaturas. Estas sustancias, materiales utilizados y condiciones representan un peligro potencial para la salud humana, el ambiente y la sociedad en virtud de la magnitud de los inventarios manejados.

Así mismo se sabe que la vida está llena de peligros y que es imposible eliminarlos por completo por lo que es necesario establecer niveles de riesgos que la sociedad considere aceptables.

Los elementos que dan origen a los riesgos presentes en una operación industrial son, en términos muy generales los siguientes:

- a) Materias primas
- b) Condiciones de proceso
- c) Productos terminados
- d) Almacenamiento
- e) Efluentes residuales
- f) Recurso humano
- g) Condiciones naturales extraordinarias

Es la interrelación de estos elementos, a través de la tecnología utilizada, lo que da por resultado la existencia de riesgos potenciales y su magnitud depende de las características particulares de los elementos mencionados.

2.2. Estructura del Análisis de Riesgos

En general, el proceso de análisis de riesgos consiste en una secuencia lógica de actividades cuyo objetivo final será obtener una serie de observaciones y datos mediante los cuales se encontrará una medida del riesgo representado por la instalación. También se pueden obtener ciertas recomendaciones para que la instalación industrial no represente un riesgo considerable para su entorno, aún en el eventual caso de que se presente un accidente.

El diagnóstico del potencial de inseguridad de una planta de proceso involucra responder una serie de preguntas, tales como:

¿Existen peligros potenciales?

Si es así:

¿Cuáles son?; ¿De qué magnitud son?; ¿Son aceptables?

Si no es así:

¿Cómo se pueden reducir?

Las respuestas a estas preguntas pueden obtenerse a través del análisis de riesgo, el cual puede realizarse con las profundidades que se requieran. Este proceso de análisis requiere de cubrir las siguientes etapas generales:

- 1) Conocer a detalle las características de los procesos, los materiales utilizados y su entorno para la identificación primaria de la existencia de los peligros potenciales.
- 2) Identificar los peligros específicos existentes.
- 3) Evaluar la magnitud del efecto de la ocurrencia de un evento y cuantificar sus consecuencias posibles, evaluando también la probabilidad de ocurrencia.
- 4) Establecer recomendaciones para eliminar o minimizar el riesgo.

2.3. Organización de un Análisis de riesgos

El primer paso para poder manejar riesgos, es el convencimiento de los directivos de la empresa para aceptar que se lleve a cabo un análisis de riesgos adecuado, el cual conlleva la mayor parte de las veces un alto costo.

La identificación de peligros se considera el inicio de un estudio de riesgo, y siendo también conocida como el análisis preliminar para posteriormente proceder con el estudio formal del riesgo.

En este proceso se deben trabajar dos aspectos: el análisis de frecuencia de ocurrencia de algún evento y el análisis de consecuencia del mismo, a fin de conjugar ambos análisis en la integración final de la evaluación del riesgo. En la fig. 1 se representa esquemáticamente la estructura general del análisis de riesgos.

2.3.1. Reconocimiento del proceso

Una vez que el paso inicial se ha dado y se decide realizar un análisis de riesgos, es necesario recopilar toda la información posible necesaria para comprender el proceso, conocer las sustancias, operaciones y condiciones manejadas, etc. Con esta información se podrá dar inicio a la identificación de peligros y se definirá el alcance del análisis a llevar a cabo.

Entre la información requerida más importante se encuentra:

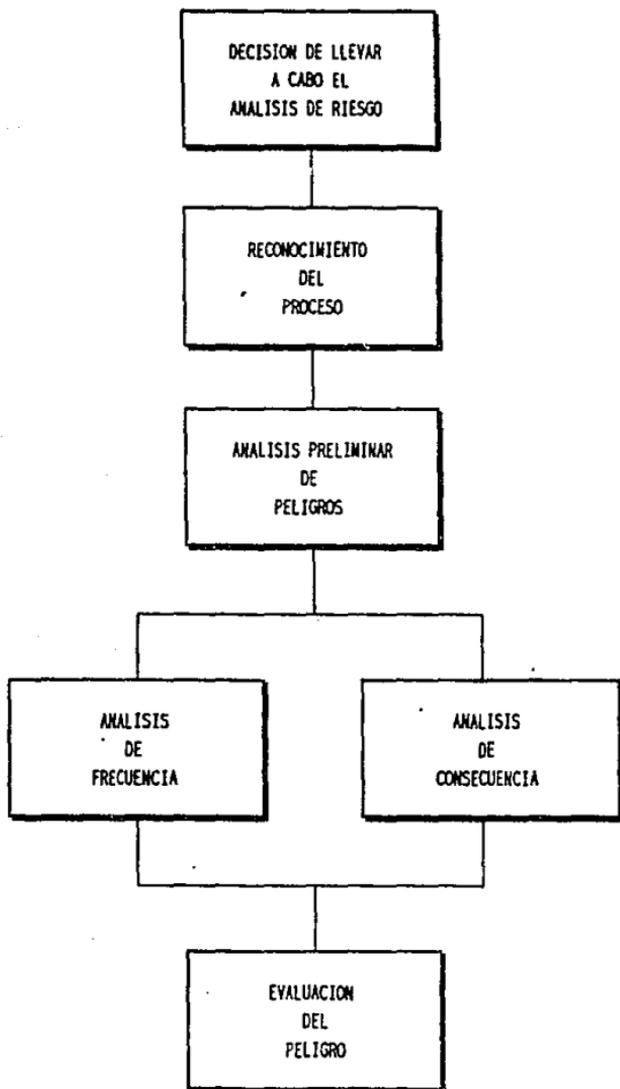


Fig. 1. Estructura de un estudio de Análisis de Riesgos

- a) Descripción del proceso y condiciones de operación.
- b) Diagrama de flujo de proceso.
- c) Balance de Materia y Energía.
- d) Información de los materiales utilizados en el proceso.
 - d.1. Materias primas
 - d.2. Productos intermedios
 - d.3. Subproductos
 - d.4. Residuos
 - d.5. Necesidades de almacenamiento
 - d.6. Descargas de contaminantes
 - d.7. Características generales (propiedades físicas y químicas) de los materiales
 - d.8. Hojas de especificación de riesgos, etc.
- e) Manual de operación
- f) Arreglo de equipos
- g) Plano de localización general
- h) Diagramas de tubería e instrumentación
- i) Hojas de especificación de equipos
- j) Registros de accidentes/incidentes y sus consecuencias.
- k) Bitácora de mantenimiento

Ovviamente, es necesario que esta información este actualizada al momento del inicio del estudio.

Una vez recopilada la información disponible, es analizada para poder comprender el proceso y proceder a la realización del análisis preliminar.

Muchas veces esta información no se encuentra disponible, sobre todo para plantas que se encuentran en operación desde hace muchos años, en virtud de que anteriormente el criterio de operación de plantas de proceso era totalmente diferente a la actualidad, esto es, se buscaba producción y muy pocas veces se ponía atención en aspectos de seguridad, peligro, riesgo, etc.

2.3.2. Análisis preliminar de peligros

El análisis preliminar de peligros consiste en identificar aquellas actividades riesgosas existentes en la instalación industrial, es decir, aquellas actividades asociadas con un peligro que pueden ser, por ejemplo, fuego, explosión o fuga de algún producto tóxico y que en caso de un accidente podrían afectar significativamente al entorno ambiental, a la población o a sus bienes.

Para poder desarrollar este análisis es necesario establecer las características de peligrosidad de aquellas sustancias empleadas en las actividades desempeñadas en las instalaciones industriales, ya que la peligrosidad intrínseca de estas sustancias (materias primas, subproductos o residuos) aunada a la cantidad en que se encuentran es tal vez, el factor fundamental de un accidente ambiental. Con base en la experiencia nacional e internacional al respecto [SEDE 1985] se considera que las características de mayor interés de las sustancias son las que se enuncian en la tabla 1.

Tabla I. Características de peligrosidad de las sustancias

Característica	Riesgo considerado
a) Toxicidad	Muy alto
b) Explosividad	Muy alto
c) Inflamabilidad	Alto
d) Reactividad	Alto
e) Corrosividad	Moderado
f) Radiactividad (caso especial)	-

Además de estas características, influirán las condiciones de operación o unidad de proceso que involucre a dicha sustancia.

2.3.3. Análisis de Consecuencia

El análisis de consecuencia consiste básicamente en aplicar técnicas y metodologías teóricas para pronosticar y anticipar cuales serían las consecuencias de la ocurrencia de un evento, tal como una fuga de un compuesto tóxico, o bien una explosión y/o incendio de un material explosivo y/o combustible, o algún otro evento con consecuencias especiales.

El análisis de consecuencia requiere de información específica sobre la instalación bajo estudio lo más verídica y confiable posible, de las propiedades y condiciones del proceso que se han identificado como de potencial de peligro (fase, presión, temperatura, inflamabilidad, toxicidad, etc.), requiriéndose también los planos de la planta, diagramas de proceso y manuales o procedimientos de operación de las áreas identificadas previamente como peligrosas.

El análisis de consecuencia se realiza generalmente mediante árboles de eventos, cuyas ramificaciones definen por medio de una pregunta lógica los eventos que se presentarían después de ocurrido un evento indeseable, es decir, se sigue la secuencia de eventos que pueden conducir a una situación catastrófica, la cual podría resultar en grandes pérdidas de vida o propiedad y en una prolongada interrupción de operaciones.

Cada caso implica consideraciones particulares de acuerdo con el evento inicial analizado. Un análisis de consecuencia involucra:

- 1) La definición de las características de la fuente y el medio. La fuente define el punto de inicio del evento indeseable. El medio es la forma de propagación de los eventos consecuentes. Esto es, se define el escenario de ocurrencia del evento.
- 2) Medición o estimación del material transportado y su dispersión. Esta estimación involucra la utilización de los resultados de modelos de dispersión, los cuales generalmente se encuentran como programas computacionales.

3) La estimación de los efectos en la salud que pueden resultar debido a una determinada exposición. Esta estimación se lleva a cabo con base en los resultados de los modelos de dispersión y las características de peligrosidad propias de los materiales.

2.3.4. Análisis de frecuencia

El análisis de frecuencia está relacionado directamente con la probabilidad de ocurrencia de los eventos.

Este tipo de análisis se realiza principalmente porque la industria necesita cuantificar la probabilidad estadística de ocurrencia de los eventos de peligro, de tal manera que las decisiones se tomen para llevar a cabo una inversión de minimización de riesgo sean válidas. Por lo general se aplica a los eventos resultantes como de máxima consecuencia en el análisis preliminar.

La mayoría de las compañías pueden determinar sus propios valores de frecuencias de accidentes y otros eventos mediante probabilidades relativas, de acuerdo al historial propio los eventos sucedidos en un periodo de tiempo determinado. Estos datos son la base para una evaluación adecuada. No obstante, existen valores reportados en la literatura de estadísticas mundiales que pueden en un momento dado ser utilizados.

2.3.4.1. Métodos de análisis de frecuencia

Al aplicar los métodos de identificación de peligros de manera cuantitativa para obtener la probabilidad de un evento o la frecuencia del mismo, se lleva a cabo un análisis de frecuencia. Los métodos más utilizados son el árbol de fallas y el árbol de eventos.

a) Árbol de fallas

El árbol de fallas es una técnica gráfica-numérica cuyo objetivo es destacar las condiciones que causan la falla en un sistema.

- Intenta predecir cómo y por qué un accidente u otro evento indeseable ocurrió o podría ocurrir.
- Busca relacionar la ocurrencia de un evento indeseable con otros eventos anteriores.
- En esta cadena los eventos se unen mediante las conexiones lógicas : " y " (AND) y " o " (OR).

La figura 2 ilustra un ejemplo de un árbol de fallas. Mediante dicho diagrama se asigna una probabilidad a cada evento, y posteriormente, aplicando los teoremas de probabilidad (apéndice J), se obtiene la ocurrencia del evento principal.

b) Árbol de eventos

En el caso de árboles de eventos, se sigue la secuencia mediante un diagrama de eventos que continúan a raíz de la ocurrencia del evento inicial y dan como resultado una o más consecuencias indeseables. Existe también una asignación de probabilidades para obtener una probabilidad global de falla.

El evento inicial puede ser la falla de un equipo, un error humano o cualquier otro que tenga la potencialidad de producir un efecto adverso en una etapa posterior del proceso. Las características principales de un árbol de eventos son las siguientes:

- Se enfatiza el evento inicial y el análisis se va haciendo desde allí hasta llegar a los eventos (efectos) finales.
- Cada evento secundario tiene dos ramas; una para cuando se tiene falla (fracaso) y otra para el caso contrario (éxito).
- El evento inicial se expresa en términos de probabilidad.

En el apéndice J se presenta un ejemplo de un ejercicio de aplicación de un árbol de eventos, y en la figura 3 un esquema representativo.

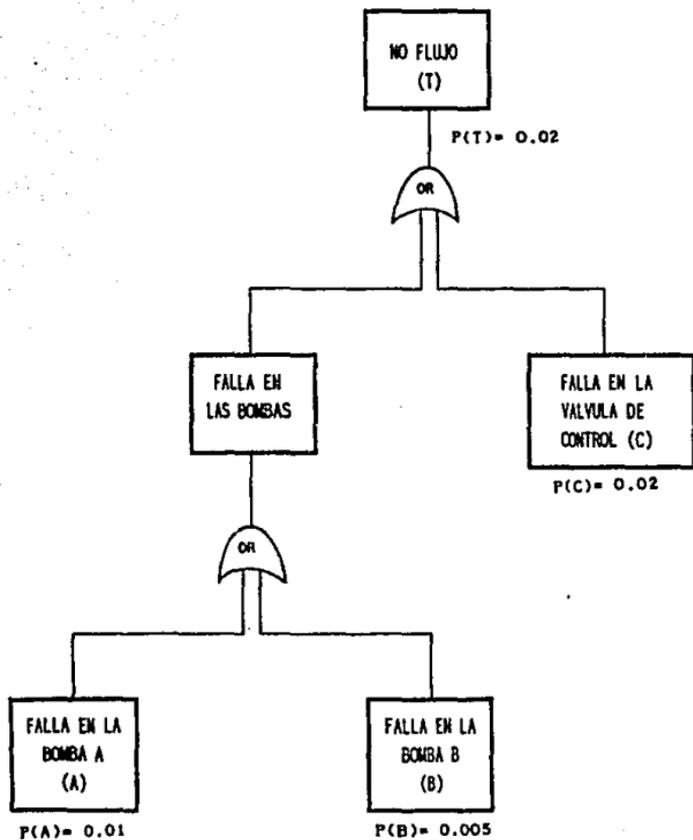
2.3.4.2. Datos de probabilidad y frecuencia

Al llevar a cabo un análisis de frecuencia, es necesario utilizar datos de probabilidad y frecuencia. Estos datos generalmente se toman de literatura técnica o se basan en el criterio de ingenieros con experiencia para sistemas con fallas que representen peligros potenciales.

Los eventos que forman un árbol de fallas o de eventos se asocian con una probabilidad o frecuencia de falla. Una frecuencia de falla aplica a un evento por un tiempo continuo. Una probabilidad de falla aplica a un evento o condición en demanda. La frecuencia y probabilidad están relacionadas matemáticamente. La frecuencia de falla (F) puede calcularse, cuando la frecuencia de demanda (Fd) es conocida, como el producto de la frecuencia de demanda por la probabilidad de falla (P).

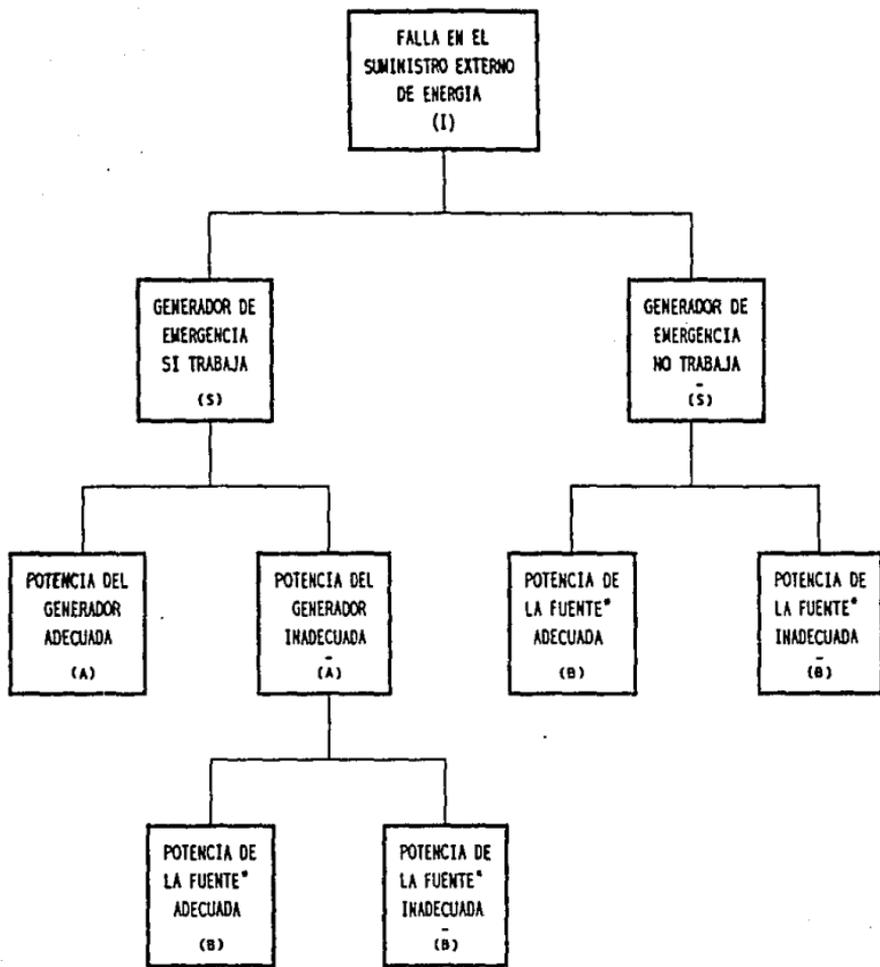
$$F \text{ [fallas/año]} = F_d \text{ [demandas/año]} \times P \text{ [fallas/demanda]}$$

Cuando no se tienen datos específicos de probabilidad de falla se puede hacer uso de "probabilidades relativas". Estas probabilidades se obtienen a



$$P(T) = P(A)P(B) + P(C) - P(A)P(B)P(C) = 0.02$$

Fig. 2. Diagrama representativo de un árbol de fallas



* FUENTE DE ENERGIA DE EMERGENCIA

Fig. 3. Diagrama representativo de un árbol de eventos

partir de la frecuencia con que se han presentado fallas en los diversos componentes de una planta agrupándolos en conjuntos con frecuencias de falla que difieren un orden de magnitud (diez veces) entre sí. Se utilizan generalmente en el análisis de árbol de fallas.

2.3.5. Evaluación de riesgo

La evaluación de riesgo está directamente relacionada con dos aspectos esenciales: la probabilidad de que ocurra un accidente en un tiempo determinado y las consecuencias para la población, propiedades y el ambiente, es decir, con los análisis de frecuencia y de consecuencia.

Esta evaluación pretende estimar las consecuencias de un accidente tomando en cuenta su probabilidad de ocurrencia. La probabilidad y las consecuencias raramente pueden ser calculadas con precisión matemática. Sin embargo, a menudo pueden ser estimadas con la suficiente precisión para proveer las bases de medidas prácticas para cuantificar riesgos.

La primera parte de la evaluación de riesgos consiste en localizar aquellas áreas en las cuales puedan presentarse accidentes o circunstancias peligrosas y realizar un inventario de objetos de riesgo, peligros y objetos afectados (equipo). Después debe evaluarse la probabilidad de un accidente con estos peligros y sus consecuencias para la gente, el ambiente y las propiedades. De esta manera se intenta dar una panorámica de los peligros existentes clasificando:

- donde pueden ocurrir accidentes serios (objetos de riesgo)
- cuales efectos se producen
- qué tipo de accidente puede ocurrir (tipo de riesgo)
- qué/quién podría ser afectado (objeto afectado)
- de qué manera afectarían los accidentes y la escala de riesgo obtenida (consecuencias)
- la probabilidad (muy aproximada) de que ocurra el accidente
- cuáles factores aumentan el riesgo

Por último se hace la evaluación propia del riesgo clasificándolo de acuerdo a la probabilidad de que un accidente ocurra tomando en cuenta las consecuencias pronosticadas.

Una manera de evaluar un riesgo puede estar dada por la medida del riesgo anual de un peligro. La medida del riesgo anual de un peligro está asociada a dos parámetros: la frecuencia anual de un evento y la correspondiente severidad del accidente producido. El producto de estos dos parámetros para cualquier peligro es la medida del riesgo anual de este peligro.

$$\text{Frecuencia} \quad \times \quad \text{Severidad} \quad = \quad \text{Riesgo}$$

$$\text{No. eventos esperados/año} \quad \times \quad \text{Pérdida prom./evento} \quad = \quad \text{Pérdida prom./año}$$

La severidad está relacionada con las pérdidas. El equivalente monetario de un riesgo podría ser una unidad ideal de medida en comparación de riesgos, pues se traduce en "pérdidas", unidad bien conocida a nivel industrial, por el público y por las autoridades regulatorias. De esta manera, resultaría fácil de estimar el valor de una propiedad, pero no así el valor de la vida humana. Por lo tanto, se ha propuesto hacer tablas y/o gráficas de frecuencia contra número de fatalidades o pérdidas monetarias, para poderlas comparar con las de otros eventos, las de otras industrias, y hasta con las de eventos que se llevan a cabo en la vida diaria.

No obstante, debe enfatizarse que no existe ninguna medida de determinación de aceptación de riesgo que sea universal u oficialmente adoptada por alguna industria o compañía.

3. INDUSTRIA ACEITERA

3.1. Proceso de producción de aceite

3.1.1. Generalidades

Los aceites vegetales se obtienen a partir de semillas oleaginosas. El proceso de producción es básicamente el mismo para todas las semillas, con algunas variantes ligeras.

El aceite se extrae por trituración y prensado, o con disolventes orgánicos. Actualmente la combinación de los dos procesos es de uso general en la industria. Estos procesos dan lugar a la clasificación siguiente de plantas aceiteras en México:

1) Plantas con molinos. En estas plantas el proceso de producción se basa en el prensado o en extracción con solventes para obtener aceite crudo y pasta prensada.

2) Plantas refinadoras. En estas plantas el aceite crudo, ya sea nacional o importado, se procesa para obtener aceite refinado. El aceite bruto obtenido del prensado se somete a una neutralización con sosa, deodorización, decoloración e hidrogenación para tenerlo listo para el consumo. A partir del ciclo 92-93 algunas empresas mexicanas han comenzado a importar aceite refinado de E.U.

3) Plantas constituidas. En estas plantas se utiliza la combinación de ambos procesos: extracción y refinación.

El aceite crudo se utiliza en un 70% para refinación, el 25% restante se utiliza para la producción de mantequillas, mayonesas, frituras, mantecas, pinturas industriales, cosméticos, y la elaboración de algunos otros productos industriales.

El residuo prensado tiene valor como pienso de ganado, debido a su alto valor proteínico, y como fertilizante.

El proceso general, entonces, puede dividirse en dos etapas principales: la extracción propia del aceite y el procesamiento del mismo. A continuación se presenta una breve explicación del proceso general de producción de aceite vegetal comestible.

En la fig. 4 se presenta un diagrama de flujo general de las operaciones y procesos involucrados en la producción de aceite vegetal comestible. Con base en esta figura se realiza la descripción siguiente.

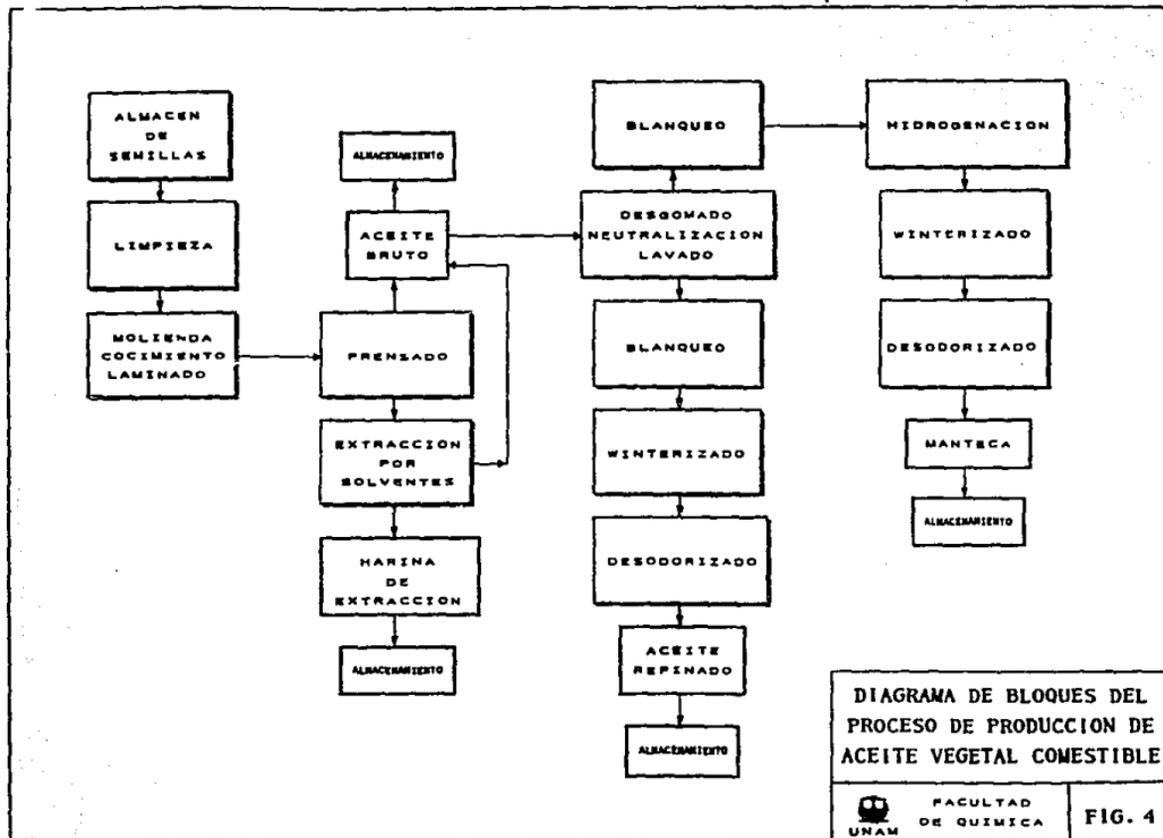


DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE PRODUCCION DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE

3.1.2. Extracción del aceite

La extracción del aceite es la primera etapa en el proceso de producción del mismo. Se divide en las siguientes secciones de procesamiento:

- a) Almacenamiento de semillas
- b) Limpieza de semillas
- c) Molienda o quebrado
- d) Laminado
- e) Prensado
- f) Extracción por solventes

a) Almacenamiento de semillas

Las semillas son almacenadas en silos. Los silos pueden clasificarse en: silos metálicos con celdas verticales, silos de hormigón con celdas verticales, silos para productos en montón y silos especiales.

La elección del tipo de silo depende de factores especialmente climáticos [Bernardini 1981]. En México el tipo de silo más utilizado es el de hormigón, debido a las altas temperaturas alcanzadas en esta zona; además de que su capacidad de almacenamiento es muy grande. A pesar de que estos silos tienen un costo de instalación más elevado, no requieren gastos especiales de mantenimiento.

Generalmente los silos de hormigón son circulares con diámetros que varían de 3 a 10 m y aún mayores. La altura no supera usualmente, cinco veces el diámetro.

En la sección de almacenamiento debe existir un estricto control de temperatura y humedad, para evitar la fermentación de la semilla. La experiencia ha demostrado que, normalmente cuando una semilla oleaginosa se almacena con una humedad máxima del 6% y una temperatura inferior a 30°C difícilmente se ocasionan fermentaciones; a excepción de algunos productos como el maíz y salvado de arroz.

Debe existir también un control de las emisiones de polvo, para evitar la formación de una mezcla explosiva debida a la acumulación masiva de polvo en el aire.

Mediante elevadores de cangilones las semillas son transportadas a la sección de limpieza.

b) Limpieza de semillas

Este proceso consiste en eliminar sustancias extrañas que contienen las semillas oleaginosas al llegar a la industria, tales como tierra, piedras, elementos metálicos y otros cuerpos. Todos estos elementos se separan antes que la semilla pase a ser procesada, ya que se pueden originar daños en las instalaciones de proceso.

La tierra y las piedras se eliminan mediante un tamiz conectado a un ciclón para colección de los polvos que se desprenden durante la operación. Los elementos metálicos se apartan haciendo pasar las semillas por separadores magnéticos.

c) Molienda o quebrado

Las semillas son transportadas a los molinos, los cuales producen la rotura de la semillas mediante la presión ejercida por los cilindros giratorios en su interior. Normalmente estas máquinas están constituidas por cilindros con uno, dos o tres pasos. El diámetro de los cilindros varía de 200 a 400 mm y la longitud de los mismos es normalmente de 1000 mm.

d) Laminado

Es la operación realizada después del quebrado. La acción de los laminadores asegura un simple, pero eficaz aplastamiento de la semilla, pero no una fuerte trituración, como sucede en los molinos.

Los laminadores están constituidos por grandes molinos con cilindros de gran diámetro. Su finalidad es reducir la semilla a una pequeña lámina de 0.2 a 0.4 mm de espesor utilizando presiones entre 60 y 90 kg/cm².

Se utiliza el laminado, debido a que la experiencia ha demostrado que la extracción del aceite de la semilla oleaginosa, se realiza con mayor rapidez cuando la semilla ha sido sometida a una laminación previa. No necesariamente se requiere que la semilla esté completamente molida, pues cuando se manejan partículas muy pequeñas durante la extracción, se dificulta el drenaje del solvente en la masa.

e) Cocimiento

Esta operación se lleva a cabo en los cocedores, en los cuales se llevan a cabo las operaciones de calentamiento y acondicionamiento de la semilla. Su objetivo es mantener la humedad y temperatura que la semilla debe tener para considerar que se halla en las mejores condiciones para ser sometida al proceso de extracción de aceite.

El calentamiento previo de una semilla favorece el proceso posterior de extracción, debido a que las gotitas de aceite repartidas en la masa de la semilla, por efecto de la elevación de la temperatura, se unen entre ellas para originar gotitas más grandes que salen más fácilmente de la masa de la misma.

El aceite está contenido en la semilla en estado de emulsión con las proteínas. El calentamiento origina la desnaturalización de las proteínas con la consiguiente ruptura de la emulsión, y por lo tanto, la separación del aceite de la masa de la semilla.

La mayor facilidad de extracción del aceite se debe al hecho de que el calentamiento de una semilla acompañado con humidificación da lugar a la formación de una película de agua que ayuda al proceso de difusión del aceite al exterior de la masa.

Cada semilla oleagífera tiene un nivel óptimo de humedad que se puede obtener mediante pruebas experimentales y que generalmente se encuentra arriba del 8%. La temperatura varía también de acuerdo con el tipo de semilla y sobrepasa usualmente los 95°C.

Cuando se desea extraer aceite de alta calidad se evita el cocido previo y solo se extrae el aceite por prensado en frío.

f) Prensado

Se realiza, hoy día, casi exclusivamente mediante prensas continuas, o expellers. El funcionamiento de este tipo de prensa es como sigue: la semilla acondicionada entra por la parte anterior de un sin fin cónico de presión, que la hace avanzar, por las espiras helicoidales de que está provisto, a lo largo de una cesta. A medida que la semilla avanza, el espacio entre el sin fin y la cesta disminuye, mientras la presión en la masa aumenta permitiendo el escurrimiento del aceite.

Como resultado de la operación de prensado se obtienen dos corrientes: aceite crudo y pasta o torta prensada.

El aceite de presión es siempre un producto rico en impurezas: fragmentos de semillas, harinillas, etc., y no puede almacenarse en estas condiciones. Por esta razón, debe ser sometido a operaciones decantación, tamizado o centrifugación para separar las partículas sólidas, y a una filtración sobre tela de algodón, nylon, etc., para la eliminación de partículas finas (harinillas). La figura 5 presenta un diagrama general de la depuración de aceite de prensas.

El contenido de aceite residual en la torta es de aproximadamente 5%, porcentaje que se puede agotar mediante la extracción por solvente.

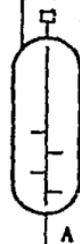
El proceso continúa en el molino de torta, el cual la desmenuza finamente, para que después sea alimentada por la parte superior al extractor con solvente, donde se pone en contacto con el mismo.

g) Extracción por solventes

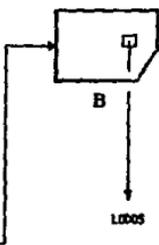
Existen tres tipos de instalaciones de extracción por solventes: por inmersión, por percolación y, mixtas.

El procedimiento por percolación se lleva a cabo mediante una lluvia del solvente de manera tal que llegue a toda la masa, pero sin llenar todos los espacios vacíos existentes entre las semillas. El procedimiento de inmersión se realiza por el contrario, cuando la masa de semilla va inmersa completamente en el solvente.

ACEITE
PRENSADO

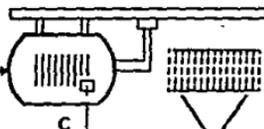


A



↓
Lodos

B



C



↓
TORTA

ACEITE
CRUDO
FILTRADO



- A MEZCLADOR
B DECANTADOR CONTINUO
C FILTRO CON DESCARGA MECANICA

PROCESO DE DEPURACION
DE ACEITE DE PRENSADO



UNAM

FACULTAD
DE QUIMICA

FIG. 5

Pueden utilizarse varios solventes como hexano, benceno, tricloroetileno, y sulfuro de carbono.

Uno de los procesos de extracción por solvente más utilizado es la extracción por percolación de Smet, en la cual se utiliza hexano. En la figura 6 se muestra el diagrama de flujo general para este proceso, el cual se explica brevemente a continuación.

La torta desmenuzada es alimentada por la parte superior del extractor, donde se pone en contacto con el solvente, en este caso hexano. El material es sometido a diversos baños con hexano y miscela (mezcla hexano-aceite) de varias concentraciones. El proceso es a contracorriente, es decir, la pasta con mayor concentración en aceite (que va llegando), se pone en contacto con la miscela más concentrada en aceite (que va de salida), hasta llegar al punto donde la pasta con menor contenido de aceite recibe baños de solvente puro.

El hexano extrae el aceite formándose una miscela. Una parte de la miscela se recircula, y la otra pasa al evaporador. En el evaporador, el hexano, de menor punto de ebullición se destila para después ser condensado, recuperándose totalmente. La temperatura en la destilación no debe exceder los 110°C. Por otro lado, se obtiene aceite bruto que pasa al precalentador para después eliminar las últimas trazas de hexano contenido en el aceite mediante arrastre de vapor.

Por la otra parte inferior del extractor se obtiene harina agotada con hexano, la cual es transportada al desolventizador-tostador. En este equipo la harina cruda embebida en solvente entra y cae por gravedad en una torre de platos horizontales superpuestos, que por medio de un agitador mecánico de palas, hace pasar la harina de un plato a otro hasta llegar a la descarga. La harina se calienta en las superficies calefactadas de los platos y se desolventiza por la acción del vapor directo inyectado.

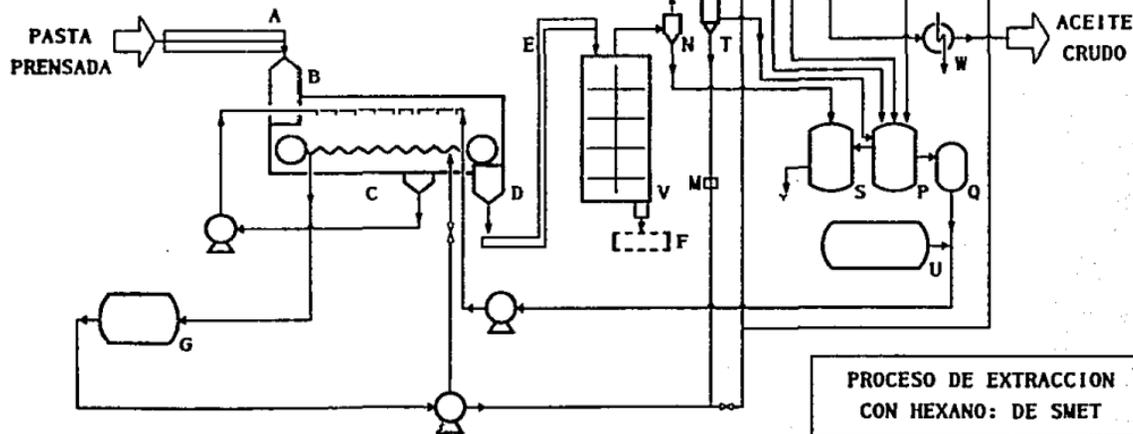
La permanencia de las harinas en la torre varía entre 27 y 32 minutos. Las harinas que salen de la torre de desolventización tienen una humedad de alrededor de 10-14% y una temperatura de salida de aproximadamente 100°C. La harina se seca y enfría posteriormente. Esta harina tiene un contenido de 0.5 a 1% de aceite residual, que ya no es económico recuperar.

Por la parte superior del desolventizador se obtienen vapores de hexano, los cuales se recuperan mediante un sistema de condensación.

3.1.3. Procesamiento de aceites

Una vez obtenido el aceite crudo, es necesario someterlo a un proceso de "refinación". Las corrientes de aceite impuro o bruto provenientes del prensado y la extracción pasan a la sección de procesamiento. El procesamiento normal de aceites vegetales consiste en las siguientes etapas:

- A TRANSPORTADOR DE ENTRADA
 B TOLVA DE ALIMENTACION
 C EXTRACTOR
 D REPARTIDOR DE SALIDA
 E TRANSPORTADOR
 F TRANSPORTADOR DE SALIDA
 G DEPOSITO DE MISCELA
 H EVAPORADOR
 I CONDENSADOR
 J CONDENSADOR DEL DESOLVENTIZADOR
 K PRECALENTADOR DE ACEITE
 L ACABADOR DE ACEITE
 M MEDIDOR DE FLUJO DE MISCELA
 N DESEMPOLVADOR HUMEDO
 O SEPARADOR DE GASES
 P SEPARADOR AGUA-DISOLVENTE
 Q DEPOSITO DE DISOLVENTE
 R EYECTORES DE VAPOR
 S Hervidor de aguas usadas
 T ECONOMIZADOR DE VAPOR
 U DEPOSITO DE DISOLVENTE
 V DESOLVENTIZADOR-TOSTADOR
 W ENFRIADOR DE ACEITE
 X RECLUPERACION CON ACEITE



**PROCESO DE EXTRACCION
 CON HEXANO: DE SMET**



FACULTAD
 DE QUIMICA

FIG. 6

- a) Desgomado, neutralización y lavado
- b) Hidrogenación (en el caso de las mantecas)
- c) Blanqueo
- d) Winterizado
- e) Desodorizado

a) Desgomado, neutralización y lavado

Los fosfátidos y otras impurezas que se encuentran en los aceites vegetales en estado de solución y de emulsiones estables, deben ser insolubilizados para poder eliminados separándolos por centrifugación.

La operación de desgomado se lleva a cabo mediante la adición de agua y ácido fosfórico a temperaturas de 65-75°C. A temperaturas menores la viscosidad del aceite es demasiado elevada y a temperaturas mayores el desgomado sería incompleto, debido al aumento de solubilidad de las gomas.

Esta operación de desgomado se efectúa al mismo tiempo que la eliminación de la acidez orgánica presente en el aceite. Esta neutralización se efectúa saponificando los ácidos orgánicos con hidróxido de sodio. La separación puede efectuarse fácilmente porque los jabones resultantes son prácticamente insolubles en el aceite neutro en las condiciones en que normalmente se trabaja. La concentración del hidróxido de sodio depende de la acidez y la calidad de los aceites. La temperatura también tiene una gran importancia en la neutralización para conseguir un buen rendimiento. Esta temperatura se mantiene entre 65 y 85°C.

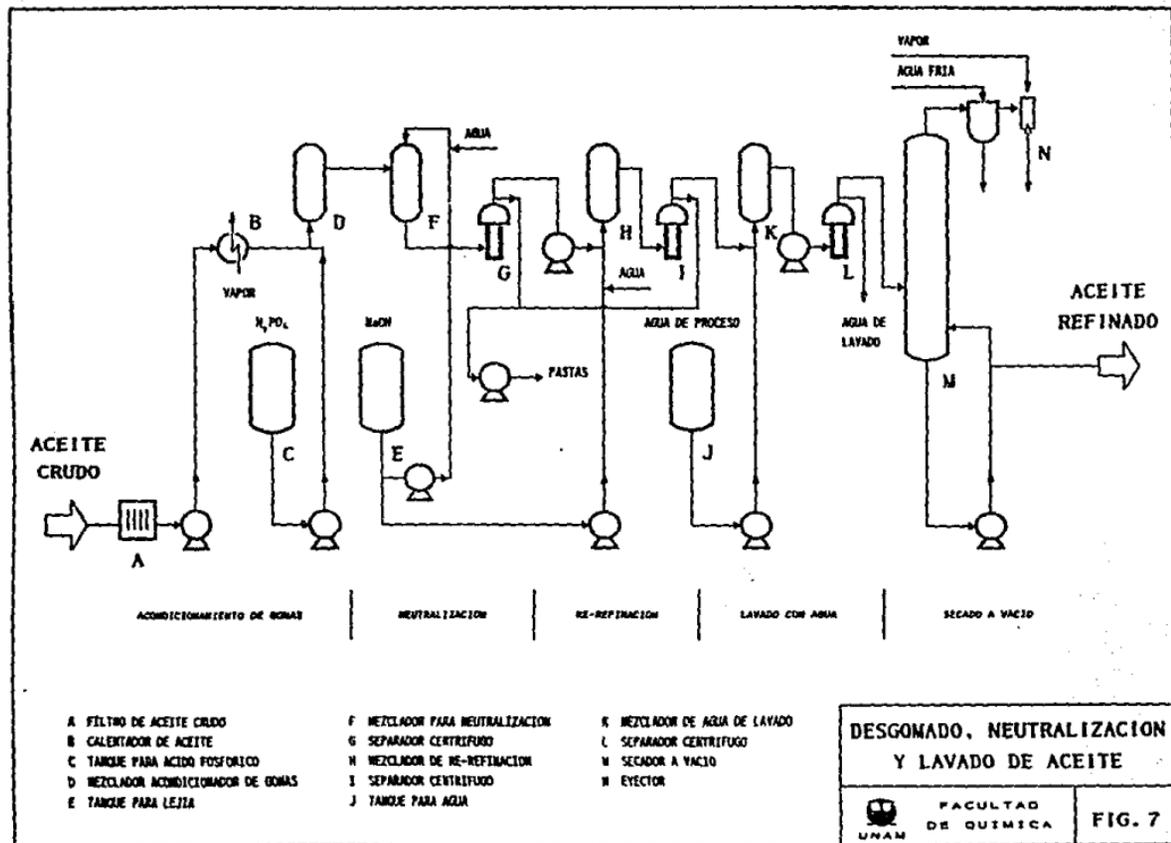
El aceite neutro proveniente de la sección de neutralización puede contener todavía pequeñas cantidades de ácidos grasos libres e impurezas varias, que pueden ser eliminadas tratando este aceite con una solución diluida de hidróxido de sodio. Este procedimiento es muy útil en los casos en los que se trabaja con aceite de soya, y se denomina algunas veces "re-refinación". Esta operación se efectúa a temperaturas de 80-90°C y consigue ventajas como las siguientes:

- mejor conservación de los aceites refinados
- mayor facilidad de decoloración de los aceites neutros
- mayor facilidad de desodorización

Para obtener aceites libres de jabones después de las operaciones de desgomado y neutralización, se procede a un enérgico lavado del aceite con agua caliente, ya que los jabones son siempre parcialmente solubles en el aceite neutro.

En la fig. 7 se muestra el diagrama de flujo simplificado correspondiente a una planta de desgomado, neutralización y lavado. De este diagrama se desprende la descripción siguiente.

El aceite se alimenta al calentador, donde alcanza temperaturas entre 65 y 75°C para pasar al mezclador y unirse con una corriente de ácido fosfórico. A la corriente de salida de este mezclador se une una corriente con hidróxido de sodio de concentración alta o media. La suspensión aceite-pasta jabonosa



**DESGOMADO, NEUTRALIZACION
Y LAVADO DE ACEITE**



FACULTAD
DE QUIMICA

FIG. 7

pasa al separador centrífugo que llevará a cabo la separación del aceite neutro y la pasta jabonosa.

El aceite neutro se calienta a temperaturas de 65-85°C y se mezcla con solución diluida de hidróxido de sodio. La mezcla resultante se centrifuga nuevamente obteniendo aceite y agua jabonosa como residuo.

El aceite neutro llega al calentador, donde alcanza los 90-95°C y pasa al mezclador con una cantidad de agua de lavado a la misma temperatura; en este mezclador el aceite entra en íntimo contacto con el agua de lavado y en estas condiciones las trazas de jabón se disuelven en el agua. La cantidad de agua de lavado es aproximadamente el 10% de aceite. Después la suspensión aceite-agua pasa al separador centrífugo que efectúa la separación de ambos componentes. Para el lavado de los aceites se utiliza agua de baja dureza para lograr un contenido por debajo de 100 ppm de jabón en el aceite.

Posteriormente, el aceite pasa a un proceso de secado al vacío, ya que los aceites y grasas antes de someterse al proceso siguiente (decoloración) deben estar libres de humedad, debido a que el agua afecta el funcionamiento de las sustancias decolorantes.

La operación de secado se realiza calentando el aceite a 70-80°C y pasa al deshidratador que trabaja a una presión absoluta de 50-70 mmHg. En estas condiciones de temperatura y presión, el agua se evapora rápidamente y el aceite se extrae continuamente mediante la bomba.

b) Hidrogenación

La hidrogenación o endurecimiento, como se aplica a grasas y aceites, se puede definir como la conversión de varios radicales no saturados de glicéridos grasos en glicéridos totalmente saturados por la adición de hidrógeno en presencia de un catalizador. Algunas grasas y aceites como los de soya, semilla de algodón, pescado, ballena y cacahuete, mediante una hidrogenación parcial se convierten en grasas de una composición más adecuada para mantecas, margarina y otros propósitos comestibles, así como la manufactura de jabón y otros muchos empleos industriales. El objetivo de la hidrogenación no es únicamente elevar el punto de fusión sino mejorar las cualidades de almacenamiento, sabor y olor de muchos aceites.

La hidrogenación de una grasa consiste en la adición de hidrógeno en correspondencia al doble enlace. Esta reacción se acelera en presencia de catalizadores y transforma, por ejemplo, el ácido oléico en ácido esteárico. El catalizador empleado es níquel.

La reacción es exotérmica, siendo en forma general:



La fabricación de aceites hidrogenados requiere varios tipos de equipo: generadores de hidrógeno, catalizadores, refinadores de aceite en un paso

previo a la hidrogenación, un convertidor donde ésta se realiza y un equipo para tratamiento de la grasa en un paso posterior a la hidrogenación. Las plantas aceiteras generalmente producen el hidrógeno requerido dentro de sus mismas instalaciones.

El hidrógeno se puede producir por muchos métodos, pero el proceso de vapor-hidrocarburo es el más utilizado. Ya que los compuestos de azufre gaseosos (H₂S, SO₂, etc.) son fuertes venenos catalizadores aún en pequeñas cantidades, así como el monóxido de carbono, es muy importante que el hidrógeno esté libre de estos compuestos y de cualquier otro que pudiera desarrollar un mal sabor en el producto final. El catalizador y el aceite insaturado se introducen en un recipiente cerrado cilíndrico y alto, diseñado especialmente y equipado para lograr un control exacto de temperatura. La carga se calienta con tanta rapidez como sea posible a una temperatura alta, comúnmente 190°C. Las presiones de operación normal fluctúan entre 200 y 700 kPa. El formiato de níquel comienza la reducción a unos 150°C.



La carga se mantiene a máxima temperatura durante una hora y después se enfría. Durante los periodos de reducción y enfriamiento se burbujea hidrógeno a través del aceite con el simple propósito de extraer los productos de descomposición del mismo. Al completarse la reducción se puede bombear la carga directamente al convertidor o formarse en bloques, escamas o gránulos para uso posterior.

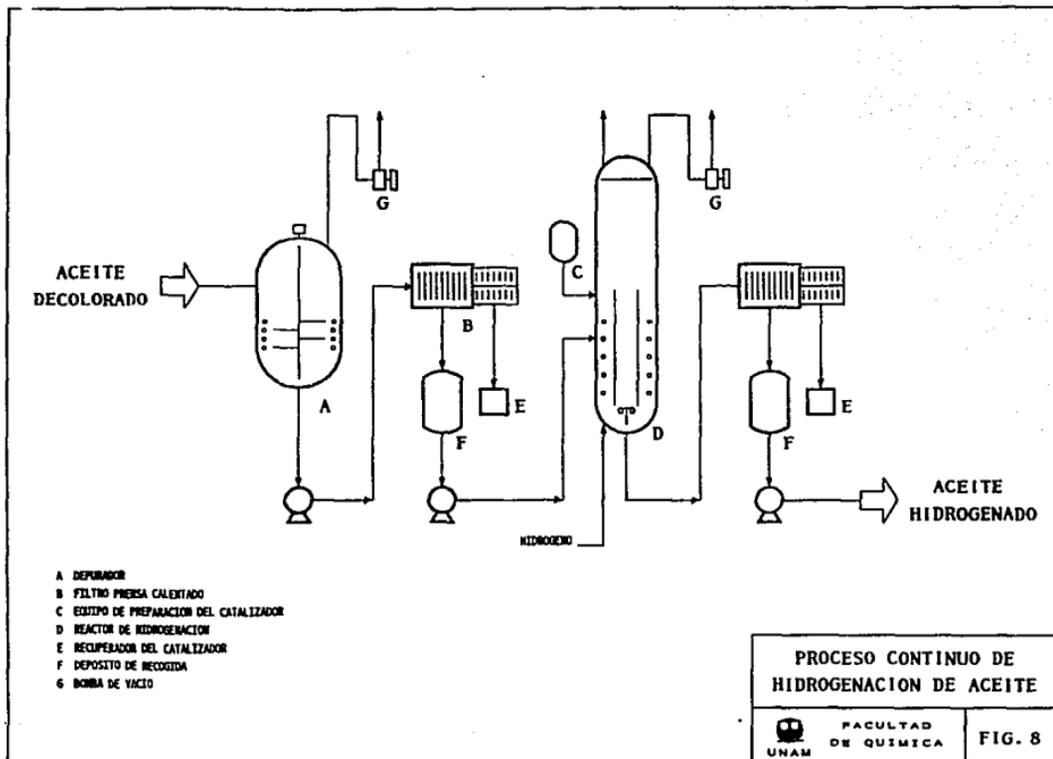
La cantidad necesaria de hidrógeno está en relación con el grado de reducción de la insaturación requerido, que se mide por el descenso del número de yodo del aceite durante la hidrogenación. El grado de hidrogenación se revisa y controla por medio de un refractómetro para indicar las propiedades físicas (saturación y punto de fusión). El catalizador se filtra y se puede volver a utilizar.

El proceso de hidrogenación de aceites es generalmente un proceso intermitente ("batch"), en el que el tiempo de reacción depende del tipo de aceite a hidrogenar y del grado de hidrogenación deseado.

El diagrama presentado en la figura 8 esquematiza el proceso de hidrogenación común, y sobre ésta figura se describe el mismo, constituido por las siguientes secciones: depuración de las grasas, dosificación del catalizador, hidrogenación, y recuperación del catalizador.

Las impurezas que contiene el aceite se eliminan casi totalmente sometiendo las sustancias grasas a un pretratamiento a vacío con tierras decolorantes o diatomeas. En la misma figura se observa esta unidad de depuración formada por un decolorador y un filtro prensa calentado. Algunas veces este sistema no se utiliza y se calienta el aceite directamente antes de pasar al reactor.

Para evitar la formación de una mezcla explosiva hidrógeno-aire, se recurre a extraer el aire del reactor efectuando vacío antes de introducir el



hidrógeno. Normalmente la hidrogenación se efectúa a temperaturas entre 100-250°C.

Manteniendo la extracción de aire del reactor, éste se llena con aceite caliente a un 80-85% del volumen del mismo. Una vez cargado el aceite, el agitador inicia la mezcla y se hace pasar vapor por la chaqueta del reactor. Cuando se ha alcanzado una temperatura de 10 a 20°C por abajo de la deseada para la reacción, se para la extracción de aire con el eyector de vapor. En este momento se inicia la introducción de hidrógeno y la presión se incrementa en el interior del reactor hasta el límite deseado. El catalizador, que consiste de una suspensión de níquel en manteca (mezcla: manteca 75%, níquel 25%) es introducido al reactor durante la carga del aceite caliente.

La reacción de hidrogenación inicia tan pronto se introduce el flujo de hidrógeno. Dicha reacción, como ya se mencionó es suficientemente exotérmica para que ese mismo calor eleve la temperatura de la mezcla. Una vez alcanzada la temperatura deseada, se detiene el flujo de vapor a la chaqueta del reactor y se inicia el paso de agua fría para mantener la temperatura de la mezcla reaccionante. De otra forma, el peligro que existe es que la hidrogenación lleve a la formación de productos no deseados, pero no hay posibilidad de desboque de reacción y peligro de explosión, dado que la masa reaccionante, una mezcla de aceite parcialmente endurecido, es suficiente para absorber la energía de calor liberada. Por otro lado, conforme procede la reacción, la velocidad de hidrogenación tiende a disminuir, por lo que en ocasiones incluso, es necesario calentar nuevamente el reactor con vapor.

El agitador proporciona una dispersión eficiente del hidrógeno a través de la fase líquida, además de promover la transferencia de calor hacia o del serpentín de calentamiento en el reactor.

El espacio libre de vapor dentro del reactor durante la reacción es del 20-15%, y está constituido básicamente por hidrógeno, aunque puede ser mayor dependiendo del tipo de hidrogenación deseada.

El final de la reacción puede ser determinado, ya sea muestreando el índice de refracción de yodo, o por procedimientos establecidos de acuerdo con la experiencia observando el consumo de hidrógeno.

Una vez que se considera terminada la reacción, se detiene la alimentación de hidrógeno. En ocasiones conviene recuperar el hidrógeno y el reactor es venteado hacia un compresor en donde se separan condensables y se "limpia" el gas, sin embargo, muchas veces se ventea directamente a la atmósfera. La mezcla de producto es descargada entonces al tanque enfriador en donde el aceite endurecido es enfriado hasta unos 90°C, cuidando no bajar de esta temperatura, ya que de lo contrario puede solidificar o volverse demasiado viscoso.

Del filtro se obtiene el aceite hidrogenado que es enviado a la sección de blanqueo y se recupera el lodo de catalizador usado.

c) Blanqueo o decoloración

Es el proceso de decoloración al que deben someterse las grasas y aceites neutros. La decoloración se efectúa después de la deshidratación del aceite, manteniendo en contacto el mismo con sustancias decolorantes durante tiempo, condiciones de presión y temperatura determinados. Se utiliza un decolorador al vacío calentado por medio de vapor. La suspensión aceite tierra resultante pasa a filtración. En la fig. 9 se presenta un diagrama de una instalación convencional de decoloración.

Los filtros utilizados en este proceso usualmente son rotativos que trabajan en discontinuo. Estos filtros permiten la descarga mecánica de la tierra utilizada y la máxima recuperación del aceite en ella retenido. En su ciclo de trabajo se distinguen las siguientes fases:

- filtración,
- lavado de la torta por solvente para recuperación del aceite en ella contenido,
- descarga mecánica de la torta lavada, y
- recuperación del solvente residual presente en la cámara.

El proceso de decoloración puede ser discontinuo o continuo. La fig. 10 presenta un diagrama del proceso discontinuo de blanqueo, de este esquema se deriva la siguiente descripción.

El aceite deshidratado se introduce en el decolorador, en cantidad previamente establecida, y se calienta a 70-80°C por medio de vapor manteniendo el equipo en vacío. Alcanzada dicha temperatura se pone en marcha el agitador mecánico y se espera a que la posible humedad presente en la sustancia grasa desaparezca completamente. Durante esta fase la instalación funciona como secador. Una vez secada, se agrega a la masa la cantidad preestablecida de sustancia decolorante, la cual entra en el decolorador por la acción del vacío existente en el mismo. Una vez que ha desaparecido cualquier resto de humedad en el decolorante se eleva la temperatura hasta 100-110°C. Después que ha tenido lugar la acción del decolorante (aproximadamente 30 minutos), la suspensión aceite-tierra pasa a filtración para separar los dos componentes.

También existen sistemas de decoloración continua, los cuales funcionan de manera similar al sistema discontinuo explicado anteriormente. Estos constan de un mezclador adicional, donde se pone en contacto la grasa con la sustancia decolorante proveniente de un dosificador continuo y de un homogeneizador. La suspensión aquí generada pasa a un decolorador continuo, en donde pierde rápidamente la humedad en la primera parte del equipo, prosiguiendo su camino hasta el final. El contacto grasa-decolorante dura aproximadamente 30 minutos. El equipo trabaja al vacío (50-70mmHg). La suspensión grasa-decolorante que sale, es recogida por una bomba y enviada a la sección de filtración. En la fig. 11 se muestra un esquema general de este sistema.

La suspensión aceite-tierra decolorante, independientemente del tipo de proceso (continuo o discontinuo), se bombea a la cámara metálica de un

ACEITE
REFINADO



A



B



C

ACEITE
DECOLORADO

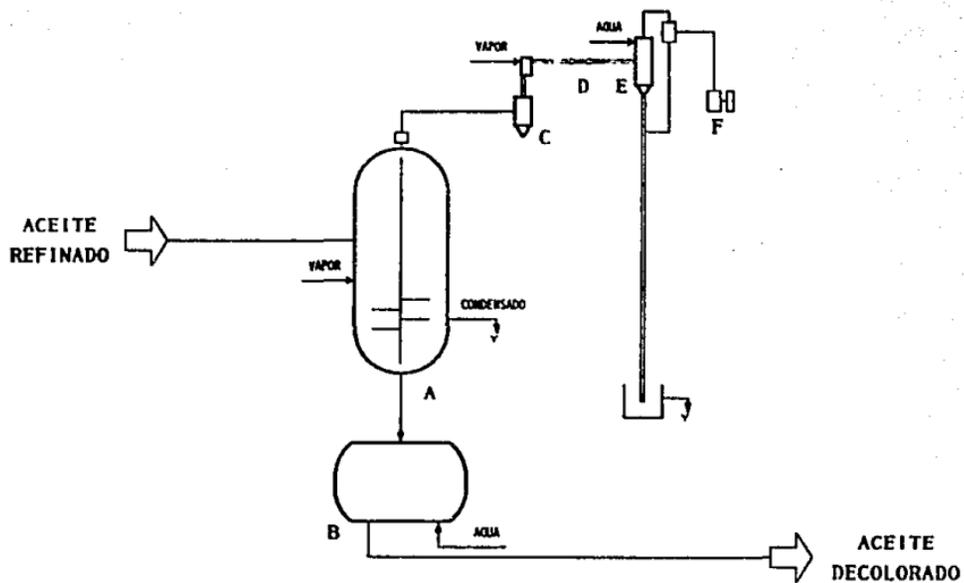
A DECOLORADOR
B BOMBA
C FILTRO PRENSA

PROCESO CONVENCIONAL DE
DECOLORACION DE ACEITE



FACULTAD
DE QUIMICA

FIG. 9



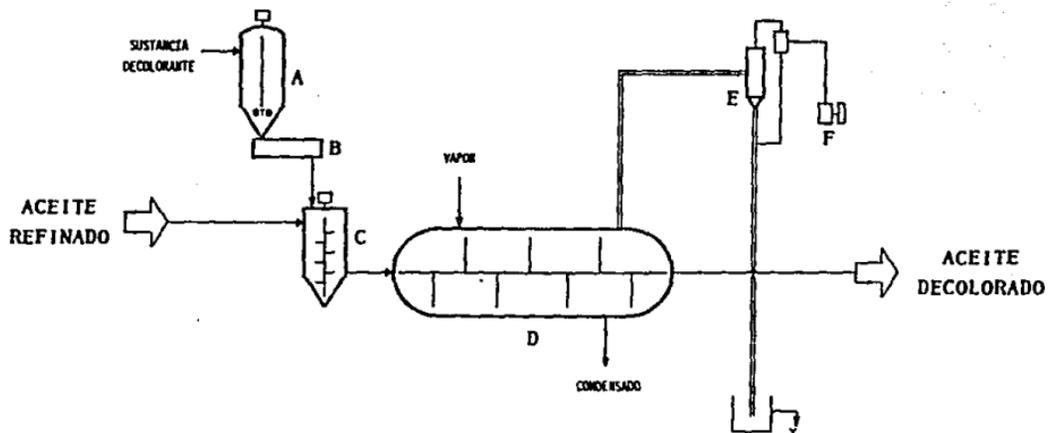
- A DESODORIZADOR
- B ENFRIADOR
- C SEPARADOR DE GOTAS
- D TERNO-COMPRESOR
- E CONDENSADOR BAROMÉTRICO
- F BOMBA DE VACÍO

PROCESO DISCONTINUO DE
DECOLORACION DE ACEITE



FACULTAD
DE QUÍMICA

FIG.10



- A HOMOGENIZADOR
- B DOSIFICADOR CONTINUO
- C MEZCLADOR CONTINUO
- D DECOLORADOR CONTINUO
- E CONDENSADOR BAROMETRICO
- F BOMBA DE VACIO

PROCESO CONTINUO DE
DECOLORACION DE ACEITE



FACULTAD
DE QUIMICA

FIG.11

filtro, como el que se muestra en la fig. 12 hasta casi llenaria. El aceite pasa a través de las telas filtrantes colocadas sobre las placas para llegar al tanque de filtrado. La tierra decolorante queda retenida formando una capa sobre las telas filtrantes.

Terminada la operación de filtrado sigue la fase de lavado y descarga de la torta. El lavado de la tierra decolorante retenida en el filtro se realiza mediante una fuerte lluvia de solvente. Durante esta fase el solvente atraviesa la capa que se ha formado sobre las telas en la fase de filtración disolviendo el aceite en éstas contenido. La mezcla atraviesa las telas filtrantes y se recoge para bombearse a la sección de destilación para la recuperación del aceite y del solvente.

Durante la fase de lavado, el nivel de solvente en la cámara del filtro se mantiene hasta aproximadamente dos tercios de su altura; las tierras del filtro están en rotación continua.

Una vez que el aceite retenido por la tierra durante la filtración ha sido extraído, se corta el flujo de solvente y la suspensión tierra-solvente que se encuentra en el interior de la cámara del filtro se descarga, para después ser tratada con una corriente de vapor directo y recuperar el solvente. Las telas filtrantes se lavan nuevamente con solvente por un corto espacio de tiempo y se deja que el paquete de telas escurra durante unos minutos. Finalizando el escurrido, las telas se secan enviando al interior de la cámara una corriente de aire caliente.

d) Winterizado

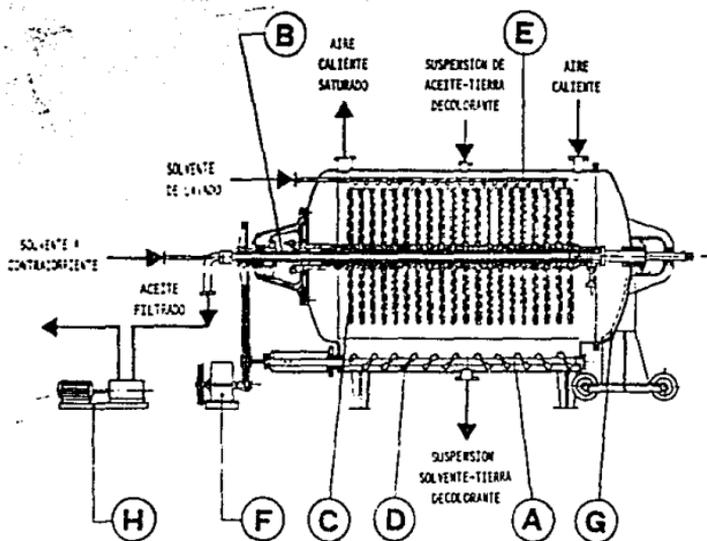
El proceso de winterizado tiene por objeto separar aquellos glicéridos de más alto punto de fusión que originan enturbiamiento y aumento de viscosidad en los aceites al bajar la temperatura, y consiste en precipitar en forma de cristales, en determinadas condiciones de temperatura y tiempo, los glicéridos saturados causantes del enturbiamiento. Un proceso de winterización consta generalmente de los siguientes sistemas: sistema de enfriamiento rápido, sistema de tanques estáticos (cristalizadores), y sistema de filtros prensa o de separación.

La fig. 13 muestra un esquema de el proceso general de winterizado, el cual se explica brevemente a continuación.

El aceite a winterizar se introduce en el tanque de enfriamiento provisto de agitador. El enfriamiento de 30 a 15°C se produce aproximadamente en dos horas, y se lleva a cabo mediante serpentines por donde circula saimuera.

La cristalización se lleva a cabo manteniendo el aceite inmóvil durante 24 a 36 horas en los cristalizadores colocados en cámaras con temperatura regulable. Durante este tiempo la temperatura disminuye hasta 7-8°C.

El descenso de temperatura requerido para cristalizar los glicéridos de alto punto de fusión se logra generalmente mediante un ciclo de refrigeración de una etapa (compresión, condensación, expansión y evaporación). A



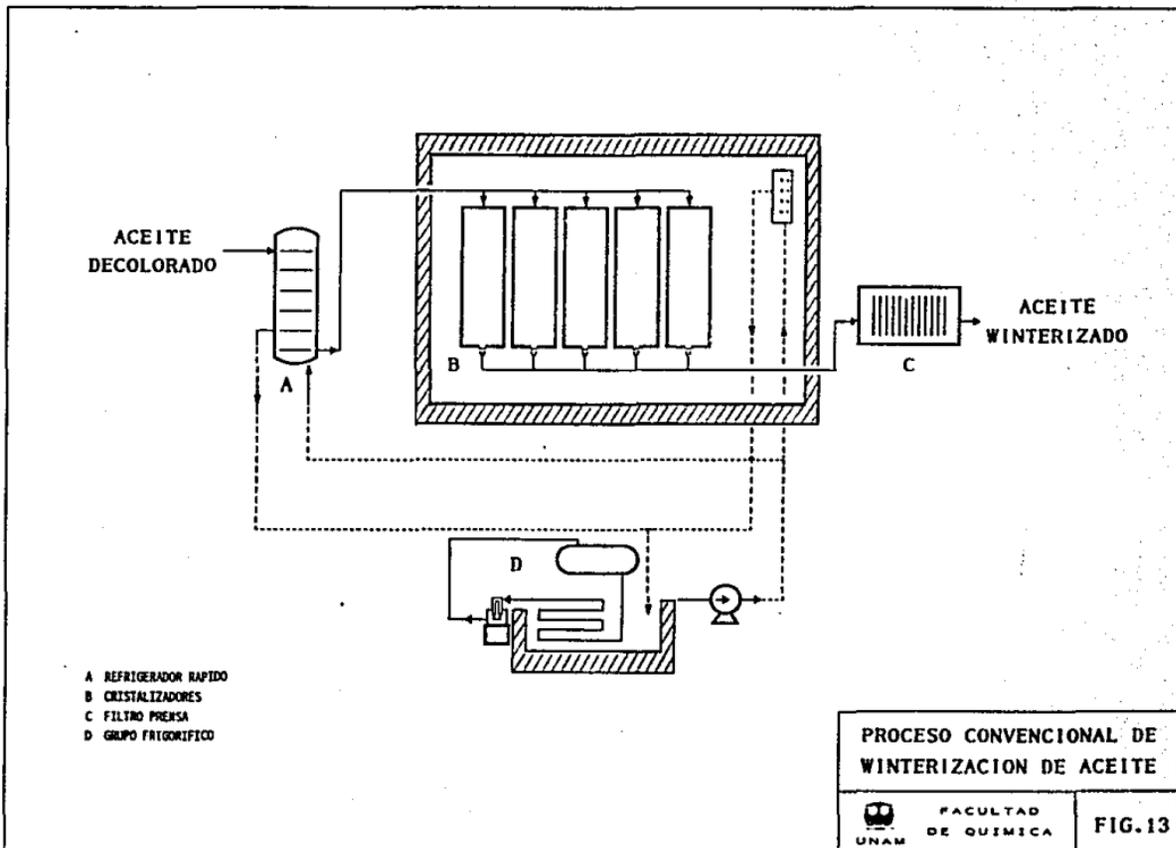
- A CARCASA DEL FILTRO
- B EJE MUECO
- C PLACAS FILTRANTES
- D AGITADOR DE MELICE
- E DUCHAS DE SOLVENTE
- F UNIDAD MOTRIZ
- G PUERTA DE INSPECCION
- H BOMBA DE EXTRACCION

FILTRO ROTATIVO CON
DESCARGA MECANICA



FACULTAD
DE QUIMICA

FIG.12



continuación se explica brevemente un ciclo de este tipo, el cual utiliza como medios de enfriamiento amoníaco y propilenglicol. El propilenglicol puede sustituirse por otra solución de salmuera con las mismas características, tal como el etilenglicol. La descripción siguiente está referida a la fig. 14.

El amoníaco entra al evaporador, donde absorbe calor del líquido que se enfría. El amoníaco alcanza su punto de ebullición y el vapor pasa al compresor subiendo su temperatura y presión hasta alcanzar las condiciones adecuadas para pasar al condensador. En el condensador el refrigerante es la salmuera (propilenglicol). El amoníaco condensado fluye al tanque recibidor de líquido y pasa a través de la válvula de expansión para reducir la presión y temperatura hasta las condiciones requeridas en el evaporador. El amoníaco fluye nuevamente al evaporador, completándose así el ciclo de refrigeración.

Para hacer la operación de winterización más rápida y menos costosa algunas instalaciones utilizan el proceso denominado "Winterización en fase solvente". La figura 15 representa un diagrama de este proceso cuyo funcionamiento corresponde a la descripción siguiente.

El aceite a winterizar se dosifica y mezcla con el solvente, en la proporción conveniente. La solución resultante pasa en continuo a los cristalizadores conectados en serie, donde se enfría lentamente según un programa preestablecido. Estos cristalizadores están provistos de intercambiadores de calor especiales con rascadores, cuya finalidad es evitar la formación de depósitos sólidos sobre las paredes.

La suspensión generada se transfiere por aire y presión a un filtro, donde se separan los cristales de la solución aceite-solvente. Esta solución se envía al destilador para recuperar el solvente en fase líquida.

La masa depositada en el filtro se lava con el mismo solvente, para recuperar la fase líquida incluida en dicho material, y se descarga en un depósito para ser bombeado a un grupo de destilación en donde se recupera el solvente residual.

La winterización de los aceites en fase de solvente se efectúa sobre el aceite decolorado y en todos los casos siempre antes de la fase de desodorización.

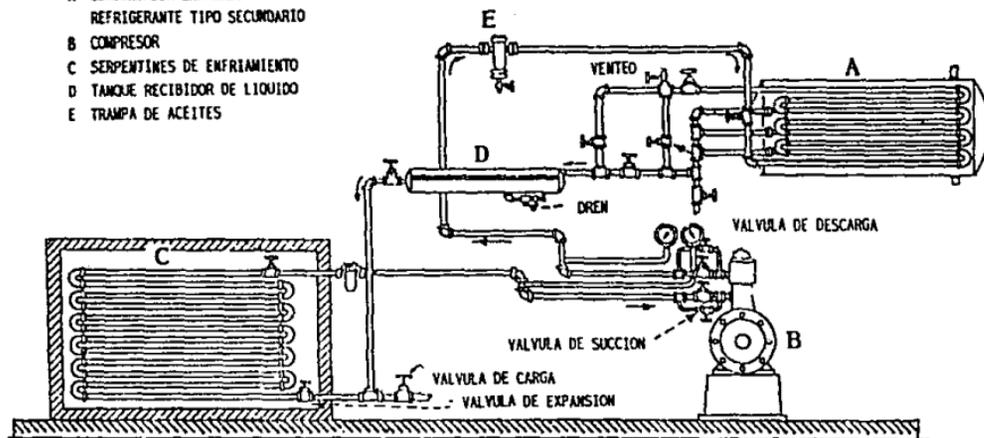
e) Desodorización

El objetivo del proceso de desodorización es la eliminación de ácidos grasos y sustancias que le dan color, olor y sabor al aceite, por medio de una destilación al vacío.

Las sustancias que deben ser eliminadas en este proceso son: hidratos de carbono no saturados, ácidos grasos de bajo peso molecular, aldehidos y cetonas.

En conjunto, estas sustancias se encuentran en las grasas en cantidades muy pequeñas, del orden de 0.001-0.01%, pero bastan para originar productos

- A CONDENSADOR ENFRIADO CON REFRIGERANTE TIPO SECUNDARIO
- B COMPRESOR
- C SERPENTINES DE ENFRIAMIENTO
- D TANQUE RECIBIDOR DE LIQUIDO
- E TRAMPA DE ACEITES



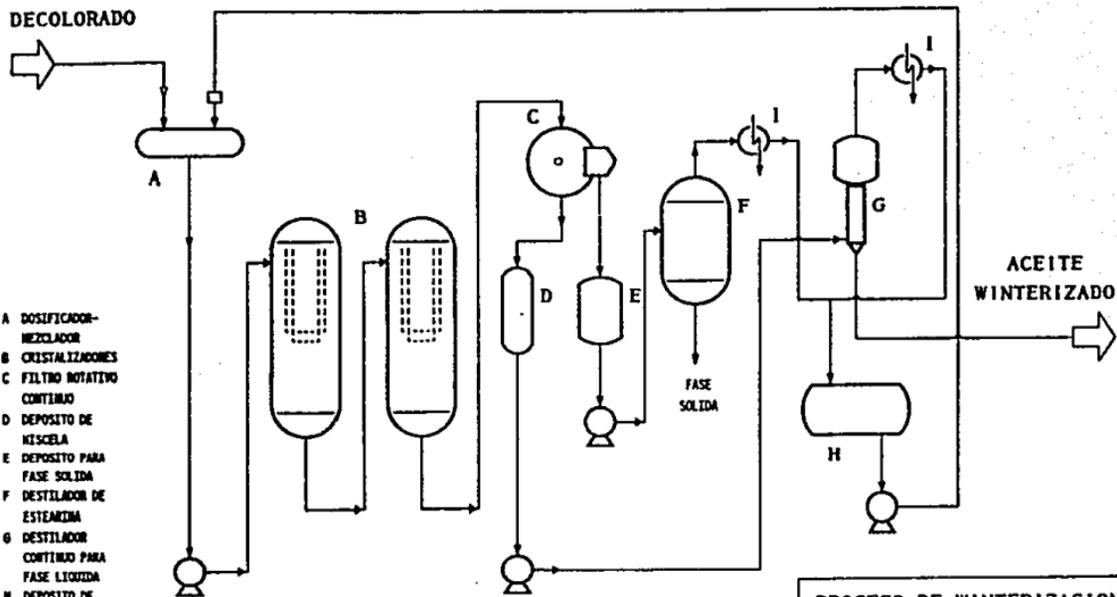
CICLO DE REFRIGERACION
AMONIACO-PROPILENGLICOL



FACULTAD
DE QUIMICA

FIG.14

ACEITE
DECOLORADO



- A DOSIFICADOR-
MEZCLADOR
- B CRISTALIZADORES
- C FILTRO ROTATIVO
CONTINUO
- D DEPOSITO DE
MEZCLA
- E DEPOSITO PARA
FASE SOLIDA
- F DESTILADOR DE
ESTERINA
- G DESTILADOR
CONTINUO PARA
FASE LIQUIDA
- H DEPOSITO DE
SOLVENTE
- I CONDENSADOR

PROCESO DE WINTERIZACION
DE ACEITE POR SOLVENTES



FACULTAD
DE QUIMICA

FIG.15

no comestibles. Dentro de estos ácidos de bajo peso molecular se encuentran los ácidos butírico y capríco, los cuales por lo general, ya están presentes en los aceites crudos, mientras que los aldehidos y cetonas se forman durante los diversos procesos de la refinación.

Las diferencias de volatilidad de estas sustancias y de los glicéridos son la base del sistema de destilación al vacío, por lo que este proceso queda influenciado por factores como temperatura, presión y tiempo. Por otro lado, al inyectar al aceite caliente vapor de agua se favorece la destilación. El papel del vapor de agua es modificar la tensión de vapor de los ácidos grasos y consecuentemente rebajar su punto de ebullición. De esta forma, las condiciones óptimas de trabajo son: temperatura, lo más alta posible; presión lo más baja posible y control adecuado de vapor inyectado.

La temperatura no se puede elevar demasiado porque se correría el peligro de arrastrar, junto con las sustancias maiolientes, parte de los glicéridos y de originar posibles procesos de polimerización; por lo que respecta a la presión absoluta de trabajo, cuando más baja sea, más baja podrá ser la temperatura de desodorizado.

En general, la temperatura y presión de desodorización se mantienen dentro de un rango de presión de 4 a 6 mmHg y temperaturas entre 190 y 230°C según el tipo de aceite del que se trate (soya, girasol, coco, palma, etc). El tiempo aproximado de desodorización es de dos a tres horas.

Los procesos de desodorización pueden ser continuos, semicontinuos o discontinuos. Estos procesos se explican de manera general y breve en los siguientes párrafos.

El funcionamiento de un desodorizador discontinuo, es el siguiente: se hace vacío en el equipo de desodorización y se introduce la cantidad de aceite preestablecida, calentándose la masa hasta la temperatura de desodorización programada, y al mismo tiempo se inyecta en la masa la cantidad de vapor directo calculada. A intervalos se toman muestras de aceite para saber cuando finaliza el proceso. Una vez terminado el proceso, se descarga el aceite por gravedad sobre un enfriador que está a la misma presión que el desodorizador. En el enfriador la temperatura se lleva a 30-40°C, descargándose después de haber puesto el aparato a presión atmosférica.

Los desodorizadores semicontinuos están constituidos por una cámara metálica con 3-5 platos. El aceite se introduce continuamente en el último plato de la columna, donde se precalienta a expensas del aceite caliente que sale, pasando al plato superior para después fluir por gravedad a los platos inferiores, donde comienza la inyección de vapor directo.

Las instalaciones de desodorización continua están constituidas por desodorizadores verticales cilíndricos con platos. En el centro de la columna un colector recoge los vapores de destilación que se desprenden en los platos. Todos los platos están provistos con serpentines de calentamiento con vapor directo a alta presión (35-40 kg/cm²) u otro fluido térmico, inyectores de vapor directo y tubos de rebose.

En la fig. 16 se muestra un diagrama de una planta de desodorización continua, su funcionamiento se describe de la manera siguiente: el aceite entra y se precalienta a expensas del aceite desodorizado, y pasa al plato superior de la columna, donde recorre un laberinto generado por los desviadores y rebosa, a través del tubo central, para caer al plato inferior, y así sucesivamente hasta llegar al último plato. En éste cede la mayor parte de su calor al aceite que entra y seguidamente se extrae la columna. Durante el largo recorrido que el aceite realiza por los laberintos de los platos, se le inyecta una corriente continua de vapor de agua, realizándose así una gradual y perfecta desodorización.

Después de haber efectuado la operación de deodorización, el aceite se seca y se conduce al tanque almacén para su embotellado y envasado a granel.

3.2. Proceso de producción de hidrógeno

3.2.1. Generalidades

El hidrógeno es una materia prima importante para las industrias química y petrolera. Entre sus aplicaciones importantes se encuentran la producción de amoníaco y metanol, la hidrogenación de aceites así como catalizadores.

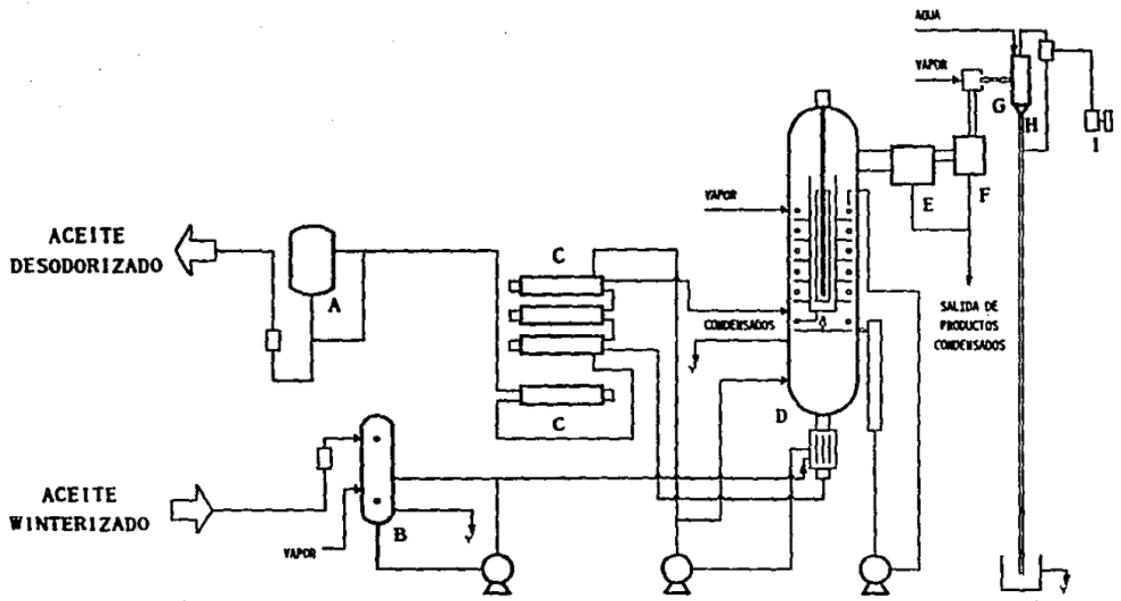
En la industria acelera la hidrogenación forma parte del proceso de refinación. Se lleva a cabo después del blanqueo. Se aplica para la conversión de radicales insaturados en glicéridos totalmente saturados.

El hidrógeno se deriva casi exclusivamente de materiales con carbono, hidrocarburos primarios y/o agua. Estos materiales se descomponen mediante la aplicación de energía, que puede ser eléctrica, química o térmica. Algunos ejemplos son: la electrólisis del agua, reformación de hidrocarburos con vapor, y la disociación térmica del gas natural. El hidrógeno también puede producirse mediante oxidación parcial de hidrocarburos y algunos otros métodos de menor importancia.

El proceso más utilizado es el de "Reformación Vapor-hidrocarburo", el cual se lleva a cabo a una temperatura elevada para formar hidrógeno y óxidos de carbono.

3.2.2. "Proceso de reformación vapor-hidrocarburo".

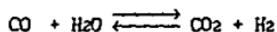
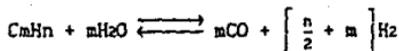
Este proceso consiste en hacer reaccionar catalíticamente una mezcla de vapor e hidrocarburos a elevada temperatura para formar hidrógeno y óxidos de carbono (monóxido y dióxido de carbono -CO y CO₂- principalmente). Las reacciones que ocurren son las siguientes:



- | | |
|-----------------------------|------------------|
| A FILTRO | F SEPARADOR |
| B DESGASIFICADOR | G TERMOCOMPRESOR |
| C CAMBIADOR DE CALOR | H CONDENSADOR |
| D COLUMNA DE DESODORIZACION | I BOMBA DE VACIO |
| E SEPARADOR | |

**PROCESO CONTINUO DE
DESODORIZACION DE ACEITE**

FACULTAD DE QUIMICA
FIG.16



La primera reacción es la reacción de reformación, la cual es altamente endotérmica. Generalmente se utiliza vapor en exceso. Aunque el propósito básico es prevenir la formación de carbón, éste ayuda también a forzar que la reacción se complete.

La segunda reacción es la reacción de agua-gas, la cual es medianamente exotérmica y es favorecida a baja temperatura, pero no es afectada por la presión. Se usa generalmente vapor en exceso y un catalizador. Ambas reacciones ocurren en el reformador a temperaturas de 1400-1800°F. La composición de la corriente de salida depende de las condiciones del proceso, incluyendo temperatura, presión y vapor en exceso, los cuales determinan el equilibrio, y la velocidad a través de la cama catalítica, la cual a la vez determina el acercamiento al equilibrio. Un producto típico contiene aproximadamente 75% H₂, 8% CO y 15% CO₂ y el resto consiste de nitrógeno y metano no convertido.

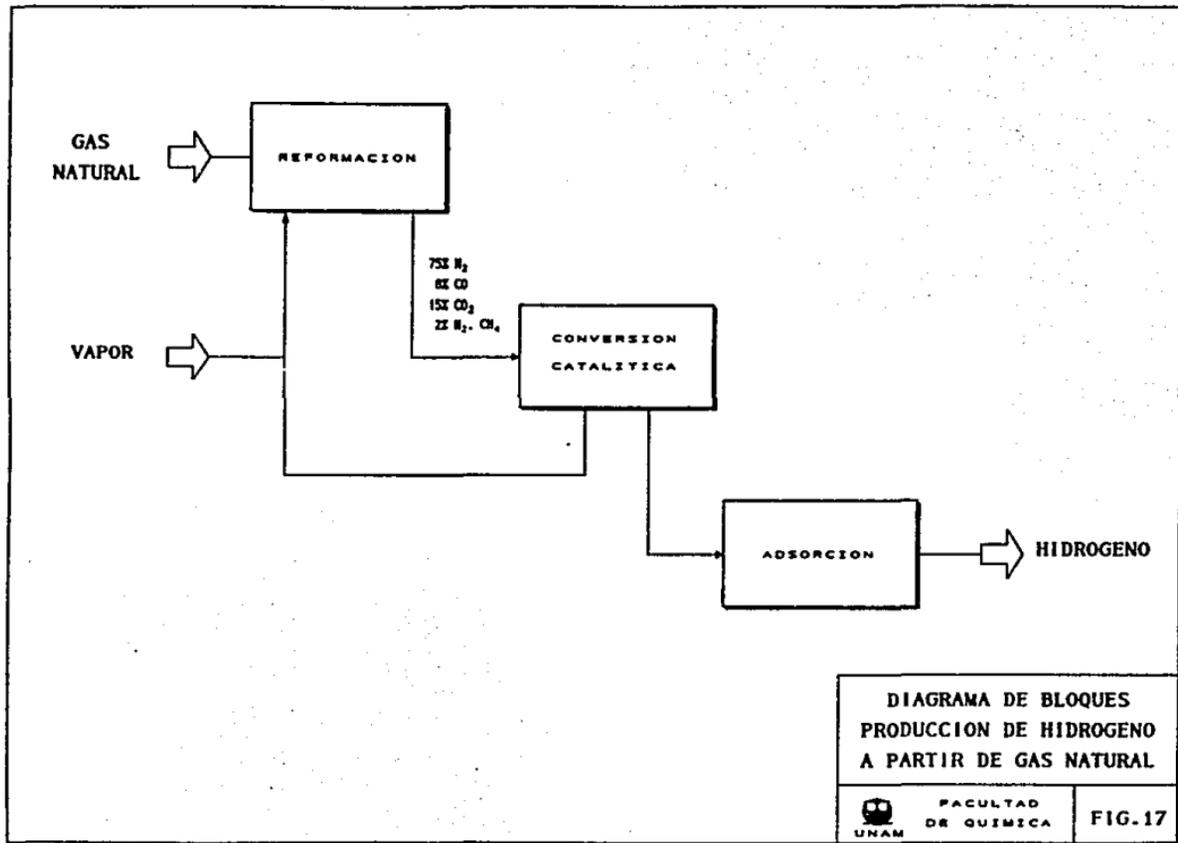
Para la producción de hidrógeno adicional, la reformación es seguida de una etapa separada de conversión agua-gas. Se agrega vapor adicional, y la temperatura se reduce a 600-700°F para obtener condiciones más favorables de equilibrio. Una etapa simple convierte del 80 al 95% del CO residual a CO₂ e hidrógeno. Cuando hay altas concentraciones de CO en la alimentación, se utilizan generalmente dos o más etapas, con una etapa intermedia de enfriamiento para prevenir una elevación excesiva de temperatura, ya que la reacción es exotérmica. La primera etapa opera a mayores temperaturas para obtener altas velocidades de reacción, y la segunda opera a más bajas temperaturas para obtener una mayor conversión.

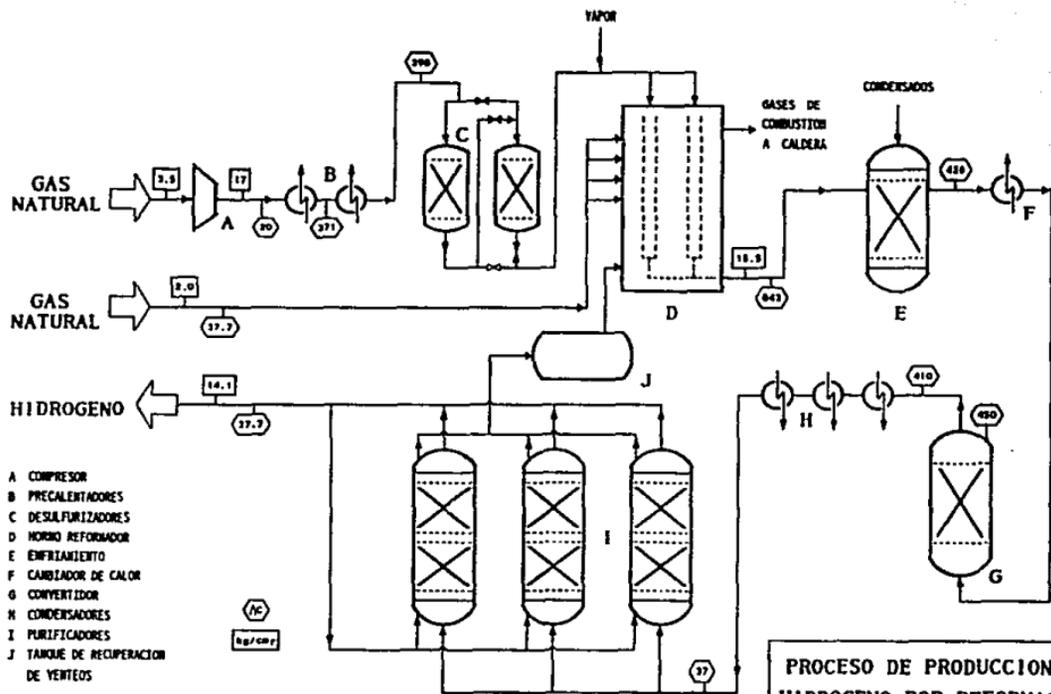
Las impurezas de la corriente de hidrógeno, como el CO, CO₂, CH₄ y H₂ son removidas mediante un sistema de adsorción para producir hidrógeno de alta pureza.

Entre los hidrocarburos utilizados con más éxito en la práctica comercial se encuentran los ligeros; el gas natural es el más común y el propano y butano se usan frecuentemente.

Las figuras 17 y 18 esquematizan los diagramas generales de bloques y de flujo de proceso para la producción de hidrógeno. Con base en estos diagramas se realiza la descripción siguiente dividiendo el proceso en las siguientes etapas:

- a) Alimentación
- b) Desulfurización
- c) Reformación catalítica
- d) Conversión catalítica de CO
- e) Purificación de hidrógeno
- f) Recuperación del gas





- A COMPRESOR
- B PRECALENTADORES
- C DESULFURIZADORES
- D HORNO REFORMADOR
- E ENFRIAMIENTO
- F CAMBIADOR DE CALOR
- G CONVERTIDOR
- H CONDENSADORES
- I PURIFICADORES
- J TANQUE DE RECUPERACION DE VENTOS

1/C
 kg/cm²

**PROCESO DE PRODUCCION DE
 HIDROGENO POR REFORMACION
 DEL GAS NATURAL CON VAPOR**

FACULTAD DE QUIMICA

FIG.18

a) Alimentación

El gas natural se recibe en límites de batería a 3.5 kg/cm^2 de presión. El combustible gaseoso fluye al sistema de reformación y el gas natural de alimentación se comprime hasta 17.6 kg/cm^2 antes de entrar al precalentador.

b) Desulfurización

La corriente se precalienta a 398°C y pasa a través de los lechos de catalizador en los desulfurizadores. El catalizador de óxido de zinc adsorbe los compuestos sulfurados. Los desulfurizadores están dispuestos para operar en serie o en paralelo si así se requiere. El contenido de azufre del gas obtenido es menor de 0.2 ppm (en peso).

c) Reformación catalítica

El gas desulfurizado se mezcla con una cantidad controlada de vapor sobrecalentado. La mezcla fluye al horno reformador cilíndrico. Este horno es el corazón de la planta de producción de hidrógeno. La reacción del gas natural con el exceso de vapor en presencia de un catalizador de Níquel produce hidrógeno, óxidos de carbono y metano.

La reacción de reformación es altamente endotérmica y toma lugar bajo condiciones cuidadosamente controladas de calentamiento.

El gas de proceso abandona el reformador catalítico, aproximadamente a 843°C y 15.5 kg/cm^2 . Los gases de combustión que abandonan el horno se usan para producir y sobrecalentar vapor.

d) Conversión catalítica de CO

La corriente de proceso de salida del reformador es enfriada hasta 426.6°C aproximadamente por contacto directo con condensado frío, fluyendo al precalentador de alimentación y luego al convertidor. En presencia de un catalizador de óxido de hierro con cromo, la reacción agua-gas convierte aproximadamente el 80% del CO a CO_2 mientras se produce más hidrógeno. La temperatura del gas de proceso que sale del convertidor es 410°C , cuando el catalizador está a punto de terminarse (la temperatura interior se establece tan baja como se requiera para obtener 2% de CO a la salida del convertidor y se incrementa de acuerdo a la vida del catalizador).

e) Purificación de hidrógeno

El sistema de purificación utiliza un proceso de adsorción para obtener un producto de alta pureza. En un proceso de adsorción, el hidrógeno impuro se purifica mientras fluye a través de un adsorbente con material granular adsorbente que atrae y atrapa las impurezas del gas alimentado.

El sistema consiste de tres adsorbedores idénticos, cada uno con dos camas en serie. La primera cama contiene carbón activado; la segunda tamiz molecular; se utilizan dos materiales adsorbentes para aprovechar sus diferentes selectividades: el carbón activado para la remoción de los restos de agua, CO₂ y CH₄; el tamiz molecular para la remoción de CO y para mejorar la pureza.

El proceso de adsorción es de presión variable; las impurezas del gas de alimentación se adsorben a alta presión (14.5 kg/cm²), el adsorbente se regenera a baja presión. Cada adsorbedor tiene un ciclo de operación que consta de los siguientes pasos:

- 1) En servicio (adsorción de impurezas, producción de hidrógeno).
- 2) Período de despresurización (remoción de algunas impurezas).
- 3) Período de purga (remoción de impurezas restantes).
- 4) Período estable.
- 5) Período de represurización.

Para los pasos de represurización y purga, se utiliza una pequeña corriente continua de hidrógeno de alta pureza.

Después de la purificación el hidrógeno se envía a límites de batería a 14.1 kg/cm² y 37.7°C.

f) Recuperación de gas

El gas residual del sistema de purificación se recupera y se utiliza como gas combustible para el horno reformador. El gas que abandona un adsorbedor durante la despresurización o la purga, fluye a la salida de gas residual y a un tanque, para ser enviado al reformador. La presión de este tanque fluctúa entre 0.21 y 1.05 kg/cm². El flujo de gas residual debe ser controlado a 0.9 kg/cm².

4. BASES LEGALES

4.1. Aspectos generales de la Legislación en México

La operación de plantas industriales presenta en su mayoría altos índices de riesgo, tanto para las personas como para los bienes que las integran.

A medida que los procesos de transformación de la materia se hacen más y más complicados, los riesgos de accidentes y pérdidas materiales aumentan, y también en forma proporcional lo hacen los accidentes que lamentablemente se han presentado en el campo industrial, lo que ha llevado al convencimiento de que es imprescindible establecer una serie de normas, que aplicadas a la planeación industrial en todas sus fases, tengan como objetivo reducir al mínimo los riesgos de accidentes durante la operación de las plantas de proceso de toda índole.

La prevención de problemas ambientales resultantes del transporte, manejo y disposición de sustancias altamente peligrosas, tiene como consecuencia el establecimiento de las normas para mitigar el impacto de un accidente que pudiera ocurrir.

Dado que los accidentes de tipo industrial por su magnitud y peligrosidad pueden afectar a grandes núcleos de población e incidir negativamente en los entornos ecológicos donde tienen lugar, las normas y estándares a los cuales deben ajustarse las diversas industrias tienen carácter de ley y son prescripciones regidas por legislaciones de cobertura nacional.

En virtud de que el análisis y prevención de riesgo se ubica dentro de las normas generales de la conservación del medio ambiente, su legislación involucra la participación de diversas entidades de la administración pública, cuyas particulares áreas se conjuntan para lograr cubrir todos los campos de interés en el estudio de riesgos industriales, así por ejemplo, la Secretaría de Trabajo puede dictar disposiciones respecto a la emisión y control de partículas dentro de una planta de proceso, pero será la SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social) quien disponga los reglamentos y normas para el manejo y disposición de los residuos sólidos.

En general las disposiciones técnicas y jurídicas a ser aplicadas en la materia en nuestro país, se pueden clasificar en:

- a) Reglamentos
- b) Normas Oficiales Mexicanas
- c) Normas Técnicas Institucionales
- d) Recomendaciones técnicas
- e) Manuales de diseño
- f) Normas Internacionales

a) Reglamentos. Entre otros podemos citar los siguientes:

Reglamento de Instalaciones Eléctricas
Reglamento de Gas
Reglamento General de Seguridad e Higiene del Trabajo
Reglamentos Locales de Construcción

b) Normas Oficiales Mexicanas

Para el caso de México las principales normas a aplicar proceden de la Dirección General de Normas de SECOFI (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial) y de otras instituciones - NOM -. Estas normas a aplicar se han elaborado en múltiples materias cubriendo especificaciones, métodos de prueba, características dimensionales y de operación, etc.

A continuación se presenta una relación de NOMs de interés:

Grupo	NOM referente a:
K	Productos químicos
Q	Equipo industrial diverso
S	Seguridad industrial
AA	Contaminación ambiental
EE	Envase y embalaje

c) Normas Técnicas Institucionales

En México, en cuestión de riesgos, entre las instituciones que presentan normas importantes a aplicar en cuestión de riesgos tenemos PEMEX y CFE; en este caso, a pesar de no tener un carácter estrictamente oficial, representan la experiencia de sectores industriales muy importantes y pueden utilizarse como recomendaciones para los proyectos de Industrias de proceso.

Entre las normas técnicas publicadas por SECOFI (e IPN) se encuentran: las Normas Técnicas para instalaciones eléctricas.

d) Recomendaciones técnicas y manuales de diseño

En México, se tienen diversas publicaciones de organismos gubernamentales, instituciones paraestatales y organizaciones privadas recopilando recomendaciones y criterios de diseño. Al respecto cabe mencionar:

- Manual de diseño de obras civiles (publicado por CFE y el IIE)
- Publicaciones técnicas del IMP
- Publicaciones técnicas del IMCC, etc.

f) Normas Internacionales

En el aspecto internacional presentan mayor interés las normas norteamericanas, ya que la cercanía de los E.U. origina una gran transferencia tecnológica así como importación de materiales, equipos y sistemas.

Entre las principales organizaciones encargadas de elaborar normas, especificaciones y recomendaciones en seguridad podemos mencionar:

- NFPA (National Fire Protection Association)
- NSC (National Safety Council)
- AIChE (American Institute of Chemical Engineers)
- API (American Petroleum Institute)
- EPA (Environmental Protection Agency)
- NBS (National Bureau Standards)
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration)
- ASTM (American Society of Testing Materials)

Las normas realizadas por estas instituciones se refieren a diversas áreas tales como: arreglo general de planta, sistemas de paro, requerimientos de venteo, manejo y almacenamiento de productos, riesgo por polvos, equipo de protección contra fuego, equipo de seguridad, información sobre riesgos químicos e información sobre inflamabilidad entre otros.

La aplicación estricta de estos ordenamientos jurídicos y técnicos debe incluir todas las etapas de la realización de una instalación industrial y la operación y mantenimiento de la misma.

4.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente

4.2.1. Generalidades

En 1971 surge la Ley Federal de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, la cual fue sustituida en 1982 siendo publicada como Ley Federal de Protección del Ambiente, y que a la vez es modificada en 1988 como la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, cuyos objetivos primordiales son preservar, restaurar y mejorar el ambiente, protegiendo los recursos naturales y evitando la contaminación del suelo, aire y agua, mediante disposiciones reglamentarias. Las disposiciones de la última ley de 1988 sugieren mantener un equilibrio ecológico mediante un aprovechamiento racional de los recursos naturales en México.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, define como Normas Técnicas Ecológicas (NTE) al "conjunto de especificaciones, condiciones, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes que

causen o puedan causar desequilibrio ecológico o daño al ambiente y además que uniformen principios, criterios, políticas y estrategias en la materia".

Estas Normas Técnicas Ecológicas fueron sustituidas, en su mayor parte, por las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) correspondientes a partir del mes de octubre de 1993.

La generación de dichas normas es responsabilidad de SEDESOL y se lleva a cabo mediante el análisis de normas existentes en otros países y la consulta con especialistas de los diferentes sectores involucrados en el tema específico (Universidades y Centros de Investigación, Sector Público y Privado, etc).

En todos los casos, se vigila que las Normas Oficiales Mexicanas se adecuen a las características específicas de la infraestructura existente en este país, así como a los recursos humanos, técnicos y económicos requeridos para su aplicación.

4.2.2. Actividades consideradas como altamente riesgosas

En materia de riesgo, esta ley considera en su Título cuarto, referente a la protección al ambiente, Capítulo IV, a las "Actividades consideradas como riesgosas". Este capítulo consta de cinco artículos, los cuales se explican brevemente a continuación.

Art. 145. Señala las consideraciones necesarias para el establecimiento de industrias, comercios o servicios considerados riesgosos por la gravedad de los efectos que pueden generar en los ecosistemas o en el ambiente.

Art. 146. Establece que se publicarán en el Diario Oficial de la Federación los "Listados de Actividades que deban considerarse Altamente Riesgosas".

Art. 147. Establece el cumplimiento de las disposiciones reglamentarias de esta Ley, así como el de las normas técnicas de seguridad y operación expedidas en forma coordinada por la Secretaría, las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud y, del Trabajo y Previsión Social.

Art. 148. Las actividades no consideradas como altamente riesgosas que afecten el equilibrio ecológico serán reguladas por las entidades federativas y los municipios.

Art. 149. La regulación a que se refiere el artículo anterior corresponde a municipios cuando esté relacionada con residuos vertidos al drenaje o se relacionen con servicios públicos cuyo manejo corresponda a dicho municipio.

Para el establecimiento del alto riesgo de una actividad se hace necesario tomar en cuenta las propiedades físico-químicas de las sustancias que se manejen, así como la cantidad de reporte que en cada caso convierte la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento o uso de dicha

sustancia en actividades que de producirse la liberación, fuga o derrame de la misma, provocarían la presencia de límites de concentración superiores a los permisibles, en un área determinada pudiendo ocasionar una afectación significativa al equilibrio ecológico, a la población o a sus bienes.

De acuerdo con el artículo 146 de esta Ley se establecieron los "Listados de Actividades Altamente Riesgosas" publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992.

El primer listado corresponde a aquellas actividades altamente riesgosas en las cuales se manejen sustancias tóxicas. El segundo listado corresponde a las actividades asociadas con el manejo de sustancias inflamables y explosivas. Estos listados se utilizan como complemento de la guía para la elaboración del estudio de riesgo.

En estos listados se considera como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en un volumen igual o superior a la cantidad de reporte. Se establecen además las siguientes definiciones importantes:

Manejo. Alguna o el conjunto de actividades siguientes: producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de sustancias peligrosas.

Sustancia peligrosa. Aquella que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, radiactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Sustancia tóxica. Aquella que puede producir en organismos vivos lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte.

Sustancia inflamable. Aquella que es capaz de formar una mezcla con el aire en concentraciones tales para prenderse espontáneamente o por la acción de una chispa.

Sustancia explosiva. Aquella que en forma espontánea o por acción de alguna forma de energía, genera una gran cantidad de calor y energía de presión en forma casi instantánea.

4.2.3. Manejo de residuos peligrosos por su potencial de riesgo

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente incluye un reglamento en materia de residuos peligrosos, el cual se apoya en las Normas Oficiales Mexicanas relativas a residuos peligrosos. Entre estas normas, para identificar los residuos peligrosos por su potencial de riesgo, cabe destacar: la norma oficial mexicana NOM-CRP-001-ECOL/93 que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente; la norma oficial mexicana NOM-CRP-002-ECOL/93 que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes

que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente; y la norma oficial mexicana NOM-CRP-003-ECOL/93 que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos ó más residuos considerados como peligrosos de acuerdo con la norma NOM-CRP-001-ECOL/93.

4.3. Guía para la elaboración del estudio de riesgo

En la actualidad en México, directamente en relación con el análisis de riesgos, se cuenta con una "Guía para la elaboración del estudio de riesgo", publicada por la SEDESOL, la cual propone aspectos básicos e información de apoyo importante para realizar un análisis de riesgos adecuado. Entre la información solicitada en esta guía se encuentran los siguientes aspectos, aunque no aparecen listados con una secuencia lógica:

- 1) Datos generales de la planta
- 2) Aspectos generales sobre el proyecto
- 3) Aspectos del medio natural y socioeconómico
- 4) Integración del proyecto a las políticas marcadas en el Plan Nacional de Desarrollo.
- 5) Datos de sustancias manejadas en el proceso: propiedades físicas, riesgos a la salud, riesgos de fuego o explosión, radiactividad, corrosividad, reactividad, etc.
- 6) Datos de residuos principales (características, volumen, emisiones atmosféricas, descarga de aguas residuales, disposición final).
- 7) Datos generales del proceso
- 8) Drenajes y efluentes acuosos

4.4. Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Además de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo es otro elemento legal a considerarse para un estudio de análisis de riesgo. De este reglamento, los instructivos más relacionados con el tema se listan a continuación.

Instructivo No.	Relativo a:
2	Las condiciones de seguridad para la prevención protección contra incendios en los centros de trabajo.
5	Las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles.

Instructivo No.

Relativo a:

- | | |
|----|---|
| 8 | Las condiciones de seguridad e higiene para la producción, almacenamiento y manejo de explosivos en los centros de trabajo. |
| 9 | Las condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo. |
| 10 | Las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el ambiente laboral. |

Entre la información relevante incluida en este reglamento se encuentra la clasificación de las sustancias de elevada peligrosidad por su toxicidad (instructivo 10).

Este reglamento presenta un panorama de las condiciones de seguridad que debe haber en una instalación industrial. Con esta información, al llevar a cabo el análisis del proceso se observará si las condiciones de trabajo son apropiadas, pues este es un parámetro importante para poder localizar aquellas zonas donde puedan presentarse accidentes.

5. METODOLOGIA

La metodología de trabajo que se propone se basa en los fundamentos teóricos del desarrollo de estudios de análisis de riesgos existentes y de los aspectos legales aplicables tomando en cuenta las condiciones actuales de la industria aceitera en México.

5.1. Reconocimiento del proceso

Con el fin de obtener un reconocimiento adecuado del proceso de esta industria, se requiere disponer de la información siguiente:

- a) Descripción del proceso y condiciones de operación
- b) Diagrama de flujo de proceso
- c) Balance de materia y energía
- d) Información de los materiales utilizados en el proceso:

- 1) Hojas de datos de seguridad de materiales
- 2) Cantidades almacenadas o inventario constante
- 3) Sistemas de almacenamiento
- 4) Medidas especiales de seguridad

Materiales utilizados en el proceso:

- Materias primas
- Productos intermedios
- Subproductos
- Desechos
- Sustancias almacenadas
- Descargas contaminantes

- e) Manual de operación
- f) Arreglo de equipos
- g) Plano de localización general
- h) Diagramas de tubería e instrumentación
- i) Hojas de especificación de equipos
- j) Registros de accidentes/incidentes y sus consecuencias
- k) Bitácoras de mantenimiento

Esta información, además de ser necesaria para el análisis de riesgo, debe ser proporcionada a la SEDESOL a través de la "Guía para la elaboración del estudio de riesgo". Debe ser información actualizada, y lo más completa posible.

5.2. Análisis preliminar de peligros

Se puede considerar que este análisis involucra dos fases: 1) la

identificación de sustancias peligrosas; y 2) el análisis preliminar de peligros por unidad de proceso.

Otra opción para llevar a cabo este análisis es la identificación detallada de peligros, la cual se realiza mediante la aplicación de algún método de identificación de peligros de manera detallada. La figura 19 es un diagrama representativo del análisis preliminar de peligros.

5.2.1. Identificación de sustancias peligrosas

Consiste en identificar aquellos materiales utilizados en la instalación industrial que representan un alto riesgo hacia el ambiente, la población o sus bienes por las propias características de las sustancias.

De acuerdo, con la legislación existente en México en materia de riesgo, el desarrollo de esta etapa se puede llevar a cabo mediante la revisión de los Listados de Actividades Altamente Riesgosas (art. 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y acuerdos). Es un buen apoyo observar la respectiva clasificación de la NFPA (Apéndice D).

Después de identificar aquellos materiales considerados peligrosos, deberán clasificarse los equipos que manejan dichas sustancias y la cantidad que utilizan. Es importante conocer, tanto los materiales que intervienen constantemente en el proceso, como aquellos que se encuentran almacenados.

5.2.2. Identificación de residuos con potencial de peligro

Consiste en identificar aquellos residuos generados por la instalación, que debido a sus características están considerados como peligrosos de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes y que en el caso de realizarse una mezcla incompatible de dos o más de ellos, puede crearse una situación de peligro (NOM-CRP-001-ECOL/93, NOM-CRP-002-ECOL/93, NOM-CRP-002-ECOL/93).

Esta identificación se considera una actividad complementaria del estudio del análisis de riesgos, incluso la Guía para la Elaboración del Estudio de Riesgo publicada por la SEDESOL contempla de manera formal la información referente a residuos peligrosos, emisiones atmosféricas y descargas residuales sin involucrar un análisis detallado del potencial de peligro de estos tipos de residuos ambientales.

5.2.3. Identificación preliminar de peligros por unidad de proceso

En virtud de que calificar un riesgo es aún un tanto subjetivo, han

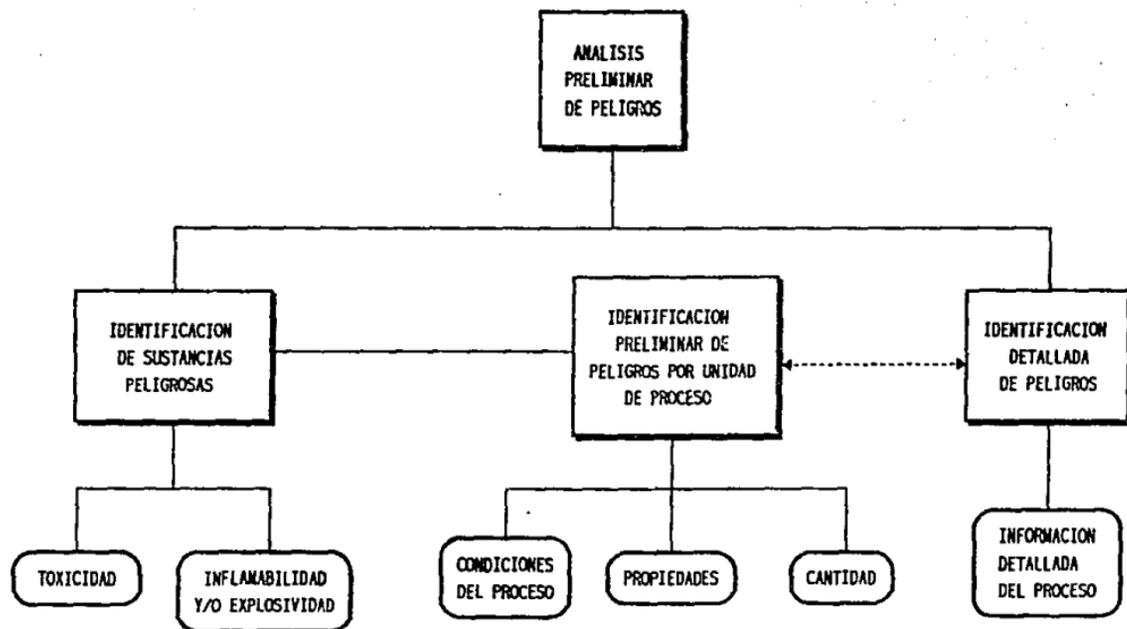


Fig. 19. Diagrama representativo del análisis preliminar de peligros

surgido índices calificativos que pretenden involucrar diversos criterios. Ejemplos de estos son los índices de Mond y Dow [Lees 1991].

La identificación preliminar de peligros por unidad de proceso consiste en la aplicación de alguno de estos índices para estimar de manera general el riesgo potencial del material analizado.

De esta manera se clasificarán los materiales según el potencial de riesgo que impliquen, de acuerdo a sus propiedades, la unidad de proceso, sus condiciones de operación y la cantidad en la que se encuentren. Así se puede asignar una prioridad de atención para los que presenten los riesgos potenciales mayores.

a) Sustancias inflamables y explosivas

Se sugiere hacer uso de un índice especializado como el Dow. Este índice permite además de establecer una clasificación del riesgo, el establecer un radio de exposición para cada unidad de proceso o segmento de la planta analizado (Apéndice B).

Este índice fue desarrollado por la compañía Dow Chemical. Al hacer uso del índice, se aplican factores de penalización y calificaciones a procesos, operaciones, sistemas de seguridad, etc., que de acuerdo con la experiencia de la propia Dow Chemical, pueden representar el estado de riesgo potencial de un segmento de proceso en especial.

Así pues, se obtendrá un IFE (Índice de Fuego y Explosión) para cada situación estudiada, el cual estará asociado a un grado de peligro determinado de acuerdo con la clasificación es la siguiente:

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN	GRADO DE PELIGRO
1-50	BAJO
51-81	MODERADO
82-107	INTERMEDIO
108-133	ALTO
134 <	SEVERO

DOW CO. 1987

Se sugiere considerar que los casos a los cuales se aplique un estudio más profundo sean aquellos cuyo IFE sea mayor o igual a 82, involucrando de esta manera, de acuerdo con la Dow Co. un grado de peligro calificado como intermedio, alto o, severo, y eliminando los grados moderado y bajo.

De esta manera los riesgos se jerarquizarán dando lugar a la eliminación de algunos casos menos importantes en cuanto a su peligrosidad, permitiendo un enfoque más profundo y apropiado en los riesgos de mayor magnitud.

b) Sustancias tóxicas

Se sugiere utilizar el "Método rápido de la EPA para determinar la zona de vulnerabilidad por el escape de sustancias tóxicas" (Apéndice C). Este método se basa en un nomograma que relaciona la cantidad escapada, la concentración del escape y el radio promedio de la zona afectada.

En el caso de peligro por toxicidad, existen disponibles algunos "límites de exposición" especificados por algunas organizaciones como la OSHA, NIOSH y NAS entre otras [Technica 1989]. Sin embargo, estos límites son de tipo ocupacional, es decir, se refieren a las concentraciones de exposición para los trabajadores con base en Jornadas de trabajo, por ejemplo el TLV y el PEL (Apéndice G). Esto significa que estos valores son a menudo mucho menores que los que se requieren para proteger al público de exposiciones asociadas con escapes poco frecuentes de materiales peligrosos.

Entonces es importante definir un nivel de concentración concerniente a la zona de vulnerabilidad. La EPA define este nivel como "la concentración en el aire de una sustancia extremadamente peligrosa por encima de la cual se presenten efectos serios e irreversibles en la salud o incluso cause la muerte como resultado de una única exposición durante un periodo de tiempo relativamente corto". Se sugiere utilizar de acuerdo con este organismo, un décimo de los niveles de IDLH publicados por NIOSH [Technica 1989].

Al igual que para las sustancias inflamables y explosivas, se requiere establecer las consideraciones necesarias para eliminar los casos menos peligrosos y enfatizar sobre aquellos que representen riesgos potenciales mayores hacia el ambiente, población o a los bienes.

Para poder llevar a cabo esta jerarquización de riesgos, se sugiere considerar lo siguiente: si la concentración dentro de una área determinada por una franja de 100 metros de longitud en torno de las instalaciones es mayor que el nivel máximo establecido, en este caso IDLH, debe realizarse un estudio más profundo sobre esta sección, equipo o situación de riesgo. Este criterio es una adaptación del establecido para sustancias inflamables que se encuentra en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, tomando en cuenta en este caso que el peligro inmediato es la toxicidad de la sustancia, en vez su grado de inflamabilidad.

También es posible utilizar la versión del índice de Dow correspondiente a Fuego, Explosión y Toxicidad.

Una tercera opción es utilizar el "Substance Hazard Index (SHI)" (Apéndice E). Este es un índice propuesto por la "Organization Resources Counselors (ORC)". Relaciona el grado de toxicidad con las presiones de vapor. Se recomienda realizar un análisis detallado del riesgo cuando el SHI es mayor que 5000.

5.2.4. Identificación detallada de peligros

En el apéndice A se presenta una tabla en la cual se describen

brevemente las características principales de los métodos de identificación de peligros utilizados comúnmente.

La identificación detallada de peligros como análisis preliminar, es una identificación de peligros particular de el proceso cuya profundidad depende del alcance y tipo de proceso, los fondos económicos disponibles, y la información a la cual se tenga acceso. La aplicación de algunos de éstos métodos, resulta a veces más laboriosa y requiere de un tiempo mayor, además de que se necesita la participación de un grupo experto suficientemente experimentado.

Dadas las características que la Industria Aceltera en México presenta, no es posible realizar un análisis profundo y detallado, ya que generalmente, no se cuenta con la información suficiente, son procesos antiguos y no hay una responsabilidad de ingeniería de procesos formal tal como la de la industria de procesos químicos.

Un método que por sus características resulta práctico, es el "FMEA", ya que la información requerida puede ser de carácter general y es un método sencillo de aplicar. Mediante este método se examinan las fallas que puede presentar una unidad de proceso, las consecuencias de falla y la probabilidad estimada de falla. Por lo tanto, dadas las características del análisis preliminar, el método FMEA puede utilizarse de una manera general, ayudando a establecer los escenarios de escape, como base firme para el análisis consecuente.

5.3. Análisis de consecuencia

El análisis de consecuencia involucra la integración de datos para construir los escenarios que caractericen el destino e impacto del material motivo del estudio, para que a partir de esta información se efectuen las metodologías de evaluación correspondientes.

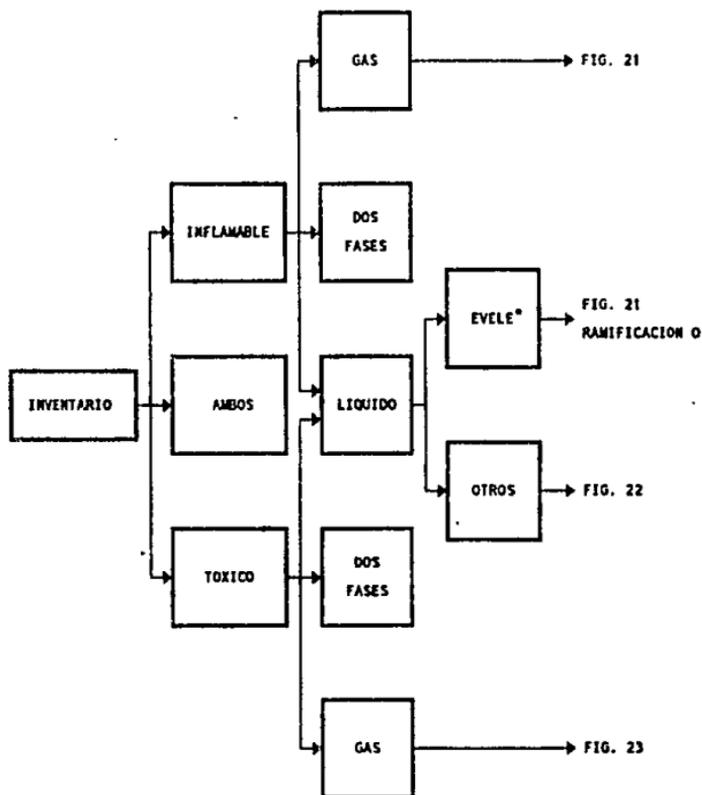
Las figuras 20, 21, 22 y 23 representan un esquema resumido de la evaluación de consecuencias por el escape, incendio y/o explosión de un material peligroso. Con la ayuda de este esquema es factible obtener el árbol o árboles de eventos que pueden ser empleados como guías para los cálculos de consecuencia. De acuerdo con la secuencia presentada, la cual se lee iniciando en la izquierda, se continua el árbol a través de las ramificaciones que apliquen según el caso estudiado. Como resultado se obtendrá un conjunto de indicaciones sugeridas a seguir para la realización del análisis de consecuencia.

5.3.1. Selección de secuencia de eventos

Resulta de gran importancia seleccionar la secuencia de eventos que pudieran presentarse de acuerdo con las características de la sustancia que

DETERMINACIONES
A REALIZAR

NATURALEZA DEL PELIGRO	FASE	FORMA DEL ESCAPE	ARBOL DE EVENTOS A APLICAR
------------------------	------	------------------	----------------------------



*EVELE: EXPLOSION DE VAPOR EN EXPANSION DE UN LIQUIDO EN EBULLICION

Fig. 20. Árbol de eventos para el análisis de consecuencia de un escape de materiales

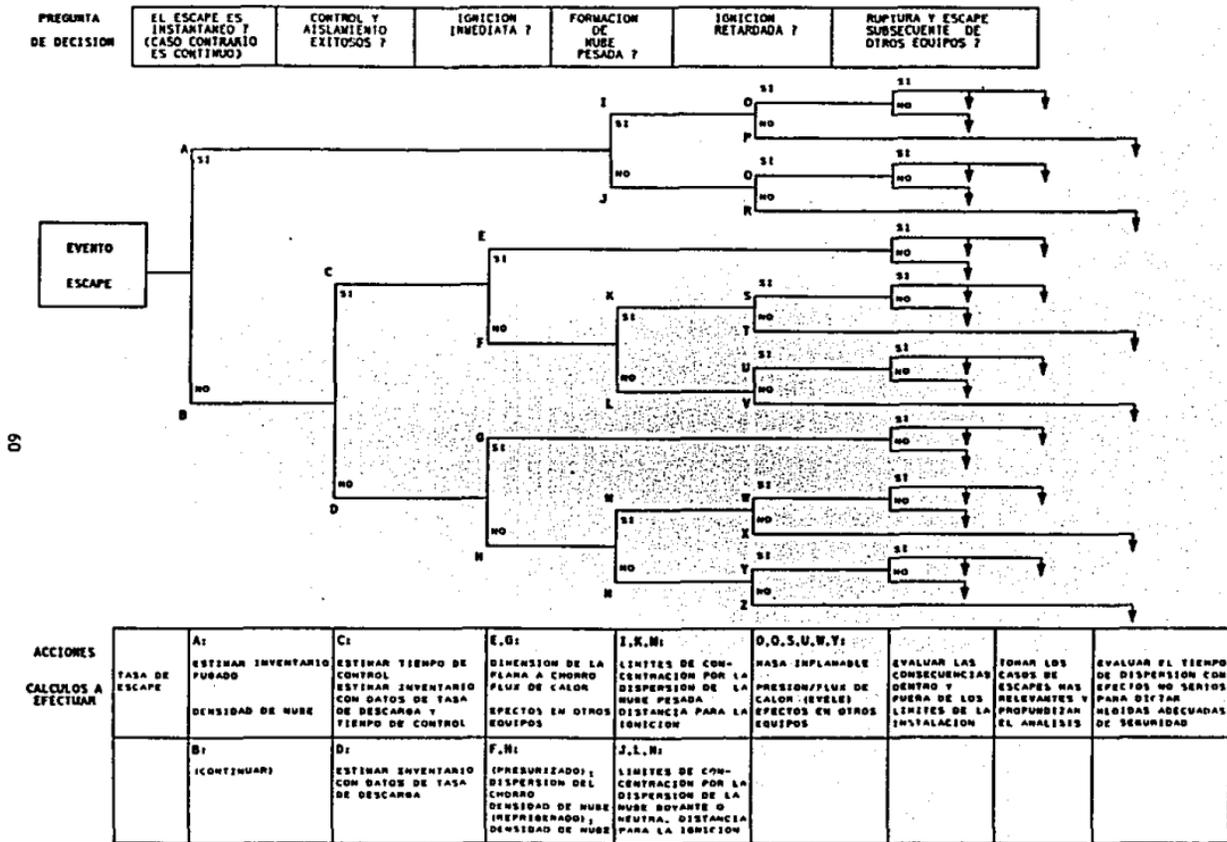


Fig. 21. Arbol de eventos para el escape de un gas inflamable

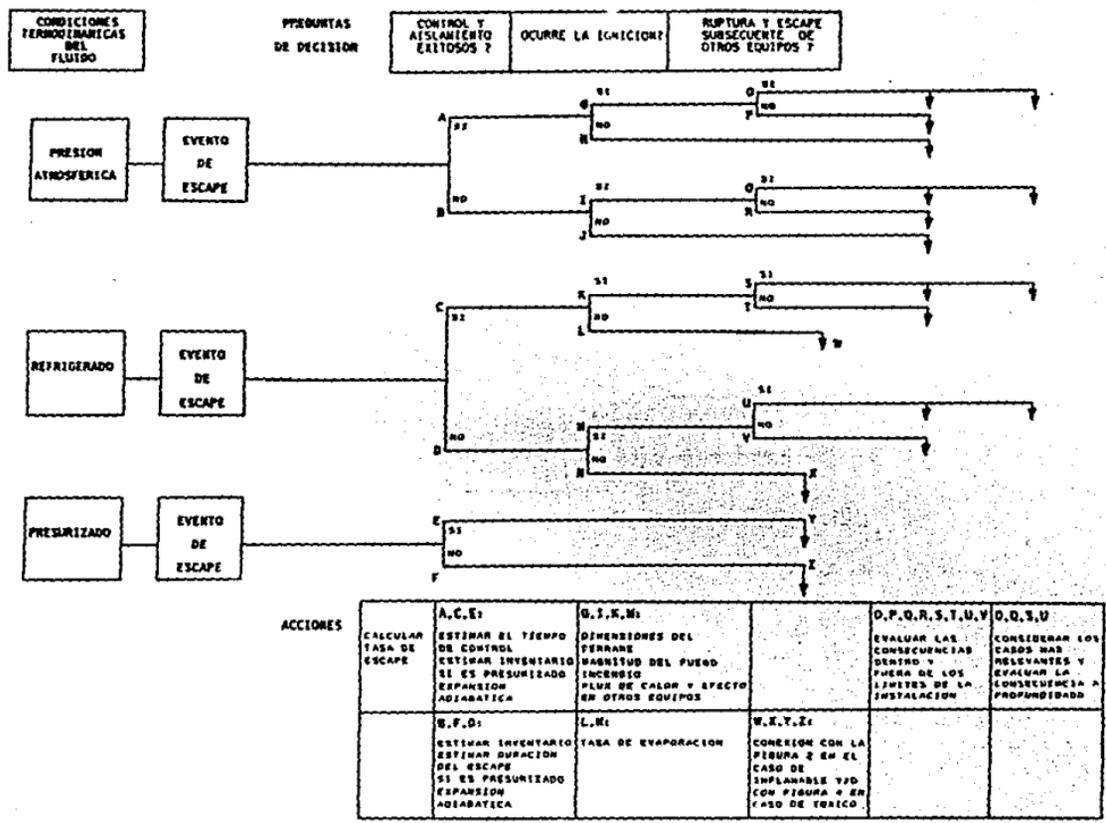
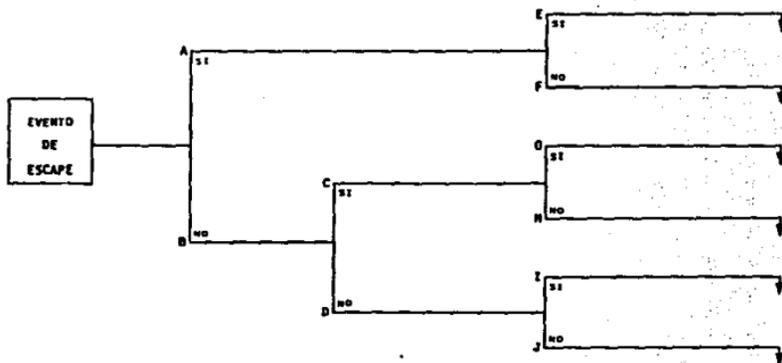


Fig. 22. Árbol de eventos para el escape de un líquido

PREGUNTAS
DE DECISION

INSTANTANEA ? (CASO CONTRARIO ES DESCARGA CONTINUA)	CONTROL Y AISLAMIENTO DEL ESCAPE EXITOSO ?	FORMACION DE NUBE PESADA ?
--	---	-------------------------------



ACCIONES

CALCULAR TASA DE ESCAPE	A1: ESTIMAR INVENTARIO DETERMINAR LA DENSIDAD DE LA NUBE	C1: ESTIMAR EL TIEMPO DE CONTROL DEL ESCAPE ESTIMAR INVENTARIO ESTIMAR DURACION DEL ESCAPE SI EL GAS ESTA PRESURIZADO CALCULAR LA DISPERSION DEL CHORRO SI EL GAS ESTA REFRIGERADO CALCULAR LA DENSIDAD DE LA NUBE	E, G, I1: DISPERSION DE LA NUBE PESADA RADIO DE LA ZONA DE VULNERABILIDAD	EVALUAR LAS CONSECUENCIAS HACIA LA POBLACION DENTRO Y FUERA DE LOS LIMITES DE LA INSTALACION
	B1: (CONTINUAR)	D1: LO MISMO QUE EN C1. EXCEPTO LA ESTIMACION DEL TIEMPO DE CONTROL	F, H, J1: DISPERSION DE LA NUBE NEUTRAL/ BOYANTE RADIO DE LA ZONA DE AFECTACION	

Fig. 23. Árbol de eventos para el escape de un gas tóxico

escapa, eligiendo las ramificaciones representativas del árbol de eventos correspondiente. Esta secuencia es un apoyo para realizar el análisis de consecuencia adecuada y ordenadamente. Las diversas secuencias de eventos pueden representar casos con consecuencias graves o mínimas, dependiendo de los factores de ponderación considerados.

Se recomienda que el análisis de consecuencia se lleve a cabo con base en dos secuencias: "caso grave o catastrófico" y "caso típico". El "caso típico" generalmente es una secuencia de eventos basada en las condiciones actuales de la industria aceitera. Es el caso más común que podría presentarse.

El "caso grave" representa un desencadenamiento de eventos, los cuales conducen a consecuencias catastróficas. Estos casos se clasifican como eventos "no creíbles", ya que se presentan muy difícilmente, bajo condiciones extremas. Sin embargo, se considera importante su análisis por traer los resultados más dañinos para la instalación y/o su entorno.

La consideración de una cadena de eventos que represente las consecuencias mínimas de daño no es fundamental, pues actualmente la industria aceitera en nuestro país muestra ciertas deficiencias en cuanto a aspectos de seguridad se refiere; dado que las industrias de este género surgieron propiamente en la década de los 40's y las condiciones de operación, manejo de equipo y tecnología continúan prácticamente sin modificación alguna.

Para poder establecer las secuencias de eventos con base en las figuras indicadas anteriormente, es necesario conocer las características de las sustancias estudiadas para determinar el comportamiento que presentarían al escaparse. Este comportamiento definirá los eventos que conformarán el árbol correspondiente al caso estudiado y a la sustancia. Para esta labor se hace indispensable el establecimiento de escenarios de escape, los cuales representen las situaciones a considerar.

5.3.2. Establecimiento de escenarios

Algunos expertos en la materia de riesgo [Lapp 1990] aseguran que los escenarios generales que pueden presentarse por escape o derrame de materiales se reducen a seis.

- a) Sobrepresión o sobrellenado
- b) Falla de procedimiento
- c) Por impacto
- d) Por falla de material
- e) Por mezcla explosiva o reacción
- f) Derrames no controlados

El término "por impacto" se refiere al choque sobre la instalación o equipo que pudiera presentarse algún evento anormal.

Además debe tomarse en cuenta la existencia de escenarios creíbles y no creíbles. Generalmente, entre los casos creíbles, que representan escenarios típicos, no se consideran aquellos escapes que involucran desastres naturales como tornados y temblores; ni aquellos accidentes ocasionados por el hombre, tales como el impacto de un avión en un tanque de almacenamiento; ni tampoco aquellos escapes ocasionados por la ocurrencia simultánea de dos o más eventos. Por ejemplo, la ruptura total de un tanque no se considera un escenario creíble pues es un evento que no sucede usualmente con poca probabilidad de ocurrencia.

Algunos criterios para definir un caso creíble son [CANACINTRA 1992]:

- 1) Una tubería hasta de 2 pulgadas de diámetro puede romperse completamente, no obstante, las tuberías con diámetro mayor no presentan usualmente rupturas con área mayor a 4 pulgadas cuadradas.
- 2) Los derrames en válvulas y sellos de bombas son relativamente frecuentes debido a la complejidad mecánica de estos dispositivos. Suelen tratarse como derrames creíbles en tuberías de área comparable.
- 3) Los escapes en válvulas de relevo son comunes, debido a falla mecánica o por mantenimiento por lo que son escapes creíbles.
- 4) Los rebalzos y derrames de químicos son creíbles como resultado de un mal funcionamiento de algún dispositivo simple. Un rebalzo en un tanque, causado por una falla en un indicador de nivel es creíble, no así una falla en un indicador y mal funcionamiento de una bomba simultáneamente.

En la tabla II se muestra una clasificación de casos creíbles y no creíbles.

Además de establecer un escenario en función del caso, es necesario determinar el tipo de escape que se presente, ya sea continuo o instantáneo, pues de esto dependerá el modelo de dispersión a aplicar.

Generalmente, para los casos típicos se considera un escape continuo, y para los casos catastróficos un instantáneo, no siendo esto una regla.

La EPA ha desarrollado un procedimiento rápido para definir si un evento instantáneo o es continuo, conjugando experiencia con unidades o equipos de proceso. La tabla III presenta una matriz de combinaciones de tipo de escenario para escoger el tipo de evento a aplicar.

Esta información permite establecer ciertos escenarios típicos que sirven de apoyo para el análisis de consecuencia, para poder obtener tasas de escape y tener una idea más adecuada del comportamiento que se presentará.

5.3.3. Tasa de escape

El primer cálculo a realizar al llevar a cabo el análisis de

TABLA II. Clasificación de credibilidad de casos de eventos

CASOS CREIBLES	Empaques Sellos de bombas Aberturas de área ≤ 2 pulg. ² en tuberías con diámetro mayor a 2 pulg. Válvulas Sobrellenado de tanques Aberturas de área ≤ 2 pulg. en recipientes Ruptura de tuberías con diámetro menor a 2 pulg.
CASOS NO CREIBLES	Falla total del tanque Fallas masivas de recipientes Ruptura total de tuberías con diámetro mayor a 2 pulg.

CANACINTRA 1992

TABLA III. Escenarios típicos de escapes

Forma inicial del escape	Tipo de escape	Categoría de evento o fuente
Gases	Quemador Chimeneas, válvulas de relevo, venteos. Fugas de gases: tanques, tuberías, bombas, compresores, reactores. Aberturas instantáneas de equipo	Puntual continua Puntual continua Puntual continua Volumétrica instantánea
Líquidos	Descarga continua por válvula de relevo (2 fases), fugas de tanques a 2 fases. Descarga instantánea por válvula de relevo en 2 fases Fugas de líquidos -tuberías no presurizadas- (volatilidad baja): continua, finita. Fugas de líquidos -tanques (volatilidad baja). Fugas de líquidos -tuberías (alta volatilidad). Fugas de líquidos -tanques (alta volatilidad).	Puntual continua Puntual instantánea Área continua Área continua Puntual continua Puntual continua

CANACINTRA 1992

consecuencia, según la secuencia de eventos correspondiente, es el relacionado con la tasa de escape, la cual representa la cantidad de fluido que se escapa o derrama por unidad de tiempo.

La base de los cálculos de descarga reside en el establecimiento de las condiciones del fluido escapado y las características físicas asociadas, tales como el tamaño del orificio y la duración del escape.

5.3.3.1. Tamaño de abertura

El Banco Mundial [1985] sugiere la aplicación de reglas generales para la estimación del tamaño de la abertura y la localización de sitios que a través del análisis estadístico de reportes internacionales han surgido como representativos de eventos de escapes de materiales peligrosos. La tabla IV presenta en forma esquemática los componentes de proceso típicos asociados a las fallas y el tamaño recomendado a aplicar.

5.3.3.3. Tiempo de escape

En lo que respecta al tiempo de escape, existen diversos criterios referentes a la clasificación del tipo de escape considerado (instantáneo o continuo). Grupos especializados en este campo en los E.U. proponen considerar que los escapes continuos más comunes tienen una duración entre 10 minutos y media hora. Aunque en muchas plantas grandes les toma entre 5 y 10 minutos reconocer la existencia de una fuga, otros minutos identificar el punto de fuga exacto y de 5 a 10 minutos adicionales detener el flujo. En plantas pequeñas el tiempo total para detener una fuga, se considera de 15 minutos.

5.3.3.4. Tipos de escape

Entre los tipos de escape se pueden citar los siguientes.

a) Charco de líquido con evaporación

Puede resultar la formación de un charco de un líquido por la ocurrencia de fallas en tanques presurizados, daños a accesorios, fatiga de metal o fallas en la soldadura en tanques atmosféricos o contenedores. El líquido derramado se contendrá si existe un dique o canales de drenaje. La masa potencial de vapor a volatilizarse dependerá del área del charco, de las propiedades del líquido, de la temperatura ambiente y de la velocidad del viento.

Tabla IV. Componentes de proceso típicos asociados a fallas

COMPONENTE	FALLA TÍPICA	TAMAÑO
Tuberías: tuberías, bridas, uniones, codos	1. Fuga por brida (empaquete) 2. Fuga por tubería 3. Falla de la unión- codo	20% el diámetro de la tubería Entre el 100% y el 20% del diámetro Entre el 100% y el 20% del diámetro
Conexiones flexibles: tuberías flexibles, brazos articulados, etc.	1. Fuga por ruptura en tubería 2. Fuga por conexión y empaquete 3. Falla en todo el mecanismo de conexión	Entre el 100% y el 20% del diámetro 20% de su diámetro 100% de su diámetro
Filtros: filtros, coladeras	1. Fuga por el elemento filtrante 2. Fuga por la tapa de filtro	Entre el 100% y el 20% de el diámetro 20% del diámetro de la tubería
Válvulas: bola, compuerta, globo, plug, aguja, mariposa, relevo, retención, etc.	1. Fuga por el cuerpo de la válvula 2. Fugas por conexiones 3. Fuga por el vástago de la válvula	Entre el 100% y el 20% de el diámetro de la tubería 20% el diámetro de la tubería 20% el diámetro de la tubería
Recipientes: a presión, separadores, de proceso, scrubbers, contactores, reactores, cambiadores de calor, columnas, calentado- res a fuego directo, rehervidores	1. Fuga por ruptura del recipiente (ruptura total) 2. Fuga por tapa del "manhole" 3. Falla de la boquilla conectora 4. Falla en la línea del instrumento 5. Explosión interna	100% de su diámetro 20% el diámetro de la abertura 100% de su diámetro Entre el 20% y 10% de su diámetro Ruptura total
Bombas: centrífugas, reciprocantes	1. Falla de la coraza 2. Fuga por el estopero	Entre el 100% y 20% el diámetro de la tubería 20% el diámetro de la tubería
Compresores: centrífugas, axiales, reciprocantes	1. Falla de la coraza 2. Fuga por el estopero	Entre el 100% y 20% el diámetro de la tubería 20% el diámetro de la tubería
Tanques de almacena- miento: presuriza- dos/refrigerados, de transporte, enterrados	1. EVELE (sólo tanques no enterrados) 2. Ruptura 3. Fuga en las conexiones	Ruptura total:fuego Ruptura total Entre el 100% y 20% el diámetro de la tubería
Quemadores/chimenea de venteo: distribui- dores, scrubbers de venteo, tanques amori- guadores.	1. Fuga por tanque dis- tribuidor	Entre el 100 y 20% el diámetro de la tubería

b) Puffs instantáneos

Pueden resultar de fallas catastróficas de tanques a presión, daños a accesorios, fatiga de metal o fallas en la soldadura en recipientes o conexiones.

Un escape explosivo puede provocar que una fracción grande del material contenido del tanque forme una nube de aerosol. A menudo este tipo de falla catastrófica puede producir una nube vapor-aerosol y un charco líquido. Es prácticamente imposible saber la cantidad exacta que queda en el charco y que es aerosol, sin embargo, se puede calcular en forma aproximada la fase vapor. Generalmente se considera que la fracción de aerosol es el doble de la de vapor. Una opción alternativa es suponer que la nube aerosol-vapor contiene entre el 50 y 70% de la masa escapada.

c) Chorros de vapor o líquido

Los chorros líquidos o de vapor que puede escapar de un tanque presurizado ocurren cuando la presión corriente arriba a través de un orificio es mayor que el doble de la presión corriente abajo. Esos escapes quedan limitados por la velocidad sónica o crítica.

d) Chorros a dos fases

Los chorros a dos fases involucran un chorro líquido inicial que al atravesar un orificio largo desarrolla un flasheo en el ducto; este flujo "flash" se caracteriza por ser turbulento que sale a velocidad sónica. A menudo no hay formación de charcos mientras el líquido sale de la tubería como un aerosol debido a la turbulencia. Las velocidades de salida para escapes a dos fases son mayores que aquellas para líquidos debido a la expansión de la fase gaseosa.

5.3.3.4. Cálculo de la tasa de escape

Existen diversas metodologías que pueden aplicarse para calcular tasas de escape. Estas metodologías usualmente tienen como fundamento principal la especificación del tipo de escape. De una manera general, la tasa de escape se obtiene mediante el balance de materia y datos del proceso, de donde se obtienen los factores: tamaño de la abertura, tiempo probable de escape y tipo de escape. En el apéndice F se incluye una metodología para el cálculo de tasas de escape.

5.3.4. Modelos de dispersión

La naturaleza de los procesos de emisión y vaporización determina la situación de dispersión a considerar.

Las fuentes de escape se clasifican de la manera siguiente:

- 1) Fuente puntual instantánea
- 2) Fuente continua
 - a) Fuente puntual
 - b) Fuente área
 - c) Fuente línea

Cuando el escape se lleva a cabo con energía cinética alta, la emisión es un chorro y se aplica el modelo correspondiente al momento turbulento.

Es práctica común el uso de técnicas de modelamiento de la dispersión para simular escapes y predecir concentraciones viento abajo.

5.3.4.1. Dispersión de "puffs" y "plumas"

Existen diversos modelos de dispersión, los más aplicados son: el modelo de dispersión de pluma gaussiana y el modelo de nube tipo "puff".

La dispersión de gases ha sido estudiada ampliamente encontrándose diversas ecuaciones base de cálculo. Entre las más utilizadas se hallan las de Sutton (1953), Gifford (1961) y Pasquill (1962) [Lees 1991].

a) Modelo de dispersión de pluma gaussiana

Este modelo establece el cálculo de la concentración de un contaminante dado en función a una ecuación de tipo gaussiana. De acuerdo con las bases de esta ecuación comúnmente aplicada a la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por chimeneas, la concentración (C) en un punto (x,y,z) viento abajo de una fuente puntual de emisión, depende de los mecanismos de convección atmosférica (turbulencia atmosférica) que son ejercidos sobre el contaminante, así como de factores de distribución probabilística de dispersión lateral y vertical. En estos modelos se considera que la especie contaminante es emitida por una fuente emisora puntual con una tasa de descarga constante. El modelo supone que la concentración resultante representa la concentración que se obtendría con una supuesta medición en ese punto específico para un tiempo de muestreo de 10 minutos, y un conjunto específico de condiciones meteorológicas.

El patrón geométrico de la pluma sería representado por un "cono" creciente con su vértice localizado precisamente en la fuente puntual, tal como se muestra en la fig. 24.

b) Modelo de nube tipo "puff"

Cuando el tiempo de formación de la nube es muy pequeño comparado con el tiempo de viaje de la misma, la nube se considera instantánea o "puff". La modelación de esta situación puede hacerse también con un modelo de tipo gaussiano. La figura 25 muestra su representación idealizada.

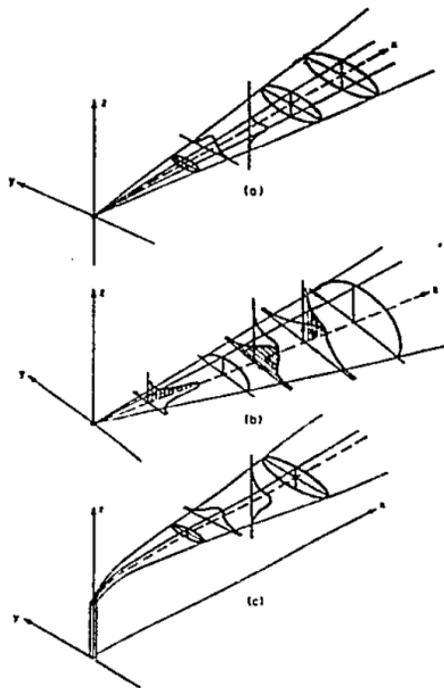


Fig. 24. Esquema de la dispersión gaussiana. (a) concepto de la fuente puntual en el espacio; (b) fuente puntual a nivel del suelo; (c) fuente puntual elevada.

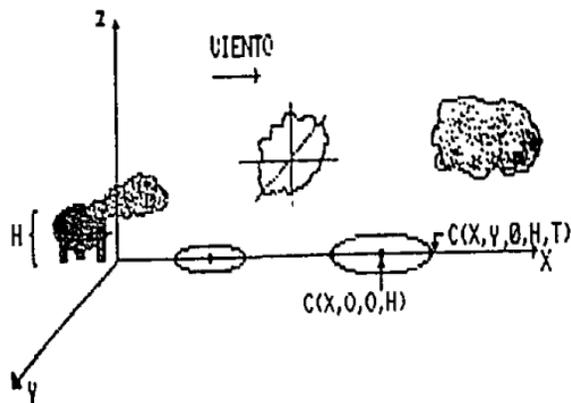


Fig. 25. Esquema idealizado de la formación de un "puff" y su comportamiento respecto al tiempo de una sustancia muy volátil.

No existe, actualmente un método para precisar el tipo de escape que se presentará.

5.3.4.2. Elección del modelo: instantáneo o continuo

Ya se ha mencionado en las secciones anteriores, que para aplicar un modelo de dispersión es necesario conocer la naturaleza del escape. No existe aún un modelo con el cual se pueda precisar el tipo de escape que se presentará, ya que la situación estará definida de acuerdo con las características propias del material, la cantidad, las características de la fuente y las condiciones de dispersión atmosférica, cuyas variaciones son constantes. El esquema de la fig. 26 representa un árbol de decisión para determinar el modelo a aplicar para la dispersión.

5.3.4.3. Dispersión de gases pesados

Muchos gases peligrosos tales como cloro, amoníaco y algunos hidrocarburos son capaces de producir una nube más pesada que el aire, por esta razón se espera que la diferencia de densidades provoque un efecto apreciable en el comportamiento de la nube.

El que un escape de gas particular forme una nube gaseosa más pesada que el aire depende de factores tales como el peso molecular del gas, temperatura del gas y temperatura y humedad del aire del ambiente.

Con el objeto de definir si la nube que escapa es pesada y de boyancia neutra o positiva, es necesario aplicar procedimientos para definir esta característica. A continuación se presentan dos métodos que permiten definir dicho comportamiento.

a) Densidad relativa de escapes instantáneos

- 1) Calcular M_s

$$M_s = \frac{\sum m_n}{\sum (m_n/H_n)}$$

2) Si $\frac{T_s}{M_s} \approx \frac{T_a}{28.9}$

la dispersión no estará afectada por los efectos de boyancia negativa.

- 3) Si el número de Richardson:

$$Ri = \left[\frac{M_s}{28.9} \frac{T_a}{T_s} - 1 \right] \frac{V_1^{1/3}}{u^2} \approx 30$$

se deben considerar los efectos de boyancia negativa.

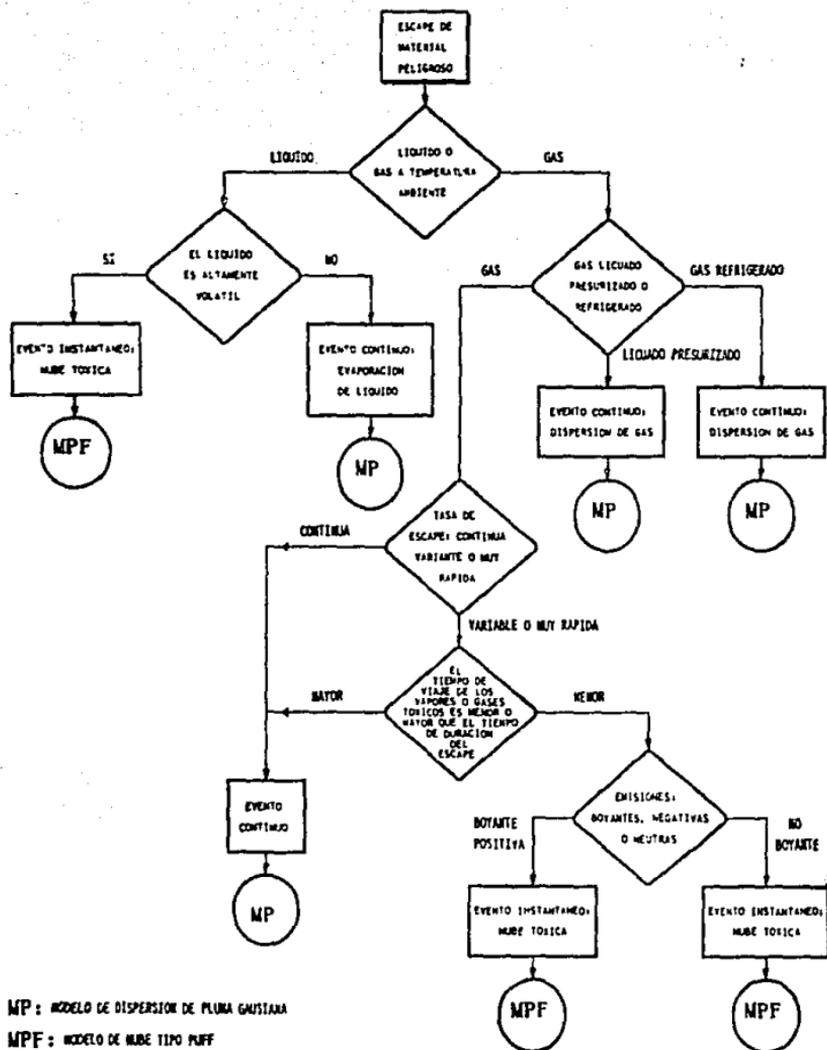


Fig. 26. Árbol de decisión para determinar el tipo de evento y modelo a aplicar para la dispersión

- ρ_v = Densidad del gas o vapor (g/cm^3)
- m_n = Masa de cada constituyentes (g)
- M_n = Peso molecular de cada constituyente
- u = Intensidad del viento (m/s)
- T_s = Temperatura del material escapado (K)
- T_a = Temperatura ambiente (K)
- M_s = Peso molecular del material escapado
- V_i = Volumen escapado (m^3) [calculado en base a la densidad y la cantidad escapada]
- ρ_a = Densidad del aire (g/cm^3)

b) Densidad relativa de escapes continuos

1) Calcular M_s

2) Si $\frac{T_s}{M_s} \geq \frac{T_a}{28.9}$ la dispersión no estará afectada por los efectos de boyancia negativa.

3) Calcular el número de Richardson:

$$Ri = \left[\frac{M_s}{28.9} \frac{T_a}{T_s} - 1 \right] \frac{V}{u d^3} \geq 30 \quad \text{donde: } V = \frac{q_v M V}{M_s}$$

alternativamente, puede ser utilizada la densidad del vapor si es conocida:

$$\rho_v = [4V/(u \times \pi)]^{0.5}$$

Si $Ri \geq 30$ debe considerarse el efecto de boyancia negativa.

5.3.4.4. Efectos de la meteorología

El éxito de la aplicación de los modelos de dispersión depende en gran medida de la representatividad de los parámetros meteorológicos introducidos como datos base. Los modelos gaussianos requieren básicamente de dos parámetros:

- 1) Dirección e intensidad del viento local de superficie
- 2) Estabilidad atmosférica

Para identificar aquellas condiciones meteorológicas requeridas para los modelos de dispersión, es necesario establecer los escenarios meteorológicos que representarán los impactos más probables y los más peligrosos.

La "intensidad de viento" controla que tan rápido un compuesto gaseoso será transportado horizontalmente a partir de la fuente, así como qué cantidad de aire de dilución será mezclado con la masa del gas emitido (mientras más baja sea la intensidad del viento, habrá menor dilución y será mayor el impacto).

La "dirección del viento" define qué área receptora será impactada tomando como punto de referencia la fuente. Si se tiene una dirección del viento dominante con un mínimo de variación se tendrá una maximización del impacto, especialmente si esa dirección es hacia un receptor o grupo de receptores numeroso y sensible, como es el caso de una población.

La "estabilidad atmosférica" afecta la tasa a la cual será transportado el contaminante en la vertical (mientras más estable sea la atmósfera, más baja será su tasa de transporte o dilución vertical).

Existen numerosos métodos para estimar la clase de estabilidad atmosférica para un momento dado, sin embargo, en la gran mayoría de las situaciones se carece de todos los datos requeridos para aplicar las diversas metodologías. Por este motivo, ya se han implementado procedimientos rápidos de clasificación de la estabilidad atmosférica, con base en parámetros meteorológicos que son comúnmente registrados en estaciones meteorológicas, o bien que pueden ser obtenidos por cualquier observador.

El procedimiento conocido como "Clasificación de Pasquill de la Estabilidad Atmosférica" requiere del conocimiento de dos parámetros: la intensidad del viento y el tipo de radiación solar recibida durante el día o bien el estado del cielo cubierto por nubosidad durante la noche.

Las categorías de estabilidad de Pasquill se utilizan para definir los coeficientes de dispersión en las ecuaciones de Pasquill-Gifford y los parámetros en la ecuación de Pasquill.

Las tablas V y VI muestran las clases de estabilidad y los parámetros para su determinación de acuerdo con Pasquill.

Tabla V. Descripción de clase de estabilidad

Clase de estabilidad	Descripción de la clase
A	Extremadamente inestable
B	Inestable
C	Ligeramente inestable
D	Neutra
E	Ligeramente estable
F	Estable o muy estable

Tabla VI. Parámetros para la determinación de la estabilidad atmosférica por Pasquill

Intensidad de viento a 10 m. [m/s]	DÍA			NOCHE	
	Radiación solar recibida (categoría de insolación)			Nublado ligero ó $\geq 4/8$ de cielo cubierto	$\leq 3/8$ de cielo cubierto
	Fuerte	Moderada	Débil		
<2	A	A-B	B	-	-
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

* Se debe suponer la clase "D" para condiciones de nublado total durante el día o la noche. Noche se define como el periodo comprendido entre una hora antes de la puesta del sol y una hora después de la salida del sol.

CAMACINTRA 1992

5.3.4.5. Modelo de Pasquill-Gifford

Este modelo de tipo gaussiano, representa una forma alternativa a las ecuaciones de Sutton presentadas por Pasquill (1961,1962) y valores de coeficientes de dispersión obtenidos por Gifford (1961) [Lees 1991].

Las ecuaciones utilizadas a nivel de suelo son las siguientes:

1) Fuente puntual Instantánea

$$C(x,y,z) = \frac{2Q^*}{(2\pi)^{2/3} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left[-\frac{1}{2} \left[\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2} \right] \right]$$

donde las coordenadas x,y,z son medidas desde un origen imaginario que se mueve con la nube a la velocidad del viento, u.

2) Fuente puntual continua

$$C(x,y,z) = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp \left[-\frac{1}{2} \left[\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2} \right] \right]$$

donde:

C = Concentración (kg/m^3)

Q_0 = Masa escapada instantáneamente (kg)

Q = Tasa de masa escapada en forma continua (kg/s)

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ = Desviaciones estándar o coeficientes de dispersión en viento abajo, cruzado y vertical en las direcciones x, y, z (m)

u = Velocidad principal del viento en dirección x (m/s)

H = Altura de la fuente (m)

Los coeficientes de dispersión σ_y, σ_z se pueden obtener haciendo uso de algunas ecuaciones ya establecidas. Las ecuaciones para fuentes continuas son aplicables solo para periodos de tiempo de aproximadamente 10 minutos. Para periodos mayores, la concentración viento abajo de la fuente es menor debido a las fluctuaciones naturales del viento. Este efecto puede tomarse en cuenta para periodos entre 10 minutos y 2 horas usando la aproximación sugerida por Turner: $C \propto t^{-0.17}$, donde t es el tiempo.

Los valores para los coeficientes de dispersión mejor estimados son aquellos dados por Turner. Estos coeficientes se muestran en la tabla VII. Las curvas de las figuras 27 y 28 se basan en estas aproximaciones. La estimación de σ_z puede presentar pequeñas desviaciones en condiciones estables e inestables. La incertidumbre en la estimación de σ_y generalmente es menor a la de σ_z . Normalmente se asume que σ_x es igual a σ_z para el caso de la dispersión de puffs.

5.3.4.6. Distancia virtual para fuentes área o nubes instantáneas

Cuando se trabaja en la simulación de fuentes área de emisiones continuas e instantáneas, o bien el caso de los contaminantes que forman una nube cubriendo un área significativa formando una semifuente área, se debe considerar que todos los valores de coeficientes de dispersión han sido obtenidos para fuentes puntuales localizadas al origen de la dispersión, por lo que una fuente área debería considerarse como una fuente puntual imaginaria localizada atrás de la fuente área a fin de ajustarse a la teoría gaussiana de la fuente puntual. La figura 29 representa esta consideración.

a) Procedimiento para fuentes área

1) Determinar el ancho del área fuente y estimar el parámetro de la dispersión horizontal por:

$$\sigma_{y0} = w/4.3 \quad \text{donde } w = \text{ancho de la fuente área (m)}$$

2) Determinar la distancia viento abajo correspondiente al parámetro de dispersión horizontal inicial despejando de cualquiera de las ecuaciones

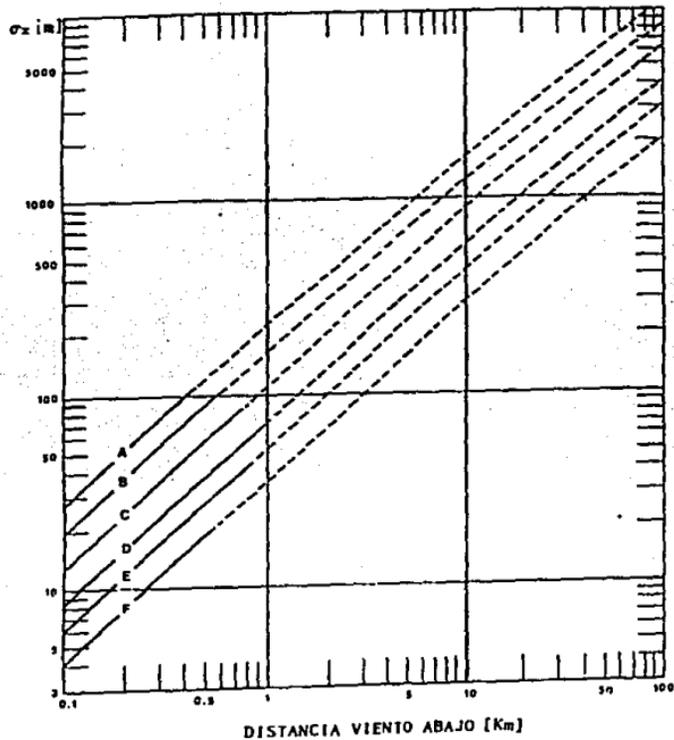


Fig. 27a. Parámetros meteorológicos para las ecuaciones de Pasquill-Gifford para fuente continua: coeficiente de dispersión por viento cruzado σ_y .

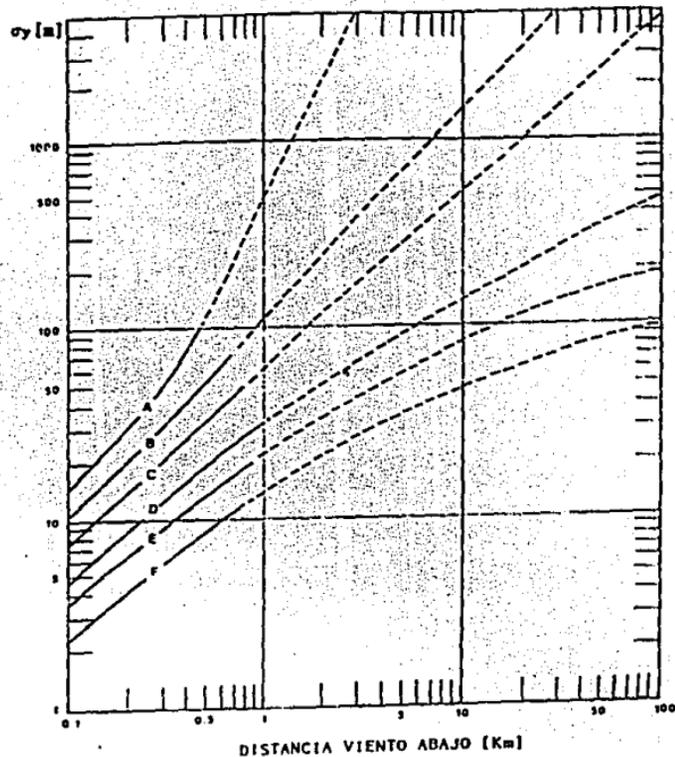


Fig. 27b. Parámetros meteorológicos para las ecuaciones de Pasquill-Gifford para fuente continua: coeficiente de dispersión por viento vertical σ_z .

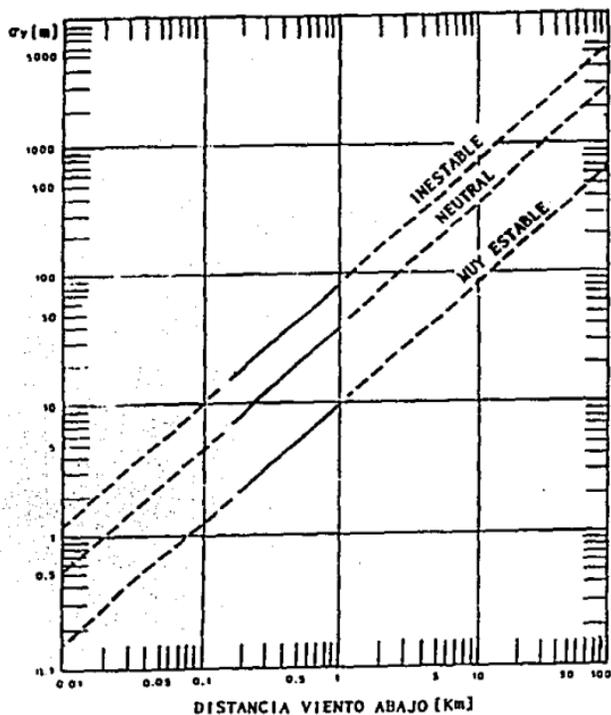


Fig. 28a. Parámetros meteorológicos para las ecuaciones de Pasquill-Gifford para fuente instantánea: coeficiente de dispersión por viento cruzado σ_y .

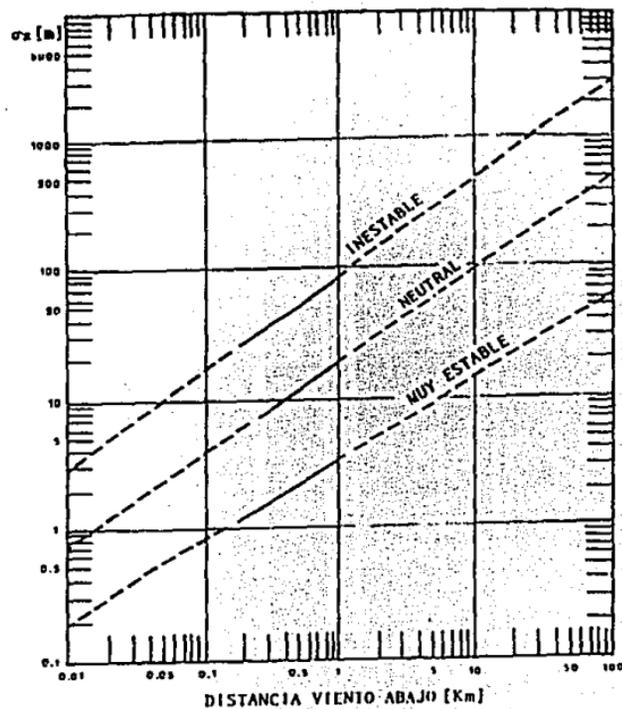


Fig. 28b. Parámetros meteorológicos para las ecuaciones de Pasquill-Gifford para fuente instantánea: coeficiente de dispersión por viento vertical σ_z .

Tabla VII. Parámetros meteorológicos para las ecuaciones de Pasquill-Gifford

* COEFICIENTES DE DISPERSION (FUENTES CONTINUAS)		x			
A	$\sigma_y = 0.493x^{0.88}$ $\sigma_z = 0.087x^{1.10}$ $\log \sigma_z = -1.67 + 0.902 \log_{10} x + 0.181(\log_{10} x)^2$	100 < x < 300	300 < x < 3000		
B	$\sigma_y = 0.337x^{0.88}$ $\sigma_z = 0.135x^{0.95}$ $\log \sigma_z = -1.25 + 1.09 \log_{10} x + 0.0018(\log_{10} x)^2$	100 < x < 500	500 < x < 2x10 ⁴		
C	$\sigma_y = 0.195x^{0.90}$ $\sigma_z = 0.112x^{0.91}$	100 < x < 10 ⁵			
D	$\sigma_y = 0.128x^{0.90}$ $\sigma_z = 0.093x^{0.85}$ $\log \sigma_z = -1.22 + 1.08 \log_{10} x + 0.081(\log_{10} x)^2$	100 < x < 500	500 < x < 10 ⁵		
E	$\sigma_y = 0.091x^{0.91}$ $\sigma_z = 0.082x^{0.92}$ $\log \sigma_z = -1.19 + 1.04 \log_{10} x + 0.070(\log_{10} x)^2$	100 < x < 500	500 < x < 10 ⁵		
F	$\sigma_y = 0.067x^{0.90}$ $\sigma_z = 0.057x^{0.80}$ $\log \sigma_z = -1.91 + 1.37 \log_{10} x + 0.019(\log_{10} x)^2$	100 < x < 500	500 < x < 10 ⁵		
CE COEFICIENTES DE DISPERSION (FUENTES CONTINUAS)					
CONDICION DE ESTABILIDAD		x = 100 m		x = 4000 m	
		σ_y (m)	σ_z (m)	σ_y (m)	σ_z (m)
Inestable		10	15	300	220
Neutral		6	3.8	120	50
Muy estable		1.3	0.75	35	7

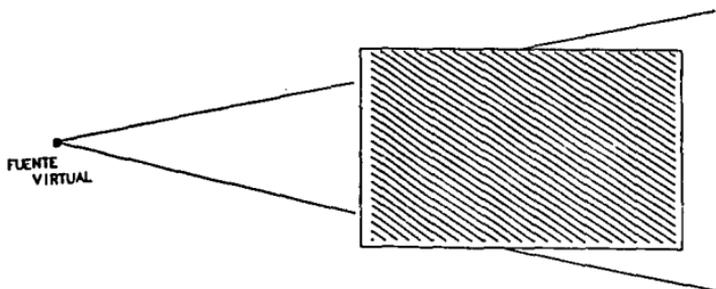


Fig. 29. Distancia Virtual para Fuente Área

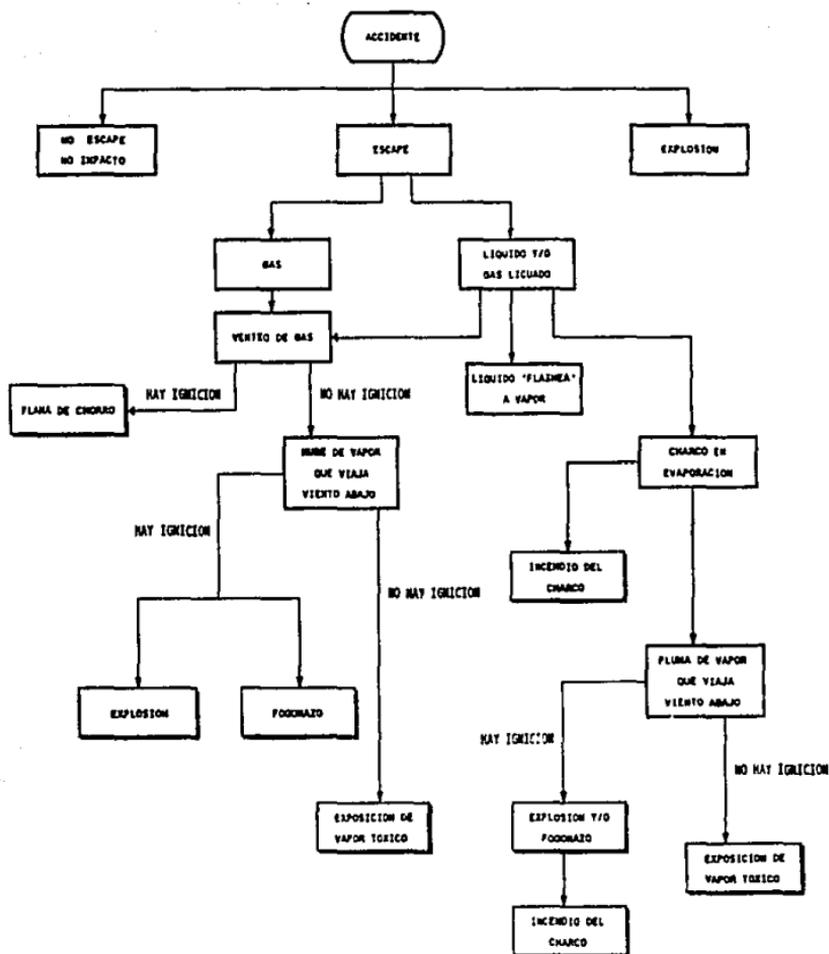


Fig. 30. Árbol de eventos representativo de un escape de materiales

disponibles. Esta es la distancia virtual, x_v (m).

3) Para ambos casos, fuentes continua e instantánea, la dispersión puede calcularse utilizando la distancia corregida x_y (m).

$$x_y = (x_r + x_v) \quad \text{donde } x_r \text{ es la distancia de cada receptor al centro de la fuente área}$$

Ahora la estimación de los parámetros de dispersión se realiza con x_y .

4) Para las comparaciones de la distancia relativa fuente-receptor a la posición de las concentraciones máximas, se debe utilizar la distancia, x_r .

b) Procedimiento para nubes o escapes volumétricos

Este procedimiento se recomienda para escapes de contaminantes a nivel de suelo.

1) Usar la misma técnica para determinar la distancia virtual x_v del caso anterior.

2) Determinar la profundidad de la fuente volumen y el parámetro inicial de dispersión mediante:

$$\sigma_{z0} = H_v/2.15 \quad \text{donde } H_v \text{ es la profundidad de la nube}$$

3) Determinar la distancia viento abajo correspondiente al parámetro inicial de dispersión. Esta distancia es la distancia virtual puntual vertical, x_{vz} .

4) Para ambos casos fuente instantánea y continua, la estimación horizontal se realiza determinando los parámetros de dispersión vertical y horizontal (σ_y y σ_x) con:

$$x_y = (x_r + x_v) \quad \text{y} \quad x_z = (x_r + x_{vz})$$

5.3.5. Análisis de consecuencia de escapes

Cuando se presenta un escape, existen diferentes eventos que pueden desencadenarse para dar lugar a nubes tóxicas, incendios o explosiones de características variadas. Esto se encuentra principalmente en función de las propiedades del material escapado y de la cantidad escapada. Un esquema representativo de los eventos principales que podrían desencadenarse a partir de un accidente se presenta en la fig. 30.

En general, los tres casos que pueden presentarse con sus variaciones correspondientes son:

- 1) Escape de nubes tóxicas
- 2) Escape de nubes inflamables
- 3) Escape de nubes explosivas

Para cada uno de estos casos existen parámetros específicos para la determinación de las consecuencias de estos eventos. Para una nube tóxica, el parámetro principal es la concentración existente en el área de dispersión de la nube; para nubes inflamables la concentración de sustancia es importante, pero no precisamente por los efectos que causa dicho tóxico en el hombre, sino porque los límites de inflamabilidad de una sustancia están en función de la concentración; esto sucede de igual manera con los límites de explosividad para el caso de nubes explosivas. Los dos parámetros restantes son, para el caso de nubes inflamables y explosivas respectivamente: el flux de radiación calorífica y las ondas de sobrepresión. De tal manera, que conociendo la concentración, radiación calorífica y ondas de sobrepresión en función de la distancia, es posible pronosticar el alcance potencial de los daños que serían causados por la ocurrencia de algún evento.

5.3.5.1. Análisis de consecuencia de nubes tóxicas

El escape de un material tóxico, es uno de los peligros mayores en las plantas de proceso, pues puede traer consigo consecuencias muy graves, dependiendo de las características propias de la sustancia y las condiciones de exposición. El parámetro fundamental, que en este caso aplica es la concentración, debido a que siempre se tendrá un límite de concentración crítica, la cual puede causar efectos serios a las personas o al medio ambiente. La tabla VIII muestra los efectos de diferentes concentraciones para algunos gases tóxicos comúnmente manejados en la industria.

El análisis de consecuencia para una nube tóxica puede resumirse en dos pasos. El primero consiste en establecer un perfil de concentraciones con respecto a la distancia recorrida por la nube, en función de las características del escape y condiciones de estabilidad atmosférica. Esto implica la aplicación de un modelo de dispersión. En la actualidad existen diversos programas correspondientes a modelos de dispersión, que son aplicables para casos diferentes. Entre estos modelos se encuentran: SLAB, SCRENTOX y el TOXGAS MODEL.

El segundo paso consiste en evaluar el alcance de las consecuencias potenciales ocasionadas por el evento, para así establecer una "zona de vulnerabilidad", de acuerdo con la toxicidad de la sustancia de estudio y el perfil de concentraciones obtenido respecto a la distancia viento abajo.

La zona de vulnerabilidad es generalmente aquella área geográfica en la cual la concentración de una sustancia que escapa accidentalmente puede alcanzar una concentración crítica que puede causar efectos serios. La concentración crítica es por lo general el valor de IDLH ("Immediately Dangerous to Life and Health"). El trazo de un área circular que abarque este límite de concentración representa la zona que en caso de una contingencia debería ser evacuada. El diámetro de esta área depende de la cantidad de

Tabla VIII. Efectos de diferentes concentraciones de algunos gases tóxicos

Gas	Concentrac. (ppm)
Amoniaco	
TLV	25
Concentración detectable por olor.	20
Concentración causante de irritación severa en garganta, fosas nasales y tracto superior nasal.	400
Concentración causante de irritación de ojos severa.	700
Concentración causante de tos, espasmos bronquiales, posible muerte para exposición menor a media hora.	1700
Concentración causante de edema, estrangulación, asfixia, fatal casi inmediatamente.	5000
Monóxido de carbono	
TLV	50
Concentración inhalable durante una hora, sin mostrar efecto apreciable.	400-500
Concentración causante de un apenas apreciable efecto durante exposición de una hora.	600-700
Concentración causante de síntomas desagradables pero no peligrosos durante exposición de una hora.	1000-1200
Concentración peligrosa para exposición de una hora.	1500-2000
Concentración fatal para exposición menor de una hora.	4000
Cloro	
TLV	1
Concentración mínima detectable por olor	3.5
Concentración mínima causante de irritación en la garganta y tos.	15-30
Concentración peligrosa para exposición de media hora.	40-60
Concentración probable fatal después de unas cuantas respiraciones.	1000
Ácido sulfhídrico	
TLV	10
Concentración causante de síntomas ligeros después de exposición durante varias horas.	70-150
Concentración máxima inhalable durante una hora sin provocar efectos serios.	170-300
Concentración peligrosa para exposición de media hora.	400-700

sustancia escapada, del nivel de concentración límite seleccionado y de las condiciones meteorológicas. En la figura 31 se muestra un esquema conceptual del trazo de la zona de vulnerabilidad.

La EPA recomienda considerar como zona de vulnerabilidad el área confinada dentro de un círculo cuyo radio está definido por la distancia que una nube deberá viajar hasta que su concentración vaya decreciendo en fracciones del valor IDLH. Los niveles aceptables se consideran, por parte de la EPA, a un 10% del valor IDLH. Cuando no se cuenta con valores del IDLH, puede aplicarse algún criterio sobre otros niveles de concentración.

En el apéndice G se presentan algunas definiciones de concentraciones utilizadas como críticas.

5.3.5.2. Análisis de consecuencia de nubes inflamables

El mecanismo primario de daño o lesión, consecuencia de un incendio es la radiación térmica. Dependiendo de las circunstancias y condiciones existentes durante un evento, resultará un incendio diferente. Después de una revisión bibliográfica con respecto a este tema, se consideran cuatro casos generales referentes al escape de un material inflamable, al realizar un análisis de este tipo. Esta categorización se lleva a cabo de acuerdo al tipo de flama, ya que un factor importante en la evaluación de las causas y efectos del fuego es reduce a los casos siguientes.

a) Flamas de charco

Tienen lugar cuando hay un derrame de líquido inflamable, el cual forma un charco que se vaporiza y se prende.

b) Flamas de chorro

Surgen de la ignición de chorros de hidrocarburos u otros materiales inflamables. Incluyen las flamas que provienen de orificios en tuberías, y flamas de mayor tamaño.

c) Flamazos

Resultan de la ignición de una nube que no explotó. La velocidad de la flama no es alta, pero el fuego se extiende rápidamente a través de la zona de inflamabilidad de la nube. Generalmente al presentarse este evento hay un retroceso de la flama y se produce un incendio en la fuente.

d) Bolas de fuego

Son el resultado de una explosión, por ejemplo, de un tanque a presión sobrecalentado. Su tiempo de duración es corto.

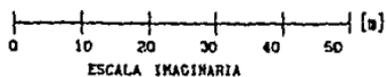
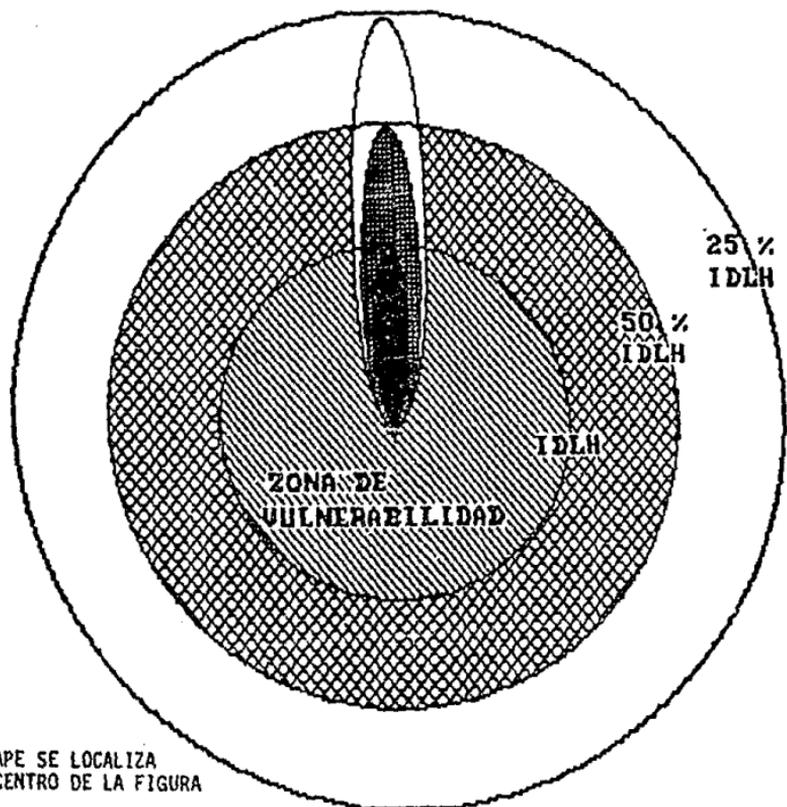


Fig. 31. Esquema conceptual del trazo de la zona de vulnerabilidad con una representación de un tóxico bajo la dirección de viento más frecuente.

Cada uno de estos tipos de incendio se comporta diferente y presenta características de radiación diferentes. La figura 32 representa un árbol de eventos para el escape de un material inflamable.

Los peligros de radiación térmica de los incendios de hidrocarburos dependen de un número de parámetros, incluyendo la composición del hidrocarburo, el tamaño y forma del incendio, su duración, las características térmicas del objeto atacado por el fuego y la distancia respecto a la flama.

La estimación del campo de radiación que rodea el incendio involucra los tres pasos básicos siguientes:

- 1) Caracterización de la geometría del incendio en el charco; esto es, la determinación de la tasa de combustión y las dimensiones físicas del fuego.
- 2) Caracterización de las propiedades irradiativas del incendio, esto es, la determinación de la irradiación promedio de las flamas.
- 3) Cálculo de la intensidad radiante en un punto dado.

El análisis de consecuencia de el escape de un material inflamable consiste entonces, en analizar los efectos de intensidad radiante a lo largo de diferentes radios, para estimar las consecuencias que un evento de este tipo causaría. En la tabla IX se indica el daño causado para algunos niveles de irradiación térmica.

Tabla IX. Daño causado a varios niveles de irradiación térmica

"Flux" Incidente (KW/m ²)	Tipo de daño causado
37.5	Suficiente para causar daño a equipo de proceso. Letalidad 100%.
25.0	Energía mínima requerida para encender madera. Letalidad 100%.
12.5	Energía mínima requerida para encender madera necesitándose iniciarla. Fundición de tubería de plástico. Letalidad 100%.
4.0	Suficiente para causar lesiones al personal si no es capaz de protegerse a más tardar en 20 segundos, ampollas en la piel (quemaduras de primer grado). Letalidad 0%.
1.6	No ocasiona problemas.

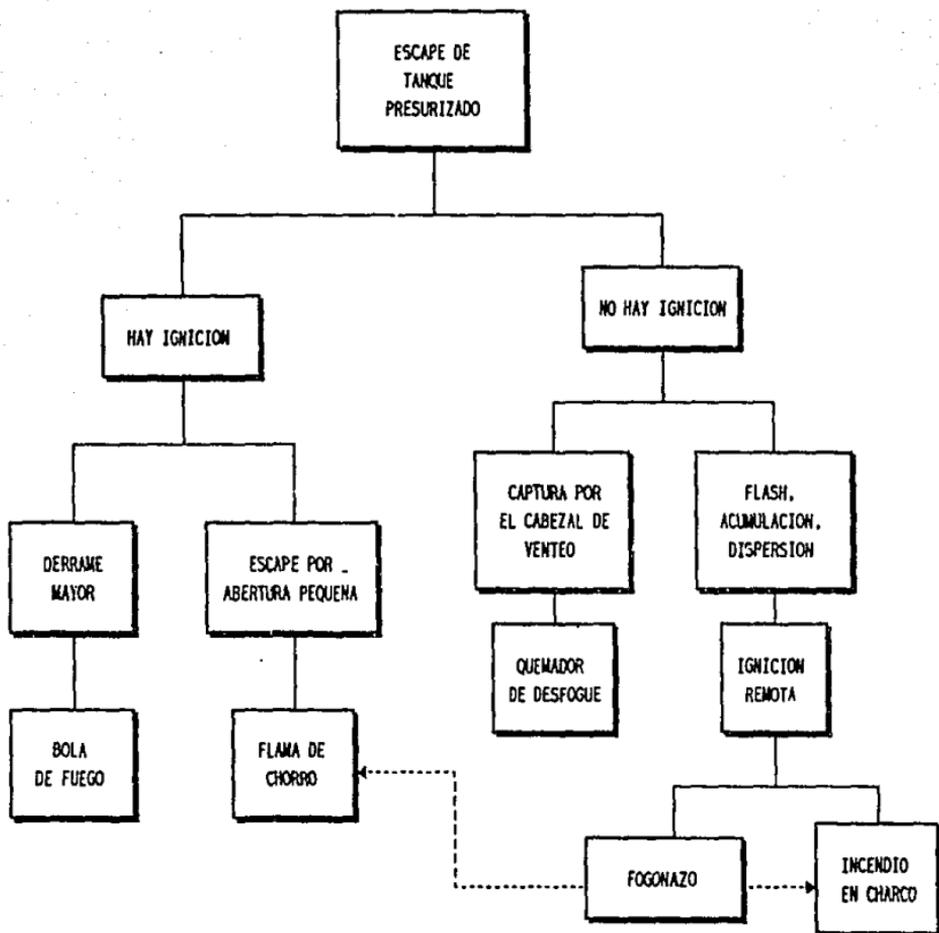


Fig. 32. Árbol de eventos representativo para el escape de un material inflamable

Para el análisis de consecuencia de nubes inflamables se sugiere el siguiente procedimiento.

Como primer punto, debe aplicarse el modelo de dispersión de los vapores de la sustancia inflamable para obtener un perfil de concentración en función de la distancia.

El segundo paso consiste en determinar la región probable de inflamabilidad. Esta región se localiza con el perfil de concentraciones anterior y los límites inferior y superior de inflamabilidad.

El siguiente paso es suponer que hay ignición, se prende la masa de vapores y procede la determinación del "Flux" de radiación calorífica en función de la distancia, de acuerdo con el tipo de flama.

5.3.5.3. Análisis de consecuencia de nubes explosivas

El peligro de explosión en las industrias de proceso es latente y puede causar grandes pérdidas materiales y humanas. Usualmente tiene un potencial de desastre mayor que un incendio y menor que un escape tóxico.

Una explosión se define como el evento en el cual se libera energía en un periodo de tiempo muy corto y en un volumen lo suficientemente pequeño para generar una "onda de sobrepresión" de amplitud finita viajando desde su origen.

El parámetro esencial a tomar en cuenta en la elaboración del análisis de consecuencia de una nube explosiva es la sobrepresión. Una onda de explosión al pasar a través del aire sufrirá cambios bruscos en su densidad, temperatura y velocidad de partícula. Estos fenómenos ocasionan que las ondas de explosión generen tensión sobre las estructuras cercanas provocando daños a edificios, al equipo y a la gente.

La tabla X presenta el daño estructural que puede presentarse en función de la presión. De acuerdo con diversos estudios se considera que entre 5 y 7 psig el daño estructural es casi el 100%.

Se requieren sobrepresiones más altas para producir los mismos efectos para duraciones del orden de 1-15 ms. Se sugiere entonces que el procedimiento para realizar el análisis de consecuencia para una nube explosiva conste de cuatro pasos fundamentales.

El primero es la aplicación del modelo de dispersión. El segundo es la determinación de la región probable de explosión, mediante los límites de explosividad.

El tercero es la determinación de la sobrepresión en función de la onda de destrucción producida por una explosión. Generalmente se utilizan "leyes de escalamiento". El método más usado es el de equivalencia de TNT.

Por último se lleva a cabo la evaluación de los daños ocasionados por el evento.

Tabla X. Daño producido por sobrepresión

Presión (psig)	Daño ocasionado
0.02	Ruido molesto (137 dB).
0.03	Ruptura ocasional de ventanas grandes de vidrio, ya bajo esfuerzo.
0.04	Ruido alto (143 dB). Explosión sónica de vidrio.
0.1	Rompimiento de ventanas pequeñas, bajo esfuerzo.
0.15	Presión típica para falla en vidrios.
0.3	"Distancia segura" (probabilidad del 95% de que no haya daños serios bajo este valor). Límite de misiles. Algunos daños a techos de casas; rompimiento del 10% de ventanas de vidrio.
0.4	Daño estructural menor (limitado).
0.5-1.0	Ruptura usual en ventanas grandes y pequeñas; daño ocasional a herrería de ventanas.
0.7	Daño menor en estructuras de casas.
1.0	Demolición parcial de casas.
1.3	Falla en armazón de acero en edificios.
2.0	Colapso parcial de paredes y techos de casas.
2.0-3.0	Ruptura de paredes de concreto no reforzadas.
2.3	Límite bajo de daño estructural serio.
2.5	Destrucción del 50% de las estructuras de ladrillo en casas.
3.0	Daño ligero a maquinaria pesada (≈1.5 ton) en instalaciones industriales. Los armazones de acero se desprenden de los cimientos.
3.0-4.0	Demolición total de edificios sin armazón. Ruptura de tanques de almacenamiento de aceite.
5.0-7.0	Destrucción casi completa de casas.
7.0	Se voltean los vagones cargados de trenes.
9.0	Demolición completa de vagones cargados de trenes.
10.0	Destrucción total probable de edificios. Daño grave a maquinaria pesada (≈3 ton). La maquinaria muy pesada (≈6 ton) soporta la onda.
14.5-29	1-99% fatalidades de la población expuesta.

CAWACINTRA 1992, LEES 1991

5.4. Análisis de frecuencia

El análisis de frecuencia es un análisis cuantitativo, mediante el cual se encuentra la probabilidad de que una secuencia determinada de eventos suceda.

Se sugiere utilizar árboles de fallas y de eventos para realizar este análisis debido a su simplicidad. Estos diagramas se usan de manera complementaria y de acuerdo con la profundidad deseada.

Las tablas XI, XII, XIII y XIV presentan algunos datos de frecuencias de falla de equipos y accesorios, y probabilidades de error humano en la industria.

5.5. Evaluación de riesgos

Esta evaluación está directamente relacionada con la probabilidad de ocurrencia de un accidente y sus consecuencias, y puede llevarse a cabo con base en la medida de riesgo anual de un peligro.

$$\text{Riesgo} = \text{Frecuencia} \times \text{Severidad}$$

$$\text{No. eventos esperados/año} \times \text{Pérdida prom./evento} = \text{Pérdida prom./año}$$

La frecuencia se obtendría a partir del análisis correspondiente y la severidad (pérdida promedio/evento) se obtendría a partir de los resultados de análisis de consecuencia tomando en cuenta el número de fatalidades producidas por evento.

Otro procedimiento que resulta ser muy general pero que da una panorámica amplia de los riesgos presentes en una instalación industrial es el "Procedimiento de evaluación de riesgo de la Swedish Rescue Services Board", el cual es un manual de identificación y evaluación de peligros para comunidades locales. Este procedimiento se basa en el llenado ordenado y sistemático de una forma general de evaluación y en la calificación de los aspectos de afectación identificados respecto a la vida, el ambiente y los bienes inmuebles, y prioriza los riesgos de acuerdo con una matriz de evaluación de riesgo.

La información utilizada en este método, se maneja de manera ordenada en una tabla como la que se muestra en la fig. 33.

En el apéndice K se explica con mayor profundidad este método.

De acuerdo con la discusión anterior puede establecer un diagrama general representativo de la metodología propuesta para realizar el Análisis de Riesgo en las instalaciones de la Industria de Aceite Vegetal Comestible. Este esquema se presenta en la fig. 34.

Tabla XI. Frecuencia de falla de equipos y accesorios

Falla	Probabilidad de falla	Referencia
Tanque de almacenamiento		
General	3×10^{-6} /h	Lees
Ruptura equivalente a 4 in ²	1×10^{-6} /h	Atallah
Ruptura total	3×10^{-6} /año	Davis
Ruptura total (recipiente a presión)	1×10^{-5} /h	Lees
Tuberías (rupturas)		
$\phi \leq 3$ in (por sección)	1×10^{-9} /h	Lees
$\phi > 3$ in (por sección)	1×10^{-10} /h	Lees
$\phi > 6$ in	1.8×10^{-7} ft-año	Atallah
Juntas (general)		
Juntas de expansión	0.5×10^{-6} /h	Lees
General		
Ruptura	5×10^{-6} /h	Atallah
	1×10^{-8} /h	Lees
Empaques (general)		
	0.5×10^{-6} /h	Lees
Uniones y bifurcaciones		
General	0.4×10^{-6} /h	Lees
Ruptura	0.0026 /año	Davis
Conexiones (ruptura)		
	1×10^{-8} /h	Atallah
Válvula manuales		
Falla al operar	0.365 /año	Davis
Falla a permanecer abierta	0.0365 /año	Davis
Derrame o ruptura	8.8×10^{-6} /año	Davis
	1.8×10^{-8} /h	Atallah
Válvula de relevo		
Fuga	2×10^{-6} /h	Lees
Bloqueo	0.5×10^{-6} /h	Lees
Apertura prematura	1×10^{-5} /h	Lees
Válvula de bola (general)		
	0.5×10^{-6} /h	Lees
Válvula solenoide (general)		
	30×10^{-6} /h	Lees
Válvula de retención		
Falla a abrir	1×10^{-4} /h	Lees
Derrame interno	3×10^{-7} /h	Lees
Ruptura	1×10^{-8} /h	Lees
Válvula de control		
No abre	1×10^{-5} /dem	Atallah
Abre antes	1×10^{-5} /h	Atallah
Falla (general)	30×10^{-6} /h	Lees
Sistema electrónico		
Dispositivo de paro	1×10^{-6} /h	Atallah
Bomba		
Falla a arrancar	1×10^{-3} /h	Lees
Falla a operar	3×10^{-5} /h	Lees
Ruptura	1×10^{-6} /h	Atallah
Derrame (sello del eje)	5×10^{-3} /año	Davis
Compresor (ruptura)		
	1×10^{-8} /h	Atallah

Tabla XII. Frecuencia de falla anual de componentes de control

Componente	Frecuencia de falla anual (fallas/año)
Medidor de flujo	0.76-2.18
Controlador de flujo	0.29-0.38
Indicador de flujo	0.026
Indicador de flujo de área variable	0.34
Indicador de presión	0.026-1.41
Controlador de presión	0.29-0.38
Controlador de temperatura	0.29-0.38
Termopar	0.52 [*]
Termómetro de resistencia	0.41 [*]
de mercurio	0.027 [*]
de bulbo de gas	0.37 [*]
Agitador mecánico	
servicio normal	8.8×10^{-2}
servicio extremo	8.8
Sistema de bombeo inducido	
servicio normal	8.8×10^{-2}
servicio extremo	8.8
Medidor de pH	5.88

DAVIS 1989

Tabla XIII. Probabilidad típica de error humano en la industria

Actividad	Probabilidad de error
Error general humano al observar	5×10^{-2}
Operador accionando interruptor	1×10^{-3}
Error general de omisión	1×10^{-2}
	3×10^{-3}
Operaciones de stress	
Respuesta después de accidente mayor	
primer minuto	1.0
después de 5 minutos	9×10^{-1}
después de 30 minutos	1×10^{-1}
Rutina de inspección	5×10^{-1}
Inspección con lista de verificación	1×10^{-1}
Operaciones no rutinarias	1×10^{-2}
Error general cuando se realizan actividades peligrosas con rapidez	0.2-0.3

ATALLAH 1980

Tabla XIV. Frecuencia de peligros industriales típicos

Peligro industrial	Frecuencia anual
Incendio en tanque de producto de petróleo líquido (crudo, nafta, gasolina, etc.) u otros líquidos inflamables en tanques de almacenamiento.	3.3×10^{-4}
Derrame mayor de tanque de almacenamiento de gas L.P.	$< 3 \times 10^{-4}$
Incendios y explosiones en plantas de procesamiento de petróleo que provocan daños al entorno.	1.4×10^{-4}
Falla en un tanque conteniendo materiales no inflamables.	2.0×10^{-5}

ATALLAH 1980

PLANTA: _____
 AREA DE PROCESO: _____

V = VIDA
 A = AMBIENTE
 B = BIENES INMUEBLES

R = RAPIDEZ DE DESARROLLO DEL EVENTO
 P_b = PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE ANALISIS DE FRECUENCIA
 P_r = NIVEL DE PRIORIDAD DE ATENCION CON MATRIZ DE EVALUACION

1. ASPECTO DE RIESGO IDENTIFICADO	2. ACTIVIDAD/ OPERACION ASOCIADA	3. PELIGRO IDENTIFICADO (MAGNITUD)	4. RECURSOS/ OBJETOS AFECTADOS	5. CONSECUENCIAS	6. MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				11. P _b	12. P _r	13. COMENTARIOS
					7. V	8. A	9. B	10. R			

NOTA: LA MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA SE EVALUA CON:
 (VALOR MAXIMO DE V, A O B) x R

5

Fig. 33. Formato para la Evaluación de Riesgos

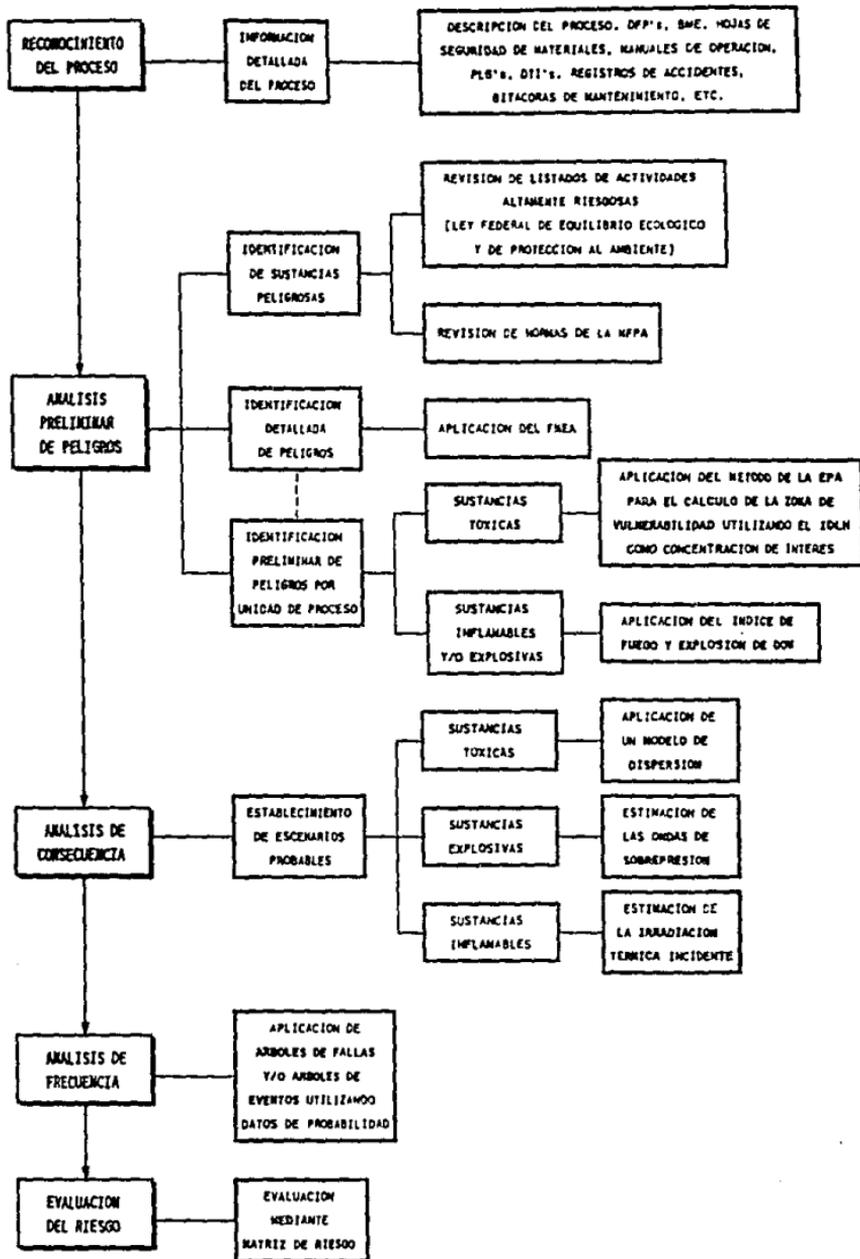


Fig. 34. Diagrama General de la Metodología Propuesta para el Desarrollo del Análisis de Riesgos de la Industria Aceltera

6. APLICACION DE LA METODOLOGIA -CASO EJEMPLO-

En este capítulo se presenta la aplicación de la metodología propuesta mediante un caso ejemplo.

Este caso pretende ser representativo de la industria aceitera en México, sin embargo, debe tomarse en cuenta que en el territorio nacional mexicano existe un gran número de instalaciones y cada una de ellas posee características propias. Su objetivo principal es ilustrar los puntos clave de la metodología propuesta haciendo uso de la información disponible y considerando en todo lo posible la situación de la industria productora de aceites actual.

El desarrollo se efectúa bajo la suposición de una instalación industrial productora de aceite vegetal comestible [soya], cuyas características están fundamentadas de acuerdo con la descripción hecha en el capítulo 2 y la información complementaria requerida basada en artículos y libros especializados en dicho proceso [Bernardini 1981, Cárdenas 1975, Tray 1947].

6.1. Reconocimiento del proceso

6.1.1. Descripción del proceso

Se supone una planta productora de aceite de soya con capacidad de 265 ton de semilla procesada por día, es una planta constituida, la cual refina el 80% del aceite producido por extracción.

Esta instalación hipotética consta de diferentes departamentos de proceso, los cuales se indican en la tabla XV. A continuación se describe de manera general el proceso tomando como referencia el diagrama de bloques presentado en la fig. 4.

El aceite vegetal se obtiene a partir de semilla de soya. La semilla es transportada a la instalación mediante camiones o por vía férrea y es almacenada en silos circulares de hormigón con celdas verticales.

El proceso se divide en dos etapas: la extracción propia del aceite y el procesamiento del mismo.

La etapa de extracción comienza con la limpieza de la semilla, cuyo objetivo es eliminar las impurezas y materias extrañas que traiga la semilla. Esta operación se realiza mediante un tamiz conectado a un colector de polvos.

La semilla se seca con el objeto de reducir su humedad al 3%, para

pasar a los molinos donde se tritura y posteriormente a los laminadores, donde los trocitos de semilla se reducen a laminillas de aproximadamente 3mm de espesor.

Tabla XV. Departamentos de proceso que conforman la instalación ejemplo

Depto. de Proceso	Característica de Operación	Fig. de referencia
Preparación de semillas	Limpieza, molienda, cocimiento y laminado	4, 35
Extracción	Por prensado y con hexano	4, 6, 35
Blanqueo	Tipo continuo	4, 9, 11, 35
Refinación	Desgomado, neutralización y lavado	4, 7, 35
Hidrogenación	Tipo continuo	4, 8, 35
Winterizado	Tipo convencional. Sistema de enfriamiento con amoníaco y propanol	4, 13, 14, 35
Desodorizado	Tipo continuo	4, 16, 35
Envasado		35
Planta de producción de Hidrógeno	Sistema de producción: vapor-gas natural. Cap. máx.: 355 Nm ³ /h Cap. normal: 285 Nm ³ /h	4, 17, 18, 35

La semilla laminada se introduce en los cocedores con el propósito de acondicionar a las semillas para la primera extracción y obtener una máxima eficiencia, controlando variables como humedad, temperatura, tiempo de retención, etc. El calentamiento se realiza mediante vapor directo.

La semilla cocida se hace pasar a través de los "expellers" o prensas continuas con la finalidad de extraer el aceite sometiendo el material acondicionado a presiones elevadas. De ésta operación se obtienen dos corrientes: una de aceite crudo y otra de pasta o torta prensada, cuyo contenido de aceite es aproximadamente del 12%.

El aceite obtenido se somete a un proceso de depuración como el que se muestra en la fig. 5.

La pasta prensada se somete a una extracción con hexano mediante el proceso denominado De Smet (fig. 6), para recuperar el aceite contenido en ésta. En este proceso el material es sometido a diversos baños a

contracorriente con hexano y miscela (mezcla hexano-aceite) de varias concentraciones. De este proceso se derivan nuevamente dos corrientes: una de pasta extractada y otra de miscela. De ambas corrientes se recupera el solvente, por cuestión de costo y seguridad, dejando libres tanto el aceite como la pasta.

La etapa de procesamiento del aceite consiste en el tratamiento del aceite bruto obtenido en la fase extractiva, para su comercialización. Para este efecto, la instalación consta de los siguientes procesos: Desgomado, Neutralización, "Refinación" y Lavado, Blanqueo continuo, Hidrogenación continua, Winterizado tipo convencional, Desodorización continua y Envasado.

Los procesos de desgomado, neutralización, "refinación" y lavado se realizan de manera continua de acuerdo con el diagrama de la fig. 7.

El desgomado consiste en la hidratación de gomas contenidas en aceite con la finalidad de hacerlas insolubles en el mismo y su separación por centrifugación y se realiza mediante la coagulación de las gomas con ácido fosfórico. La neutralización de los ácidos grasos libres se realiza con solución de hidróxido de sodio al 15%, mientras que en la "refinación" se utiliza al 5%. El producto de la reacción ocurrida en ambos procesos es jabón, el cual se separa por centrifugación. Finalmente el lavado consiste en la eliminación total jabón residual. El aceite lavado se calienta y pasa al deshidratador que trabaja al vacío.

La hidrogenación consiste en la conversión de varios radicales insaturados en glicéridos saturados, mediante la adición de gas hidrógeno en presencia de catalizador de níquel dentro de un reactor. El proceso de hidrogenación utilizado es de tipo continuo como el que se muestra en la fig. 8. El catalizador de níquel se recupera mediante un filtro prensa.

El hidrógeno utilizado se produce mediante el proceso de Reformación del Gas Natural con Vapor de acuerdo con el diagrama de flujo presentado en la fig. 18, en una planta que se encuentra dentro de la instalación misma. El proceso consiste en hacer reaccionar catalíticamente una mezcla de vapor e hidrocarburos a elevada temperatura para formar hidrógeno y óxidos de carbono (CO y CO₂ principalmente). El gas natural entra en los desulfurizadores donde se reduce el contenido de azufre. El gas desulfurizado se mezcla con una cantidad controlada de vapor sobrecalentado y la mezcla fluye al horno reformador donde reacciona con exceso de vapor en presencia de un catalizador de níquel produciendo hidrógeno y óxidos de carbono. La corriente de salida del reformador se enfría y fluye al convertidor, donde en presencia de un catalizador de óxido de hierro con cromo el 80% del CO se convierte en CO₂ mientras se produce más hidrógeno. Después la corriente de hidrógeno pasa a los adsorbedores donde se purifica al pasar por dos lechos: uno de carbón activado y otro de tamiz molecular.

El blanqueo consiste en la eliminación de ceras que dan turbidez al aceite. El proceso utilizado es de tipo continuo, como el que se muestra en la fig. 9. La corriente de aceite neutro lavado se seca y pasa a través de un decolorador después de ser mezclado con la tierra decolorante. La suspensión tierra-decolorante que sale se filtra para separar los componentes. El aceite hidrogenado también recibe el mismo tratamiento.

La winterización consiste en la cristalización de los ácidos grasos de mayor punto de fusión, los cuales producen turbiedad en el aceite. El proceso de winterizado utilizado es de tipo convencional (no utiliza solventes) como el que se muestra en la fig. 13. El aceite a winterizar se introduce en los enfriadores donde su temperatura disminuye hasta aproximadamente 15°C, para pasar a los cristalizadores, donde se baja su temperatura hasta 7-8°C. El descenso de temperatura se realiza mediante un ciclo de refrigeración de una etapa, el cual utiliza como medios de enfriamiento amoníaco y proplilenglicol.

La desodorización es la eliminación de ácidos grasos y sustancias que le dan color, olor y sabor al aceite, por medio de una destilación al alto vacío. El proceso utilizado es de tipo continuo, tal como el que se muestra en el diagrama presentado en la fig. 16. El aceite entra al desodorizador cilíndrico vertical y recorre los platos mientras se le inyecta una corriente continua de vapor de agua. Después de una desodorización perfecta, el aceite se seca y se envía al departamento de envasado.

6.1.2. Información adicional sobre el proceso

a) Servicios auxiliares

La planta cuenta con servicios auxiliares como vapor, compresores de aire, torres de enfriamiento de agua, y una planta de tratamiento de aguas en la que se separa el jabón (soapstock) para su venta posterior.

b) Emisiones a la Atmósfera

Se generan determinados tipos de contaminantes, según el proceso en cuestión, siendo estas emisiones productos de combustión, compuestos orgánicos volátiles y partículas.

c) Aguas residuales

La instalación tiene una planta de tratamiento de aguas residuales antes de la descarga, del tipo de clarificación primaria por flotación. Todos los sólidos removidos como materia flotante, grasas, aceites y lodos son recuperados porque constituyen materia prima para obtener "soapstock" para la elaboración de jabón.

d) Residuos sólidos e industriales

La producción de aceites y mantecas vegetales genera una gran variedad de residuos industriales producto de sus operaciones.

La operación de extracción por molienda y solventes genera residuos sólidos e industriales del tipo cascarillas de granos y algunas grasas y lubricantes del equipo. El residuo de la extracción por solventes es

recuperado como harina o pasta agotada que es recuperada para su venta como pienso para ganado.

La refinación de aceite vegetal no genera residuos del tipo indicado, sin embargo las operaciones restantes como deodorización, blanqueo y winterización generan una carga importante de residuos sólidos de tierras diatomáceas contaminadas con compuestos grasos, trazas de níquel y otras impurezas. Estas tierras son ocupadas como ayuda para la filtración. Asimismo, las telas desgastadas de los filtros prensa deben ser desechadas como residuos. Otros residuos son los tambores y sacos contenedores de ayudas y químicos.

El proceso de hidrogenación presenta un residuo que consiste en catalizador de níquel gastado y telas de los filtros de separación de níquel y los compuestos retenidos por el filtro. De igual manera, el proceso de producción de hidrógeno utiliza catalizadores en dos operaciones, en la purificación de hidrógeno y en la desulfurización, catalizadores que una vez agotados deben ser desechados.

En el departamento de envasado y empaque se generan residuos como cartón y papel desechado del envase.

También se generan lodos en el sistema de ablandamiento de agua para calderas y para la producción de vapor en la planta de hidrógeno.

6.1.3. Balance de Materia

El balance de materia se presenta a continuación de una manera general mediante bloques representativos de las operaciones unitarias y procesos principales involucrados en la producción de aceite de soya. El balance se realiza por día y está apoyado en el estudio de bibliografía especializada [Bernardini 1981, Cárdenas 1975, Tray 1947, revistas de la ANIAME].

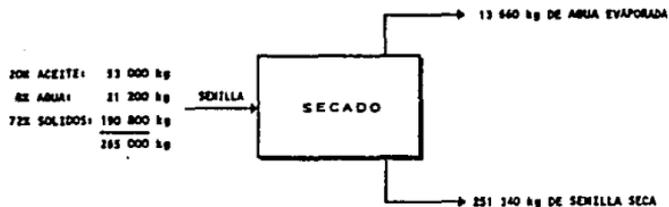
Se considera que la semilla de soya contiene 20% de aceite y 8% de humedad.

6.1.4. Materiales utilizados en el proceso

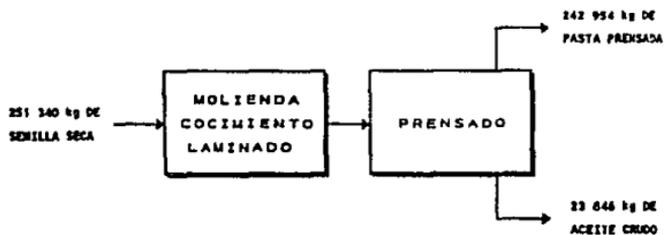
Materias primas: Semillas de soya

Productos: Aceite de soya y manteca de soya

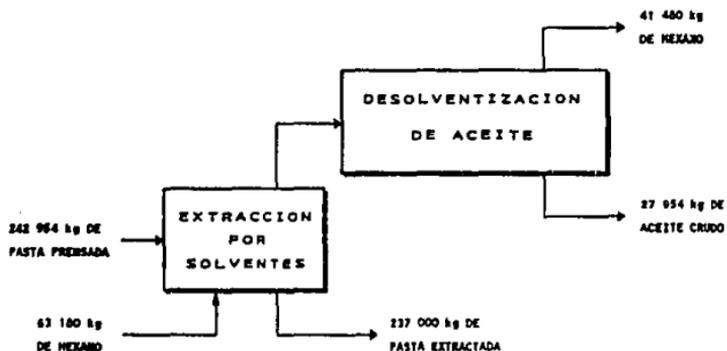
Materias auxiliares: Amoníaco
Ácido fosfórico
Ácido sulfúrico
Arcillas clarificantes



(a)



(b)

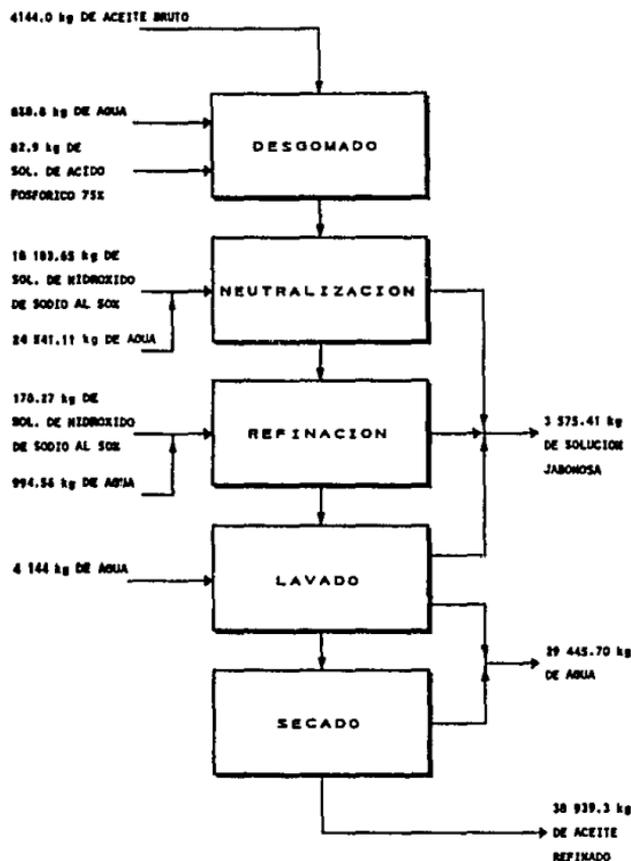


(c)

- ESQUEMA NO. 1. a) BALANCE DE MATERIA: DEPARTAMENTO DE SECADO
 b) BALANCE DE MATERIA: DEPARTAMENTO DE EXTRACCION DE ACEITE POR PRENSADO
 c) BALANCE DE MATERIA: DEPARTAMENTO DE EXTRACCION DE ACEITE POR SOLVENTES



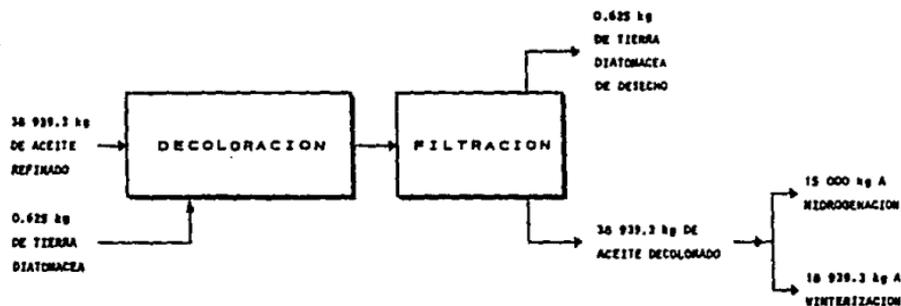
(d)



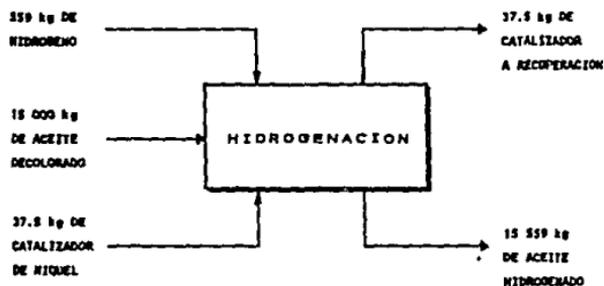
(e)

ESQUEMA NO. 2. d) BALANCE DE MATERIA: DEPARTAMENTO DE DESOLVENTACION DE HARINA

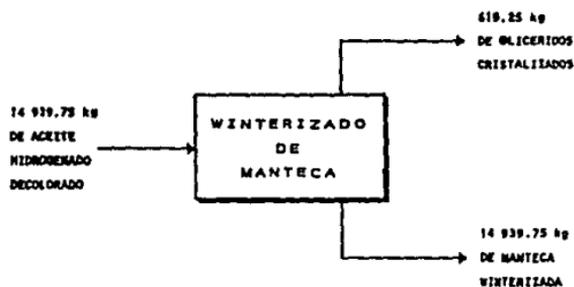
e) BALANCE DE MATERIA: DEPARTAMENTO DE REFINACION DE ACEITE



(f)

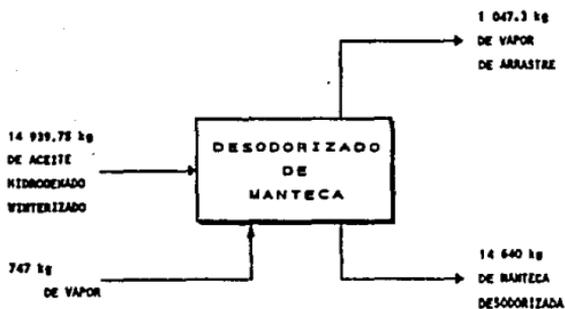


(g)

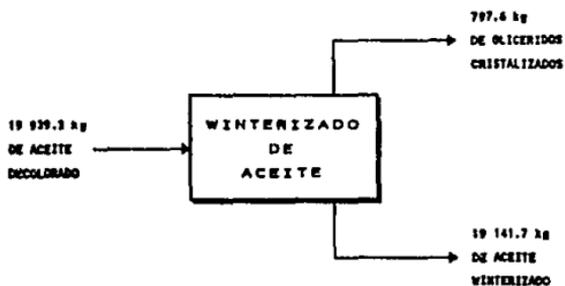


(h)

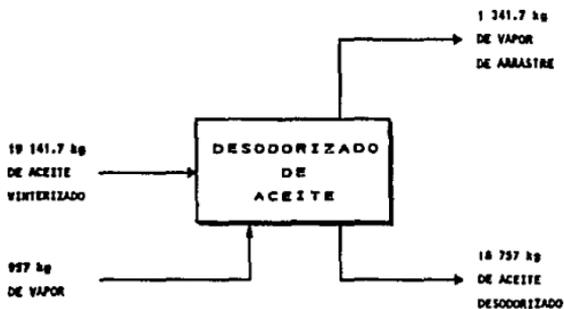
- ESQUEMA NO. 3. f) BALANCE DE MATERIA: DEPARTAMENTO DE DECOLORACION DE ACEITE
 g) BALANCE DE MATERIA: DEPARTAMENTO DE HIDROGENACION DE ACEITE
 h) BALANCE DE MATERIA: DEPARTAMENTO DE WINTERIZACION DE MANTECA



(i)



(j)



(k)

ESQUEMA NO. 4. i) BALANCE DE MATERIA: DEPARTAMENTO DE DESODORIZACION DE MANTECA

j) BALANCE DE MATERIA: DEPARTAMENTO DE WINTERIZACION DE ACEITE

k) BALANCE DE MATERIA: DEPARTAMENTO DE DESODORIZACION DE ACEITE

Catalizador de níquel
Hexano
Hidrógeno
Hidróxido de sodio
Metano
Nitrógeno
Propilenglicol

Para poder contar con información detallada sobre las características de peligrosidad de las materias primas, productos, subproductos y sustancias auxiliares, se integran en las siguientes páginas las Hojas de Seguridad de los principales materiales manejados en el proceso de producción de aceite de soya. No se incluyen Hojas de Seguridad para polvos de granos y harinas por falta de información.

La información contenida en éstas Hojas de Seguridad de materiales está fundamentada en la revisión de literatura especializada [EPA 1985, OSHA 1990, Weiss 1986].

6.1.5. Inventario de materiales

A continuación se presentan las características más sobresalientes del almacenamiento de materiales en la instalación.

a) Almacenamiento de semillas

Consta de 14 silos circulares de hormigón.
Cap. por silo: 2 000 ton
Cap. total máx.: 28 000 ton
Cap. total mín: 25 000 ton

b) Almacenamiento de harina

Consta de 7 silos circulares de hormigón
Cap. por silo: 1 000 ton
Cap. total máx.: 7 000 ton
Cap. total mín: 5 500 ton

c) Almacenamiento de amoniaco

Se almacena amoniaco en un tanque horizontal.
Cap. máx.: 950 l.
Cap. normal: 760 l.
Presión de operación: 8.3 atm
Presión de relevo: 10 atm
Diámetro de la válvula de relevo: 4 pulgadas

106

I. IDENTIFICACION

NOMBRE COMUN: ACEITE DE SOYA
 NOMBRE QUIMICO: NO TIENE
 FORMULA QUIMICA: MEZCLA DE ACEITES GRASOS
 CLASIFICACION GENERAL DE PELIGRO: COMBUSTIBLE

PESO MOLECULAR: 200-300
 NO. CAS: NO REGISTRADO
 ESTABILIDAD: ESTABLE

ACEITE DE SOYA

MFPA



PELIGRO A LA SALUD: NINGUNO (AZUL)
 INFLAMABILIDAD: LIGERA (ROJO)
 REACTIVIDAD: NINGUNA (AMARILLO)
 OTROS:

II. COMPONENTES PELIGROSOS

NOMBRE: X
 MEZCLAS DE ACIDOS GRASOS +98

CARACTERISTICAS:
 COMBUSTIBLE
 FLOTA EN EL AGUA

III. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

ESTADO FISICO: LIQUIDO ACEITOSO
 PUNTO DE EBULLICION: MUY ALTO
 PRESION DE VAPOR: NO APLICA
 PUNTO DE FUSION: NO APLICA
 GRAVEDAD ESPECIFICA (H₂O = 1): 0.922
 GRAVEDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): NO HAY DATO
 SOLUBILIDAD CON AGUA: NO ES SOLUBLE

REACTIVIDAD CON AGUA: NO REACCIONA
 REACTIVIDAD CON MATERIALES: NO TIENE
 CALOR DE COMBUSTION (cal/g): -8,678
 CALOR DE DISOLUCION (cal/g): NO HAY DATOS
 CALOR DE FUSION (cal/g): NO HAY DATOS
 POLIMERIZACION: NO POLIMERIZA
 AGENTES NEUTRALIZANTES: NO APLICA

IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION

PUNTO DE FLASHEO: 282°C
 TASA DE COMBUSTION: NO HAY DATO
 LÍMITES DE INFLAMABILIDAD EN AIRE, SI: LI NO HAY LS NO HAY

PELIGROS COMUNES DE FUEGO Y EXPLOSION:
 NO HAY INFORMACION

MEDIOS DE EXTINCION: QUIMICOS SECOS, ESPUMA O DIOXIDO DE CARBONO
 PROCEDIMIENTOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO: USAR EXTINGUIDORES ADECUADOS

TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: 445°C

V. DATOS DE TOXICIDAD

TLV: NO HAY VALOR STEL: NO HAY DATO IDLH: NO APLICA ODR: NO HAY DATO

VI. SINTOMAS DE EXPOSICION

INHALACION:
 NINGUNO

CONTACTO CON LA PIEL:
 NINGUNO

INGESTION:
 ES COMESTIBLE

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL:
 PROTECCION A OJOS

VII. PROCEDIMIENTOS EN ACCIDENTE

ESCAPE/DERIVAME: PARA LA DESCAMBA SI FUERA POSIBLE. AISLAR Y RECORER EL MATERIAL DERRAMADO. NOTIFICAR A LAS AUTORIDADES.

INCENDIO: COMBUSTIBLE. EXTINGUIR CON QUIMICOS SECOS, ESPUMA O CO₂. EL AGUA PUEDE NO SER EFECTIVA. ENFRIAR CONTENEDORES.

EXPOSICION A VUBES TOXICAS/DERRAMES: SI CAYO EN LOS OJOS. LAVAR COTICAMENTE CON AGUA POR 15 MIN.

VIII. ALMACENAMIENTO

ALMACENAR EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO CON DIQUE Y FRANJA ROJA CON SEÑALAMIENTO DE COMBUSTIBLE. RECOMENDADO EL ARRESTADOR DE FLAMA CON MANTENIMIENTO FRECUENTE Y LIMPIEZA.

IX. REFERENCIAS

OSHA (1990). OSHA REGULATED HAZARDOUS SUBSTANCES. HEALTH, TOXICITY ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL DATA. MOYES DATA CORP.

WEISS, G. (1984). HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK. SECOND EDITION. MOYES DATA CORPORATION.

I. IDENTIFICACION

NOMBRE COMÚN: ACIDO FOSFORICO AL 75% PESO MOLECULAR: 98.0
 NOMBRE QUIMICO: ACIDO ORTOFOSFORICO NO. CAS: 7664-38-2
 FORMULA QUIMICA: H₃PO₄ ESTABILIDAD: ESTABLE
 CLASIFICACION GENERAL DE PELIGRO: CORROSIVO

II. COMPONENTES PELIGROSOS

NOMBRE	%	CARACTERISTICAS
ACIDO FOSFORICO	75	CORROSIVO Y TOXICO

III. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

ESTADO FISICO: SOLUCION ACUOSA	REACTIVIDAD CON AEREA: DESARROLLO DE CALOR
PUNTO DE EBULLICION: 135°C	REACTIVIDAD CON MATERIALES: CON METALES
PRESION DE VAPOR: 4.3 mm Hg @ 20°C	CALOR DE COMBUSTION (cal/g): NO APLICA
PUNTO DE FUSION: NO APLICA EN SOLUCION	CALOR DE DIBOLUCION (cal/g): -29
GRAVEDAD ESPECIFICA (H ₂ O = 1): 1.584	CALOR DE FUSION (cal/g): 25.0
GRAVEDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): NO APLICA	POLIMERIZACION: NO POLIMERIZA
SOLUBILIDAD CON AGUA: 2340 PARTES EN 100 PARTES DE AGUA FRIA	AGENTES NEUTRALIZANTES: AGUA Y CAL

IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION

PUNTO DE FLASHEO: NO ES INFLAMABLE TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: NO APLICA
 TASA DE COMBUSTION: NO APLICA
 LIMITES DE INFLAMABILIDAD EN AIRE, %: LI - LS -
 PELIGROS COMUNES DE FUEGO Y EXPLOSION: NO APLICA
 MEDIOS DE EXTINCION:
 PROCEDIMIENTOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO: NO ES INFLAMABLE

V. DATOS DE TOXICIDAD

TLV: 1.0 mg/m³ STEL: NO EXISTE IDLH: 1.0 mg/m³ OLOE: NO HAY DATOS

ACIDO FOSFORICO

NFPA



PELIGRO A LA SALUD: MODERADO (AZUL)
 INFLAMABILIDAD: NINGUNA (ROJO)
 REACTIVIDAD: NINGUNA (AMARILLO)
 OTROS:

VI. SINTOMAS DE EXPOSICION

INHALACION: NO VAPORIZA
 CONTACTO CON LA PIEL: QUEMA LA PIEL Y A LOS OJOS
 INGESTION: CAUSA NAUSEAS, VOMITO Y PERDIDA DE CONCIENCIA

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL: GUANTES Y BOTAS DE GUELO,
 GOGGLES, ROPA DE PROTECCION

VII. PROCEDIMIENTOS EN ACCIDENTE

ESCAPE/DERIVAME: USAR ROPA DE PROTECCION; RESTRINGIR LOS ACCESOS;
 RECORDER EL MATERIAL EN TAMBORES CON BOLSA DE POLIETILENO;
 EVITAR EL CONTACTO CON METALES POR QUE PUEDE LIDERAR HIDROGENO;
 EN CASO CONTRARIO, DISPERSAR CON ADEQUANTE AGUA.

INCENDIO: NO ES INFLAMABLE

EXPOSICION A NUBES TOXICAS/DERIVAME: SI FUE ASPIRADO PUEDE CAUSAR
 NAUSEAS Y VOMITO. LLEVAR AL AIRE FRESCO. SI HUBO CONTACTO, QUITAR
 ROPA Y ZAPATOS IMPREGNADOS. LAVAR CON AGUA EN ABUNDANCIA. SI TOCO
 A LOS OJOS, MANTENERLOS ABIERTOS Y LAVAR CON AGUA. SI FUE TRAGADO
 DAR AGUA O LECHE SI LA VICTIMA ESTA CONCIENTE.

VIII. ALMACENAMIENTO

ALMACENAMIENTO EN TANQUES DE ACERO INOXIDABLE A PRUEBA DE ACIDOS;
 TANQUES O MARCAS DE COLOR BLANCO (CORROSIVO) Y/O SIMBOLO DE NFPA
 VISIBLE CON DESCRIPCION. MANTENER LOS CONTENEDORES CERRADOS;
 ALMACENAR EN AREAS A PRUEBA DE CORROSION CON DIQUE ANTICORROSIVO.

IX. REFERENCIAS

OSHA (1970). OSHA REGULATED HAZROUS SUBSTANCES. HEALTH, TOXICITY
 ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL DATA. NOYES DATA CORP.

WEISS, G. (1986). HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK. SECOND EDITION.
 NOYES DATA CORPORATION.

I. IDENTIFICACION

NOMBRE COMUN: ACIDO SULFURICO EN SOLUCION PESO MOLECULAR: 116
 NOMBRE QUIMICO: ACIDO SULFURICO NO. CAS: 7664-93-9
 FORMULA QUIMICA: H₂SO₄-H₂O ESTABILIDAD: ESTABLE
 CLASIFICACION GENERAL DE PELIGRO: CORROSIVO

II. COMPONENTES PELIGROSOS

NOMBRE: X CARACTERISTICAS
 ACIDO SULFURICO >98 CORROSIVO, TOXICO

III. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

ESTADO FISICO: LIQUIDO ESPESO CAFE CLARO REACTIVIDAD CON AGUA: NO, SOLO CONCENTRADO
 PUNTO DE EBULLICION: NO APLICA REACTIVIDAD CON MATERIALES: ATAQA METALES(+)
 PRESION DE VAPOR: NO APLICA CALOR DE COMBUSTION (cal/g) NO APLICA
 PUNTO DE FUSION: 0.62 CALOR DE DISOLUCION (cal/g) -448
 GRAVEDAD ESPECIFICA (H₂O = 1): 1.39 CALOR DE FUSION (cal/g) NO APLICA
 GRAVEDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): NO APLICA POLIMERIZACION: NO APLICA
 SOLUBILIDAD CON AGUA: INFINITA AGENTES NEUTRALIZANTES: CAL, CALIZA, SOSA

IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION

PUNTO DE FLASHEO: NO ES COMBUSTIBLE TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: NO APLICA
 TASA DE COMBUSTION: NO APLICA
 LIMITES DE INFLAMABILIDAD EN AIRE, L: LI NO HAY LS NO HAY
 PELIGROS COMUNES DE FUEGO Y EXPLOSION: -----
 NO APLICA
 MEDIOS DE EXTINCION: NO APLICA
 PROCEDIMIENTOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO: NO APLICA

V. DATOS DE TOXICIDAD

TLV: NO EN SOLUCION STEL: SIN DATO IDLH: SIN DATO ODR: SIN DATO

ACIDO SULFURICO

NFPA



PELIGRO A LA SALUD: SEVERO (AZUL)
 INFLAMABILIDAD: NINGUNA (ROJO)
 REACTIVIDAD: MODERADA (AMARILLO)
 OTROS: NO USAR AGUA (W)

VI. SINTOMAS DE EXPOSICION

INHALACION: NO ES PROBABLE
 CONTACTO CON LA PIEL: CAUSA QUEMADURAS SEVERAS
 INGESTION: IRRITACION SEVERA DE BOCA Y ESTOMAGO

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL: GUANTES DE SEGURIDAD QUIMICA;
 QUANTES: BOTAS Y MANDIL DE MULE.

VII. PROCEDIMIENTOS EN ACCIDENTE

ESCAPE/DERRAME: EVITAR EL CONTACTO CON EL LIQUIDO. MANTENER ALEJADA A LA GENTE. PORTAR ROPA CON PROTECCION DE MULE. DETENER LA DESCARGA SI ES POSIBLE. AISLAR Y REMOVER EL MATERIAL DESCARGADO.

INCENDIO: NO ES INFLAMABLE, PERO EN CASO DE CALENTAMIENTO EXCESIVO PUEDEN GENERARSE GASES VENENOSOS. PUEDEN PRODUCIRSE GASES INFLAMABLES (HIDROGENO) POR EL CONTACTO CON METALES. PORTAR QUANTES Y EQUIPO DE RESPIRACION AUTONOMO CON TRAJE COMPLETO DE MULE.

EXPOSICION A NUBES TOXICAS/DERRAMES: LIQUIDO: PUEDE QUEMAR OJOS Y PIEL; DANIÑO SI ES TRAGADO. LAVAR OJOS Y PARTES AFECTADAS CON AGUA EN ABUNDANCIA. SI FUE TRAGADO Y LA VICTIMA ESTA CONSIENTE, DAR A BEBER AGUA O LECHE. CUIDADO, NO INDUCIR EL VOMITO.

VIII. ALMACENAMIENTO

VENTED ABIERTO DE COLOR BLANCO (CORROSIVO). MANTENER EL CONTENEDOR PERFECTAMENTE CERRADO. ALMACENAR EN AREAS PROTEGIDAS CONTRA LA CORROSION. PROTEGER LOS CONTENEDORES CONTRA DAÑO FISICO Y PREVENIR SU CONTACTO CON EL AGUA. SEPARAR DE CARBUROS, CLORATOS, NITRATOS, FULMINATOS, POLVOS METALICOS Y MATERIALES COMBUSTIBLES.

IX. REFERENCIAS

OSHA (1990). OSHA REGULATED HAZARDOUS SUBSTANCES. HEALTH, TOXICITY ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL DATA. NOTES DATA CORP.

WEISS, G. (1986). HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK. SECOND EDITION. NOTES DATA CORPORATION.

I. IDENTIFICACION

NOMBRE COMUN: AMONIACO LIQUIDO PESO MOLECULAR: 17.03
 NOMBRE QUIMICO: AMONIACO ANHIDRO NO. CAS: 7864-41-7
 FORMULA QUIMICA: NH₃ ESTABILIDAD: ESTABLE
 CLASIFICACION GENERAL DE PELIGRO: TOXICO

II. COMPONENTES PELIGROSOS

NOMBRE:	%	CARACTERISTICAS
AMONIACO	100	GAS TOXICO, NO INFLAMABLE A LAS CONDICIONES NORMALES

III. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

ESTADO FISICO: GAS CLARO	REACTIVIDAD CON AGUA: SE MEZCLA CON CALOR
PUNTO DE EBULLICION: -38.6°C @ 500 mmHg	REACTIVIDAD CON MATERIALES: CORROE AL COBRE Y SUPERFICIES GALVANIZADAS
PRESION DE VAPOR: 18 atm @ 25.7°C	CALOR DE COMBUSTION (cal/g) -7992
PUNTO DE FUSION: -77.7°C	CALOR DE DISOLUCION (cal/g) -232
GRAVEDAD ESPECIFICA (H ₂ O = 1): 0.68 @ -33°C	CALOR DE FUSION (cal/g) NO APLICA
GRAVEDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): 0.6	POLIMERIZACION: NO POLIMERIZA
SOLUBILIDAD CON AGUA: 87.9 PARTES EN 100 PARTES DE AGUA FRIA	AGENTES NEUTRALIZANTES: DILUIR CON AGUA

IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION

PUNTO DE PLASMEO: NO A CONDICIONES NORMALES
 TASA DE COMBUSTION: 3 mm/min TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: 651°C
 LIMITE DE INFLAMABILIDAD EN AIRE, L: LI 15.5 LB 27.0
 PELIGROS COMUNES DE FUEGO Y EXPLOSION: NO APLICA
 MEDIOS DE EXTINCION: NO HAY
 PROCEDIMIENTOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO: CORTAR FLUJO SI ES POSIBLE Y DEJAR QUE ARDA

V. DATOS DE TOXICIDAD

TLV: 25 ppm STEL: 60 ppm 5 min IDLH: 500 ppm OLR: 40.8 ppm
 MUERTE INMEDIATA A 5000 ppm
 * SUSTANCIA CONSIDERADA COMO RIESGOSA POR PELIGRO DE TOXICIDAD
 CANTIDAD DE REPORTE: 10 kg

AMONIACO

NFPA



PELIGRO A LA SALUD: SEVERO (AZUL)
 INFLAMABILIDAD: LIGERO (ROJO)
 REACTIVIDAD: NINGUNA (AMARILLO)
 OTROS:

VI. SINTOMAS DE EXPOSICION

IRRADIACION: TOXICO Y VENENOSO. A 700 ppm PUEDE CAUSAR LESION PERMANENTE O GRAVE SI NO SE TOMAN MEDIDAS NECESARIAS. A 5000 ppm PUEDE CAUSAR LA MUERTE INMEDIATA POR ESPASMOS.

CONTACTO CON LA PIEL: CAUSA CONGELAMIENTO PRODUciendo QUEMADURAS A CONCENTRACIONES MODERADAS PUEDE CAUSAR IRRITACION DE OJOS.

INGESTION: DANINO

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL: PORTAR GOGGLES; APARATO DE RESPIRACION AUTONOMO Y OVERALL Y GUANTES DE MULE. DEBERAN EXISTIR REGADERAS DE EMERGENCIA Y BANO DE OJOS.

VII. PROCEDIMIENTOS EN ACCIDENTE

ESCAPE/DERRAME: EVITAR CONTACTO CON LIQUIDOS Y GASES. ALEJAR A LA GENTE EN EL SENTIDO CONTRARIO AL VIENTO DOMINANTE Y APAGAR LOS VAPORES CON AGUA. DESALZAR A LA GENTE VIENTO ABAJO. NOTIFICAR A LAS AUTORIDADES.

INCENDIO: PORTAR GOGGLES; APARATO DE RESPIRACION AUTONOMO Y OVERALL Y GUANTES DE MULE. DETENER EL FLUJO SI ES POSIBLE. ENFRIAR LOS CONTENEDORES EXPUESTOS Y PROTEGER AL PERSONAL DE CONTE DE FLUJO CON AGUA. DEJAR QUEMOR.

EXPOSICION A NEBES TOXICAS/DERRAMES: VAPORES: ARRASTRAR AL AIRE FRESCO. SI HUBO CONTACTO CON LOS OJOS, MANTENERLOS ABIERTOS Y LAVAR CON AGUA EN ABUNDANCIA; SI FUE TRAGADO Y LA VICTIMA ESTA CONSCIENTE, DAR AGUA O LECHE. LLAMAR AL MEDICO Y NOTIFICAR A LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES.

VIII. ALMACENAMIENTO

ALMACENAR EN LUGARES VENTILADOS. INSTALAR DETECTORES DE AMONIACO. CONFINAR TANQUES Y EQUIPO CUANDO SE PUEDA. PROTEGER TANQUES CONTRA CUALQUIER DAÑO. LOCALIZAR TANQUES LEJOS DE FUENTES DE IGNICION. VALVULA DE RELEVO DE PRESION A 250 psi. SE RECOMIENDA CANGAR Y DESCARGAR EN AREAS EXTRANJERAS. AISLAR DE OXIDANTES, CLORO, BROMO, IODURO Y ACIDOS.

IX. REFERENCIAS

OSHA (1990). OSHA REGULATED HAZARDOUS SUBSTANCES. HEALTH, TOXICITY ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL DATA, NOTES DATA CORP.

WEISS, G. (1984). HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK. SECOND EDITION. NOTES DATA CORPORATION.

* LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE (1993). 7A EDICION. EDITORIAL PORRUA. MEXICO.

I. IDENTIFICACION

NOMBRE COMUN: BENTONITA LIXIVIADA CON ACIDO PESO MOLECULAR: N.A.
 NOMBRE QUIMICO: ARCILLAS CLARIFICANTES NO. CAS: N.A.
 FORMULA QUIMICA: N.A. ESTABILIDAD: ESTABLE
 CLASIFICACION GENERAL DE PELIGRO: COMO POLVOS IRRITANTES
 NOMBRE COMERCIAL: TONSILSM, ACTISILSM

II. COMPONENTES PELIGROSOS

NOMBRE:	X	CARACTERISTICAS
SILICATO DE ALUMINIO	95	POLVO. OSHA PEL 3 mg/m ³
SILICA CRISTALINA (CUARZO)	3	POLVO. OSHA PEL 2 mg/m ³

III. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

ESTADO FISICO: SOLIDO BLANCO/BARRON	REACTIVIDAD CON AGUA: N.A.
PUNTO DE EMULSION: N.A.	REACTIVIDAD CON MATERIALES: N.A.
PRESION DE VAPOR: N.A.	CALOR DE COMBUSTION (cal/g): N.A.
PUNTO DE FUSION: N.A.	CALOR DE DISOLUCION (cal/g): N.A.
GRAVEDAD ESPECIFICA (H ₂ O = 1): 2.2	CALOR DE FUSION (cal/g): N.A.
GRAVEDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): N.A.	POLIMERIZACION: N.A.
SOLUBILIDAD CON AGUA: NO HAY INFORMACION	AGENTES NEUTRALIZANTES: N.A.

IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION

PUNTO DE FLASH: NO ES INFLAMABLE TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: N.A.
 TASA DE COMBUSTION: N.A.
 LIMITES DE INFLAMABILIDAD EN AIRE: L₁ ----- L₂
 PELIGROS COMUNES DE FUEGO Y EXPLOSION: N.A.

MEDIOS DE EXTINCION:
 PROCEDIMIENTOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO: N.A.

V. DATOS DE TOXICIDAD (NO APLICA)

TLV: STEL: IDLH: OLOR:

ARCILLAS CLARIFICANTES

HPPA
 NO APLICA



PELIGRO A LA SALUD:
 INFLAMABILIDAD:
 REACTIVIDAD:
 OTROS:

VI. SINTOMAS DE EXPOSICION

INHALACION: REPETIDA Y PROLONGADA PUEDE CAUSAR IRRITACION A LAS VIAS RESPIRATORIAS

CONTACTO CON LA PIEL: PUEDE CAUSAR IRRITACION O RESEQUEDAD

INGESTION: NO SE ESPERAN EFECTOS ADVERSOS

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL: MASCARILLA APROBADA PARA POLVO;
 VENTILACION GENERAL; QUANTES NO REQUERIDOS;
 PROTECCION OCULAR CON ANTEJOS DE SEGURIDAD CON PROTECCION LATERAL

VII. PROCEDIMIENTOS EN ACCIDENTE

ESCAPE/DERRAME: UTILIZAR AGUA O VACIO PARA PREVENIR QUE SE ESPARSE EL POLVO. EVITAR LA RESPIRACION DEL POLVO

INCENDIO: NO ES INFLAMABLE

EXPOSICION A NUBES TOXICAS/DERRAMES: NO ES GAS TOXICO

VIII. ALMACENAMIENTO

VENTILACION ADECUADA. LAS TIERRAS USADAS NO PUEDEN ENVIARSE A LOS TIERREROS MUNICIPALES SIN HABER REALIZADO PREVIAMENTE SU ANALISIS CRETIB. SI RESULTASE POSITIVA ALGUNA CARACTERIZACION, SE DEBERA MANEJAR COMO RESIDUO PELIGROSO.

IX. REFERENCIAS

QUIMICA SIMEX, S.A. (1988). HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE ARCILLAS CLARIFICANTES TONSIL Y ACTISIL. PUEBLA, PUEBLA.

I. IDENTIFICACION

NOMBRE COMUN: CATALIZADOR DE NIQUEL PESO MOLECULAR: NO DETERMINADO
 NOMBRE QUIMICO: CATALIZADOR DE NIQUEL NO. CAS: NO APLICABLE A MEZCLAS
 FORMULA QUIMICA: NI + NIO ESTABILIDAD: EMERGEDO EN MANTECA SI ES ESTABLE
 CLASIFICACION GENERAL DE PELIGRO: RIESGO DE CANCER A ALGUNOS COMPUESTOS DE NIQUEL

II. COMPONENTES PELIGROSOS

NOMBRE:	X	CARACTERISTICAS
NIQUEL	N.D.	POLVOS IRRITANTES
OXIDO DE NIQUEL	N.D.	
ALUMINA	N.D.	
MANTECA	N.D.	

III. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

ESTADO FISICO: SOLIDO	REACTIVIDAD CON AGUA: NO ES REACTIVO
PUNTO DE EBULLICION: NO APLICA	REACTIVIDAD CON MATERIALES: NO ES REACTIVO
PRESION DE VAPOR: N.A.	CALOR DE COMBUSTION (cal/g): N.A.
PUNTO DE FUSION: N.A.	CALOR DE DISOLUCION (cal/g): N.A.
GRAVEDAD ESPECIFICA (H ₂ O = 1): N.A.	CALOR DE FUSION (cal/g): N.A.
GRAVEDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): N.A.	POLIMERIZACION: N.A.
SOLUBILIDAD CON AGUA: NO HAY INFORMACION	AGENTES NEUTRALIZANTES: N.A.

IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION

PUNTO DE FLASH: 170°C DE LA MANTECA TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: N.A.
 TASA DE COMBUSTION: N.A.
 LIMITES DE INFLAMABILIDAD EN AIRE: L1 --- L3 ---
 PELIGROS COMUNES DE FUEGO Y EXPLOSION:
 NO APLICA

MEIOS DE EXTINCION: QUIMICOS SECOS, ESPUMA O CO₂
 PROCEDIMIENTOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO: N.A.
 * SUSTANCIA CONSIDERADA COMO RIESGOSA POR FUEGO Y EXPLOSION
 CANTIDAD DE REPORTE: 20 000 kg

V. DATOS DE TOXICIDAD

TLV: 1 mg/m³ NI STEL: N.A. IDLH: N.A. OLOH: N.A.

CATALIZADOR DE NIQUEL SOPORTADO

HPPA
 NO REPORTADO



PELIGRO A LA SALUD:
 INFLAMABILIDAD:
 REACTIVIDAD:
 OTROS:

VI. SINTOMAS DE EXPOSICION

INHALACION: MOVER AL AIRE LIBRE; DAR RESPIRACION ARTIFICIAL SI ES NECESARIO; SI LA REPARACION SE DIFICULTA APLICAR OXIGENO
 CONTACTO CON LA PIEL Y OJOS: ENJUAGAR CON AGUA ABUNDANTE LA ZONA AFECTADA POR LO MENOS DURANTE 15 MINUTOS
 INGESTION: INDUCIR EL VOMITO INMEDIATAMENTE. SI LA PERSONA ESTA CONSCIENTE, DAR LECHE O AGUA E INTRODUCIENDO UN DEDO A LA GARGANTA
 EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL: LENTES DE PROTECCION OCULAR, MASCARILLA CON RESPIRADOR, ROPA DE PROTECCION, LAVARSE INMEDIATAMENTE DESPUES DE SU USO.

VII. PROCEDIMIENTOS EN ACCIDENTE

ESCAPE/DERRAME: EVACUAR EL AREA; DETENER EL DERRAME SI ES POSIBLE NO DEBE RESPIRARSE EL POLVO.
 INCENDIO: LLAMAR A LOS BOMBEROS; UTILIZAR ROPA PROTECTORA CONTRA EL FUEGO Y APARATO RESPIRADOR CON MASCARA COMPLETA
 EXPOSICION A HUBES TOXICAS/DERRAMES: LAS MISMAS DEL PUNTO VI.

VIII. ALMACENAMIENTO

ALMACENAR EN DEPOSITOS CON FRANJA AZUL O TANQUES AZULES POR SU EFECTO POTENCIAL A LA SALUD. EL NIQUEL USADO NO PUEDE SER ENVIA-DO A TIRADEROS SIN HABERLE REALIZADO SU ANALISIS CRETIN PREVIAMENTE. SI RESULTASE RESIDUO PELIGROSO, DISPONER ADECUADAMENTE.

IX. REFERENCIAS

CALSIGAT (1996). FLAKED NICKEL CATALYST ON ALUMINA OR KIESELBURH. MATERIAL SAFETY DATA SHEET.
 OSHA (1999). OSHA REGULATED HAZARDOUS SUBSTANCES. HEALTH, TOXICITY ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL DATA. NOTES DATA COMP.
 WEISS, G. (1984). HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK, SECOND EDITION. NOTES DATA CORPORATION.
 * LEY GENERAL DE EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE (1993). 7A. EDICION ED. PORRUA, MEXICO.

I. IDENTIFICACION		HEXANO	
NOMBRE COMUN: HEXANO	PESO MOLECULAR: 86.17		PELIGRO A LA SALUD: LIGERO (AZUL)
NOMBRE QUIMICO: HEXANO	NO. CAS: 110-54-3		INFLAMABILIDAD: SEVERO (ROJO)
FORMULA QUIMICA: C ₆ (H ₁₄) ₂	ESTABILIDAD: ESTABLE		REACTIVIDAD: NINGUNO (AMARILLO)
CLASIFICACION GENERAL DE PELIGRO: INFLAMABLE			OTROS:
II. COMPONENTES PELIGROSOS		VI. SINTOMAS DE EXPOSICION	
NOMBRE: X	CARACTERISTICAS	INHALACION: CAUSA IRRITACION DEL TRACTO RESPIRATORIO, TOS, DEPRESION, ARRITMIAS	
HEXANO 100	INFLAMABLE	CONTACTO CON LA PIEL: IRITANTE	
III. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS		INGESTION: NAUSEAS, VOMITO, INFLAMACION DEL ABDOMEN, DOLOR DE CABEZA	
ESTADO FISICO: LIQUIDO INCOLORO	REACTIVIDAD CON AGUA: NO REACCIONA	EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL: PROTECCION A OJOS Y PORTAR ROPA ADECUADA PARA PREVENIR CONTACTO PROLONGADO CON LA PIEL	
PUNTO DE EBULLICION: 68°C @ 500 mmHg	REACTIVIDAD CON MATERIALES: NO REACCION	VII. PROCEDIMIENTOS EN ACCIDENTE	
PRESION DE VAPOR: 150 mmHg @ 25°C	CALOR DE COMBUSTION (cal/g): -10,693	ESCAPE/DERIVAME: DETENER EL DERRAME SI ESTO ES POSIBLE. LOS RES SON ALTAMENTE INFLAMABLES Y EXPLOSIVOS.	
PUNTO DE FUSION: -139.6°C	CALOR DE VAPORIZACION (cal/g): 87.5	INCENDIO: EXTINGUIRLO CON QUIMICOS SECOS, ESPUMA O CO ₂ . EL AGUA PUEDE SER INEFECTIVA PARA EL CONTROL DEL FUEGO.	
GRAVEDAD ESPECIFICA (H ₂ O = 1): 0.66	CALOR DE FUSION (cal/g): 30.27	MANTENERSE VIENTO ARRIBA Y UTILIZAR EL AGUA PARA "ABATIR" LOS VAPORES. LLAMAR A LOS BOMBEROS; LOS VAPORES DE HEXANO PUEDE INFLAMARSE CON FLAMAZO DE RETROCESO. PUEDE EXPLOTAR SI SE CONFINAN	
GRAVEDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): 3.0	POLIMERIZACION: N.A.	EXPOSICION A NUBES TOXICAS/DERIVAMES: INHALACION: MANTENER RESPIRANDO A LA VICTIMA Y DAR OXIGENO SI ES NECESARIO, ASPIRACION; RECOSTAR Y DAR OXIGENO. INGESTION: NO INDUCIR VOMITO. PIEL Y OJOS: ELUAGAR, LAVAR CON JABON Y AGUA. OJOS: LAVAR CON AGUA ABUNDANTE.	
SOLUBILIDAD CON AGUA: 0.014 PARTES EN 100	AGENTES NEUTRALIZANTES: N.A.	VIII. ALMACENAMIENTO	
IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION		ALMACENAR EN TANQUES CON FRANJAS ROJAS Y CODIGO NFPA. REQUIERE APRESTADOR DE FLAMA. ALMACENAR FUERA DE FUENTES DE IGNICION. NO UTILIZAR HERRAMIENTAS ELECTRICAS NI GOLPEAR METALES EN AMBIENTES CON HEXANO. ATERRIZAR LOS TANQUES ADECUADAMENTE.	
PUNTO DE FLASHEO: -13.0°C	TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: 823°C	IX. REFERENCIAS	
TASA DE COMBUSTION: 7.3 mm/min		OSHA (1990). OSHA REGULATED HAZARDOUS SUBSTANCES. HEALTH, TOXICITY ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL DATA. NOYES DATA CORP.	
LIMITE DE INFLAMABILIDAD EN AIRE, %: LI 1.2 LS 7.7		WEISS, G. (1986). HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK. SECOND EDITION. NOYES DATA CORPORATION.	
PELIGROS COMUNES DE FUEGO Y EXPLOSION:		• LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE (1993). 7A EDICION. EDITORIAL PORRUA, MEXICO.	
LOS VAPORES PUEDEN EXPLOTAR			
MEDIOS DE EXTINCION: ESPUMAS, QUIMICOS SECOS, CO ₂			
PROCEDIMIENTOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO:			
MANTENER ALEJADA A LA GENTE Y SITUARSE VIENTO ARRIBA DEL DERRAME.			
• SUSTANCIA CONSIDERADA COMO RIESGOSA POR PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION			
CANTIDAD DE REPORTE: 30 000 kg			
V. DATOS DE TOXICIDAD			
TLV: 50 ppm STEL: 500 ppm 30 min IDLH: 5000 ppm OLR: NO DISPONIBLE			

I. IDENTIFICACION

NOMBRE COMUN: HIDROGENO PESO MOLECULAR: 2.0
 NOMBRE QUIMICO: HIDROGENO NO. CAS: 133-74-8
 FORMULA QUIMICA: H₂ ESTABILIDAD: ESTABLE
 CLASIFICACION GENERAL DE PELIGRO: EXPLOSIVO

II. COMPONENTES PELIGROSOS

NOMBRE:	X	CARACTERISTICAS
HIDROGENO	100	COMPUESTO PURO ALTAMENTE EXPLOSIVO * FIOTA Y HIERVE SOBRE EL AGUA. SE PRODUCE UNA NEBLA DE VAPOR VISIBLE

III. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

ESTADO FISICO: GAS	REACTIVIDAD CON AGUA: VAPORIZA AL H ₂
PUNTO DE ENLUCIDACION: -253°C	REACTIVIDAD CON MATERIALES: ORIGENO Y CLORO
PRESION DE VAPOR: GAS A CONDICIONES ATMOS.	CALOR DE COMBUSTION (cal/g): -27,823
PUNTO DE FUSION: -259°C	CALOR DE DISOLUCION (cal/g): N.A.
GRAVEDAD ESPECIFICA (H ₂ O = 1): --	CALOR DE FUSION (cal/g): 13.8
GRAVEDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): 0.067	POLIMERIZACION: N.A.
SOLUBILIDAD CON AGUA: 2.1 PARTES EN 100	AGENTES NEUTRALIZANTES: N.A.

IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION

PUNTO DE FLASHEO: N.A. TEMPERATURA DE AUTOIONICION: --
 TASA DE COMBUSTION: 9.9 mm/Hg
 LIMITES DE INFLAMABILIDAD EN AIRE, %: LI 4.0 LS 75.0
 PELIGROS COMUNES DE FUEGO Y EXPLOSION:
 N.A.
 MEDIOS DE EXTINCION: DEJAR QUE SE QUENE Y CERRAR ABASTECIMIENTO
 PROCEDIMIENTOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO:
 NO DEBE UTILIZARSE CO₂
 * SUSTANCIA CONSIDERADA COMO RIESGOSA POR PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION
 CANTIDAD DE REPORTE: 500 RB

V. DATOS DE TOXICIDAD

TLV: GAS ASFIXIANTE STEL: IDLN: COLOR:

HIDROGENO

NFPA



PELIGRO A LA SALUD: NINGUNA (AZUL)
 INFLAMABILIDAD: SEVERA (ROJO)
 REACTIVIDAD: NINGUNA (AMARILLO)
 OTROS:

VI. SINTOMAS DE EXPOSICION

INHALACION: SI ES INHALADO A ALTAS CONCENTRACIONES PUEDE OCASIONAR DIFICULTAD DE RESPIRACION O PERDIDA DE LA CONSCIENCIA

CONTACTO CON LOS OJOS Y PIEL: PUEDE CAUSAR CONGELAMIENTO SIMILAR AL DE LAS QUEMADURAS

INGESTION: NO APLICA

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL: LENTES DE SEGURIDAD O CARETA; ROPA CON MARGAS LARGAS, GUANTES IMPERMEABLES AISLANTES Y BOTAS DE SEGURIDAD

VII. PROCEDIMIENTOS EN ACCIDENTE

ESCAPE/DERIVAME: LLAMAR A LOS BOMBEROS. APAGAR O CORTAR FLUJO DE GAS. APAGAR FUENTES DE IONICION. ENFRIAR CONTENEDORES Y PROTEGER AL PERSONAL QUE ATACA AL INCENDIO ROCIANDO AGUA

INCENDIO: INFLAMABLE. LA LLAMA NO SE VE. PUEDE PRESENTARSE UN FLAMBO DE RETROCESO EN LA TRAYECTORIA DE LOS VAPORES. EL VAPOR PUEDE EXPLOTAR SI MIENTRAS ESTA CONFINADO HAY UNA FUENTE DE IONICION

EXPOSICION A NUBES TOXICAS/DENSAS: SI HUBO CONTACTO CON LIQUIDO LIXAR LAS AREAS AFECTADAS CON AGUA EN ABUNDANCIA. NUNCA FROTAR

VIII. ALMACENAMIENTO

PROTEGER LOS CONTENEDORES CONTRA DAÑO FISICO. AISLAR Y ALMACENAR EN EXTERIORES. SEPARAR DE OXIGENO Y CLORO, COMBUSTIBLES Y ORGANICOS. ALMACENAR EN AREAS FRIAS VENTILADAS DE CONSTRUCCION NO COMBUSTIBLE LEJOS DE POSIBLES FUENTES DE IONICION

IX. REFERENCIAS

OSHA (1998). OSHA REGULATED HAZARDOUS SUBSTANCES. HEALTH, TOXICITY ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL DATA. NOTES DATA CORP.

WEISS, G. (1986). HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK. SECOND EDITION. NOTES DATA CORPORATION.

* LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE (1993). 7A EDICION. EDITORIAL PORRUA, MEXICO.

I. IDENTIFICACION

NOMBRE COMUN: SOSA PESO MOLECULAR: 40
 NOMBRE QUIMICO: HIDROXIDO DE SODIO NO. CAS: 1310-73-42
 FORMULA QUIMICA: NaOH ESTABILIDAD: ESTABLE
 CLASIFICACION GENERAL DE PELIGRO: CORROSIVO

HIDROXIDO DE SODIO

NFPA



PELIGRO A LA SALUD: SEVERO (AZUL)
 INFLAMABILIDAD: NINGUNA (ROJO)
 REACTIVIDAD: LIGERA (AMARILLO)
 OTROS:

II. COMPONENTES PELIGROSOS

NOMBRES	%	CARACTERISTICAS
HIDROXIDO DE SODIO	100	CORROSIVO

III. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

ESTADO FISICO: SOLIDO O EN SOLUCION	REACTIVIDAD CON AGUA: SE DISUELVE CON CALOR
PUNTO DE EBULLICION: ALTO	REACTIVIDAD CON MATERIALES: ATACA METALES
PRESION DE VAPOR: NO HAY DATOS	CALOR DE COMBUSTION (cal/g): N.A.
PUNTO DE FUSION: 318°C	CALOR DE DISOLUCION (cal/g): N.A.
GRAVEDAD ESPECIFICA (H ₂ O = 1): 2.13	CALOR DE FUSION (cal/g): 296 PROMEDIO
GRAVEDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): N.A.	POLIMERIZACION: N.A.
SOLUBILIDAD CON AGUA: 42 PARTES EN 100	AGENTES NEUTRALIZANTES: AC. ACETICO Y AGUA

IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION

PUNTO DE FLASH: NO ES INFLAMABLE TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: N.A.
 TASA DE COMBUSTION: N.A.
 LIMITES DE INFLAMABILIDAD EN AIRE, %: L1 --- L5 ---
 PELIGROS COMUNES DE FUEGO Y EXPLOSION:
 AL REACCIONAR CON METALES GENERA GAS HIDROGENO EXPLOSIVO
 MEDIOS DE EXTINCION: N.A.
 PROCEDIMIENTOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO: LOS DEL HIDROGENO

V. DATOS DE TOXICIDAD

TLV: 2 mg/m³ STEL: 2 mg/m³ IDLH: OLOR:

VI. SINTOMAS DE EXPOSICION

INHALACION: LOS POLVOS PUEDEN CAUSAR DAÑO AL TRACTO RESPIRATORIO Y PRODUCIR PNEUMONITIS

CONTACTO CON LA PIEL: PUEDE QUEMAR LOS OJOS Y LA PIEL ASI COMO PRODUCIR DAÑO SEVERO

INGESTION: DAÑO SEVERO A LAS MEMBRANAS MUCOSAS Y PUEDEN PRESENTARSE PERFORACIONES SEVERAS.

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL: QUANTES CALIFICADOS DE SEGURIDAD QUIMICA, CARETA, RESPIRADOR CON FILTRO, BOTAS Y QUANTES DE GUELO

VII. PROCEDIMIENTOS EN ACCIDENTE

ESCAPE/DERRAHE: EVITAR EL CONTACTO CON EL SOLIDO Y LOS POLVOS. MANTENER ALEJADA A LA BENTE. PORTAR "OVERCLOTHING" INCLUYENDO QUANTES. PARA LA DESCARGA, AISLAR Y RECOGER EL MATERIAL

INCENDIO: NO ES INFLAMABLE. SIN EMBARGO PUEDE PRODUCIR HIDROGENO AL CONTACTO CON ALCORNO METALES.

EXPOSICION A NUBES TOXICAS/DERRAMES: POR POLVOS: LLEVAR AL AIRE FRESCO. SI LA RESPIRACION SE HA DETENIDO, DAR RESPIRACION ARTIFICIAL; SI LA RESPIRACION ES DIFICIL, DAR OXIGENO. SI HUBO CONTACTO CON LOS OJOS, MANTENERLOS ABIERTOS Y LAVAR CUIDADOSAMENTE CON AGUA. SI HAY EXPOSICION A SOLIDOS: QUITAR LA ROPA Y ZAPATOS CONTAMINADOS. LAVAR LAS AREAS AFECTADAS CON AGUA. SI FUE TRAGADO Y LA VICTIMA ESTA CONCIENTE DAR AGUA O LECHE SIN INDUCIR VOMITO

VIII. ALMACENAMIENTO

ALMACENAR SEPARADAMENTE EN CONTENEDORES CON FRANJA BLANCA Y LETREROS DE CORROSIVO. MANTENER CERRADOS LOS CONTENEDORES. EL AREA DEBE ESTAR PROTEGIDA CONTRA LA CORROSION Y SECA.

IX. REFERENCIAS

OSHA (1990). OSHA REGULATED HAZARDOUS SUBSTANCES. HEALTH, TOXICITY ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL DATA. NOTES DATA CORP.

WEISS, G. (1986). HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK. SECOND EDITION. NOTES DATA CORPORATION.

I. IDENTIFICACION

NOMBRE COMUN: GAS NATURAL, METANO
 PESO MOLECULAR: 16.04
 NOMBRE QUIMICO: METANO
 NO. CAS: 74-82-8
 FORMULA QUIMICA: CH₄
 ESTABILIDAD: ESTABLE
 CLASIFICACION GENERAL DE PELIGRO: GAS INFLAMABLE

II. COMPONENTES PELIGROSOS

NOMBRE:	X	CARACTERISTICAS
METANO	100	INFLAMABLE

III. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

ESTADO FISICO: GAS VISIBLE A COND. AMB.	REACTIVIDAD CON AGUA: NO REACCIONA
PUNTO DE EBULLICION: -164.0°C	REACTIVIDAD CON MATERIALES: NO REACCIONA
PRESION DE VAPOR: N.A.	CALOR DE COMBUSTION (cal/g): -21,517.0
PUNTO DE FUSION: -182.5°C	CALOR DE DISOLUCION (cal/g): N.A.
GRAVEDAD ESPECIFICA (H ₂ O = 1): 0.422 LIQ.	CALOR DE FUSION (cal/g): 13.96
GRAVEDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): 0.55	POLIMERIZACION: N.A.
SOLUBILIDAD CON AGUA: MUY POCO SOLUBLE	AGENTES NEUTRALIZANTES: N.A.

IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION

PUNTO DE PLASHEO: ES GAS INFLAMABLE
 TEMPERATURA DE AUTOIONICION: 548°C
 TASA DE COMBUSTION: 17.5 mm/min COMO LIQUIDO
 LIMITES DE INFLAMABILIDAD EN AIRE: L₁ 5.0 L₅ 15.0
 PELIGROS COMUNES DE FUEGO Y EXPLOSION:
 LIQUIDO QUE FLOTA Y HIERVE SOBRE EL AGUA. FORMA MUY PESADA.
 MEDIOS DE EXTINCION: SOLO DETENER EL FLUJO DE GAS
 PROCEDIMIENTOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO: NO USAR AGUA.

V. DATOS DE TOXICIDAD

TLV: GAS ASPIRIANTE STEL: N.A. IDLH: N.A. OLR: 200 ppm

METANO

NFPA



PELIGRO A LA SALUD: LIGERO (AZUL)
 INFLAMABILIDAD: EXTREMA (ROJO)
 REACTIVIDAD: NINGUNA (AMARILLO)
 OTROS:

VI. SINTOMAS DE EXPOSICION

INHALACION: NO IRRITA LA GARGANTA. NO HAY EFECTOS SISTEMATICOS, AUN A CONCENTRACIONES DEL 5% EN EL AIRE. CAUSA ASPIRIA A ALTAS CONCENTRACIONES.

CONTACTO CON LA PIEL: NO HAY PELIGRO APRECIABLE A MENOS QUE HAYA CONTACTO CON LIQUIDO SUBENFRIADO QUE PUEDE CAUSAR QUEMADURAS, NO IRRITA A LOS OJOS.

INGESTION: NO APLICA

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL: RESPIRADOR PARA ALTAS CONCENTRACIONES, ROPA PROTECTORA, ANTEOJOS DE SEGURIDAD.

VII. PROCEDIMIENTOS EN ACCIDENTE

ESCAPE/DERRAME: DETENER EL FLUJO SI ES POSIBLE; MANTENER ALEJADA A LA GENTE; CUIDAR EL MANTENERSE EN DIRECCION CONTRARIA A LA DIRECCION DEL VIENTO; APAGAR FUENTES DE IGNICION Y LLAMAR A LOS BOMBEROS; EN CASO DE SER GRANDE LA DESCARGA, EVACUAR LA ZONA; EVITAR EL CONTACTO CON EL LIQUIDO Y/O VAPOR.

INCENDIO: LLAMAR A LOS BOMBEROS; PRECAUCION: PUEDE PRESENTARSE UN UN FLAMAZO DE RETROCESO; PUEDE OCURRIR UNA EXPLOSION SI HAY UNA FUENTE DE IGNICION; DETENER LA DESCARGA DE GAS SI ES POSIBLE; ENFRIAR LOS CONTENEDORES EXPUESTOS CON AGUA; DEJAR QUE EL FUEGO ARDA.

EXPOSICION A NUBES TOXICAS/DERRAMES: INHALACION: MOVER A LA VICTIMA AL AIRE LIBRE; MANTENER LA RESPIRACION; APLICAR RESPIRACION ARTIFICIAL SI ES NECESARIO. CONTACTO CON OJOS O PIEL: EXPONER LA ZONA AFECTADA AL CHORRO DEL AGUA; NUNCA FROTAR.

VIII. ALMACENAMIENTO

PROTEGER LOS CONTENEDORES DE DAÑO FISICO. AISLAR DE COMBUSTIBLES, Y MATERIALES ORGANICOS Y OXIDANTES. ALMACENAR EN AREAS FRIAS Y BIEN VENTILADAS, LEJOS DE FUENTES DE IGNICION. PROTEGER CONTRA ELECTRICIDAD ESTATICA Y DESCARGAS ELECTRICAS.

IX. REFERENCIAS

OSHA (1990). OSHA REGULATED HAZARDOUS SUBSTANCES. HEALTH, TOXICITY ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL DATA. MOWES DATA CORP.

WEISS, D. (1986). HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK. SECOND EDITION. MOWES DATA CORPORATION.

I. IDENTIFICACION

NOMBRE COMUN: NITROGENO PESO MOLECULAR: 28.0
 NOMBRE QUIMICO: NITROGENO NO. CAS: 7727-37-9
 FORMULA QUIMICA: N₂ ESTABILIDAD: ESTABLE
 CLASIFICACION GENERAL DE PELIGRO: LIQUIDO CONGELANTE

II. COMPONENTES PELIGROSOS

NOMBRE:	%	CARACTERISTICAS
NITROGENO LIQUIDO	100	CONGELANTE
NITROGENO GAS	100	INERTE

III. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

ESTADO FISICO: GAS INCOLORO E INOLORO	REACTIVIDAD CON AGUA: VAPORIZA AL NITROGENO
PUNTO DE EBULLICION: -195.0°C	REACTIVIDAD CON MATERIALES: NO REACCIONA
PRESION DE VAPOR: N.A.	CALOR DE COMBUSTION (cal/g): NO APLICA
PUNTO DE FUSION: -215.0°C	CALOR DE DISOLUCION (cal/g): N.A.
GRAVEDAD ESPECIFICA (H ₂ O = 1): 0.897 LIQ.	CALOR DE FUSION (cal/g): 8.15
GRAVEDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): 0.965	POLIMERIZACION: N.A.
SOLUBILIDAD CON AGUA: 2.35 PARTES EN 100	AGENTES NEUTRALIZANTES: N.A.

IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION

PUNTO DE FLASHEO: ES GAS NO INFLAMABLE TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: N.A.
 TASA DE COMBUSTION: N.A.
 LIMITES DE INFLAMABILIDAD EN AIRE, %: LI --- LS ---
 PELIGROS COMUNES DE FUEGO Y EXPLOSION:
 PUEDE CAUSAR FUEGO Y EXPLOSION AL CONTACTO CON COMBUSTIBLES. CUANDO SE CALIENTA
 PUEDE GENERAR GASES TOXICOS.
 MEDIOS DE EXTINCION: N.A.
 PROCEDIMIENTOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO: N.A.

V. DATOS DE TOXICIDAD

TLV: GAS ASFIXIANTE STEL: N.A. IDLH: N.A. OLRH: N.A.

NITROGENO

NFPA



PELIGRO A LA SALUD: MODERADO (AZUL)
 INFLAMABILIDAD: NINGUNA (ROJO)
 REACTIVIDAD: NINGUNA (AMARILLO)
 OTROS:

VI. SINTOMAS DE EXPOSICION

INHALACION: PUEDE CAUSAR ASFIXIA SI LA ATMOSFERA NO CONTIENE OXIGENO; SOMNOLENCIA, INCONCIENCIA O HASTA LA MUERTE.
 CONTACTO CON LA PIEL: PRODUCE QUEMADURAS EN LA PIEL Y LOS OJOS.
 INGESTION: VENENOSO SI ES TRAGADO.

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL: GUANTES DE LATEX, LENTES DE PROTECCION Y CARETA PROTECTIVA; ROPA PROTECTIVA; CASISIER PARA RESPIRADOR DE GASES ACIDOS O EQUIPO DE RESPIRACION AUTONOMO.

VII. PROCEDIMIENTOS EN ACCIDENTE

ESCAPE/DERRAME, DETENER EL FLUJO SI ES POSIBLE; MANTENER ALEJADA A LA GENTE; CUIDAR EL MANTENERSE EN DIRECCION CONTRARIA A LA DIRECCION DEL VIENTO; PONER LA ROPA DE SEGURIDAD Y LLAMAR A LOS BOMBEROS; EN CASO DE SER GRANDE LA DESCARGA, EVACUAR LA ZONA; EVITAR EL CONTACTO CON EL LIQUIDO Y/O VAPOR.

INCENDIO: LLAMAR A LOS BOMBEROS; PRECAUCION: PUEDE PRESENTARSE UN UN FLAMAJO DE RETROCESO; PUEDE OCURRIR UNA EXPLOSION SI HAY UNA FUENTE DE IGNICION; DETENER LA DESCARGA DE GAS SI ES POSIBLE; ENFRIAR LOS CONTENEDORES EXPUESTOS CON AGUA; DEJAR QUE EL FUEGO ARDA.

EXPOSICION A MUDES TOXICAS/DERRAMES; INHALACION: MOVER A LA VICTIMA AL AIRE LIBRE; MANTENER LA RESPIRACION; APLICAR RESPIRACION ARTIFICIAL SI ES NECESARIO; CONTACTO CON OJOS O PIEL: EXPOSER LA ZONA AFECTADA AL CHORRO DEL AGUA; NUNCA FROTAR; QUITAR LA ROPA QUE TUVO CONTACTO, SI FUE TRAGADO NO INDUCIR EL VOMITO.

VIII. ALMACENAMIENTO

RECIPIENTES DE ACUERDO CON LAS NORMAS DE LA ASOCIACION AMERICANA DE INGENIEROS MECANICOS (ASME), DOT, ANSI, CGA Y LA ICC.
 PRESION DE SERVICIO ENTRE 150 Y 15000 PSI, VALVULA DE CERRAMIENTO DE 0.945 DE DIAMETRO CON BUSCAS INTERIOR DE NUNCA DE 14 HILOS POR PULGADA PROVISTAS CON DISCOS DE RUPTURA FRAGMENTABLE, ALMACENAR EN SITIOS BIEN VENTILADOS AISLADOS.

IX. REFERENCIAS

CROYINFRA (1992), INFORMACION DE SEGURIDAD EN EL MANEJO DEL NITROGENO, AFAGIM, MEXICO D.F.
 WEISS, G. (1986), HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK, SECOND EDITION, MOYES DATA CORPORATION.

I. IDENTIFICACION

NOMBRE COMUN: PROPILENGLICOL PESO MOLECULAR: 76.10
 NOMBRE QUIMICO: 1,2-PROPANEDIOL NO. CAS: 57-55-6
 FORMULA QUIMICA: $CH_3CH(OH)CH_2OH$ ESTABILIDAD: ESTABLE
 CLASIFICACION GENERAL DE PELIGRO: COMBUSTIBLE

II. COMPONENTES PELIGROSOS

NOMBRE:	X	CARACTERISTICAS
PROPILENGLICOL	100	COMBUSTIBLE

III. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

ESTADO FISICO: LIQUIDO ESPESO INCOLORO	REACTIVIDAD CON AGUA: NO REACCIONA
PUNTO DE EBULLICION: 100°C	REACTIVIDAD CON MATERIALES: NO REACCIONA
PRESION DE VAPOR: 170 mm Hg @ 2240 MMHG	CALOR DE COMBUSTION (cal/g): -5720
PUNTO DE FUSION: -120°C	CALOR DE DISOLUCION (cal/g): N.A.
GRAVEDAD ESPECIFICA (H ₂ O = 1): 1.04	CALOR DE FUSION (cal/g): N.A.
GRAVEDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): N.A.	POLIMERIZACION: N.A.
SOLUBILIDAD CON AGUA: MISCIBLE	AGENTES NEUTRALIZANTES: N.A.

IV. PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION

PUNTO DE FLASH: 90.0°C TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: 421°C
 TASA DE COMBUSTION: 1.5 mm/min
 LIMITES DE INFLAMABILIDAD EN AIRE, %: LI 2.6 LS 12.5
 PELIGROS COMUNES DE FUEGO Y EXPLOSION:
 N.A.

MEDIOS DE EXTINCION: NEBLINA DE AGUA, ESPUMA DE ALCOHOL, CO₂, QUIMICOS SECOS

PROCEDIMIENTOS ESPECIALES CONTRA INCENDIO:

LOS ANTERIORES

V. DATOS DE TOXICIDAD

TLV: NO APLICA STEL: NO APLICA IDLH: NO APLICA OLO: NO APLICA

PROPILENGLICOL

HFA



PELIGRO A LA SALUD: NINGUNO (AZUL)
 INFLAMABILIDAD: LIGERO (ROJO)
 REACTIVIDAD: NINGUNO (AMARILLO)
 OTROS:

VI. SINTOMAS DE EXPOSICION

INHALACION: NO HAY SINTOMAS

CONTACTO CON LA PIEL O A LOS OJOS: PUEDE IRRITAR A LOS OJOS

INGESTION: TOXICIDAD GRADO 2; LD₅₀ = 0.5 A 5 g/kg DE RATON

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL: GOGGLES

VII. PROCEDIMIENTOS EN ACCIDENTE

ESCAPE/DERRAME: DETENER LA DESCARGA SI ESTO ES POSIBLE; MANTENER A LA GENTE ALEJADA; LLAMAR A LOS BOMBEROS; AISLAR LA ZONA Y RECOGER EL MATERIAL DERRAMADO. PUEDE SER PELIGROSO SI INGRESA A DEPOSITOS DE AGUA POTABLE.

INCENDIO: COMBUSTIBLE. ESTINGUIR CON AGUA, QUIMICOS SECOS, ESPUMA DE ALCOHOL, O DIOXIDO DE CARBONO. ENFRIAR LOS CONTENEDORES EXPUESTOS CON AGUA.

EXPOSICION A NUBES TOXICAS/DERRAMES: NO ES PELIGROSO

VIII. ALMACENAMIENTO

ALMACENAR EN LUGARES VENTILADOS CON INDICACIONES DE PELIGRO POR SER COMBUSTIBLE.

IX. REFERENCIAS

OSHA (1990). OSHA REGULATED HAZARDOUS SUBSTANCES. HEALTH, TOXICITY ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL DATA. NOTES DATA CORP.

WEISS, G. (1986). HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK. SECOND EDITION. NOTES DATA CORPORATION.

d) Almacenamiento de hidrógeno

Se almacena hidrógeno comprimido en 8 tanques horizontales.
Cap. por tanque: 56 000 l.
Cap. total: 448 000 l.
Presión de operación: 148 atm
Presión de relevo: 163 atm

e) Almacenamiento de hexano:

Se cuenta con dos tanques localizados dentro de un dique de contención.

Tanque no. 1

Tanque no. 2

Cap. máx.: 100 000 l.

Cap. máx.: 50 000 l.

Cap. normal: 80 000 l.

Cap. normal: 40 000 l.

Presión de operación: atmosférica

Presión de operación: atmosférica

Se cargan una vez por mes, cuando se encuentran al 55-65% de su capacidad.

Características del dique:

Capacidad: 181 000 l.

Largo: 11 m.

Ancho: 11 m.

Altura: 1.5 m.

f) Almacenamiento de ácido fosfórico

Se cuenta con dos tanques verticales. Cap. 10 ton c/u.

g) Almacenamiento de nitrógeno

Se cuenta con un tanque vertical. Cap. 6 ton.

h) Almacenamiento de propilenglicol

Se cuenta con un tanque vertical. Cap. 10 ton.

i) Almacenamiento de hidróxido de sodio al 50%

Se cuenta con 7 tanques verticales. Cap. 50 ton c/u.

6.1.6. Plano de localización general

El plano de localización general de la instalación se esquematiza en la fig. 35. La superficie del terreno es: 136 280 m². Este diagrama es una adaptación de la distribución propuesta por Bernardini [1981].

La dirección de vientos dominantes es de sur a norte con una velocidad de 2 m/s.

6.1.7. Antecedentes de riesgo del proceso

Para llevar a cabo la realización de este punto, ha sido necesario realizar una revisión en Literatura especializada para encontrar datos reportados como antecedentes de riesgo del proceso.

De acuerdo con los materiales involucrados en el proceso de producción de aceites y mantecas vegetales, éste cuenta con varios puntos de riesgo potencial, pues se ha corroborado la existencia de accidentes registrados provocados por sustancias tales como: polvos de granos, hexano, amoníaco, hidrógeno y gas natural.

a) Explosiones por polvos de granos

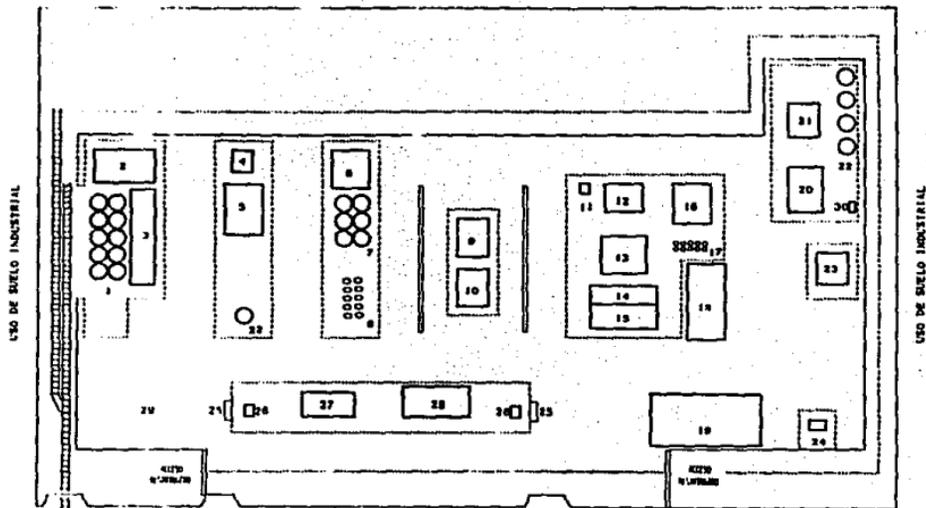
La manipulación de granos en silos lleva como consecuencia el desprendimiento de polvos que, al paso por los diferentes medios de conducción y transportación, pueden crear situaciones de peligro por explosión al alcanzarse el límite inferior de explosividad. Equipos como ductos, ciclones o filtros de bolsas, e incluso los silos de almacenamiento son reconocidos por organismos como la National Fire Protection Association, por el Bureau of Mines de los Estados Unidos y por la Environmental Protection Agency como potencialmente susceptibles de peligro por fuego y explosión.

En la literatura especializada, se describen dos accidentes ocurridos en silos de granos con resultado de explosiones. En Diciembre de 1977, ocurrieron dos explosiones que ocasionaron varias muertes en silos de granos de soya en Westwego, Louisiana y Galveston, Texas. En ambos casos, el inicio de los incidentes fue en el elevador de granos, aunque todavía se desconoce la causa directa.

b) Incendios y explosiones en plantas de extracción por solventes

La revista de la Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles A.C. publicó un artículo dedicado específicamente a los peligros asociados a este proceso [López 1993]. En este artículo, se reconoce la vulnerabilidad del proceso de extracción con hexano debido a que, a lo largo de las corrientes de flujo y en los equipos, hay la posibilidad de

USO DE SUELO NO HABITACIONAL



0 20 50 100 m

CALLE

ZONA MIXTA (INDUSTRIA PEQUEÑA Y POBLACION)



DIRECCION DE VIENTOS DOMINANTES

1. SILOS PARA SEMILLAS
2. PREPARACION DE SEMILLAS
3. SECADO DE SEMILLAS
4. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HEXANO
5. EXTRACCION
6. ALMACEN PARA HARINA
7. SILOS PARA HARINA
8. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE CRUDO
9. CALDERAS
10. TORRES DE ENPRIAMIENTO

11. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AMONIACO
12. WINTERIZADO
13. HIDROGENAZO
14. BLANQUEO
15. REFINACION
16. DESODORIZADO
17. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE REFINADO
18. ENVASADO
19. ALMACEN DE PRODUCTOS TERMINADOS

20. PLANTA DE PRODUCCION DE HIDROGENO
21. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROGENO
22. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA
23. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
24. SUBESTACION ELECTRICA
25. BASCULAS
26. CASETA
27. LABORATORIO Y OFICINAS
28. SERVICIOS
29. ESTACIONAMIENTO
30. SUMINISTRO DE GAS NATURAL

DIAGRAMA DE LOCALIZACION GENERAL DE UNA INDUSTRIA ACEITERA: CASO-EJEMPLO



FACULTAD DE QUIMICA

FIG. 35

formar atmósferas hexano-aire con potencial de acercarse a los límites de inflamabilidad. De hecho, existen puntos en donde la naturaleza del proceso obliga a que se tengan zonas de transición, como resultado del cambio de equipo. Esto es, se pasa de un contenedor con atmósferas saturadas del solvente, a otro equipo prácticamente sin concentración de hexano, con el correspondiente cruce por los límites máximo y mínimo de inflamabilidad, o viceversa.

Los puntos identificados como potencialmente peligrosos por la compañía De Smet son: la salida de la harina de la zona de desolventizado y la entrada al extractor. Adicionalmente, se tiene identificado que el ingreso accidental de aire en ambos equipos constituye un peligro muy importante.

Entre otros puntos identificados por De Smet como potenciales de llevar hexano al exterior en diferentes cantidades se encuentran las fugas por empaques, bridas, etc., cuyo peligro potencial es la formación de atmósferas hexano-aire.

Finalmente, los puntos indicadores que en caso de falla podrían crear situaciones de peligro y destacan como más importantes son:

- Indicadores de presión o temperatura.
- Bridas de conexión o empaques
- Recipientes de proceso

c) Incendios en Áreas de almacenamiento de solventes

El alcance del fuego-explósión de un tanque de almacenamiento de solventes puede ser muy grande. En ocasiones han ocurrido incendios y/o explosiones de la mezcla en el espacio de vapor del tanque, y en otros casos, se ha formado una nube de vapores fuera del tanque, la cual se ha prendido. Otras causas han sido por ruptura del tanque con el consecuente derrame del contenido. La causa más frecuente de incendios en tanques es el sobrellenado del tanque como consecuencia de procedimientos inadecuados de carga, aunque también se han reportado impactos de rayos. Si se presentará un derrame líquido que mojara o que se contuviera alrededor del tanque debido a sobrellenado, se puede formar una nube de vapores, que puede viajar hasta encontrar una fuente de emisión y formar un flama de retroceso. Si ocurre esto, se puede entonces encender el líquido restante [Lees 1991]. No existe reportado en la literatura a detalle un incidente con hexano porque se ha agrupado como problemas con hidrocarburos $\leq C_9$. No obstante, en 1993 en la planta de Industrial Aceitera en Tlalnepantla, Edo. de México se presentó un accidente que posiblemente involucró explosión e incendio en la manipulación de hexano [Bravo 1994].

d) Dispersión de amoníaco en nubes tóxicas

El problema de nubes tóxicas de amoníaco es un aspecto fuertemente estudiado contándose con literatura suficiente que documenta este punto.

En el manual denominado "Guía Metodológica para la Evaluación del Riesgo Derivado del Uso Antagónico del Suelo" [SEDJE 1986], se cita una serie de accidentes en los que ha estado involucrado un escape de amoníaco cuyas causas han sido fallas en equipo, procedimientos de carga y descarga erróneos y accidentes carreteros.

En México el accidente más común ha sido la irresponsabilidad y falta de entrenamiento de operadores en el trasvase de los carros-pipa hacia el tanque de almacenamiento y las malas condiciones de la instalación. La fuga de NH_3 de la planta de Química en Xalostoc, 1980 es un ejemplo.

e) Explosiones de Hidrógeno

La ocurrencia de explosiones de mezclas aire-hidrógeno es un tanto inusual, sin embargo si hay reportes documentados en la literatura.

El problema principal es la posibilidad de una ignición espontánea. Una estimación hecha por Bulkey y Jacobs (1966) que fué basada en una revisión extensa de incidentes de hidrógeno, indica que la detonación de 10lb de hidrógeno podría causar un daño estructural severo a unos 45 mts. y daño moderado a 100 mts. Más detalles del peligro de explosión de mezclas aire-hidrógeno son presentados en la referencia original [Lees 1991].

Existe la publicación de una investigación de incidentes en los que ocurrieron explosiones de nubes de vapores de inflamables [Davenport 1977]. En ésta se reporta un accidente ocurrido en 1975 en California (EE.UU.) en el que se escapó hidrógeno de una planta de producción de este gas como resultado de una falla en el tanque de almacenamiento que ocasionó la fuga de 665 lb de H_2 gas a la atmósfera. La nube explotó con un centro aparente ubicado a 10 mts. sobre la pendiente media y fue acompañada de una liberación de energía equivalente a 20 a 40 lb de TNT. Otro accidente ocurrido en Nevada (EE.UU.) en 1964, fue el resultado de un experimento de venteos que llevó a la liberación de 200 lb de H_2 , nube que se incendió. La fuerza de la explosión se calculó en 60 lb de TNT. Recientemente, la revista Chemical Engineering publicó en 1993 una nota en la que un experto notifica que el escape masivo por venteo de H_2 puede ocasionar que la nube se caliente internamente llevando a una explosión espontánea.

f) Explosiones de metano

El metano o bien, la mezcla de gas natural que contiene el mayor porcentaje de CH_4 , ha sido causante de accidentes por explosiones por diversas causas. En un artículo de la revista Chemical Engineering Process [Davenport 1977] se citan los siguientes accidentes con participación de metano o gas natural:

Lousiana, 1963: Falla en el equipo de medición de flujo en terminal de abastecimiento. La nube formada dió por resultado una explosión equivalente a 1 ton de TNT, resultando posteriormente un fuego de larga duración.

Alemania, 1966: Falla en la tubería de conducción. Ocurrió la ignición

segundos después de la fuga a 60 mts. donde encontró la nube una fuente de ignición. Se estima que 600 lb de metano explotaron con un equivalente a 2 ó 3 toneladas de TNT.

Asimismo, se reporta un análisis de explosiones de hornos en los que se utilizó como combustible gas o combustóleo [Lees 1991]. El reporte indica que, problemas en procedimientos de arranque y descuido en el mantenimiento fueron las causas principales. Cabe recordar que el proceso de producción de H₂ utiliza un "horno" reformador calentado con gas natural.

6.2. Análisis preliminar de peligros

Mediante este análisis se identifican las actividades riesgosas existentes dentro de la instalación industrial.

6.2.1. Identificación de sustancias peligrosas

De acuerdo con los Listados de Actividades Altamente Riesgosas (Art. 146 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y acuerdos), las actividades señaladas como altamente riesgosas en esta instalación son aquellas en las que se utilizan las siguientes sustancias: hexano, hidrógeno y metano por peligro de fuego y explosión, y amoníaco por peligro de toxicidad.

De acuerdo con la clasificación del código de la NFPA, el material no incluido en los listados anteriores que amerita un estudio preliminar es el hexano por peligro de toxicidad.

Otra actividad riesgosa que debe ser considerada es el manejo y transporte de semillas, debido a que existen emisiones de polvo, el cual tiene características explosivas.

En la tabla XVI se presentan las actividades incluidas en este análisis de preliminar de acuerdo con los peligros identificados.

6.2.2. Identificación de residuos con potencial de peligro

De acuerdo con las normas oficiales mexicanas NOM-CRP-001-ECOL/93 y NOM-CRP-003-ECOL/93 los residuos considerados como peligrosos y que requieren de la determinación de incompatibilidad entre ellos son: lodos de la planta de ablandamiento de aguas, aceites lubricantes gastados, las tierras de blanqueo de aceites, tierras con catalizador de níquel gastado, filtros que contengan alguno de estos residuos peligrosos y tambos de compuestos químicos.

6.2.3. Identificación preliminar de peligros

Esta identificación se llevó a cabo mediante un análisis detallado de peligros utilizando el método "FMEA" (Failure, Modes and Effects Analysis) complementando con el cálculo de preliminar de consecuencias por medio de la aplicación de el índice de Fuego y Explosión de Dow y el Método para el determinar la zona potencial de vulnerabilidad de la EPA para sustancias tóxicas. En el caso de explosión por polvos de granos de semillas, se omitió el análisis preliminar por falta de información para la evaluación de este evento.

En este análisis se detallan las principales fallas que pudieran ser causa de un accidente dentro de la instalación y los efectos pronosticados. Se incluye también la tasa de frecuencia de falla correspondiente para cada caso con el objeto de facilitar el análisis de frecuencia a realizar posteriormente.

A continuación se incluyen las hojas de trabajo elaboradas para el análisis "FMEA", y los cálculos para índices de Dow y zona de vulnerabilidad obtenidos. En las tablas XVII Y XVIII se presentan los resultados globales obtenidos en este análisis preliminar de peligros.

La guía del Índice de Dow [Dow 1987] incluye dos parámetros que no se contemplan en los cálculos realizados en este trabajo, debido a que no se cuenta con la información suficiente sobre costos de equipos. Estos parámetros son: el daño máximo probable a la propiedad y el tiempo máximo probable en el que la sección afectada de la planta o la planta misma estará fuera de operación.

Tabla XVI. Actividades a realizar en el análisis preliminar

Material	Peligro	Actividad riesgosa
Amoniaco	Toxicidad	Enfriamiento de aceite en el depto. de winterizado Almacenamiento de amoniaco
Hexano	Toxicidad Inflamabilidad Explosividad	Extracción de aceite con hexano Almacenamiento de hexano
Hidrógeno	Inflamabilidad Explosividad	Hidrogenación de aceite Producción de hidrógeno Almacenamiento de hidrógeno
Metano	Inflamabilidad Explosividad	Reformación de hidrógeno con gas natural en la planta de producción de hidrógeno
Polvos de semillas	Explosividad	Transporte de semillas

AREA DE PROCESO: ALMACENAMIENTO Y PREPARACION DE SEMILLAS

DESCRIPCION DE OPERACIONES REALIZADAS: TRANSPORTE DE SEMILLAS MEDIANTE ELEVADOR DE CANGILONES

DIAGRAMA(S) DE FLUJO REFERIDOS: PLANO DE LOCALIZACION GENERAL

NO.	PELIGRO	CAUSA/TIPO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA - (F/AÑO)	EFECTOS IMPORTANTES PROBOSTICADOS	MECANISMOS PREVENTIVOS/ CORRECTIVOS EXISTENTES	RELACION DE HOJAS DE TRABAJO
1.1.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA EN EL DUCTO CONDUCTOR	8.76×10^{-3} (a)	FORMACION DE NUBE DE POLVO, LA CUAL PUEDE ALCANZAR LOS LIMITES DE EXPLO-SIVIDAD Y CAUSAR UN ACCIDENTE.	- INSTALACION ELECTRICA A PRUEBA DE EXPLOSIONES	- DIRECTO A ANALISIS DE CONSECUENCIA POR FALTA DE DATOS PARA LA APLICACION DE ANALISIS PRELIMINAR
1.2.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA EN EL ATERRIZAJE	6.23×10^{-3} (a)	AL SURGIR UNA CHISPA ELECTRICA, EN PRESENCIA DE UNA NUBE DE POLVO CON CARACTERISTICAS EXPLOSIVAS, PUEDE FUNCIONAR COMO FUENTE DE IGNICION Y PROVOCAR UNA EXPLOSION.	- NINGUNO	- DIRECTO A ANALISIS DE CONSECUENCIA POR FALTA DE DATOS PARA LA APLICACION DE ANALISIS PRELIMINAR

(a) LEES 1991

ACTA DE PROCESO: EXTRACCION CON SOLVENTES

DESCRIPCION DE OPERACIONES REALIZADAS: EXTRACCION DE ACEITE COM HEXANO MEDIANTE EL PROCESO D'SMET

DIAGRAMAS DE FLUJO REFERIDOS: PLANO DE LOCALIZACION GENERAL; DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCESO DE EXTRACCION D'SMET

NO.	PELIGRO	CAUSA/TIPO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA (F/AÑO)	EFFECTOS IMPORTANTES PRONOSTICADOS	MECANISMOS PREVENTIVOS/CORRECTIVOS EXISTENTES	RELACION DE HOJAS DE TRABAJO
1.1.	FUEGO Y EXPLOSION	RUPTURA DE LINEA DE ALIMENTACION DE SOLVENTE AL EXTRACCION EN BRIDA DE UNION	0.0026 (d)	AL ROMPERSE LA LINEA SE INTRODUCE AIRE: POR LO QUE SE FORMA UNA MEZCLA AIRE-HEXANO QUE PUEDE ALCANZAR LOS LIMITES DE INFLAMABILIDAD Y/O EXPLOSIVIDAD OCASIONANDO UN INCENDIO O EXPLOSION	- NINGUNO	- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO.15)
1.2.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA EN BRIDAS DE UNION EN LINEAS CONECTADAS AL EVAPORADOR	0.0026 (d)	AL ROMPERSE LA LINEA SE INTRODUCE AIRE: POR LO QUE SE FORMA UNA MEZCLA AIRE-HEXANO QUE PUEDE ALCANZAR LOS LIMITES DE INFLAMABILIDAD Y/O EXPLOSIVIDAD OCASIONANDO UN INCENDIO O EXPLOSION	- NINGUNO	- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO.16)
1.3.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA EN BRIDAS DE UNION AL DEPOSITO DE RECUPERACION DE SOLVENTE	0.0026 (d)	DERRAME CONTINUO DE HEXANO CON FORMACION DE CHARCO Y LA CONSECUENTE VOLATILIZACION DEL SOLVENTE, LO CUAL PUEDE LLEVAR A FORMAR NUBE DE VAPORES INFLAMABLES Y/O EXPLOSIVOS PROVOCANDO UN INCENDIO O EXPLOSION	- DIQUE DE CONTENCIÓN - DRENAJE	- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO.17)
1.4.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA EN BRIDAS DE UNION AL DEPOSITO DE MISCELA	0.0026 (d)	DERRAME CONTINUO DE HEXANO CON FORMACION DE CHARCO Y LA CONSECUENTE VOLATILIZACION DEL SOLVENTE, LO CUAL PUEDE LLEVAR A FORMAR NUBE DE VAPORES INFLAMABLES Y/O EXPLOSIVOS PROVOCANDO UN INCENDIO O EXPLOSION	- DIQUE DE CONTENCIÓN - DRENAJE	- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO.18)
2.1.	TOXICIDAD	FALLA EN BRIDAS DE UNION AL DEPOSITO DE RECUPERACION DE SOLVENTE	0.0026 (d)	DERRAME CONTINUO DE HEXANO CON FORMACION DE CHARCO Y LA CONSECUENTE VOLATILIZACION DEL SOLVENTE, FORMACION DE NUBE DE VAPORES CUYA CONCENTRACION PUEDE CAUSAR DAMOS A LA SALUD DE LA POBLACION EXPUESTA	- DIQUE DE CONTENCIÓN - DRENAJE	- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO.19)
2.2.	TOXICIDAD	FALLA EN BRIDAS DE UNION AL DEPOSITO DE MISCELA	0.0026 (d)	DERRAME CONTINUO DE HEXANO CON FORMACION DE CHARCO Y LA CONSECUENTE VOLATILIZACION DEL SOLVENTE, FORMACION DE NUBE DE VAPORES CUYA CONCENTRACION PUEDE CAUSAR DAMOS A LA SALUD DE LA POBLACION EXPUESTA	- DIQUE DE CONTENCIÓN - DRENAJE	- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO.20)

(d) DAVIS 1989

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION



LOCALIZACION EXTRACCION POR SOLVENTES FECHA ABRIL 18, 1964

PLANTA PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE	UNIDAD DE PROCESO EXTRACTOR	EVALUADO POR ELIANA REYES T.	REVISADO POR DR. HUMBERTO BRAVO	
MATERIALES EN UNIDAD DE PROCESO PASTA Prensada, ACEITE, HEXANO				
FASE DE OPERACION ARRANQUE PARADA OPERACION NORMAL		MATERIALES BASICOS PARA EXTRACCION DE ACEITE CON HEXANO FACTOR DE MATERIAL Nº = 1 Nº = 3		
FACTOR DE MATERIAL (VER TABLA I DE DOW FINE & EXPLOSION INDEX)				16
I.-PELIGROS GENERALES DE PROCESO				
FACTOR BASE			PUNTAJE BASE PUNTAJE OTORGADO	
A. REACCIONES QUIMICAS EXTERNICAS (FACTOR DE .3 A 1.25)			1.00 1.00	
B. PROCESOS ENDOTERMICOS (FACTOR DE .20 A .40)				
C. TRANSFERENCIA Y MANEJO DE MATERIAL (FACTOR DE .20 A 1.00)			1.00	
D. UNIDADES DE PROCESO EN INTERVALOS (FACTOR DE .20 A .90)				
E. ACCESOS				
F. CONTROL DE DEPRESIONES Y SIFONES (FACTOR DE .20 A .80) CANTIDAD= 2 000 LITROS			0.10	
FACTOR DE PELIGRO GENERAL DE PROCESO (F1)			2.55	
II.-PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO				
FACTOR BASE			1.00 1.00	
A. MATERIALES TOXICOS (FACTOR DE .20 A .80)			0.10	
B. PRESION MENOR QUE LA ATMOSFERICA (<500 mmHg)			0.50 0.50	
C. OPERACION EN O CERCA DEL RANGO FLAMABLE CON GAS INERTE SIN GAS INERTE <input type="checkbox"/>				
1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS FLAMABLES			0.50	
2. POR EFECTO DE CAIDA DE PROCESO O POR FALLA EN LA PURGA			0.50	
3. SIEMPRE EN RANGO FLAMABLE			0.50	
D. EXPLOSION DE POLVO (FACTOR DE .20 A 2) VER LA TABLA II				
E. PRESION (VER FIGURA 3) PRESION DE OPERACION _____ PSIG RANGO DE ALIVIO _____ PSIG				
F. BAJAS TEMPERATURAS (FACTOR DE .20 A .30)				
G. CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE O INESTABLE CANTIDAD= 3 065 LB @ 19 200 BTU/LB				
1. LIQUIDOS, GASES Y MATERIALES REACTIVOS EN PROCESO (VER FIG 3)			0.10	
2. LIQUIDOS O GASES EN BOMBAS (VER FIG 4)				
3. COMBUSTIBLES SOLIDOS EN BOMBAS, POLVO EN PROCESO (VER FIG 5)				
H. CORROSION Y EMISION (FACTOR DE .10 A .75)			0.10	
I. DERRAMES-PUNAS Y EMPAQUES (FACTOR DE .10 A 1.5)			0.10	
J. USO DE CALENTADORES DE FUEGO (VER FIG 6)				
K. SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE CALIENTE (FACTOR DE .10 A 1.10) VER TABLA III				
L. EQUIPO ROTATORIO			0.50	
FACTOR DE PELIGRO ESPECIAL DE PROCESO (F2)			2.50	
FACTOR UNITARIO DE PELIGRO (F1 x F2 x F3)			6.38	
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F3 x F1 x F2 x F3)			102.0	
RADIO DE AFECTACION EN PIES (F & E INDEX x 0.84)			85.7	

ADAPTADA DE: DOW FINE AND EXPLOSION INDEX, HAZARD CLASSIFICATION GUIDE THE DOW CHEMICAL COMPANY, 6TH EDITION, MAY 1967, FORMA C-21300 R-0-87 (471-031)

HOJA DE TRABAJO NO. 15

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION



LOCALIZACION: EXTRACCION POR SOLVENTES FECHA: ABRIL 16, 1964

PLANTA PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE	UNIDAD DE PROCESO EVAPORADOR	EVALUADO POR ILIANA NEVES T.	REVISADO POR DR. ROBERTO BAJO
MATERIALES Y PROCESO			
MATERIALES EN UNIDAD DE PROCESO ACEITE, HESANO			
FASE DE OPERACION ARRANQUE	SEPARACION DE ACEITE Y HESANO	MATERIALES BASICOS PARA FACTOR DE MATERIAL Nº 1 Nº 2	
OPERACION NORMAL			
FACTORES DE MATERIAL (VER TABLA I DE DOW FIRE & EXPLOSION INDEX)			16
I.-PELIGROS GENERALES DE PROCESO			
FACTOR BASE		PUNTAJE BASE	PUNTAJE OTORGADO
A. REACCIONES QUIMICAS EXOTERMICAS (FACTOR DE 0 A 25)		1.00	1.00
B. PROCESOS ENDOTERMICOS (FACTOR DE 10 A 40)			
C. TRANSPARENCIA Y GROSOR DE MATERIAL (FACTOR DE 10 A 1.00)			1.00
D. UNIDADES DE PROCESO EN INTERVALOS (FACTOR DE 10 A 1.00)			
E. ACCESOS			
F. CONTROL DE PRENSAS Y DEMORES (FACTOR DE 10 A 1.00)	CANTIDAD= 216 LITROS		0.50
FACTOR DE PELIGRO GENERAL DE PROCESO (F1)			2.55
II.-PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO			
FACTOR BASE		1.00	1.00
A. MATERIALES TÓXICOS (FACTOR DE 10 A 50)			0.20
B. PRESION MENOR QUE LA ATMOSFERICA (<500 mmHg)		0.10	0.50
C. OPERACION EN O CENCA DEL RANGO FLAMABLE	CON GAS INERTE	SIN GAS INERTE	
1. RANGO DE ALIBRAMIENTO DE LIQUIDOS FLAMABLES		0.50	
2. POR EFECTO DE CAIDA DE PROCESO O POR FALLA EN LA PUJGA		0.30	
3. SIEMPRE EN RANGO FLAMABLE		0.00	0.00
D. EXPLOSION DE POLVO (FACTOR DE 10 A 2) VER LA TABLA II			
E. PRESION (VER FICHA 3) PRESION DE OPERACION _____ PSIG RANGO DE ALIBR. _____ PSIG			
F. BAJAS TEMPERATURAS (FACTOR DE 10 A 1.00)			
G. CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE O INESTABLE	CANTIDAD= 46 164 LB. MC 10 200 BTU/LB		
1. LIQUIDOS, BASES Y MATERIALES REACTIVOS EN PROCESO (VER FIB 3)			
2. LIQUIDOS O BASES EN ALMACEN (VER FIB 4)			
3. COMBUSTIBLES SOLIDOS EN PODERA, POLVO EN PROCESO (VER FIB 5)			
H. COMPOSICION Y EMISION (FACTOR DE 10 A 1.00)			0.10
1. DEBRANDOS, PUNTAS Y EMPAQUES (FACTOR DE 10 A 1.00)			0.10
2. USO DE CALENTADORES DE FUEGO (VER FIB 6)			
3. SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE CALIENTE (FACTOR DE 10 A 1.00) VER TABLA III			
I. EQUIPO ROTATIVO		0.50	
FACTOR DE PELIGRO ESPECIAL DE PROCESO (F2)			2.70
FACTOR UNITARIO DE PELIGRO (F1 x F2 = F3)			6.88
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F3 x FW = F & E INDEX)			110.2
RADIO DE AFECTACION EN PIES (F & E INDEX x 0.84)			92.5

ADAPTADA DE: DOW FIRE AND EXPLOSION INDEX. HAZARD CLASSIFICATION GUIDE THE DOW CHEMICAL COMPANY, 6th EDITION, MAY 1967, FORMA C-22300 R-07 (471-036)

HOLJA DE TRABAJO NO. 16

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION


LOCALIZACION: EXTRACCION POR SOLVENTES	FECHA: ABRIL 18, 1998
--	-----------------------

PLANTA PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE	UNIDAD DE PROCESO TANQUE RECUPERADOR DE HEXANO	EVALUADO POR ELIANA REYES 1	REVISADO POR DR. HUMBERTO BRAYO
MATERIALES Y PROCESO			
MATERIALES EN UNIDAD DE PROCESO HEXANO			
FASE DE OPERACION ARRANQUE	ACEPCION DE HEXANO DE PROCESO OPERACION NORMAL	MATERIALES BASICOS PARA FACTOR DE MATERIAL Nº = 1 Nº = 3	
FACTOR DE MATERIAL (VER TABLA 1 DE DON FINE & EXPLOSION INDEX)			16
1.-PELIGROS GENERALES DE PROCESO			
FACTOR BASE			1.00
A. REACCIONES QUIMICAS EXOTERMICAS (FACTOR DE .3 A 1.25)			
B. PROCESOS EXOTERMICOS (FACTOR DE .10 A .40)			
C. TRANSPARENCIA Y MANEJO DE MATERIAL (FACTOR DE .15 A 1.00)			1.00
D. UNIDADES DE PROCESO EN SINTANGOS (FACTOR DE .25 A .70)			
E. ACCESOS			
F. CONTROL DE DERRAMES Y DEBRASES (FACTOR DE .25 A .50) CANTIDAD= 600 LITROS			0.50
FACTOR DE PELIGRO GENERAL DE PROCESO (F1)			2.55
2.-PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO			
FACTOR BASE			1.00
A. MATERIALES TOXICOS (FACTOR DE .30 A .80)			0.20
B. PRESION MENOR QUE LA ATMOSFERICA (<500 mmHg)			0.50
C. OPERACION EN O CERCA DEL RANGO FLAMABLE			
1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS FLAMABLES			0.50
2. POR EFECTO DE CAIDA DE PROCESO O POR FALLA EN LA PUMPA			0.30
3. SIEMPRE EN RANGO FLAMABLE			0.60
D. EXPLOSION DE POLVO (FACTOR DE .75 A 2) VER LA TABLA II			
E. PRESION (VER FIGURA 2) PRESION DE OPERACION _____ PSIG RANGO DE ALIVIO _____ PSIG			
F. BAJAS TEMPERATURAS (FACTOR DE .20 A .50)			
G. CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE O INESTABLE CANTIDAD= 972.2 LB = 440 KG 200 BTU/LB			
1. LIQUIDOS, BASES Y MATERIALES REACTIVOS EN PROCESO (VER FIG 3)			-
2. LIQUIDOS O BASES EN BODEGA (VER FIG 4)			
3. COMBUSTIBLES SOLIDOS EN BODEGA, POLVO EN PROCESO (VER FIG 5)			
H. CORROSION Y EROSION (FACTOR DE .10 A .75)			0.10
I. DERRAMES/JUNTAS Y EMPAQUES (FACTOR DE .10 A 1.0)			0.10
J. USO DE CALENTADORES DE FUEGO (VER FIG 6)			
K. SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE CALIENTE (FACTOR DE .15 A 1.15) VER TABLA III			
L. EQUIPO ROTATORIO			0.50
FACTOR DE PELIGRO ESPECIAL DE PROCESO (F2)			1.90
FACTOR UNITARIO DE PELIGRO (F1 x F2 = F3)			4.85
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F3 x FR = F & E INDEX)			77.5
RADIO DE AFECTACION EN PIES (F & E INDEX = 0.84)			65.1

ADAPTADA DE: DON FINE AND EXPLOSION INDEX, HAZARD CLASSIFICATION GUIDE
THE DOW CHEMICAL COMPANY, 4th EDITION, MAY 1987, FORMA C-22380 R-0-07 (471-034)

HOJA DE TRABAJO NO. 17

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION



LOCALIZACION: EXTRACCION POR SOLVENTES FECHA: ABRIL 18, 1968

PLANTA PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE		UNIDAD DE PROCESO DEPOSITO DE MISCELA	EVALUADO POR ILEANA REYES T.	REVISADO POR DR. HUMBERTO BRAYO
MATERIALES Y PROCESO				
MATERIALES EN UNIDAD DE PROCESO ACEITE, MELAJO				
FASE DE OPERACION ARMADOR PARADO		RECEPCION DE MISCELA OPERACION NORMAL	MATERIALES BASICOS PARA FACTOR DE MATERIAL Nº 1 Nº 3	
FACTORES DE MATERIAL (VER TABLA I DE DOW FINE & EXPLOSION INDEX)				16
1.-PELIGROS GENERALES DE PROCESO				
FACTOR BASE			1.00	1.00
A. REACCIONES QUIMICAS ESPONTANEAS (FACTOR DE .3 A 1.25)				
B. PROCESOS ENDOTERMICOS (FACTOR DE .20 A .40)				
C. TRANSFERENCIA Y MANTENIMIENTO DE MATERIAL (FACTOR DE .35 A 1.00)				1.00
D. UNIDADES DE PROCESO EN INTERLUCOS (FACTOR DE .25 A .50)				
E. ACCESOS				
F. CONTROL DE DERRAMES Y DERRAMES (FACTOR DE .25 A .50) CANTIDAD: 1 ODS LITROS				0.25
FACTORES DE PELIGRO GENERAL DE PROCESO (F1)				2.30
2.-PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO				
FACTOR BASE			1.00	1.00
A. MATERIALES TOXICOS (FACTOR DE .30 A .50)				0.20
B. PRESION MENOR QUE LA ATMOSFERICA (<500 mmHg)			0.50	
C. OPERACION EN O CERCA DEL RANGO FLAMABLE			CON GAS INERTE	SIN GAS INERTE
1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS FLAMABLES			0.50	
2. POR EFECTO DE CAIDA DE PROCESO O POR FALLA EN LA PUMBA			0.20	0.20
3. SIEMPRE EN RANGO FLAMABLE			0.00	
D. EXPLOSION DE POLVO (FACTOR DE .25 A 2) VER LA TABLA II				
E. PRESION (VER FIGURA 2) PRESION DE OPERACION _____ PSIG RANGO DE ALTIVO _____ PSIG				
F. BAJAS TEMPERATURAS (FACTOR DE .20 A .30)				
G. CANTIDAD DE MATERIAL IMPLANTABLE O INESTABLE CANTIDAD: 1 578 LB. @ 19 200 RTM/LB				
1. LIQUIDOS, GASES Y MATERIALES REACTIVOS EN PROCESO (VER FIG 3)				
2. LIQUIDOS O GASES EN BODEGA (VER FIG 4)				
3. COMBUSTIBLES SOLIDOS EN BODEGA, POLVO EN PROCESO (VER FIG 5)				
H. CORROSION Y EROSION (FACTOR DE .10 A .75)				0.10
I. DERRAMES, JUNTAS Y EMPUJES (FACTOR DE .10 A 1)				0.10
J. USO DE CALENTADORES DE FUEGO (VER FIG 6)				
K. SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE CALIENTE (FACTOR DE .10 A 1.10) VER TABLA III				
L. EQUIPO ROTATORIO			0.50	
FACTORES DE PELIGRO ESPECIAL DE PROCESO (F2)				1.70
FACTOR UNITARIO DE PELIGRO (F1 x F2 = F3)				3.91
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F3 x F4 = F & E INDEX)				62.5
RADIO DE AFECTACION EN PIES (F & E INDEX x 0.84)				30.5

ADAPTADA DE: DOW FINE AND EXPLOSION INDEX, HAZARD CLASSIFICATION GUIDE
THE DOW CHEMICAL COMPANY, 6th EDITION, MAY 1967, FORMA C-22500 R-8-67 (471-036)

HOJA DE TRABAJO NO. 18

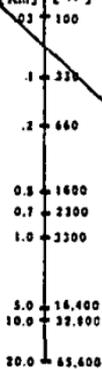
CONCENTRACION

[g/m³]



DISTANCIA

[km] | [ft]



CANTIDAD

[lb]



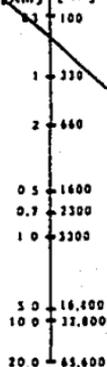
HOJA DE TRABAJO 19. Determinación de la zona de vulnerabilidad mediante el método rápido de la EPA. Derrame en Tanque Recuperador de hexano

CONCENTRACION
[g/m³]

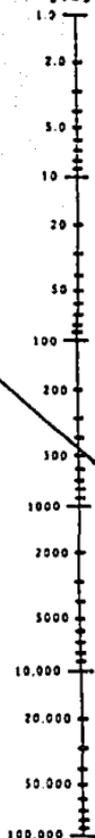


DISTANCIA

[km] [ft]



CANTIDAD
[lb]



HOJA DE TRABAJO 20. Determinación de la zona de vulnerabilidad mediante el método rápido de la EPA. Derrame en Depósito de Miscela.

AREA DE PROCESO: EXTRACCION CON SOLVENTES

DESCRIPCION DE OPERACIONES REALIZADAS: ALMACENAMIENTO DE HEXANO

DIAGRAMA(S) DE FLUJO REFERIDOS: PLANO DE LOCALIZACION GENERAL

NO.	PELIGRO	CAUSA/TIPO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA (F/AÑO)	EFECTOS IMPORTANTES PROMOSTICADOS	MECANISMOS PREVENTIVOS/CORRECTIVOS EXISTENTES	RELACION DE HOJAS DE TRABAJO
1.1.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA LA DESCARGA MEDIANTE PIPA AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HEXANO				- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO.23)
		A) DESCONEXION DE LA MANGUERA POR ERROR HUMANO COMUN	0.6 (c)	DERRAME CONTINUO DE HEXANO CON FORMACION DE CHARCO Y LA CONSECUENTE VOLATILIZACION DEL SOLVENTE, LO CUAL PUEDE LLEVAR A FORMAR NUBE DE VAPORES INFLAMABLES Y/O EXPLOSIVOS PROVOCANDO UN INCENDIO O EXPLOSION	- DIQUE DE CONTENCIÓN - BAMBUEYA DE CONTENCIÓN	
		B) FALLA LA VALVULA DE DESCARGA DEL CARRO TANQUE - POR RUPTURA	1.58×10^{-4} (c)	DERRAME CONTINUO DE HEXANO CON FORMACION DE CHARCO Y LA CONSECUENTE VOLATILIZACION DEL SOLVENTE, LO CUAL PUEDE LLEVAR A FORMAR NUBE DE VAPORES INFLAMABLES Y/O EXPLOSIVOS PROVOCANDO UN INCENDIO O EXPLOSION	- NINGUNO	
		- POR ERROR HUMANO - A CERRAR	0.12 (c) 0.365 (b)	SOBRELLENADO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO CON EL CONSECUENTE DERRAME CONTINUO, FORMACION DE CHARCO Y LA CONSECUENTE VOLATILIZACION DEL SOLVENTE, LO CUAL PUEDE LLEVAR A FORMAR NUBE DE VAPORES INFLAMABLES Y/O EXPLOSIVOS PROVOCANDO UN INCENDIO Y/O EXPLOSION	- DIQUE DE CONTENCIÓN - CAPACIDAD NORMAL DEL RECIPIENTE; BOX DE LA CAPACIDAD MAXIMA	
1.2.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HEXANO				- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO.24)
		A) RUPTURA EQUIVALENTE A UN AREA DE 4 PULGADAS CUADRADAS, POR FATIGA	8.76×10^{-3} (c)	DERRAME CONTINUO CON LAS CONSECUENCIAS DE 1.1.	- DIQUE DE CONTENCIÓN	
		B) RUPTURA TOTAL ESPONTANEA	3.0×10^{-4} (a)	DERRAME INSTANTANEO DE HEXANO, FORMACION DE CHARCO Y VOLATILIZACION DEL SOLVENTE, LO CUAL PUEDE LLEVAR A ALCANZAR LOS LIMITES DE INFLAMABILIDAD Y/O EXPLOSIVIDAD PROVOCANDO UN ACCIDENTE	- DIQUE DE CONTENCIÓN	
(a) LEES 1991 (b) DAVIS 1989 (c) ATALLAH 1980						

NO.	PELIGRO	CAUSA/TIPO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA - (FALLAS/AÑO)	EFECTOS IMPORTANTES PROMOSTICADOS	MECANISMOS PREVENTIVOS/CORRECTIVOS EXISTENTES	RELACION DE HOJAS DE TRABAJO
2.1.	NUBE TOXICA	FALLA LA DESCARGA MEDIANTE PIPA AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HEXANO				- METODO DE LA EPA PARA LA DETERMINACION DE LA ZONA DE VULNERABILIDAD (HOJA DE TRABAJO NO.25)
		A) DESCONEJION DE LA MANGUERA POR ERROR HUMANO COMO	0.6 (c)	DERRAME CONTINUO DE HEXANO CON FORMACION DE CHARCO Y LA CONSECUENTE VOLATILIZACION DEL SOLVENTE, LO CUAL PUEDE LLEVAR A ALCANZAR CONCENTRACIONES QUE PRODUCEN DAÑOS A LA SALUD DE LA POBLACION EXPUESTA	- DIQUE DE CONTENCION - BANQUETA DE CONTENCION	
		B) FALLA LA VALVULA DE DESCARGA DEL CARRO TANQUE - POR RUPTURA	1.58×10^{-4} (c)	DERRAME CONTINUO DE HEXANO CON FORMACION DE CHARCO Y LA CONSECUENTE VOLATILIZACION DEL SOLVENTE, Y LAS CONSECUENCIAS DE 2.1.A.	- NINGUNO	
		- POR ERROR HUMANO - A CERRAR	0.12 (c) 0.365 (b)	SOBRELLENADO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO CON EL CONSECUENTE DERRAME CONTINUO, FORMACION DE CHARCO Y LA CONSECUENTE VOLATILIZACION DEL SOLVENTE, CON LAS CONSECUENCIAS DE 2.1.A.	- DIQUE DE CONTENCION - CAPACIDAD NORMAL DEL RECIPIENTE; BOZ DE LA CAPACIDAD MAXIMA	
2.2.	NUBE TOXICA	FALLA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HEXANO				- METODO DE LA EPA PARA LA DETERMINACION DE LA ZONA DE VULNERABILIDAD (HOJA DE TRABAJO NO.26)
		A) RUPTURA EQUIVALENTE A UN AREA DE 4 PULGADAS CUA - DRADAS, POR FATIGA	8.76×10^{-3} (c)	DERRAME CONTINUO CON LAS CONSECUENCIAS DE 2.1.A.	- DIQUE DE CONTENCION	
		B) RUPTURA TOTAL ESPONTANEA	3.0×10^{-8} (a)	DERRAME INSTANTANEO DE HEXANO, FORMACION DE CHARCO Y VOLATILIZACION DEL SOLVENTE, CON LAS CONSECUENCIAS DE 2.1.A.	- DIQUE DE CONTENCION	

(a) LEES 1991

(b) DAVIS 1989

(c) ATALLAH 1980

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION



LOCALIZACION: EXTRACCION POR SOLVENTES FECHA: ABRIL 18, 1994

PLANTA PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE		UNIDAD DE PROCESO TANQUE DE DESCARGA DE HEXANO	EVALUADO POR ELIANA REYES T.	REVISADO POR DR. HUBERTO BRAVO
MATERIALES Y PROCESO				APFA DEL MATERIAL REPRESENTATIVO
MATERIALES EN UNIDAD DE PROCESO HEXANO				
FASE DE OPERACION		DESCARGA DE HEXANO AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO	MATERIALES BASICOS PARA FACTOR DE MATERIAL	
AFRANQUE	PIRADO	OPERACION NORMAL	Nº = 1	Nº = 3
FACTOR DE MATERIAL (VER TABLA 1 DE DOW FIRE & EXPLOSION INDEX)				16
1.-PELIGROS GENERALES DE PROCESO				
FACTOR BASE			PUNTAJE BASE	PUNTAJE ALMACENADO
A. REACCIONES QUIMICAS EXOTERMICAS (FACTOR DE .5 A 1.25)			1.00	1.00
B. PROCESOS ENDOTERMICOS (FACTOR DE .20 A .95)				
C. TRANSFERENCIA Y MANEJO DE MATERIAL (FACTOR DE .25 A 1.00)				1.00
D. UNIDADES DE PROCESO EN INTERCAMBIO (FACTOR DE .75 A .95)				
E. ACCESOS				
F. CONTROL DE DEBRIJES Y DERRAMES (FACTOR DE .25 A .50) CANTIDAD: 25 000 LITROS				0.50
FACTOR DE PELIGRO GENERAL DE PROCESO (F1)				2.55
2.-PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO				
FACTOR BASE			1.00	1.00
A. MATERIALES TOXICOS (FACTOR DE .20 A .80)				0.30
B. PRESTION HELIO QUE LA ATMOSFERICA (<500 mmHg)			0.50	
C. OPERACION EN O CERCA DEL RANNO FLAMABLE			CON GAS INERTE	SIN GAS INERTE
1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS FLAMABLES			0.50	0.50
2. POR EFECTO DE CAIDA DE PROCESO O POR FALLA EN LA PURGA				
3. SIEMPRE EN RANNO FLAMABLE			0.50	
D. EXPLOSION DE POLVO (FACTOR DE .25 A 2) VER LA TABLA II				
E. PRESION (VER FIGURA 3) PRESION DE OPERACION _____ PSI RANNO DE ALIVIO _____ PSI				
F. BAJAS TEMPERATURAS (FACTOR DE .20 A .30)				
G. CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE O INESTABLE CANTIDAD: 30 000 LB. °C 10 200 BTU/LB				
1. LIQUIDOS, GASES Y MATERIALES REACTIVOS EN PROCESO (VER FIG 3)				
2. LIQUIDOS O GASES EN BOMBAS (VER FIG 4)				0.40
3. CONDENSIBLES SOLIDOS EN BOMBAS, POLVO EN PROCESO (VER FIG 5)				
H. CORROSION Y EROSION (FACTOR DE .10 A .75)				0.10
I. BERRAMES-JUNTAS Y EMPAQUES (FACTOR DE .10 A 1.5)				0.10
J. USO DE CALENTADORES DE FUEGO (VER FIG 6)				
K. SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE CALIENTE (FACTOR DE .10 A 1.25) VER TABLA III				
L. EQUIPO ROTATORIO			0.50	
FACTOR DE PELIGRO ESPECIAL DE PROCESO (F2)				2.30
FACTOR UNITARIO DE PELIGRO (F1 + F2 + F3)				5.07
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F3 + F4 + F + E INDEX)				93.8
RADIO DE AFECTACION EN PIES (F + E INDEX x 0.84)				78.8

ADAPTADA DE: DOW FIRE AND EXPLOSION INDEX, HAZARD CLASSIFICATION GUIDE THE DOW CHEMICAL COMPANY, 6TH EDITION, MAY 1987, FORMA C-22360 R-6-87 (471-036)

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION



LOCALIZACION: EXTRACCION POR SOLVENTES FECHA: ABRIL 18, 1984

PLANTA PRODUCCION DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE	UNIDAD DE PROCESO TANQUE DE ALMACENAMIENTO	ESTADADO POR (LIAMA PE-ES 1)	REVISADO POR DR. HUMBERTO BRAVO
MATERIALES EN UNIDAD DE PROCESO HEXANO			
MATERIALES Y PROCESO			
FASE DE OPERACION ARRANQUE PARADO		ALMACENAMIENTO DE HEXANO OPERACION NORMAL	MATERIALES BASICOS PARA FACTOR DE MATERIAL Nº 1 Nº 2
FACTORES DE MATERIAL (VER TABLA 1 DE DOW FIRE & EXPLOSION INDEX)			16
1.-PELIGROS GENERALES DE PROCESO			
FACTOR BASE		PUNTAJE BASE	PUNTAJE AJUSTADO
A. REACCIONES QUIMICAS EXOTERMICAS (FACTOR DE 3 A 1.25)		1.00	1.00
B. PROCESOS ENDOTERMICOS (FACTOR DE 20 A .40)			
C. TRANSPARENCIA Y MANEJO DE MATERIA. (FACTOR DE .75 A 1.25)			1.00
D. USUARIOS DE PROCESO EN ENTORNOS (FACTOR DE 25 A .90)			
E. ACCESOS			
F. CONTROL DE DRENAJES Y DERRAMES (FACTOR DE 20 A .50)		CANTIDAD: 80 000 LITROS	0.50
FACTOR DE PELIGRO GENERAL DE PROCESO (F1)			2.55
2.-PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO			
FACTOR BASE		1.00	1.00
A. MATERIALES TOXICOS (FACTOR DE 25 A .05)			0.20
B. PRESION MENOR QUE LA ATMOSFERICA (>500 mmHg)			0.50
C. OPERACION EN O SINCA DEL RAMO FLAMABLE		CON GAS INERTE SIN GAS INERTE	
1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS FLAMABLES			0.50
2. POR EFECTO DE CAIDA DE PROCESO O POR FALLA EN LA PURGA			0.30
3. SIFONNE EN RAMO FLAMABLE			0.50
D. EXPLOSION DE POLVO (FACTOR DE .25 A 2) VER LA TABLA 2			
E. PRESION (VER FIGURA 2) PRESION DE OPERACION _____ PSIG RAMO DE ALIVIO _____ PSIG			
F. BAJAS TEMPERATURAS (FACTOR DE 20 A .30)			
G. CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE O QUESTABLE CANTIDAD: 174 430 LB 10 °C 50 200 BTU/LB			
1. LIQUIDOS, GASES Y MATERIAS REACTIVOS EN PROCESO (VER FIG 3)			
2. LIQUIDOS O GASES EN BOMBAS (VER FIG 4)			0.60
3. COMESTIBLES SOLIDOS EN BOMBAS, POLVO EN PROCESO (VER FIG 5)			
H. CORROSION Y EROSION (FACTOR DE 10 A .75)			0.10
I. DERRAMES, JUNTAS Y EMPAQUES (FACTOR DE 10 A 1.5)			0.10
J. USO DE CALENTADORES DE FUEGO (VER FIG 6)			
K. SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE CALIENTE (FACTOR DE 10 A 1.15) VER TABLA 211			
- ED. 192 107A 0010			0.50
FACTOR DE PELIGRO ESPECIAL DE PROCESO (F2)			2.50
FACTOR UNITARIO DE PELIGRO (F1 x F2 x F3)			6.38
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F2 x F4 x F 8 E INDEX)			102.0
RADIO DE AFECTACION EN PIES (F E INDEX x 0.84)			85.7

ADAPTADA DE: DOW FIRE AND EXPLOSION INDEX. HAZARD CLASSIFICATION GUIDE
THE DOW CHEMICAL COMPANY, 61A EDITION, MAY 1987, FORMA C-22360 R-8-87 (471-836)

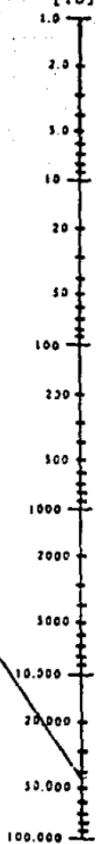
HOJA DE TRABAJO NO. 24

CONCENTRACION
[g/m³]



IDLH

CANTIDAD
[lb]



DISTANCIA

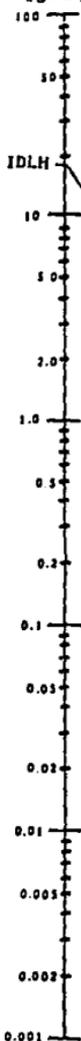
[km] [ft]

0.3	100
1	320
2	660
0.4	1300
0.7	2300
1.0	3200
5.0	16,400
10.0	32,800
20.0	65,600

HOJA DE TRABAJO 25. Determinación de la zona de vulnerabilidad mediante el método rápido de la EPA. Derrame de hexano al descargar carro-tanque

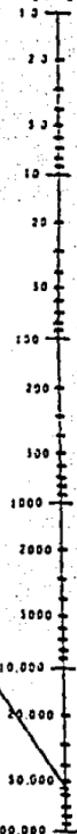
CONCENTRACION

[g/m³]



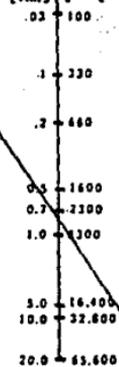
CANTIDAD

[lb]



DISTANCIA

[km] [ft]



HOJA DE TRABAJO 26. Determinación de la zona de vulnerabilidad mediante el método rápido de la EPA. Derrame de hexano por falla en tanque de almacenamiento.

AREA DE PROCESO: HIDROGENACION DE ACEITE

DESCRIPCION DE OPERACIONES REALIZADAS: HIDROGENACION DE ACEITE EN REACTOR

DIAGRAMA(S) DE FLUJO REFERIDOS: PLANO DE LOCALIZACION GENERAL; DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCESO DE HIDROGENACION

NO.	PELIGRO	CAUSA/TIPO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA (F/AÑO)	EFECTOS IMPORTANTES PROMOSTICADOS	MECANISMOS PREVENTIVOS/ CORRECTIVOS EXISTENTES	RELACION DE HOJAS DE TRABAJO
1.1.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA EN EL SISTEMA DE VACIO		FORMACION DE MEZCLA HIDROGENO-AIRE - QUE PUEDE ALCANZAR LOS LIMITES DE EXPLOSIVIDAD Y CAUSAR UNA EXPLOSION INMEDIATA	- NINGUNO	- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO. 20)
		A) POR BLOQUEO DE LA VALVULA	0.0365 (b)			
		B) POR FALLA EN EL SUPLENIMIENTO DE VAPOR POR FUGA	0.0026 (b)			
1.2.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA EN LA LINEA DE ALIMENTACION DE HIDROGENO AL REACTOR POR RUPTURA EN BRIDA DE COHEXION	0.0026 (b)	FORMACION DE MEZCLA HIDROGENO-AIRE - QUE PUEDE ALCANZAR LOS LIMITES DE EXPLOSIVIDAD Y CAUSAR UNA EXPLOSION INMEDIATA	- NINGUNO	- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO. 20)
1.3.	FUEGO Y EXPLOSION	SECUENCIA DE OPERACION DEL REACTOR ERRONEA		FORMACION DE MEZCLA HIDROGENO-AIRE - QUE PUEDE ALCANZAR LOS LIMITES DE EXPLOSIVIDAD Y CAUSAR UNA EXPLOSION INMEDIATA	- NINGUNO	- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO. 20)
		A) EL OPERADOR NO ACCIONA EL VACIO, DESCARGA EL ACEITE Y DESCARGA EL HIDROGENO	0.146 (*)			
		B) EL OPERADOR NO ACCIONA EL VACIO, NO DESCARGA EL ACEITE Y DESCARGA EL HIDROGENO	1.46×10^{-3} (*)		- NINGUNO	- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO. 20)

(b) DAVIS 1989

(*) VALORES OBTENIDOS MEDIANTE LA APLICACION DE ARBOLES DE FALLA Y ARBOLES DE EVENTOS (Ver Analisis de Frecuencia)

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION



LOCALIZACION	HIDROGENACION	FECHA	ABRIL 18, 1994
--------------	---------------	-------	----------------

PLANTA	PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE	UNIDAD DE PROCESO	REACTOR DE HIDROGENACION	EVALUADO POR	ILIANA REYES T.	REVISADO POR	DR. HUBERTO BAJO
MATERIALES Y PROCESO						MPP DEL MATERIAL REPRESENTATIVO	
MATERIAS EN UNIDAD DE PROCESO							
ACEITE, HIDROGENO, CATALIZADOR DE NIQUEL							
PASO DE OPERACION		HIDROGENACION DE ACEITE EN REACTOR CATALITICO (100% de H ₂ de 2000-2100 psi)		MATERIALES BASICOS PARA FACTOR DE MATERIAL			
ABRIL 1994	PARADO	OPERACION NORMAL		Nº 0	Nº 4		
FACTOR DE MATERIAL (VER TABLA 1 DE DON FINE 1 EXPLOSION INDEX)							21
1.-PELIGROS GENERALES DE PROCESO							
FACTOR BASE							1.00
A REACCIONES QUIMICAS ELECTRICAS (FACTOR DE 1 A 10)							0.30
B PROCESOS ENDOTERMICOS (FACTOR DE 10 A 100)							
C TRANSPARENCIA Y BARRIDO DE MATERIAL (FACTOR DE 10 A 100)							0.50
D UNIDADES DE PROCESO EN ENTUBAMIENTOS (FACTOR DE 10 A 100)							
E ACCESOS							0.30
F CONTROL DE BARRILES Y DERRAMES (FACTOR DE 10 A 50) CANTIDAD= 1 000 LITROS							
FACTOR DE PELIGRO GENERAL DE PROCESO (F1)							2.0
2.-PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO							
FACTOR BASE							1.00
A MATERIALES TOXICOS (FACTOR DE 10 A 100)							
B PRESION MENOR DE LA ATMOSFERICA (1500 mmHg)							0.50
C OPERACION EN: CENEA DEL RANCHO FLAMABLE							
CON GAS INERTE							
SIN GAS INERTE							
D TAMBOR DE ALACANAMIENTO DE LIQUIDOS FLAMABLES							0.30
E POR EFECTO DE CASH DE PROCESO O POR FALLA EN LA PUMBA							0.30
F SIEMPRE EN RANCHO FLAMABLE							0.50
G EXPLOSION DE POLVO (FACTOR DE 25 A 2) VER LA TABLA II							
H PRESION (VER FIGURA 2) PRESION DE OPERACION _____ PSIG RANCHO DE ALIVIO _____ PSIG							
I BAJAS TEMPERATURAS (FACTOR DE 10 A 10)							
J CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE O INESTABLE CANTIDAD= .06 LB @ 10 °C SI 600 BTU/LB							
K LIQUIDOS, GASES Y MATERIALES REACTIVOS EN PROCESO (VER FIG 3)							-
L LIQUIDOS O GASES EN BOMBAS (VER FIG 4)							
M CORROSIBLES SOLIDOS EN BOMBAS, POLVO EN PROCESO (VER FIG 5)							
N CORROSION + EMISION (FACTOR DE 10 A 75)							0.10
O DERRAMES, JUNTAS Y EMPAQUES (FACTOR DE 10 A 1.5)							0.10
P USO DE CALENTADORES DE FUEGO (VER FIG 6)							
Q SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE CALIENTE (FACTOR DE 10 A 1.15) VER TABLA III							
R EQUIPO AUTOMATICO							0.50
FACTOR DE PELIGRO ESPECIAL DE PROCESO (F2)							2.0
FACTOR INSTANTEO DE PELIGRO (F3 + F4 + F5 + F6)							4.0
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F3 + F4 + F5 + F6 + F7)							84.0
RADIO DE AFECTACION (4 PIES 17.6 E INDEX = 0.84)							70.5

ADAPTADE DE DON FINE AND EXPLOSION INDEX HAZARD CLASSIFICATION GUIDE THE DOW CHEMICAL COMPANY, 6th EDITION, MAY 1987, FORM C-21366 6-0-87 (471-936)

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION



LOCALIZACION HIDROGENACION FECHA ABRIL 10, 1984

PIANTA PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE		UNIDAD DE PROCESO REACTOR DE HIDROGENACION	EVALUADO POR SILVANA REYES T.	REVISADO POR DR. HUBERTO BRAC
MATERIALES Y PROCESO				OTRO DEL MATERIAL REPRESENTATIVO
MATERIALES EN UNIDAD DE PROCESO				
HIDROGENO		HIDROGENACION DE ACEITE EN REACTOR CATALITICO (VOL. de H ₂ @ 1500-1800 psi)		
FASE DE OPERACION	PARADO	MATERIALES BASICOS PARA REACTOR DE MATERIAL	OPERACION NORMAL	
ARRANQUE		Nº = 0	UN = 6	
FACTOR DE MATERIAL (VER TABLA 1 DE CON FIRE & EXPLOSION INDEX)				21
1.- PELIGROS GENERALES DE PROCESO				
FACTOR BASE		PUNTAJE BASE	PUNTAJE OTORGADO	
A. REACCIONES QUIMICAS EXOTERMICAS (FACTOR DE .2 A 1.25)		1.00	1.00	
B. PROCESOS EXOTERMICOS (FACTOR DE .25 A .75)				
C. TRANSFERENCIA Y MANEJO DE MATERIAL (FACTOR DE .25 A 1.00)			0.50	
D. UNIDADES DE PROCESO EN SUSTRUCCION (FACTOR DE .25 A .75)			0.20	
E. ACCESOS				
F. CONTROL DE OPERACIONES Y BARRERAS (FACTOR DE .25 A .50)		CANTIDAD -	LETROS	
FACTOR DE PELIGRO GENERAL DE PROCESO (PI)			1.70	
2.- PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO				
FACTOR BASE		1.00	1.00	
A. MATERIALES TORICOS (FACTOR DE .25 A .50)				
B. PRESION MENOR QUE LA ATMOSFERICA (< 500 mmHg)			0.50	
C. OPERACION EN O CERCA DEL RANCHO FLAMABLE		CON GAS INERTE	SIN GAS INERTE	2
1. TAMBIEN DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS FLAMABLES			0.20	
2. POR EFECTO DE CAIDA DE PROCESO O POR FALLA EN LA PURGA			0.30	0.30
3. SIEMPRE EN RANCHO FLAMABLE			0.50	
D. EXPLOSION DE POLVO (FACTOR DE .25 A 2) VER LA TABLA II				
E. PRESION (VER FERIA 5) PRESION DE OPERACION 20.4 PSIG RANCHO DE ALIVIO 32.3 PSIG				1.13
F. BAJAS TEMPERATURAS (FACTOR DE .25 A .50)				
G. CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE O INSTABLE		CANTIDAD -	0.30 LB. H ₂ @ 600 BTU/LB	
1. LIQUIDOS, BASES Y MATERIALES REACTIVOS EN PROCESO (VER FIG 3)				-
2. LIQUIDOS O BASES EN BODEGA (VER FIG 4)				
3. COMBUSTIBLES SOLIDOS EN BODEGA, POLVO EN PROCESO (VER FIG 5)				
H. IMPRESION Y EROSION (FACTOR DE .10 A .75)			0.10	
I. BARRERAS-JUNTAS Y EMPAQUES (FACTOR DE .10 A 1.5)			0.10	
J. USO DE CALENTADORES DE FUEGO (VER FIG 6)				
K. SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE CALIENTE (FACTOR DE .25 A 1.5) VER TABLA III				
L. EQUIPO ROTATORIO			0.50	
FACTOR DE PELIGRO ESPECIAL DE PROCESO (PE)			2.63	
FACTOR INSTANTANEO DE PELIGRO (PI) x PE = F3			4.47	
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F) x F3 = F & E INDEX				93.9
RADIO DE AFECTACION EN PIES (F & E INDEX x 0.34)				28.9

ADAPTADA DEL DOW FIRE AND EXPLOSION INDEX, HAZARD CLASSIFICATION GUIDE THE DOW CHEMICAL COMPANY, 6th EDITION, MAY 1987, FORMA C-60366 9-8-87 (471-036)

HOJA DE TRABAJO NO. 29

AREA DE PROCESO: PLANTA DE PRODUCCION DE HIDROGENO

DESCRIPCION DE OPERACIONES REALIZADAS: ALMACENAMIENTO DE HIDROGENO

DIAGRAMA(S) DE FLUJO REFERIDOS: PLANO DE LOCALIZACION GENERAL

NO.	PELIGRO	CAUSA/TIPO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA - (F/AÑO)	EFFECTOS IMPORTANTES PROMOSTICADOS	MECANISMOS PREVENTIVOS/ CORRECTIVOS EXISTENTES	RELACION DE HOJAS DE TRABAJO
1.1.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA LA VALVULA DE DESFOGUE				- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO.31)
		A) A ABRIR	3.65×10^{-3} (a)	AUMENTO DE PRESION EN EL TANQUE, LO CUAL PUEDE PROVOCAR UN ESCAPE CONTINUO, QUE AL ALCANZAR LOS LIMITES DE INFLAMABILIDAD Y/O EXPLOSIVIDAD FORME UNA FLAMA DE TIPO SOPLETE (INVISIBLE), OCASIONE UN INCENDIO U OCASIONE UNA EXPLOSION	- NINGUNO	
		B) ABRE ANTES	8.76×10^{-2} (c)	ESCAPE CONTINUO CON LAS CONSECUENCIAS DE 1.1.	- NINGUNO	
1.2.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA EN EL RECIPIENTE A PRESION				- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO.31)
		A) RUPTURA CON AREA EQUIVALENTE A 4 PULO. CUADRADAS	8.76×10^{-2} (a)	ESCAPE CONTINUO CON LAS CONSECUENCIAS DE 1.1.	- NINGUNO	
		B) RUPTURA TOTAL ESPONTANEA	1.0×10^{-3} (a)	ESCAPE INSTANTANEO Y FORMACION DE NUBE LIGERA QUE PUEDE ALCANZAR LOS LIMITES DE EXPLOSIVIDAD OCASIONANDO UNA EXPLOSION INMEDIATA	- NINGUNO	

(a) LEES 1991

(b) DAVIS 1989

(c) ATALLAH 1980

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION



LOCALIZACION	PLANTA DE PRODUCCION	FECHA
	DE HIDROGENO	ABRIL 10, 1994

PLANTA	UNIDAD DE PROCESO	EVALUADO POR	REVISADO POR
PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	ILIANA REYES T.	DR. HUMBERTO BRAVO
MATERIALES Y PROCESO			NPA DEL MATERIAL
MATERIALES EN UNIDAD DE PROCESO			
HIDROGENO			
FASE DE OPERACION	ALMACENAMIENTO DE HIDROGENO	MATERIALES BASICOS PARA FACTOR DE MATERIAL	
ARRANQUE	PARADO	OPERACION NORMAL	Nº 0 Nº- 2
FACTOR DE MATERIAL (VER TABLA I DE DOW FIRE & EXPLOSION INDEX)			21
1.-PELIGROS GENERALES DE PROCESO			
FACTOR BASE			1.00
A. REACCIONES QUIMICAS EXOTERMICAS (FACTOR DE .3 A 1.25)			
B. PROCESOS ENDOTERMICOS (FACTOR DE .10 A .40)			
C. TRANSFERENCIA Y MANEJO DE MATERIAL (FACTOR DE .25 A 1.00)			1.00
D. UNIDADES DE PROCESO EN ENTRAVOS (FACTOR DE .25 A .90)			
E. ACCESOS			
F. CONTIENES DE BARRAJAS Y DEPÓSITOS (FACTOR DE .25 A .50) CANTIDAD= 56 000 LITROS			
FACTOR DE PELIGRO GENERAL DE PROCESO (F1)			2.05
2.-PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO			
FACTOR BASE			1.00
A. MATERIALES TOXICOS (FACTOR DE .20 A .80)			
B. PRESION MENOR QUE LA ATMOSFERICA (<500 mmHg)			0.30
C. OPERACION EN O CERCA DEL RANGO FLAMABLE			
CON GAS INERTE			
SIN GAS INERTE			2
1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS FLAMABLES			0.50
2. POR EFECTO DE CAIDA DE PROCESO O POR FALLA EN LA PURGA			0.30
3. SIEMPRE EN RANGO FLAMABLE			0.60
D. EXPLOSION DE POLVO (FACTOR DE .25 A 3) VER LA TABLA II			
E. PRESION (VER FIGURA 2) PRESION DE OPERACION 2 175 PSIG RANGO DE ALIVIO 2 395 PSIG			1.10
F. BAJAS TEMPERATURAS (FACTOR DE .20 A .70)			
G. CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE O INESTABLE CANTIDAD= 1 236 LB 19 °C SI 600 BTU/LB			
1. LIQUIDOS, GASES Y MATERIALES REACTIVOS EN PROCESO (VER FIG 3)			
2. LIQUIDOS O GASES EN BODEGA (VER FIG 4)			0.08
3. COMBUSTIBLES SOLIDOS EN BODEGA, POLVO EN PROCESO (VER FIG 5)			
H. CORROSION Y EROSION (FACTOR DE .10 A .75)			0.10
I. DERRAMES-JUNTAS Y EMPAQUES (FACTOR DE .10 A 1.0)			0.10
J. USO DE CALENTADORES DE PUERO (VER FIG 6)			
K. SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE CALIENTE (FACTOR DE .15 A 1.10) VER TABLA III			
L. EQUIPO ROTATORIO			0.50
FACTOR DE PELIGRO ESPECIAL DE PROCESO (F2)			2.71
FACTOR UNITARIO DE PELIGRO (F1 x F2 = F3)			5.56
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F3 x F4 = F & E INDEX)			116.6
RADIO DE AFECTACION EN PIES (F & E INDEX x 0.84)			98.0

ADAPTADA DE: DOW FIRE AND EXPLOSION INDEX. HAZARD CLASSIFICATION GUIDE THE DOW CHEMICAL COMPANY, 6th EDITION, MAY 1987, FORMA C-22380 R-0-87 (471-036)

AREA DE PROCESO: PLANTA DE PRODUCCION DE HIDROGENO

DESCRIPCION DE OPERACIONES REALIZADAS: REFORMACION DE GAS NATURAL CON VAPOR

DIAGRAMA(S) DE FLUJO REFERIDOS: PLANO DE LOCALIZACION GENERAL; DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCESO DE PRODUCCION DE HIDROGENO

NO.	PELIGRO	CAUSA/TIPO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA - (F/ANO)	EFECTOS IMPORTANTES PROYECTADOS	MECANISMOS PREVENTIVOS/ CORRECTIVOS EXISTENTES	RELACION DE HOJAS DE TRABAJO
1.1.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA LA ALIMENTACION DE VAPOR POR DEBIDO A UNA FALLA EN EL CONTROLADOR DE FLUJO	0.34 (*)	EL INGRESO DE METANO SIN VAPOR PUEDE PROVOCAR LA FORMACION DE UNA MEZCLA METANO-AIRE QUE PUEDE ALCANZAR LOS LIMITES DE EXPLOSIVIDAD Y PROVOCAR UNA EXPLOSION INMEDIATA	- CONTROLADOR DE FLUJO DE GAS NATURAL CON ALARMA	- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO.33)
1.2.	FUEGO Y EXPLOSION	INGRESO DE AIRE AL REACTOR POR RUPTURA EN BRIDA DE CONEXION DE ALIMENTACION	0.0026 (b)	EL INGRESO DE AIRE AL REACTOR PUEDE PROVOCAR LA FORMACION DE UNA MEZCLA METANO-AIRE QUE PUEDE ALCANZAR LOS LIMITES DE EXPLOSIVIDAD Y PROVOCAR UNA EXPLOSION	- NINGUNO	- INDICE DE DOW (HOJA DE TRABAJO NO.33)

(b) DAVIS 1989

(*) VALOR OBTENIDO MEDIANTE LA APLICACION DE ARBOL DE FALLAS (Ver Analisis de Frecuencia)

INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION



LOCALIZACION	PLANTA DE PRODUCCION DE NITROGENO	FECHA	ABRIL 18, 1984
--------------	-----------------------------------	-------	----------------

PLANTA	UNIDAD DE PROCESO	EVALUADO POR	REVISADO POR
PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE	REFORMADOR CATALITICO	ILIANA MEYES T.	DR. HUMBERTO BAYO

MATERIALES Y PROCESO		MPPA DEL MATERIAL
----------------------	--	-------------------

MATERIALES EN UNIDAD DE PROCESO		
GAS NATURAL, VAPOR		

FASE DE OPERACION	REFORMACION DE GAS NATURAL C/VAPOR	MATERIALES BASICOS PARA FACTOR DE MATERIAL
ARRANQUE	PAUSA	OPERACION NORMAL
		Nº 0 Nº 4

FACTOR DE MATERIAL (VER TABLA 1 DE DOW FIRE & EXPLOSION INDEX)	21
--	----

1.-PELIGROS GENERALES DE PROCESO		PUNTAJE BASE	PUNTAJE OTORGADO
FACTOR BASE		1.00	1.00
A. REACCIONES QUIMICAS ESPONTANEAS (FACTOR DE .3 A 1.25)			
B. PROCESOS EXOTERMICOS (FACTOR DE .20 A .40)			
C. TRANSFERENCIA Y RAYO DE MATERIAL (FACTOR DE .75 A 1.05)			1.05
D. UNIDADES DE PROCESO EN INSTALACIONES (FACTOR DE .25 A .90)			
E. ACCESOS			
F. CONTROL DE DERRAMES Y DERRAMES (FACTOR DE .25 A .50) CANTIDAD= LITROS			
FACTOR DE PELIGRO GENERAL DE PROCESO (F1)			2.05

2.-PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO		PUNTAJE BASE	PUNTAJE OTORGADO
FACTOR BASE		1.00	1.00
A. MATERIALES TOXICOS (FACTOR DE .20 A .40)			0.20
B. PRESION MENOR QUE LA ATMOSFERICA (1500 mmHg)		0.50	
C. OPERACION EN O CERCA DEL RANGO FLAMABLE	CON GAS INERTE SIN GAS INERTE D		
1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS FLAMABLES		0.50	
2. POR EFECTO DE CAIDA DE PROCESO O POR FALLA EN LA PURGA		0.30	0.30
3. SIEMPRE EN RANGO FLAMABLE		0.00	
D. EXPLOSION DE POLVO (FACTOR DE .25 A 2) VER LA TABLA II			
E. PRESION (VER FIGURA 2) PRESION DE OPERACION 230.5 PSIG RANGO DE ALIVIO 224.5 PSIG			0.50
F. BAJAS TEMPERATURAS (FACTOR DE .20 A .90)			
G. CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE O INESTABLE CANTIDAD= (AB 1.0 % 25 500 BTU/LB)			
1. LIQUIDOS, GASES Y MATERIALES REACTIVOS EN PROCESO (VER FIG 3)			
2. LIQUIDOS O GASES EN BODEGA (VER FIG 4)			
3. COMBUSTIBLES SOLIDOS EN BODEGA, POLVO EN PROCESO (VER FIG 5)			
H. CORROSION Y EROSION (FACTOR DE .10 A .75)			0.10
I. DERRAMES-JUNTAS Y EMPAQUES (FACTOR DE .10 A 1.5)			0.10
J. USO DE CALENTADORES DE FUEGO (VER FIG 6)			1.00
K. SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE CALIENTE (FACTOR DE .15 A 1.15) VER TABLA III			
L. EQUIPO ROTATORIO		0.50	
FACTOR DE PELIGRO ESPECIAL DE PROCESO (F2)			3.20
FACTOR UNITARIO DE PELIGRO (F1 + F2 + F3)			6.56
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F3 + F1 + F2 + E INDEX)			137.7
RADIO DE AFECTACION EN PIES (F & E INDEX = 0.84)			115.7

ADAPTADA DE: DOW FIRE AND EXPLOSION INDEX. HAZARD CLASSIFICATION GUIDE
THE DOW CHEMICAL COMPANY, 6th EDITION, MAY 1967, FORMA C-23300 B-0-87 (471-836)

AREA DE PROCESO: WINTERIZACION

DESCRIPCION DE OPERACIONES REALIZADAS: ALMACENAMIENTO DE AMONIACO

DIAGRAMA(S) DE FLUJO REFERIDOS: PLANO DE LOCALIZACION GENERAL

NO.	PELIGRO	CAUSA/TIPO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA (FALLAS/AÑO)	EFECTOS IMPORTANTES PROMOSTICADOS	MECANISMOS PREVENTIVOS/ CORRECTIVOS EXISTENTES	RELACION DE HOJAS DE TRABAJO
1.1.	NUBE TONICA	FALLA LA DESCARGA MEDIANTE PIPA AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AMONIACO				- NINGUNA HOJA DE TRABAJO
		A) DESCONEXION DE LA MANGUERA POR ERROR HUMANO COMUN	0.05 (c)	DERRAME CONTINUO DE HEXANO CON FORMACION DE CHARCO Y LA CONSECUENTE VOLATILIZACION DEL MISMO. CASI INMEDIATA FORMACION DE NUBE PESADA, CUYA CONCENTRACION PUEDE PROVOCAR DAMOS A LA SALUD DE LA POBLACION EXPUESTA	- DIQUE DE CONTENCIÓN	
		B) FALLA LA VALVULA DE DESCARGA DEL CARRO TANQUE				
		- POR RUPTURA	1.58 x 10 ⁻⁶ (c)	DERRAME CONTINUO DE HEXANO CON FORMACION DE CHARCO Y LA CONSECUENTE VOLATILIZACION DEL AMONIACO, CASI INMEDIATA FORMACION DE NUBE PESADA, CUYA CONCENTRACION PUEDE PROVOCAR DAMOS A LA SALUD DE LA POBLACION EXPUESTA	- NINGUNO	
		- POR ERROR HUMANO	0.01 (c)	SOBRELLENADO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO CON EL CONSECUENTE AUMENTO DE PRESION, QUE PUEDE PROVOCAR LA RUPTURA DEL TANQUE O DE ALGUNA CONEXION Y LA FUGA DE AMONIACO, CON LA FORMACION CASI INMEDIATA DE UNA NUBE PESADA QUE CUYA CONCENTRACION PUEDE OCASIONAR DAMOS A LA SALUD DE LA POBLACION EXPUESTA	- DIQUE DE CONTENCIÓN	
		- A CERRAR	0.365 (b)		- CAPACIDAD NORMAL DEL RECIPIENTE: 80% DE LA CAPACIDAD MAXIMA	
1.2.	FUEGO Y EXPLOSION	FALLA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AMONIACO				- METODO DE LA EPA PARA LA DETERMINACION DE LA ZONA DE VULNERABILIDAD (HOJA DE TRABAJO NO.36)
		A) RUPTURA EQUIVALENTE A UN AREA DE 4 PULGADAS CUADRADAS, POR FATIGA	8.76 x 10 ⁻³ (a)	DERRAME CONTINUO CON LAS CONSECUENCIAS DE 1.1.A.	- DIQUE DE CONTENCIÓN	
		B) RUPTURA TOTAL ESPONTANEA	3.0 x 10 ⁻³ (c)	ESCAPE INSTANTANEO DE AMONIACO, FORMACION DE CHARCO Y VOLATILIZACION CASI INMEDIATA, PROVOCANDO LA FORMACION DE UNA NUBE PESADA, CON LAS CONSECUENCIAS DE 1.1.A.	- DIQUE DE CONTENCIÓN	
		(a) LEES 1991				
		(b) DAVIS 1989				
		(c) ATALLAH 1980				

AREA DE PROCESO: WINTERIZACION

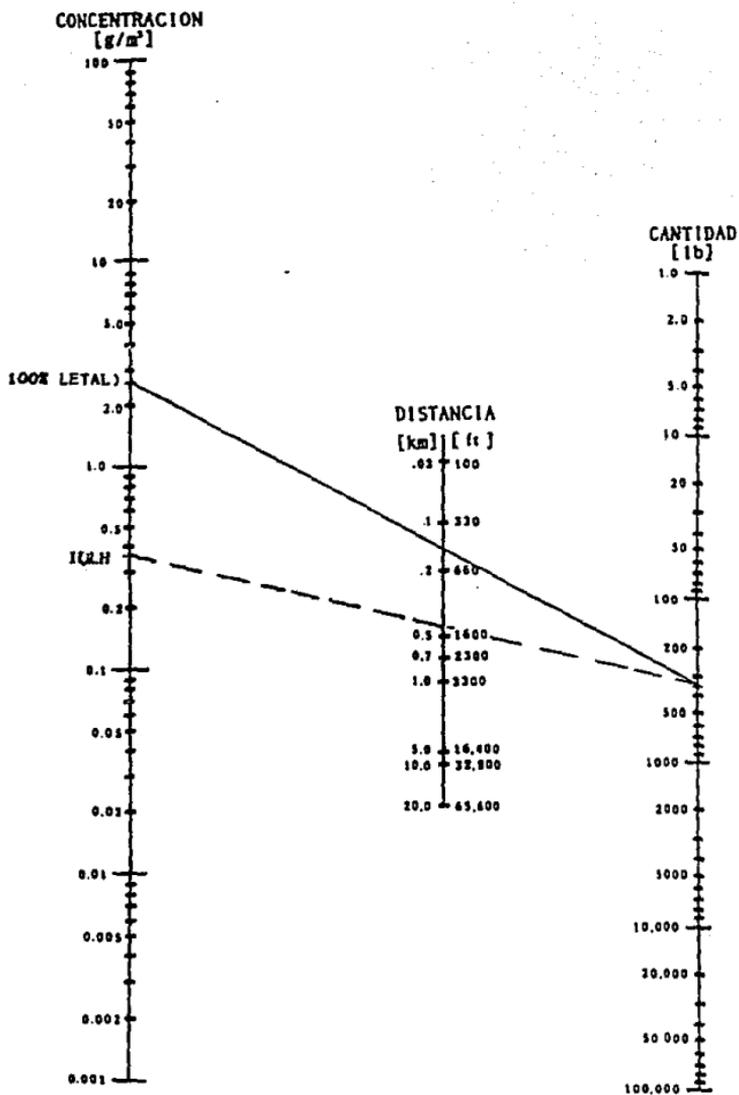
DESCRIPCION DE OPERACIONES REALIZADAS: ALMACENAMIENTO DE AMONIACO

DIAGRAMA(S) DE FLUJO REFERIDOS: PLANO DE LOCALIZACION GENERAL

NO.	PELIGRO	CAUSA/TIPO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA - (F/AÑO)	EFFECTOS IMPORTANTES PRONOSTICADOS	MECANISMOS PREVENTIVOS/ CORRECTIVOS EXISTENTES	RELACION DE HOJAS DE TRABAJO
		C) FALLA LA VALVULA DE DESFOQUE				- METODO DE LA SPA PARA LA DETERMINACION DE LA ZONA DE VULNERABILIDAD (HOJA DE TRABAJO NO.36)
		- A ABRIR	4.38 x 10 ⁻³ (a)	ALUMENTO DE PRESION EN EL TANQUE. LO CUAL PUEDE PROVOCAR UN ESCAPE CON TIRNO. CUYA DISPERSION PUEDE CAUSAR CONCENTRACIONES QUE PROVOCAN DAMOS A LA SALUD DE LA POBLACION EXPUESTA VISIBLE), OCASIONE UN INCENDIO U	- NINGUNO	
		- ABRE ANTES	8.76 x 10 ⁻³ (a)	ESCAPE CONTINUO FORMACION DE NUBE LIGERA. CON LAS CONSECUENCIAS DE I.F.A.	- NINGUNO	
		- DESGASTE EN SELLOS	4.38 x 10 ⁻³ (a)	ESCAPE CONTINUO FORMACION DE NUBE LIGERA. CON LAS CONSECUENCIAS DE I.F.A.	- NINGUNO	
		D) FALLA EN LOS INDICADORES DE PRESION, TEMPERATURA O NIVEL	4.38 x 10 ⁻³ (b)	ESCAPE CONTINUO. FORMACION DE NUBE PESADA, CON LAS CONSECUENCIAS DE I.F.A.	- NINGUNO	

(a) LEES 1991

(b) DAVIS 1989



HOJA DE TRABAJO 36. Determinación de la zona de vulnerabilidad mediante el método rápido de la EPA. Escape de amoníaco por falla en tanque de almacenamiento.

Tabla XVII. Resultados del Análisis Preliminar de Peligro por Toxicidad

MATERIAL	SECCION DE LA PLANTA	OBJETO DE RIESGO	RADIO DE AFECTACION [m]	REQUIERE ANALISIS DETALLADO
AMONIACO	DEPTO. DE WINTERIZADO	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	450	SI
HEXANO	DEPTO. DE EXTRACCION	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	800	SI
HEXANO	DEPTO. DE EXTRACCION	CARRO-TANQUE PARA DESCARGA	700	SI
HEXANO	DEPTO. DE EXTRACCION	DEPOSITO DE MISCELA	60	NO
HEXANO	DEPTO. DE EXTRACCION	TANQUE RECUPERADOR DE HEXANO	60	NO

Tabla XVIII. Resultados del Análisis Preliminar de Peligro por Fuego y Explosión.

MATERIAL	SECCION DE LA PLANTA	OBJETO DE RIESGO	INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION DE DOW	RADIO DE AFECTACION (m)	CLASIFICACION DEL RIESGO	REQUIERE ANALISIS DETALLADO
METANO	PLANTA DE PRODUCCION DE HIDROGENO	REACTOR DE REFORMACION CATALITICA	137.7	35.2	SEVERO	SI
HIDROGENO	PLANTA DE PRODUCCION DE HIDROGENO	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROGENO COMPRIMIDO	116.6	29.9	ALTO	SI
HEXANO	DEPTO. DE EXTRACCION	EVAPORADOR	110.0	28.2	ALTO	SI
HEXANO	DEPTO. DE EXTRACCION	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	102.0	26.1	INTERMEDIO	SI
HEXANO	DEPTO. DE EXTRACCION	EXTRACTOR DE ACEITE	102.0	26.1	INTERMEDIO	SI
HIDROGENO	DEPTO. DE HIDROGENACION DE ACEITES	REACTOR DE HIDROGENACION ⁽¹⁾	93.9	24.0	INTERMEDIO	SI
HEXANO	DEPTO. DE EXTRACCION	CARRO-TANQUE PARA DESCARGA	93.9	24.0	INTERMEDIO	SI
HIDROGENO	DEPTO. DE HIDROGENACION DE ACEITES	REACTOR DE HIDROGENACION ⁽²⁾	84.0	21.5	INTERMEDIO	SI
HEXANO	DEPTO. DE EXTRACCION	TANQUE RECUPERADOR DE HEXANO	77.5	19.8	MODERADO	NO
HEXANO	DEPTO. DE EXTRACCION	DEPOSITO DE MISCELA	65.8	16.0	MODERADO	NO

(1) VOLUMEN DE HIDROGENO = 3000 LITROS

(2) VOLUMEN DE HIDROGENO = 1000 LITROS

6.3. Análisis de Consecuencia

De acuerdo con la metodología propuesta se analizarán aquellos casos que según el análisis preliminar así lo requieran. El modelo de dispersión aplicado es el denominado "Portable Computing System for use in Toxic Gas Emergencies" (Ministry of the Environment, Ontario) en caso de peligro por toxicidad, y para los peligros por fuego y explosión se utilizan los métodos propuestos en los apéndices H e I.

Los casos de estudio y los modelos de cálculo de consecuencias específicos para cada evento de acuerdo con el peligro existente se representan por medio de la tabla XIX.

En esta sección se presentan de manera breve los eventos representativos de los casos motivo de este estudio de consecuencia. Únicamente se incluye la información considerada como básica para realizar el análisis y los resultados correspondientes. Para todos los casos en dispersión la velocidad de viento utilizada es 2 m/s.

6.3.1. Análisis de consecuencia de nubes tóxicas

1) Escape Instantáneo de tanque de almacenamiento de amoniaco

Causa del evento	Masa escapada en forma de vapor:
Ruptura espontánea	139.6 kg
Ruptura con área equivalente a un área de 4 plg^2	313.2 kg

Los resultados correspondientes a la aplicación del modelo de dispersión para nube pesada para estos eventos se muestran en las tablas XX y XXI. En las figuras 36, 37, 38 y 39 se encuentran las gráficas y esquemas representativos concentración vs. distancia y tiempo de paso del centro de la nube vs. distancia para ambas situaciones. En las figuras 40 y 41 se muestran de manera esquemática las zonas de vulnerabilidad para ambos casos.

2) Escape continuo por falla en válvula de relevo en tanque de almacenamiento de amoniaco.

Tasa de emisión de vapor: 0.8 kg/s
Tiempo de desalojo: 392 s

Los resultados obtenidos de la aplicación del modelo de dispersión para gas simple para este evento se presentan de manera gráfica en la fig. 42

Tabla XIX. Casos de Estudio para el Análisis de Consecuencia

MATERIAL	PELIGRO	EVENTO	MODELO PARA CALCULO DE:	COMENTARIOS
AMONIACO	TOXICIDAD	<p>1) ESCAPE INSTANTANEO POR RUPTURA TOTAL ESPONTANEA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>2) ESCAPE CONTINUO POR RUPTURA POR RUPTURA CON AREA EQUIVALENTE A 4 PULGADAS CUADRADAS EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>3) ESCAPE CONTINUO POR FALLA EN LA VALVULA DE RELEVO</p> <p>3.1. POR BLOQUEO</p> <p>3.2. POR APERTURA PREMATURA</p> <p>3.3. POR DESGASTE EN SELLOS</p> <p>4) ESCAPE CONTINUO POR FALLA EN INDICADOR DE PRESION O TEMPERATURA</p>	<p>DISPERSION: NUBE PESADA</p> <p>DISPERSION: NUBE PESADA</p> <p>DISPERSION: GAS SIMPLE</p> <p>DISPERSION: GAS SIMPLE</p>	<p>SE CONSIDERA ESCAPE INSTANTANEO YA QUE EL DESALDO DE EL TANQUE ES CASI INMEDIATO (menor a 30s)</p> <p>LOS CALCULOS DE CONSECUCENCIA SON LOS MISMOS PARA LOS CASOS 3 Y 4</p>
HEXANO	TOXICIDAD	<p>1) DERRAME MASIVO EN DIQUE DE CONTENCION POR RUPTURA TOTAL ESPONTANEA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>2) DERRAME MASIVO EN DIQUE DE CONTENCION POR RUPTURA CON AREA EQUIVALENTE A 4 PULGADAS CUADRADAS EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>3) DERRAME MASIVO EN DIQUE DE CONTENCION POR FALLA EN LA DESCARGA AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>3.1. POR DESCONECION DE LA MANGUERA POR ERROR HUMANO</p> <p>3.2. POR RUPTURA EN DE LA VALVULA DE DESCARGA</p> <p>4) DERRAME MASIVO FUERA DEL DIQUE DE CONTENCION POR FALLA EN LA DESCARGA AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>4.1. POR ERROR HUMANO DE APLICACION</p> <p>4.2. POR FALLA EN LA VALVULA DE DESCARGA (NO CIERRA)</p>	<p>DISPERSION: FORMACION DE CHARCO Y VOLATILIZACION DEL MISMO</p>	<p>LOS RESULTADOS DE LOS CALCULOS DE CONSECUCENCIA PARA LOS CASOS 1, 2 Y 3 SON LOS MISMOS, YA QUE EL MODELO ASUME QUE LA DISPERSION COMIENZA CUANDO EL CHARCO YA SE HA FORMADO</p>
HEXANO	EXPLOSIVIDAD	<p>1) DERRAME MASIVO EN DIQUE DE CONTENCION POR RUPTURA TOTAL ESPONTANEA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p>	<p>MAGNITUD Y ALCANCE DE ONDAS DE SOBREPRESION</p>	<p>LOS RESULTADOS DE LOS CALCULOS DE CONSECUCENCIA PARA LOS CASOS 1, 2 Y 3 SON LOS MISMOS</p>

(cont.) Tabla XIX. Casos de Estudio para el Análisis de Consecuencia

MATERIAL	PELIGRO	EVENO	MODELO PARA CALCULO DE:	COMENTARIOS
HEXANO	EXPLOSIVIDAD	<p>2) DERRAME MASIVO EN DIQUE DE CONTENCIÓN POR RUPTURA CON AREA EQUIVALENTE A 4 PULGADAS CUADRADAS EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>3) DERRAME MASIVO EN DIQUE DE CONTENCIÓN POR FALLA EN LA DESCARGA AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>3.1. POR DESCONEXION DE LA MANGUERA POR ERROR HUMANO</p> <p>3.2. POR RUPTURA EN DE LA VALVULA DE DESCARGA</p> <p>4) DERRAME MASIVO FUERA DEL DIQUE DE CONTENCIÓN POR FALLA EN LA DESCARGA AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>4.1. POR ERROR HUMANO DE APLICACION</p> <p>4.2. POR FALLA EN LA VALVULA DE DESCARGA (NO CIERRA)</p> <p>5) INGRESO DE AIRE POR RUPTURA EN BRIDA DE CONEXION AL EXTRACTOR</p> <p>6) INGRESO DE AIRE POR RUPTURA EN BRIDA DE CONEXION AL EVAPORADOR</p>	<p>MAGNITUD Y ALCANCE DE ONDAS DE SOBREPRESION</p>	<p>LOS CASOS 5 Y 6 CORRESPONDEN A EXPLOSIONES CONFINADAS</p>
HEXANO	INFLAMABILIDAD	<p>1) DERRAME MASIVO EN DIQUE DE CONTENCIÓN POR RUPTURA TOTAL ESPONTANEA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>2) DERRAME MASIVO EN DIQUE DE CONTENCIÓN POR RUPTURA CON AREA EQUIVALENTE A 4 PULGADAS CUADRADAS EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>3) DERRAME MASIVO EN DIQUE DE CONTENCIÓN POR FALLA EN LA DESCARGA AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>3.1. POR DESCONEXION DE LA MANGUERA POR ERROR HUMANO</p> <p>3.2. POR RUPTURA EN DE LA VALVULA DE DESCARGA</p> <p>4) DERRAME MASIVO FUERA DEL DIQUE DE CONTENCIÓN POR FALLA EN LA DESCARGA AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</p> <p>4.1. POR ERROR HUMANO DE APLICACION</p> <p>4.2. POR FALLA EN LA VALVULA DE DESCARGA (NO CIERRA)</p>	<p>ALCANCE POR IRRADIACION TERMICA</p> <p>ALCANCE POR IRRADIACION TERMICA</p> <p>ALCANCE POR IRRADIACION TERMICA</p> <p>ALCANCE POR IRRADIACION TERMICA</p>	<p>LOS RESULTADOS DE LOS CALCULOS DE CONSECUENCIA PARA LOS CASOS 1, 2 Y 3 SON LOS MISMOS</p>

mediante el diagrama concentración vs. distancia. En la fig. 43 se muestra de manera esquemática la dispersión del tóxico en función de la dirección de viento más probable, mientras en la fig. 44 se indica la zona de vulnerabilidad establecida.

3) Derrame masivo en dique de contención por ruptura equivalente a un área de 4 plg^2 en tanque de almacenamiento de hexano

Tasa de evaporación: $1\ 075 \text{ g/s}$
Tasa de derrame: $4.98 \text{ m}^3/\text{s}$
Distancia virtual: 27.65 m (fuente puntual imaginaria viento arriba)

4) Derrame masivo fuera del dique de contención por falla en la descarga al tanque de almacenamiento de hexano

Tasa de evaporación: $10\ 808 \text{ g/s}$
Tasa de derrame: $0.043 \text{ m}^3/\text{s}$
Distancia virtual: 211.25 m (fuente puntual imaginaria viento arriba)
Profundidad del charco formado: 0.00635 m
[Theodore, et. al. 1989]

Los resultados obtenidos de la aplicación del modelo de dispersión para los eventos 3 y 4 se presentan de manera gráfica en las figuras 45 y 46, mediante los diagramas concentración vs. distancia. En las figuras 47 y 48 se muestra de manera esquemática la dispersión del tóxico en función de la dirección de viento más probable, mientras en las figuras 49 y 50 se indica la zona de vulnerabilidad establecida.

6.3.2. Análisis de consecuencia de nubes explosivas

6.3.2.1. Explosiones no confinadas

1) Derrame masivo en dique de contención por ruptura equivalente a un área de 4 plg^2 en tanque de almacenamiento de hexano

Peso del líquido fugado: $52\ 800 \text{ Kg}$
Cantidad vaporizada: $15\ 155 \text{ Kg}$
Energía desprendida: 16.18 Ton TNT

2) Derrame masivo fuera del dique de contención por falla en la descarga al tanque de almacenamiento de hexano

Peso del líquido fugado: $23\ 100 \text{ Kg}$
Cantidad vaporizada: $6\ 630 \text{ Kg}$
Energía desprendida: 7.08 Ton TNT

En las figuras 51 y 52 se presentan los diagramas sobrepresión vs. distancia correspondientes a los casos 1 y 2, mientras que la representación esquemática de su alcance se puede observar en las figuras 53 y 54 respectivamente.

3) Escape instantáneo de por ruptura total espontánea del tanque de almacenamiento de hidrógeno.

Peso del material fugado: 352 Kg
Energía desprendida: 0.98 Ton TNT

En la fig. 55 se presentan los resultados de consecuencia obtenidos, mediante el diagrama sobrepresión vs. distancia, mientras que la representación esquemática de los diámetros de sobrepresión se puede observar en la fig. 56.

6.3.2.2. Explosiones confinadas

La información básica sobre el análisis de consecuencia para explosiones confinadas se resume en la tabla XXII.

En las figuras 57, 58 y 59 se muestran los diagramas sobrepresión vs. distancia correspondientes a las explosiones en el extractor de hexano, evaporador de miscela y reactor de reformación de gas natural y en las figuras 60 y 61 se muestran los diagramas representativos del alcance de las ondas de sobrepresión para explosión confinada dentro del área de extracción y explosión confinada dentro de la planta de producción de hidrógeno.

6.3.3. Análisis de consecuencia de nubes inflamables

Evento	Tasa másica de combustión (Kg/s)
Derrame masivo en dique de contención por ruptura equivalente a un área de 4 plg ² en tanque de almacenamiento de hexano	9.68
Derrame masivo fuera del dique de contención por falla en la descarga al tanque de almacenamiento de hexano	314.96

En las figuras 62 y 63 se presentan los diagramas irradiación térmica contra distancia radial desde el centro de la flama correspondientes a estos casos; su representación esquemática se encuentra en las figuras 64 y 65.

Tabla XX. Resultados del modelamiento de dispersión de amoniaco. Escape instantáneo por ruptura total espontánea en tanque de almacenamiento.

CARACTERISTICAS DE LA NUBE

DIST. (m)	TIEMPO-PASO (seg)		CONC'N. (mg/m ³)	RADIO (m)	ALTURA (m)	
	Cntr	Punta Cola				
0	0	0	7	75458	4	82.6
20	10	8	34	75458	30	1.4
40	20	18	51	75458	43	0.7
60	30	20	66	75458	52	0.5
80	40	25	80	75458	60	0.4
100	50	31	89	47636	67	0.5
150	75	48	120	3623	84	3.9
200	100	67	151	1335	101	7.3
250	125	89	181	667	118	10.7
300	150	111	212	387	135	14.1
350	175	133	243	246	152	17.5
400	200	155	273	167	169	20.9
500	250	200	335	87	203	27.7
600	300	244	396	51	237	34.5
700	350	289	458	33	271	41.3
800	400	333	519	22	305	48.1
900	450	377	580	16	339	54.9

IDLH = 354.8; STEL = 24.8; TLV = 17.7 (mg/m³)

Tabla XXI Resultados de dispersión para el escape continuo de amoniaco por ruptura con área equivalente a 4 puig²

CARACTERISTICAS DE LA NUBE

DIST. (m)	TIEMPO-PASO (seg)			CONC'N. (mg/m ³)	RADIO (m)	ALTURA (m)
	Cntr	Punta	Cola			
0	0	0	6	75458	4	36.8
20	10	8	29	75458	25	0.9
40	20	14	44	75458	35	0.5
60	30	18	58	75458	43	0.3
80	40	25	68	13607	50	1.3
100	50	32	80	5197	56	2.7
120	60	39	92	2748	63	4.0
140	70	47	105	1677	70	5.4
160	80	56	117	1113	77	6.8
180	90	65	129	782	84	8.1
200	100	74	141	573	90	9.5
220	110	83	154	433	97	10.8
240	120	92	166	336	104	12.2
250	125	96	172	299	107	12.9
300	150	113	203	176	124	16.3
350	175	141	233	113	141	19.7
400	200	163	264	77	158	23.1
450	225	185	295	55	175	26.5
500	250	207	326	40	192	29.9
550	275	229	356	30	209	33.3
600	300	252	387	24	226	36.7
650	325	274	418	19	243	40.1
700	350	296	448	15	260	43.5

IDLH = 354.8; STEL = 24.8; TLV = 17.7 (mg/m³)

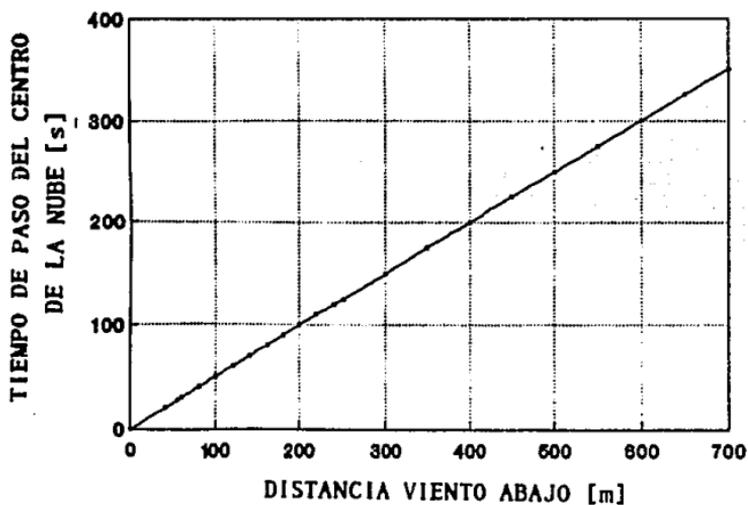
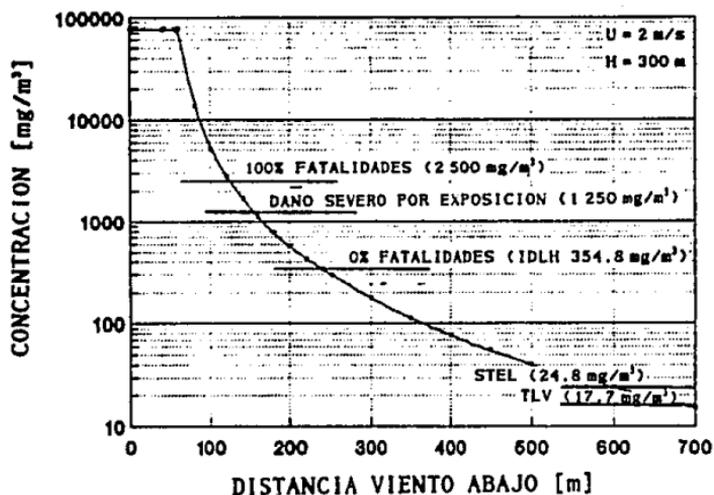
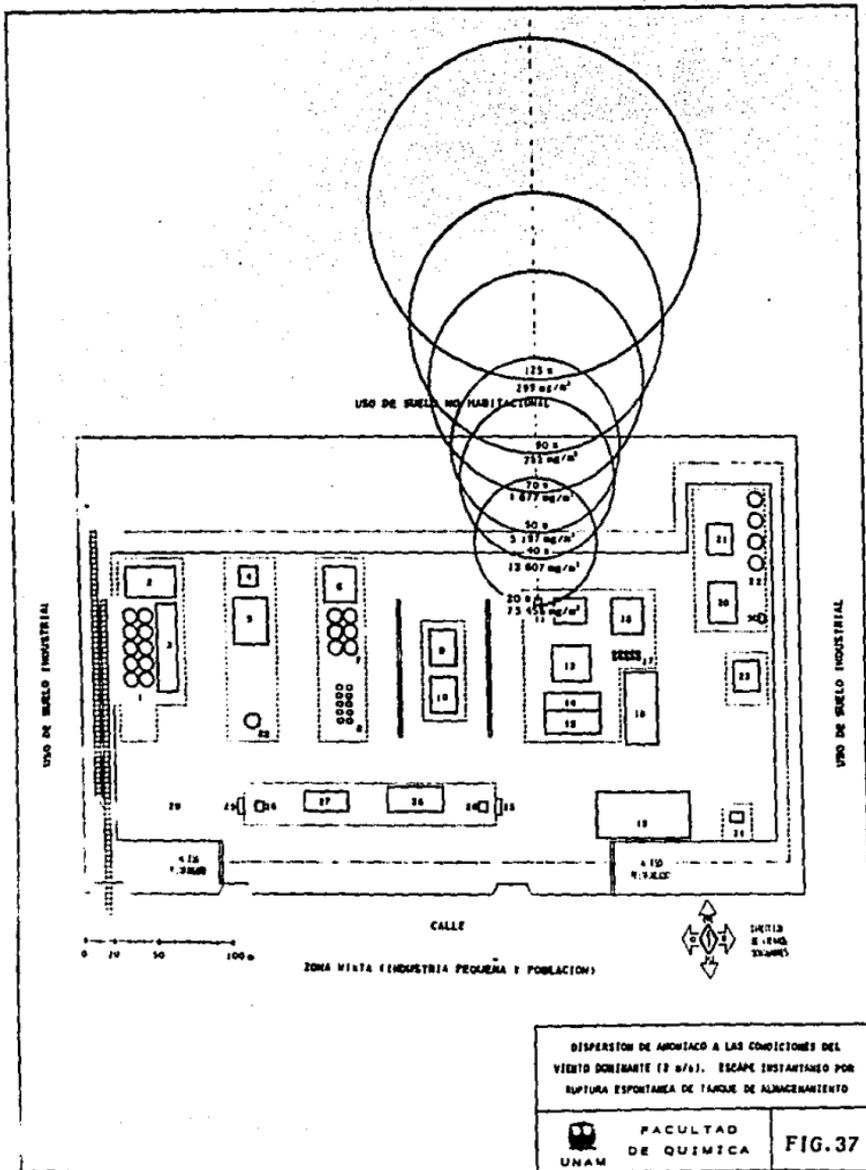


Fig. 36. Análisis de consecuencia: Dispersión de Amoniaco. Escape instantáneo por ruptura total espontánea en tanque de almacenamiento



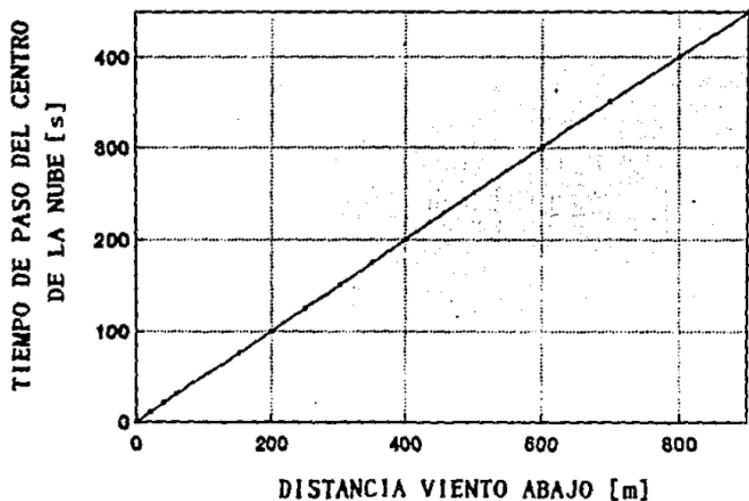
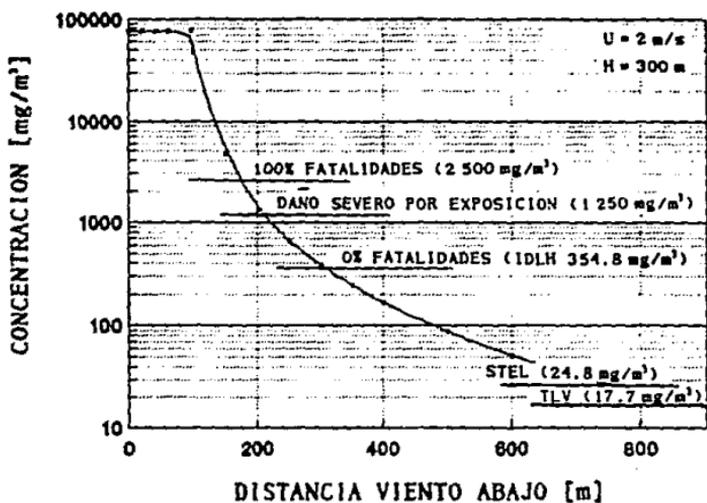
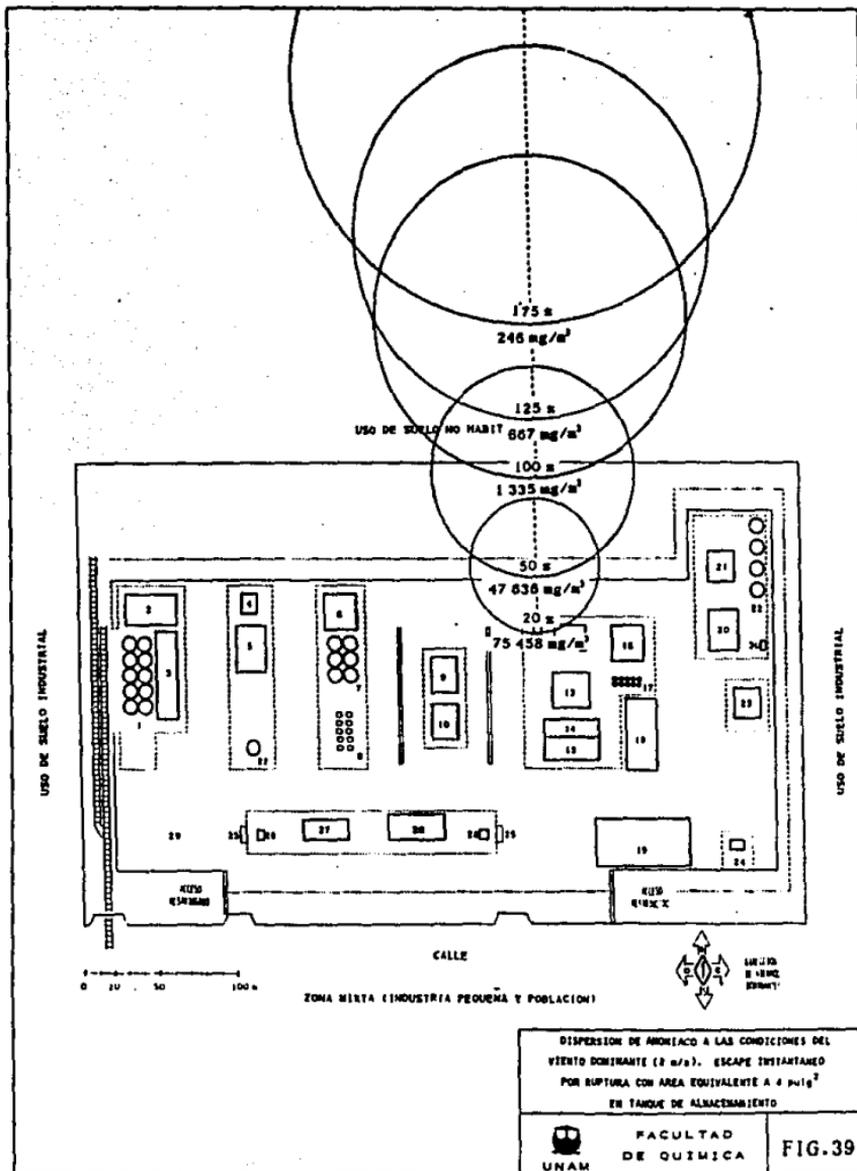


Fig. 38. Análisis de consecuencia: Dispersión de Amoniaco. Escape Instantáneo por ruptura con área equivalente a 4 pulg² en tanque de almacenamiento



 ZONA DE MAYOR
PROBABILIDAD
DE AFECTACION

USO DE SUELO INDUSTRIAL

0 25 50 100 m

ZONA MIXTA (INDUSTRIA, PROXIMA Y POBLACION)

USO DE SUELO A

CALLE

2500 mg/m³

250 mg/m³

354.8 mg/m³
(IDLH)



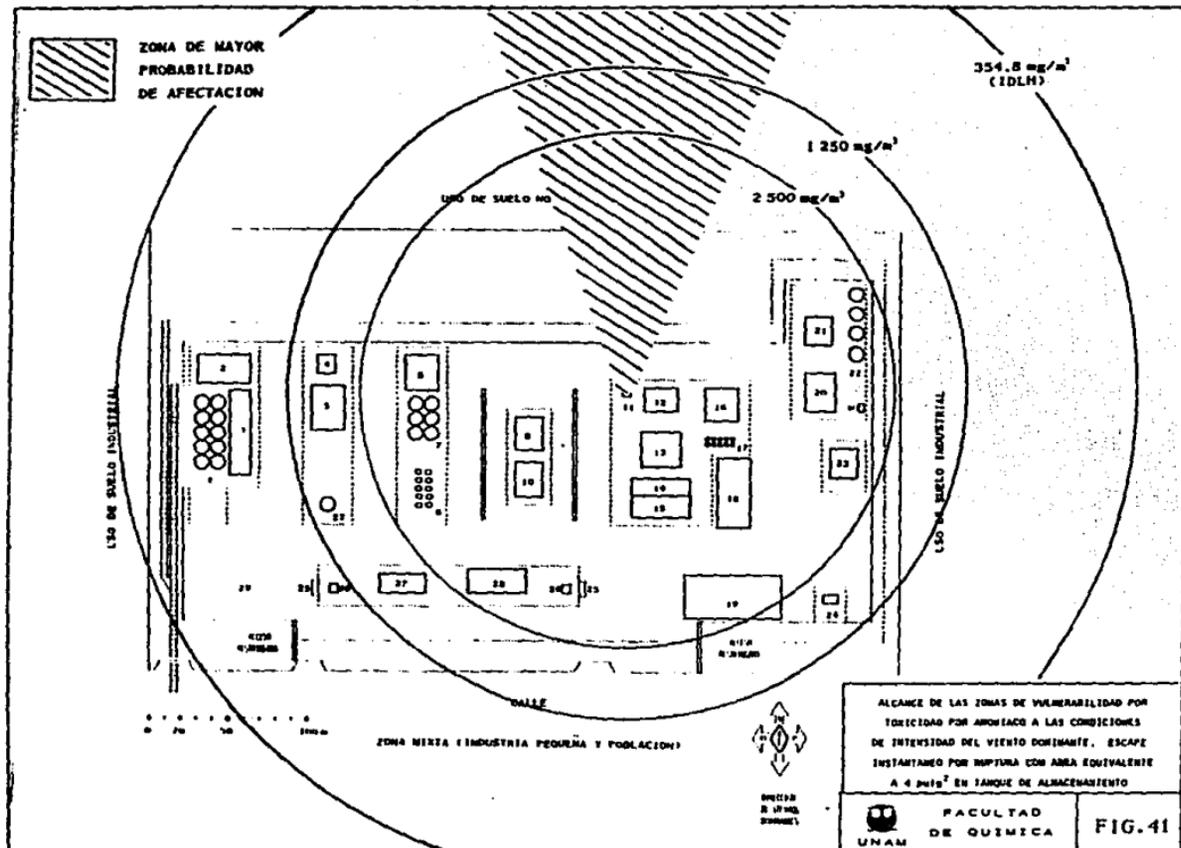
ESCALA
1:10000

ALCANCE DE LAS ZONAS DE VULNERABILIDAD POR TOXICIDAD
POR ANUNCIO A LAS CONDICIONES DE INTENSIDAD
DEL VIENTO DOMINANTE, ESCAPE INSTANTANEO
POR RUPTURA ESPONTANEA DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO



FACULTAD
DE QUIMICA

FIG. 40



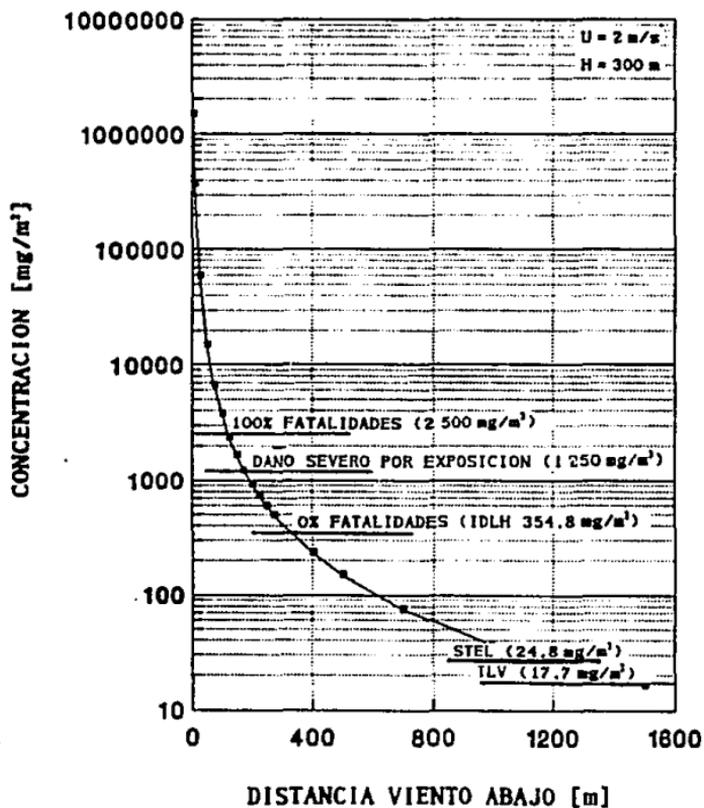
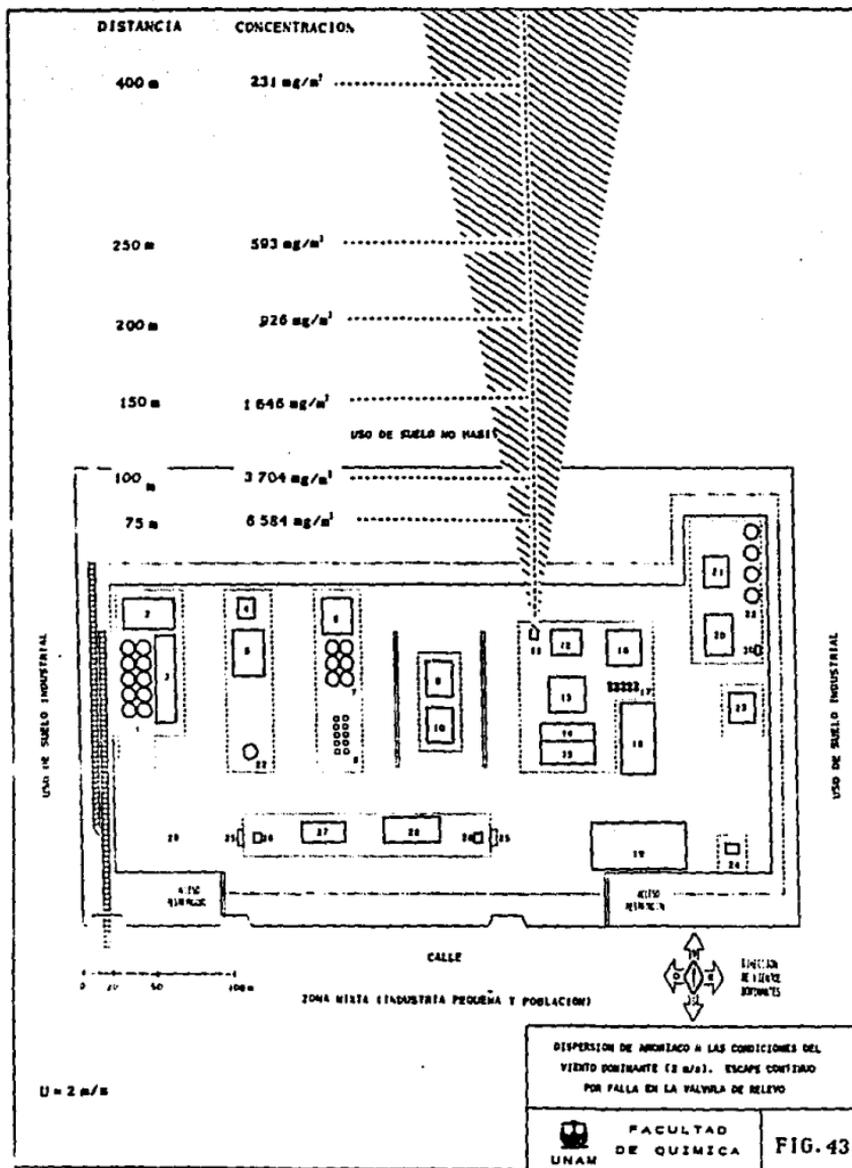
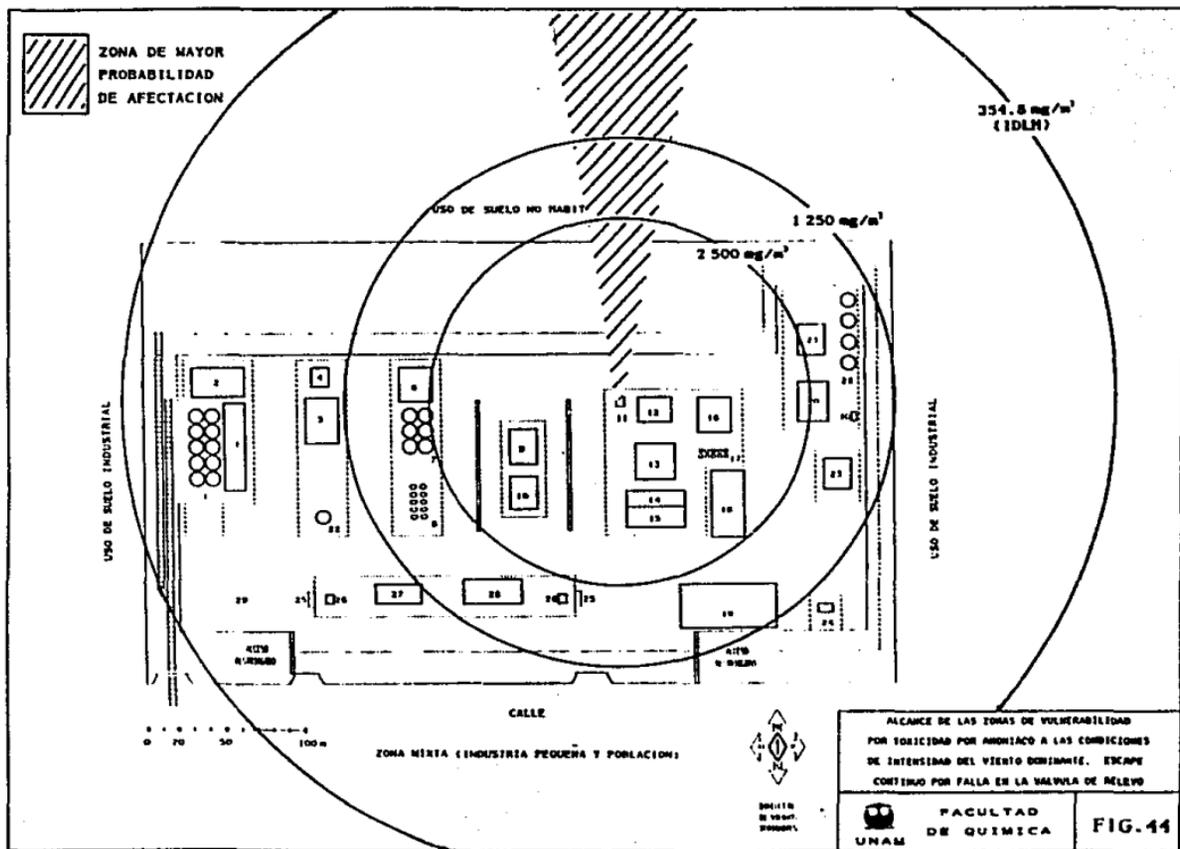


Fig. 42. Análisis de consecuencia: Dispersión de Amoniaco.
Escape continuo por falla en válvula de relevo





 ZONA DE MAYOR PROBABILIDAD DE AFECTACION

354.8 mg/m³
(IDLH)

USO DE SUELO NO HABIT

1250 mg/m³

2500 mg/m³

USO DE SUELO INDUSTRIAL

USO DE SUELO INDUSTRIAL

CALLE

ZONA MIXTA (INDUSTRIA PEQUENA Y POBLACION)

0 50 100 m

ALCANCE DE LAS ZONAS DE VULNERABILIDAD POR TOXICIDAD POR AMONIACO A LAS CONDICIONES DE INTENSIDAD DEL VIENTO DOMINANTE. ESCAPE CONTINUA POR FALLA EN LA VALVULA DE RELEVO

 FACULTAD DE QUIMICA

FIG. 11

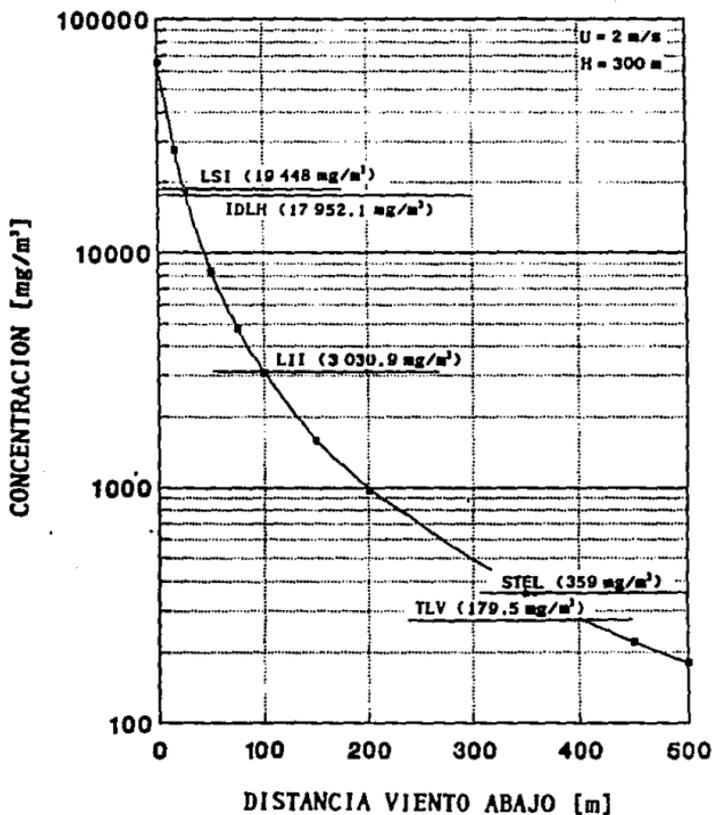


Fig. 45. Análisis de consecuencia: Dispersión de Hexano. Derrame de tanque de almacenamiento en dique de contención

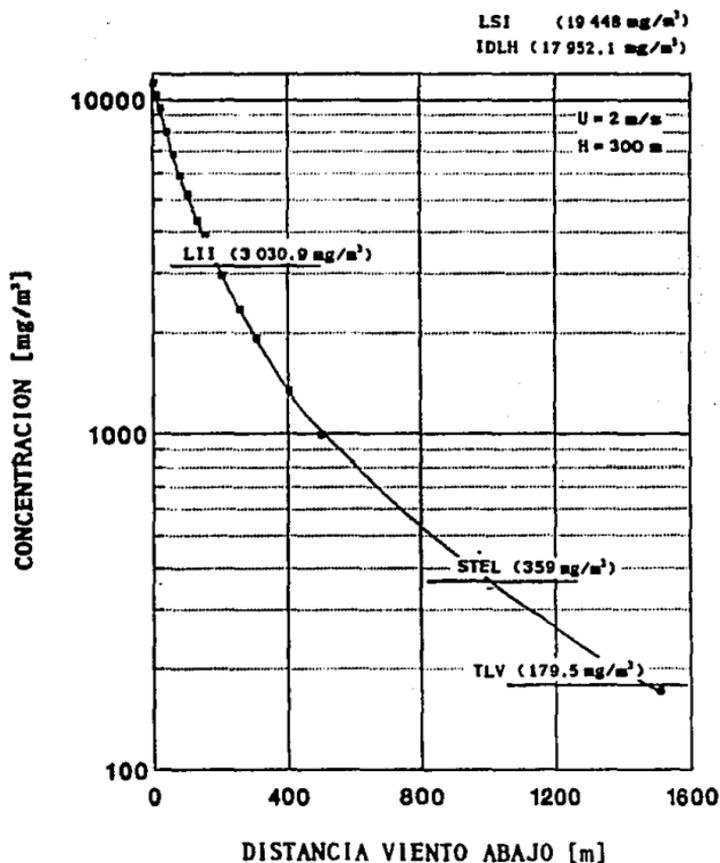
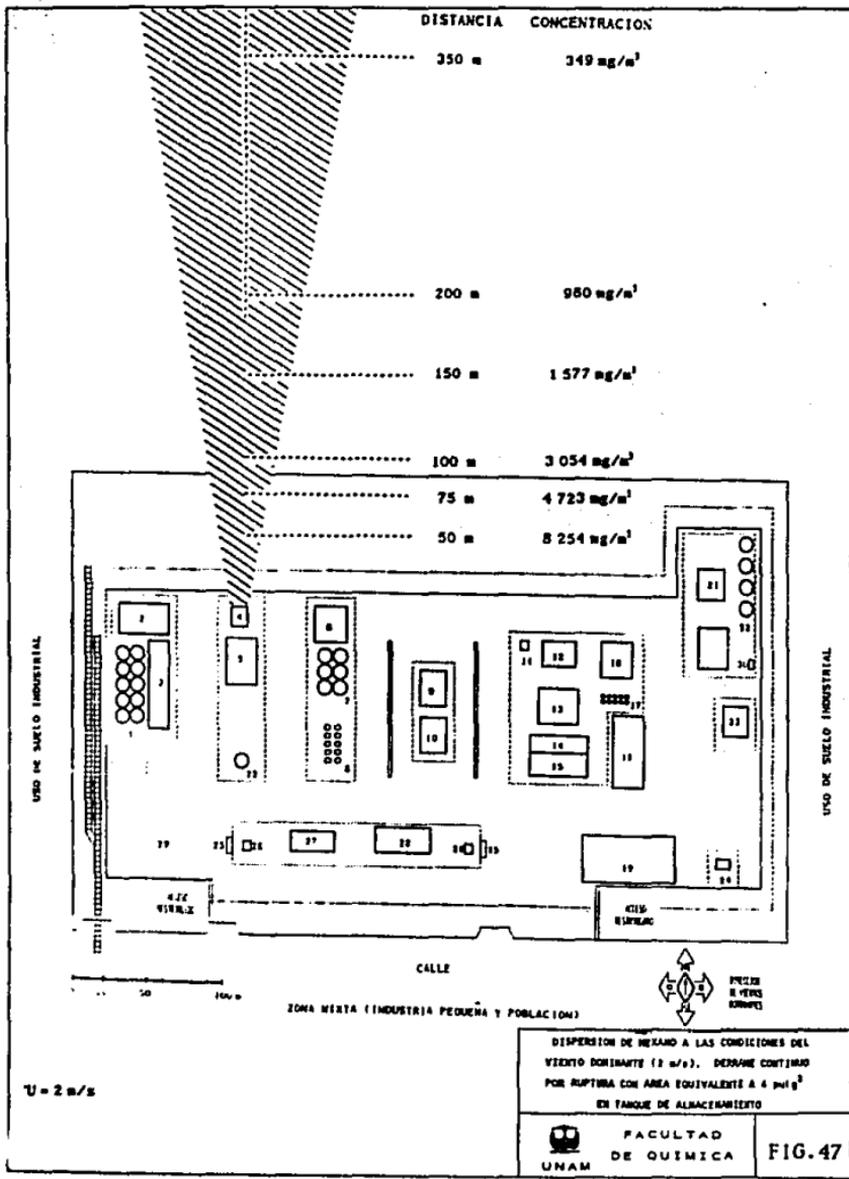
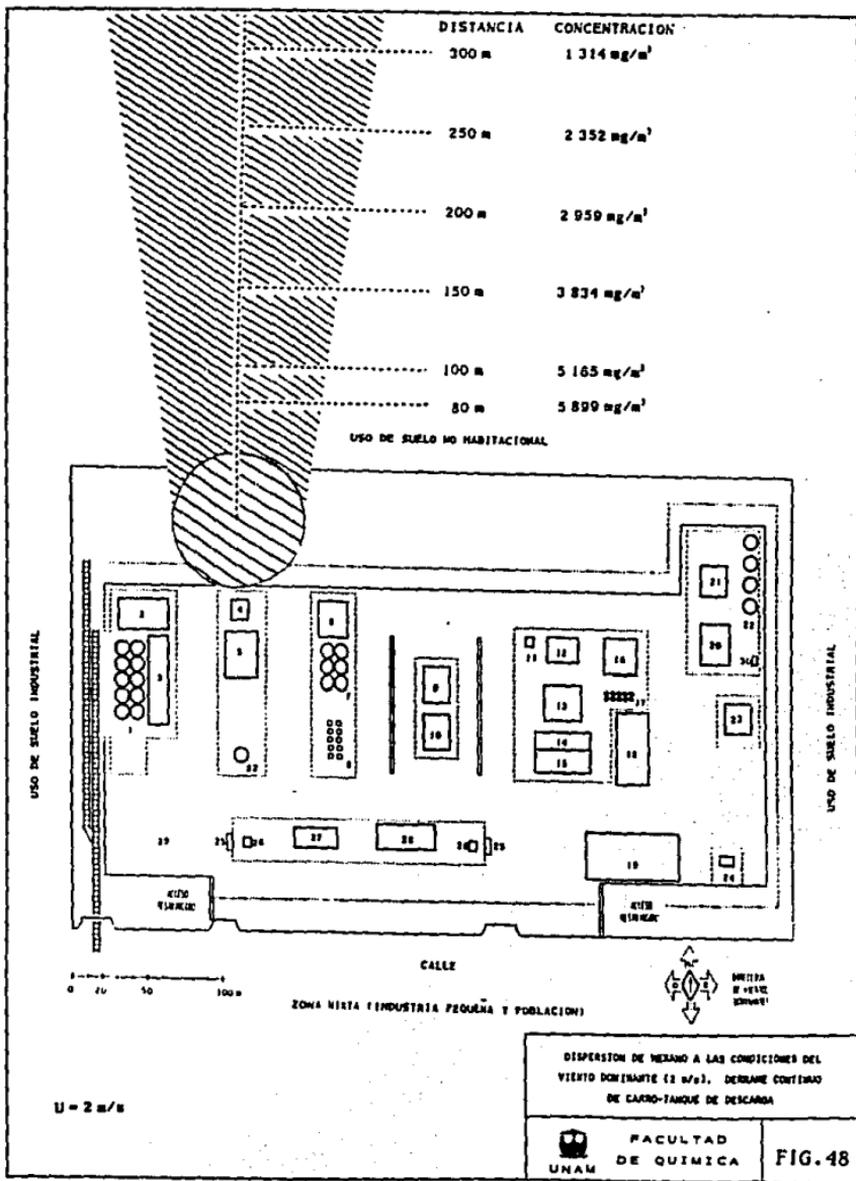
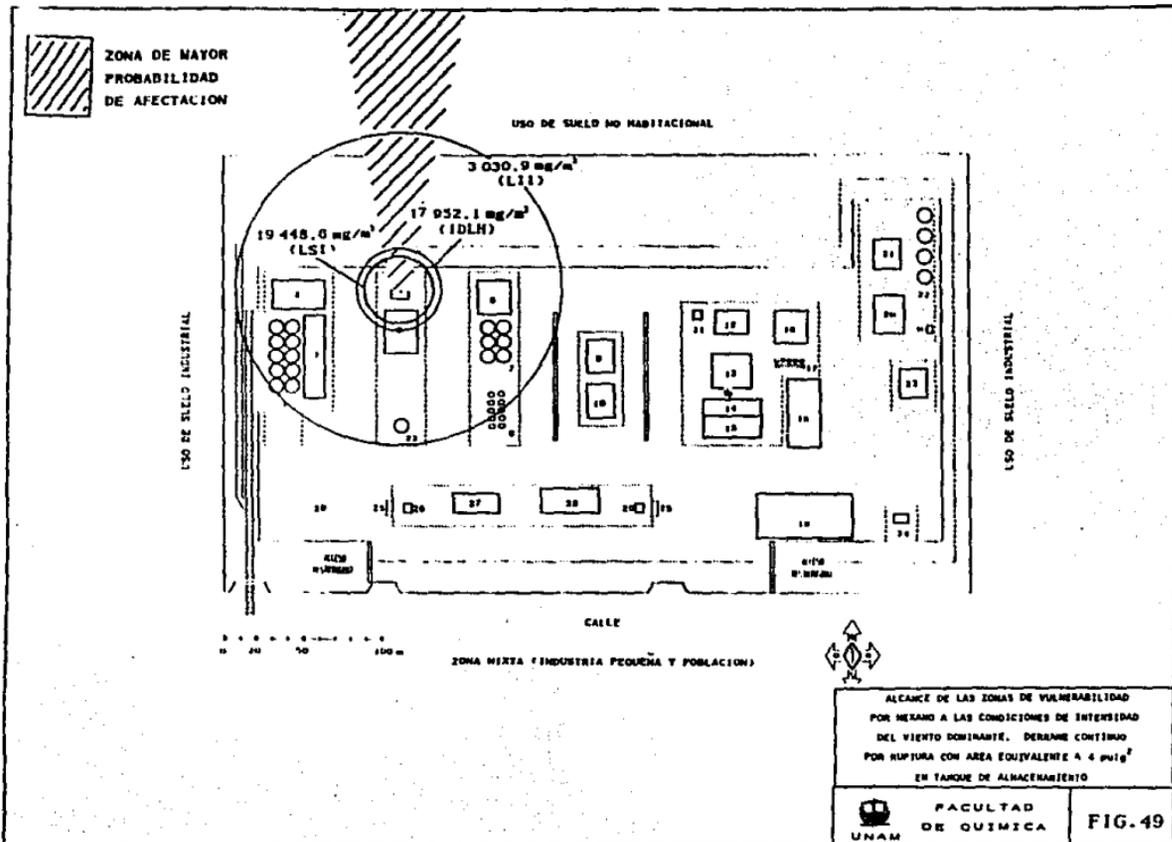
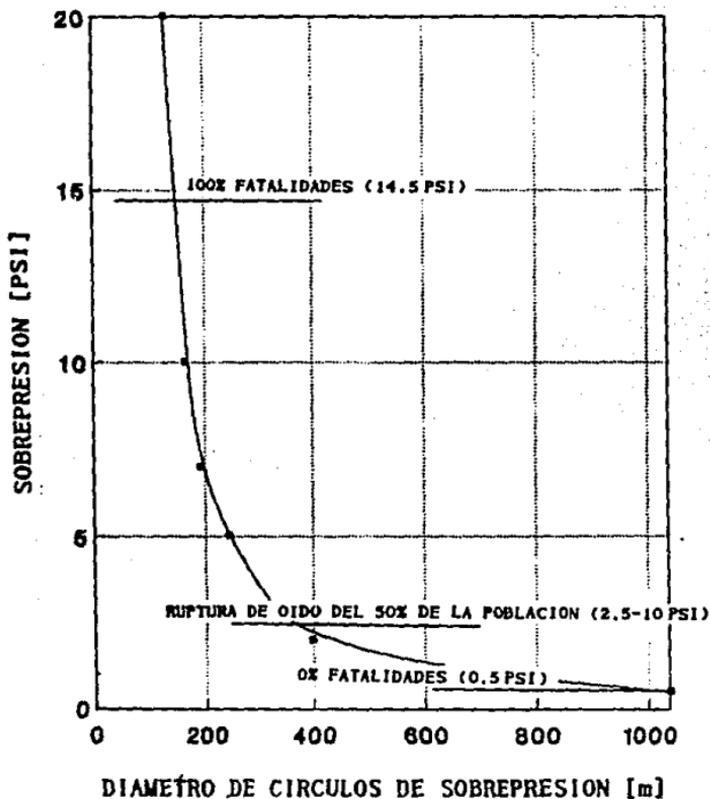


Fig. 46. Análisis de consecuencia: Dispersión de Hexano.
Derrame continuo de carro-tanque fuera del dique de contención



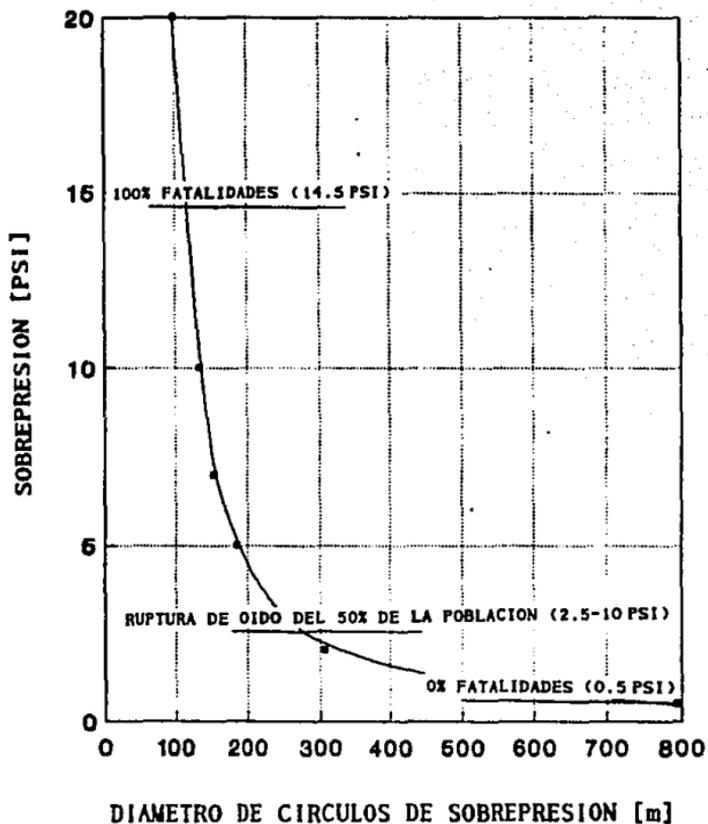






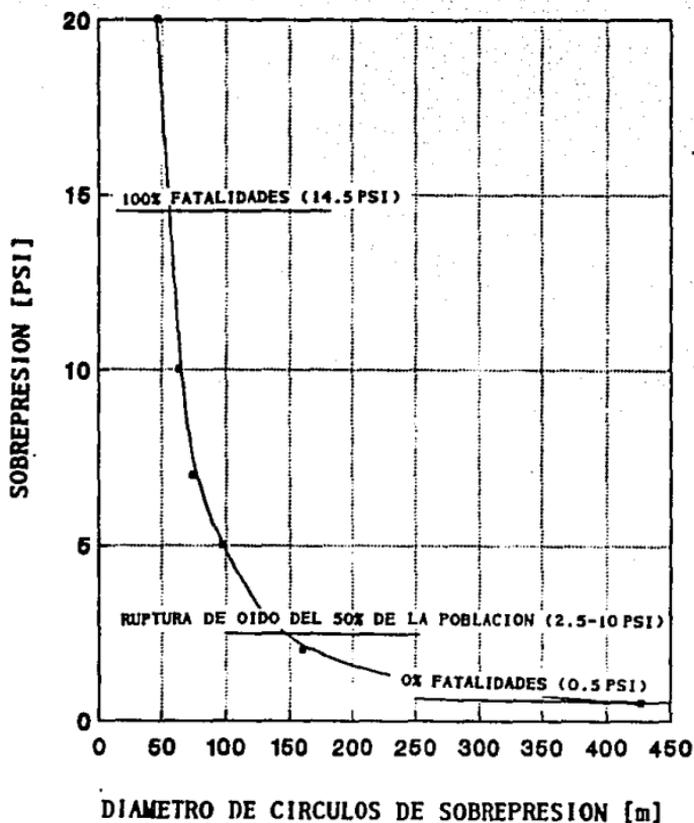
Masa derramada: 52 800 kg
 Cantidad vaporizada: 15 155 kg
 Energía liberada: 16.1 ton equivalentes a TNT

Fig. 51. Análisis de consecuencia: Ondas de sobrepresión.
 Explosión de vapores de hexano por derrame de tanque de almacenamiento en dique de contención



Masa derramada: 23 100 kg
 Cantidad vaporizada: 6 630 kg
 Energía liberada: 7.08 ton equivalentes a TNT

Fig. 52. Análisis de consecuencia: Ondas de sobrepresión.
 Explosión de vapores de hexano por derrame de carro-tanque
 fuera de dique de contención



Masa derramada: 352 kg
 Energía liberada: 0.98 ton equivalentes a TNT

Fig. 55. Análisis de consecuencia: Ondas de sobrepresión
 Explosión de hidrógeno por falla en tanque de almacenamiento

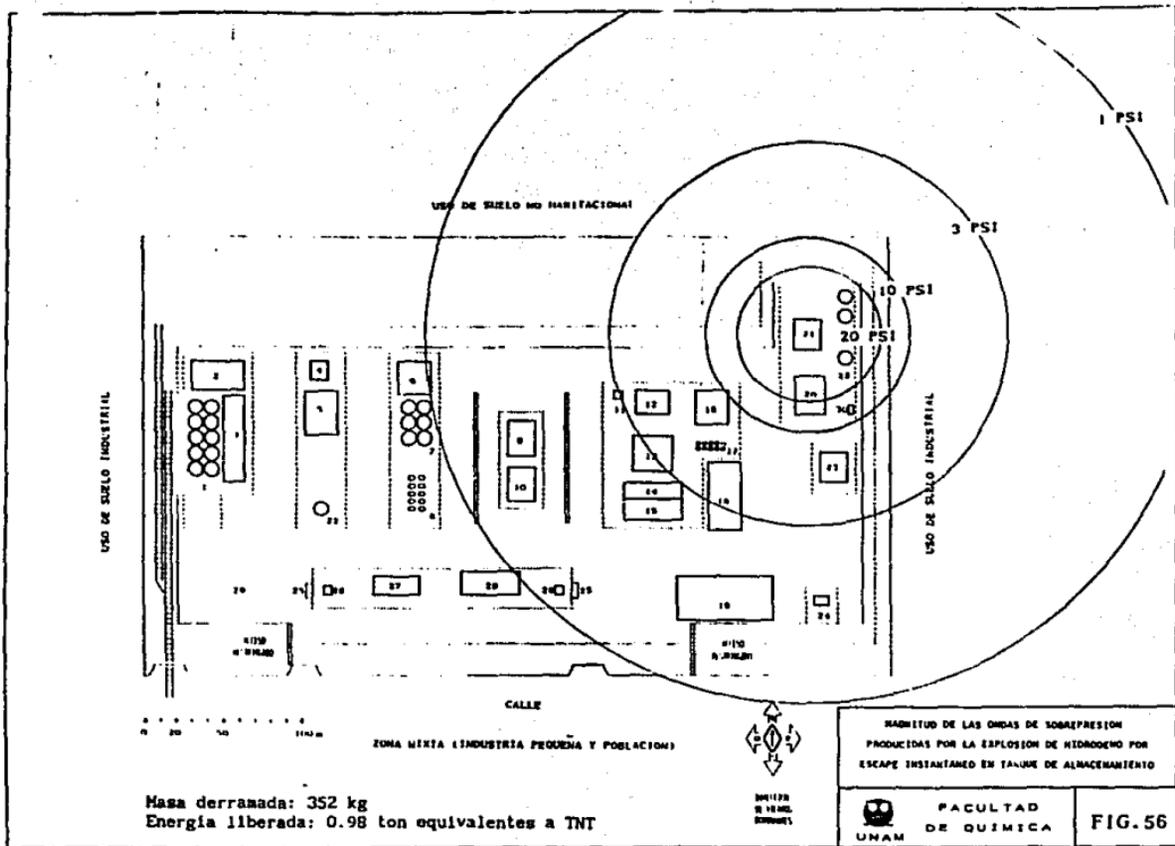


TABLA XXII. RESULTADOS DEL ANALISIS DE CONSECUENCIA PARA EXPLOSIONES CONFINADAS

EVENO	CANTIDAD DE MATERIAL EXPLOSIVO [Kg]	E1 [Kcal]	E2 [Kcal]	TON TNT	NÓ. FIGURA DE REFERENCIA
EXPLOSION DE HEXANO EN EXTRACTOR DE ACEITE OCASIONADA POR INGRESO DE AIRE DEBIDO A RUPTURA EN BRIDA DE CONEXION	1 316.25	27 327	8 513 717	2.75×10^{-3}	57, 60
EXPLOSION DE HIDROGENO EN REACTOR DE REFORMACION OCASIONADA POR EL INGRESO DE AIRE POR RUPTURA EN BRIDA DE CONEXION	6.415	26 490	6 150 035	2.65×10^{-3}	59, 61
EXPLOSION DE HEXANO EN EVAPORADOR OCASIONADA POR EL INGRESO DE AIRE POR RUPTURA EN BRIDA DE CONEXION	263.25	18 219	5 675 811	1.80×10^{-3}	58 *
EXPLOSION DE HIDROGENO EN REACTOR DE HIDROGENACION OCASIONADA POR EL INGRESO DE AIRE DEBIDO A RUPTURA EN BRIDA DE CONEXION O FALLA EN EL SISTEMA DE VACIO (1)	0.409	1 077	27 327	1.08×10^{-4}	**
EXPLOSION DE HIDROGENO EN REACTOR DE HIDROGENACION OCASIONADA POR FALLA EN EL SISTEMA DE VACIO (2)	0.082	1 077	27 327	8.94×10^{-6}	**

(1) VOLUMEN DE HIDROGENO DISPONIBLE: 1 000 LITROS

(2) VOLUMEN DE HIDROGENO DISPONIBLE: 5 000 LITROS

* DEBIDO A QUE EL ALCANCE POR EXPLOSION EN EL EXTRACTOR (53m) ES APROX. IGUAL AL ALCANCE DE ESTE CASO (50m) SE PRESENTA UN SOLO ESQUEMA REPRESENTATIVO DE LA ZONA AFECTADA

** NO SE INCLUYEN FIGURAS PARA ESTE CASO DEBIDO A QUE EL ALCANCE MAXIMO ES DE 18m Y SE LIMITA AL AREA DE PROCESO

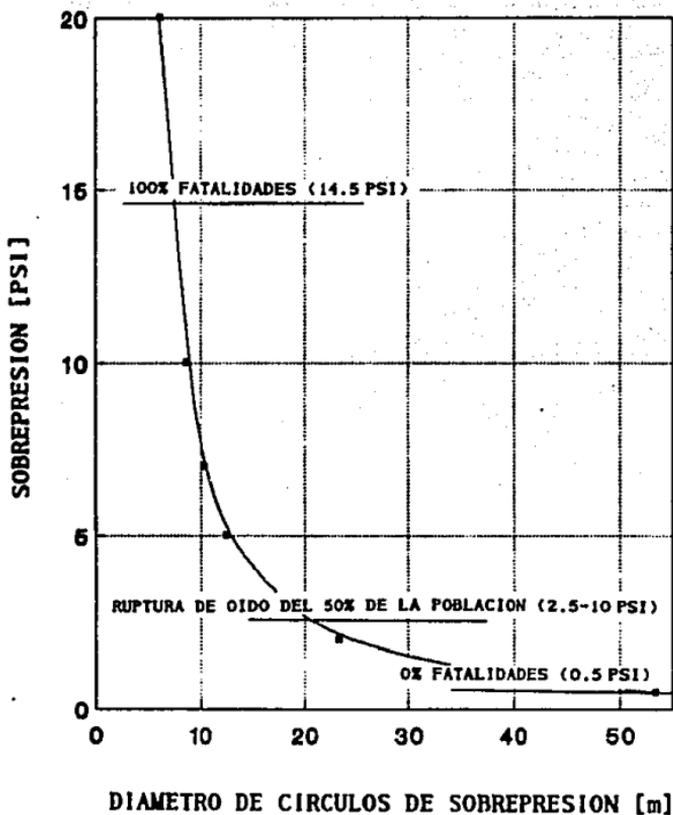


Fig. 57. Análisis de Consecuencia: Ondas de Sobrepresión.
Explosión de Hexano en Extractor de SMET.

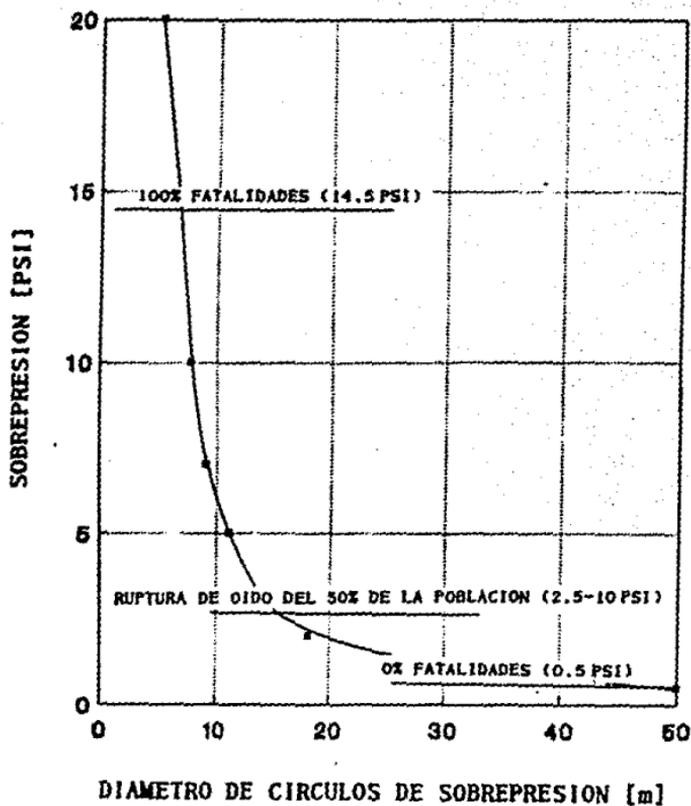


Fig. 58. Análisis de Consecuencia: Ondas de Sobrepresión por Explosión de Hexano en Evaporador de Miscela

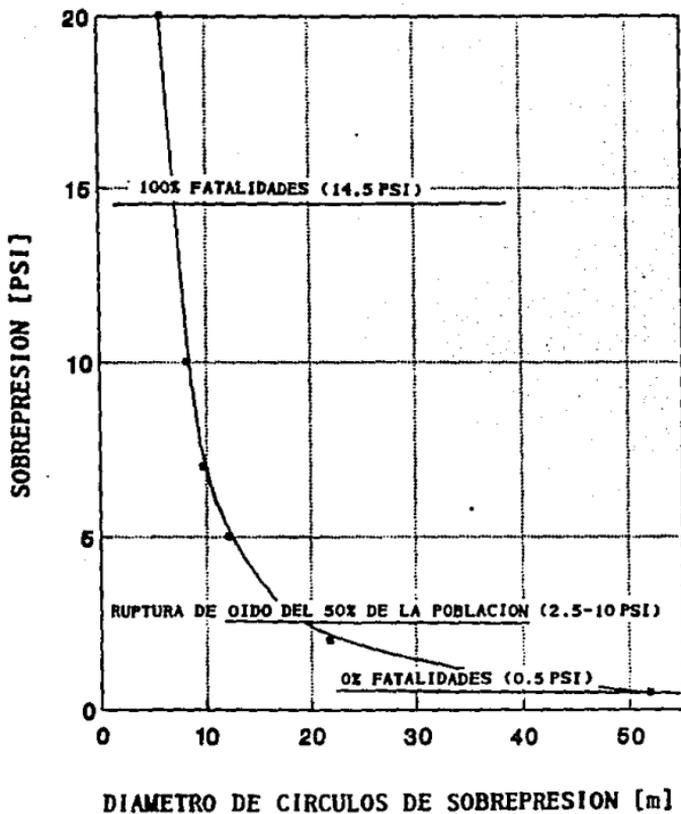


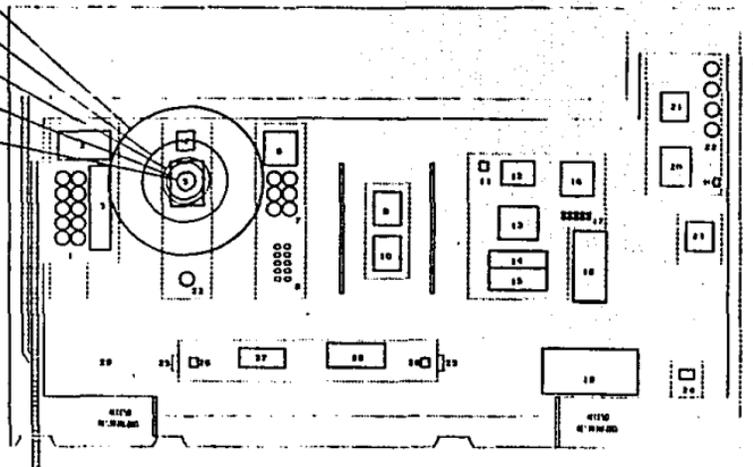
Fig. 59. Análisis de Consecuencia: Ondas de Sobrepresión por Explosión de Hidrógeno en Reactor de Reformación Catalítica

.5 PSI
 1 PSI
 3 PSI
 5 PSI
 20 PSI

USO DE SUELO NO HABITACIONAL

USO DE SUELO INDUSTRIAL

USO DE SUELO INDUSTRIAL



0 20 50 100 m

CALLE

ZONA MIXTA (INDUSTRIA PEQUEÑA Y POBLACION)

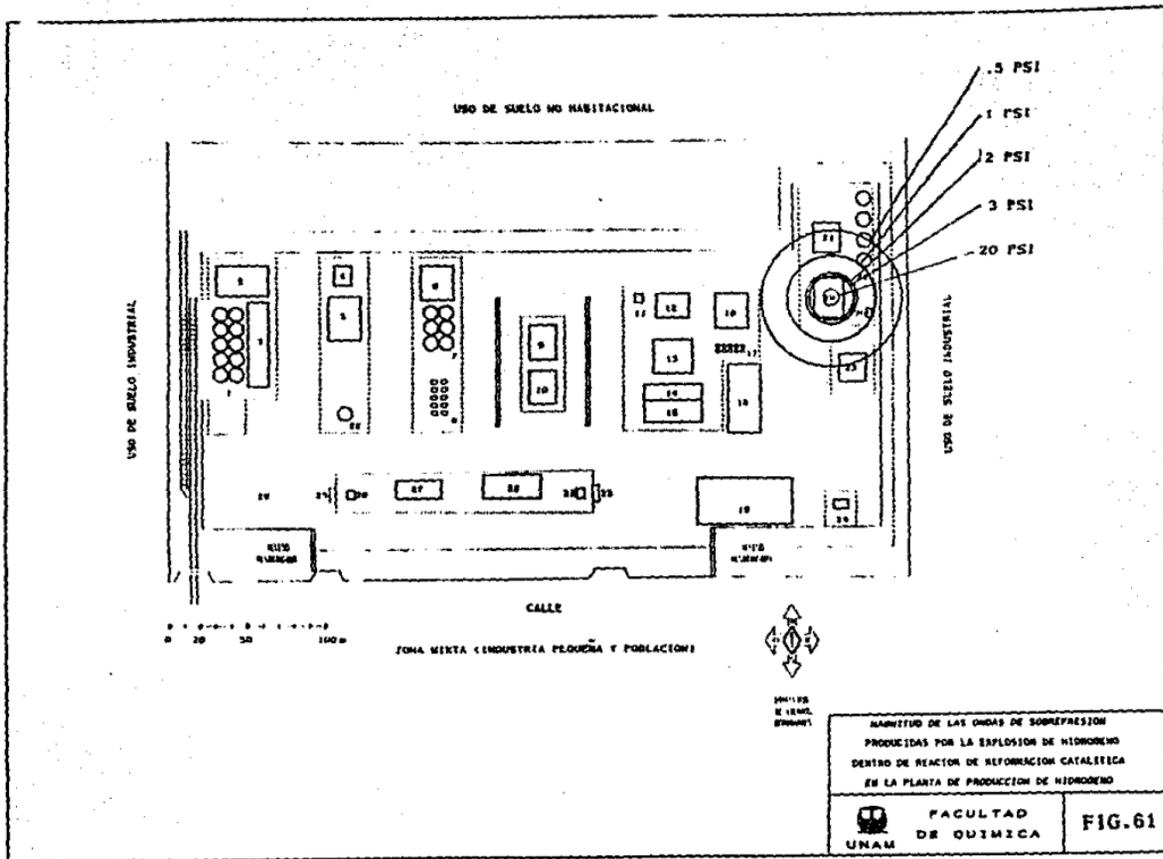


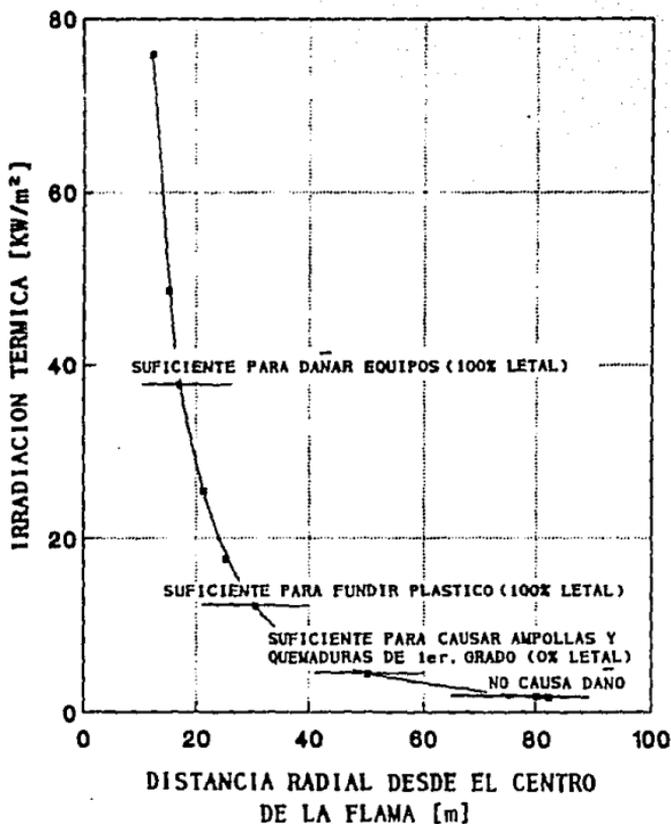
MAGNITUD DE LAS ONDAS DE SOBREPRESION
 PRODUCIDAS POR LA EXPLOSION DE VAPORES DE METANO
 DENTRO DE EVAPORADOR O EXTRACTOR EN EL
 DEPARTAMENTO DE EXTRACCION CON SOLVENTES



FACULTAD
 DE QUIMICA

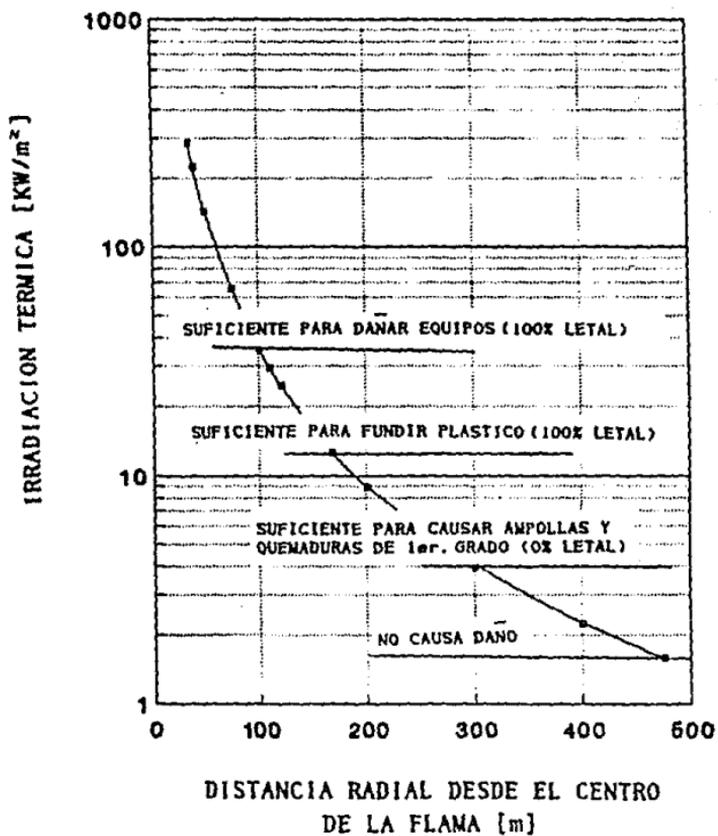
FIG.60





Masa derramada: 37 645 kg
 Tasa másica de combustión: 9.7 kg/s

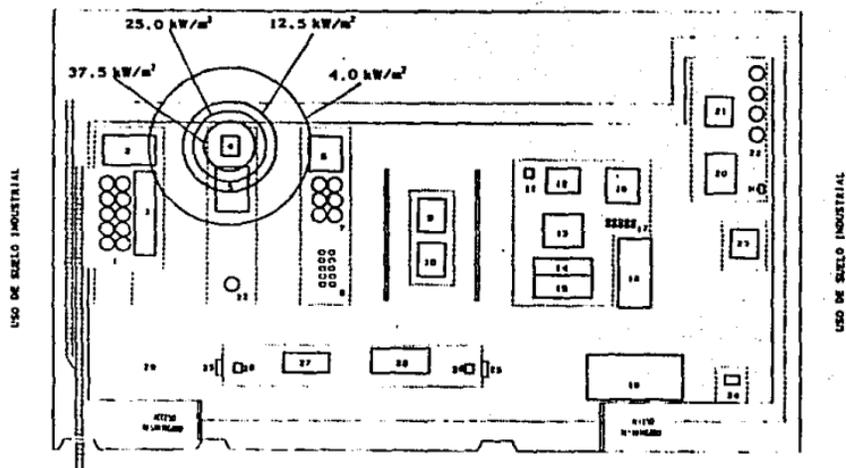
Fig. 62. Análisis de consecuencia: Irradiación térmica incidente
 Incendio en charco de hexano dentro del dique de contención



Masa derramada: 16 500 kg
 Tasa másica de combustión: 315 kg/s

Fig. 63 . Análisis de consecuencia: Irradiación térmica incidente incendio en charco de hexano fuera del dique de contención por derrame de carro-tanque

USO DE SUELO NO HABITACIONAL



0 20 40 100 m

CALLE

ZONA MIXTA (INDUSTRIA PEQUEÑA Y POBLACION)



DIRCCION
DE VIENTO
VENTANA

Masa derramada: 37 645 kg
Tasa másica de combustión: 9.7 kg/s

ALCANCE POR IRRADIACION TERMICA DEL INCENDIO
EN CHARCO DE HERANO DENTRO DE DIQUE DE CONTENCIÓN
POR DERRAME EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO



FACULTAD
DE QUIMICA

FIG.64

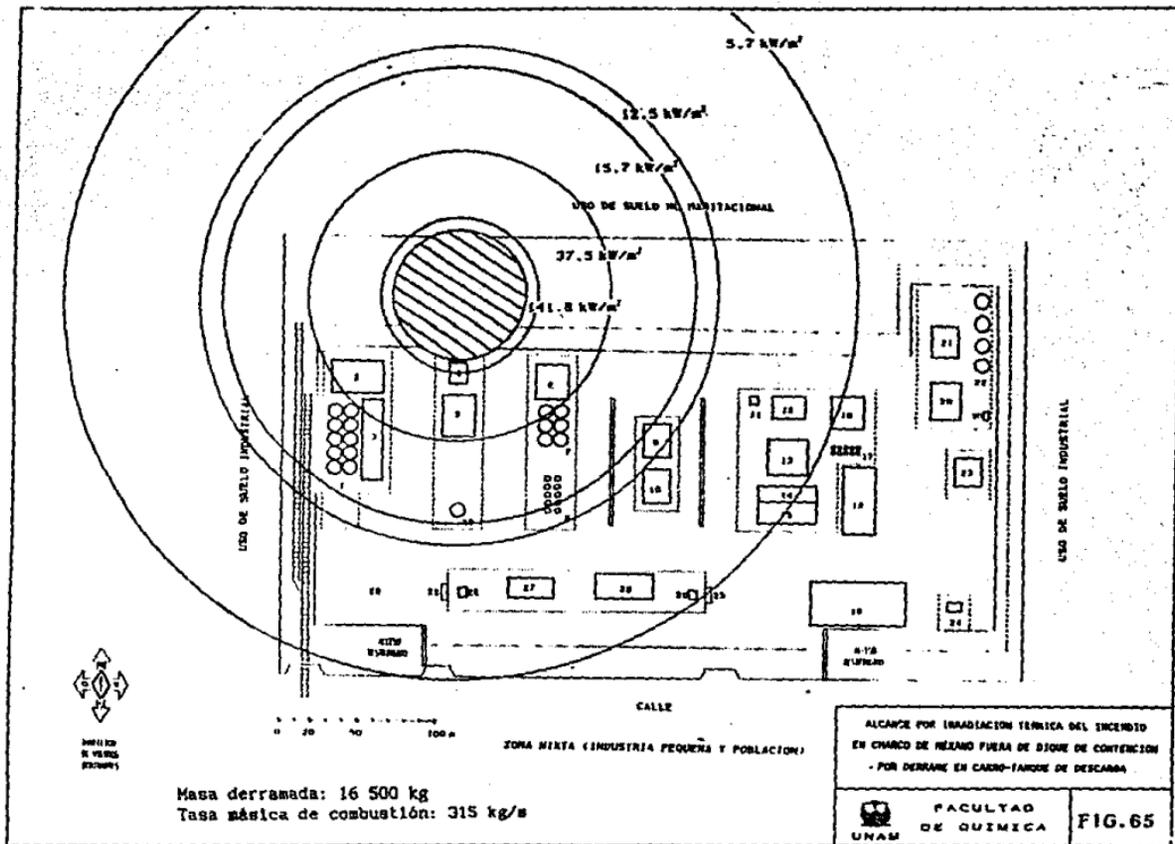


Tabla XXIII. Resultados de los Análisis de Consecuencia y Frecuencia de Nubes Tóxicas

DAÑO POR TOXICIDAD			
EVENTO	DISTANCIA DESDE EL CENTRO DE LA FLAMA [m]		TASA DE FRECUENCIA [FALLAS/AÑO]
	100% FATALIDADES (MÁS DE 2500 mg/m ³)	0% FATALIDADES (MENOS DE 354 mg/m ³)	
ESCAPE DE AMONIACO EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO (RUPTURA TOTAL ESPONTANEA)	< 125	> 240	1 x 10 ⁻⁵
ESCAPE DE AMONIACO EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO (RUPTURA DE AREA EQUIVALENTE A 4 PULG. CUADRADAS)	< 175	> 300	0.094
ESCAPE DE AMONIACO POR VALVULA DE RELEVO	< 235	> 284	0.100
DERRAME DE HEXANO DENTRO DE DIQUE DE CONTENCION	-	> 50	0.140
DERRAME DE HEXANO FUERA DE DIQUE DE CONTENCION	-	> 0	0.120

Tabla XXIV. Resultados de los Análisis de Consecuencia y Frecuencia para Nubes Inflamables

DAÑO POR IRRADIACIÓN TÉRMICA			
EVENTO	DISTANCIA DESDE EL CENTRO DE LA FLAMA [m]		TASA DE FRECUENCIA [FALLAS/AÑO]
	100% FATALIDADES (MÁS DE 12.5 KW/m ²)	0% FATALIDADES (MENOS DE 4 KW/m ²)	
DERRAME DE HEXANO DENTRO DE DIQUE DE CONTENCION	< 29.5	> 50	0.140
DERRAME DE HEXANO FUERA DE DIQUE DE CONTENCION	< 168	> 300	0.120

Tabla XXV. Resultados de los Análisis de Consecuencia y Frecuencia para Nubes Explosivas

DAÑO POR SOBREPRESION			
EVENTO	DISTANCIA DESDE EL CENTRO DE LA FUENTE [m]		TASA DE FRECUENCIA
	100% FATALIDADES (MAS DE 14.5 PSI)	0% FATALIDADES (MENOS DE 0.5 PSI)	[FALLAS/ANO]
EXPLOSION POR POLVOS EN ELEVADOR DE GRANOS	< 2.6	> 13.4	0.1050
EXPLOSIONES NO CONFINADAS			
DERRAME DE HEXANO DENTRO DE DIQUE DE CONTENCION	< 150	> 1036	0.2600
DERRAME DE HEXANO FUERA DE DIQUE DE CONTENCION	< 115	> 792	0.1200
ESCAPE DE HIDROGENO EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO	< 58	> 427	0.1400
EXPLOSIONES CONFINADAS			
EXPLOSION EN EL EXTRACTOR	< 7.5	> 53	0.0026
EXPLOSION EN EL REFORMADOR	< 7.0	> 52	0.0027
EXPLOSION EN EL EVAPORADOR	< 7.0	> 49	0.0026
EXPLOSION EN EL REACTOR DE HIDROGENACION (VOL.DE HIDROGENO DISPONIBLE: 5 000 LITROS)	< 2.5	> 18	1.46×10^{-5}
EXPLOSION EN EL REACTOR DE HIDROGENACION (VOL.DE HIDROGENO DISPONIBLE: 1 000 LITROS)	< 1.2	> 7.6	0.00278

6.4. Análisis de Frecuencia

La elaboración del análisis de frecuencia se apoya principalmente en el desarrollo de árboles de falla y árboles de eventos. Debido a que la aplicación de la metodología se realiza a una planta ideal, no se cuenta con la filosofía operacional de la misma, por lo que los árboles de falla incluidos en este análisis se hicieron con base en la experiencia que se tiene en la Sección de Contaminación Ambiental del Centro de Ciencias de la Atmósfera, la cual actuó como apoyo técnico para la elaboración de el presente trabajo. Debido a que no se cuenta con bitácoras de mantenimiento, ni antecedentes de accidentes y/o incidentes ocurridos en la planta, ni con algún otro dato que fundamente las tasas de frecuencia de falla, se utiliza la información presentada en el capítulo 2 de esta tesis, misma que se incluyó en las hojas de trabajo utilizadas para el análisis preliminar.

Para determinar las tasas de frecuencia de aquellos eventos que dependían de la ocurrencia de otros, se aplicó un análisis mediante árboles de falla cuando fué necesario. Las figuras 66, 67, 67, 69, 70 y 71 son esquemas representativos de los árboles de falla considerados para este efecto. El árbol de eventos presentado en la fig. 72 complementa el cálculo de la tasa de frecuencia de falla para la formación de mezcla explosiva en el reactor de hidrogenación (fig. 71) para el caso de falla en el sistema de vacío por secuencia de operación del reactor errónea.

El caso del evento de una fuga por falla en la descarga al tanque de almacenamiento de amoniaco, no se incluyó en el análisis de consecuencia debido a que, si la instalación de enfriamiento tiene un mantenimiento adecuado y constante, no se requerirá una descarga de amoniaco en varios años.

Mediante las tablas XXIII, XXIV Y XXV se presentan los resultados globales finales de los análisis de consecuencia y frecuencia de los eventos considerados.

6.5. Evaluación de riesgos

Se sugiere llevar a cabo la evaluación de riesgos mediante el procedimiento propuesto por "Swedish Rescue Services Board" denominado "Hazard Identification and Evaluation In a Local Community" el cual se explica en el apéndice K. Este procedimiento se basa en el llenado ordenado y sistemático de una forma general de evaluación y en la calificación de cada uno de los aspectos de afectación identificados respecto a la vida, el ambiente y los bienes inmuebles. Para cada caso estudiado se presenta una hoja de trabajo con el formato de evaluación con una calificación dada de acuerdo con la matriz de referencia. La clasificación correspondiente, para el caso de este caso-ejemplo es muy general, debido a que no se toman en cuenta datos de densidad de población fuera y dentro de la instalación, costo de equipo y bienes inmuebles en la planta. Se otorga una calificación de 4 respecto a la vida, cuando el accidente pueda causar por lo menos una muerte

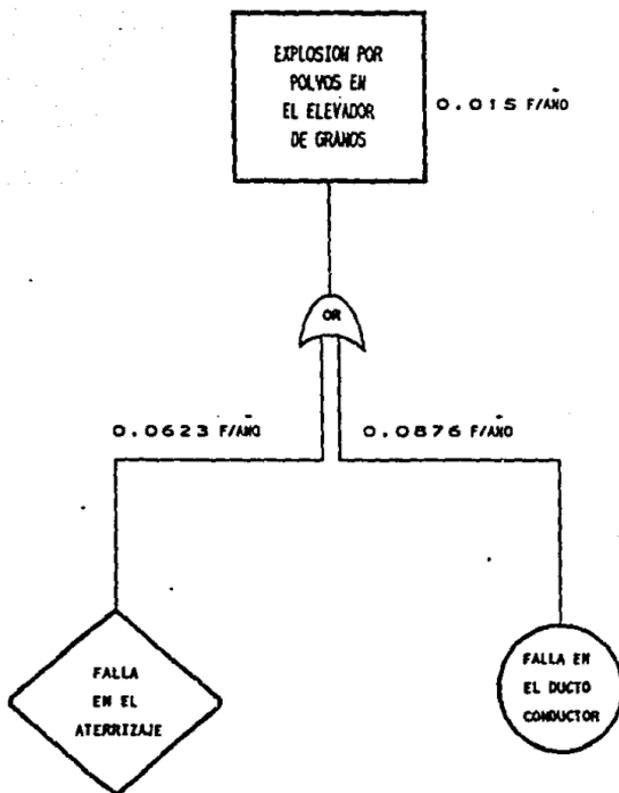


Fig. 66. Árbol de fallas representativo de la explosión por polvos en el elevador de granos

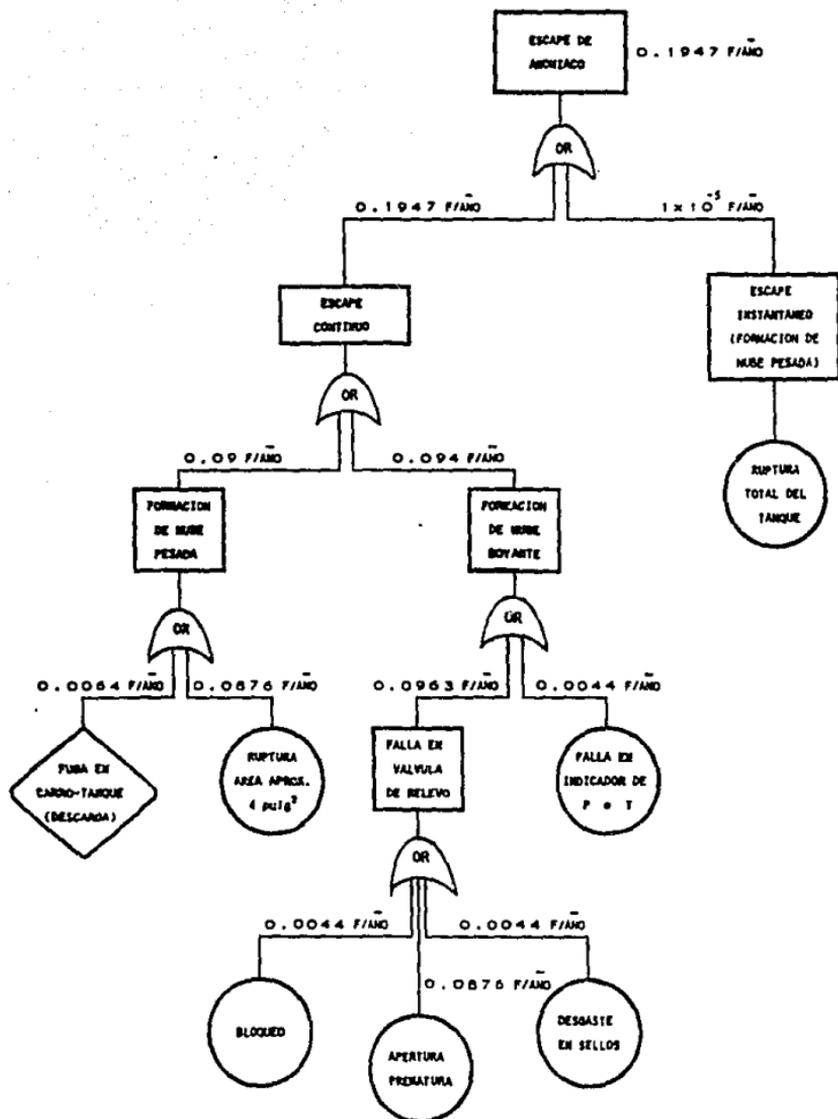
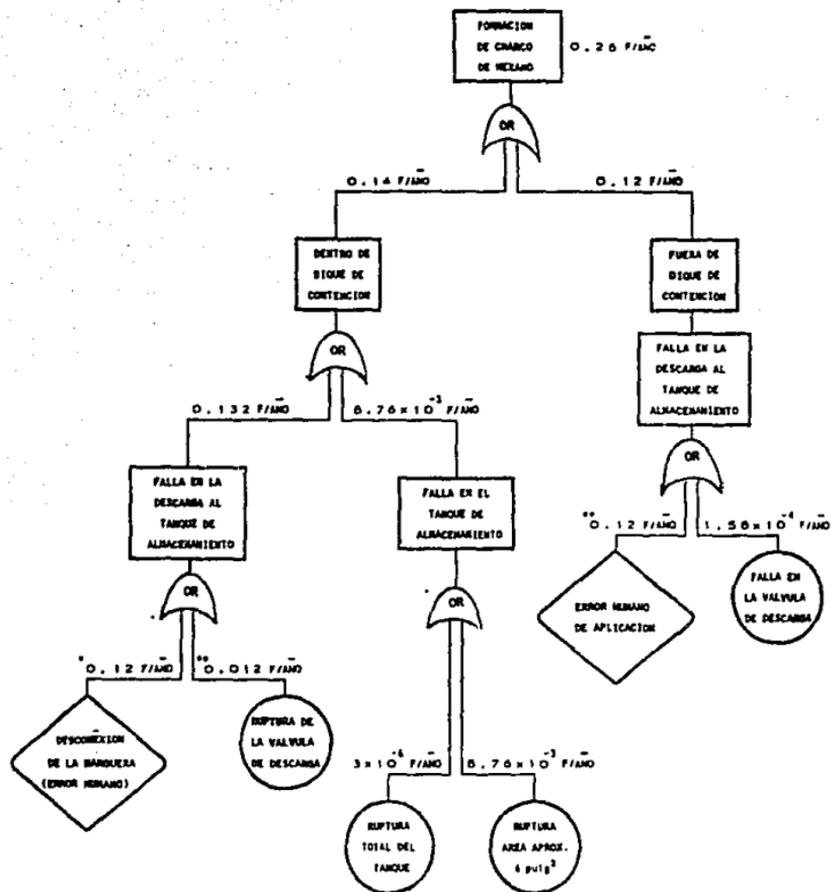


Fig. 67. Árbol de fallas representativo del escape de amoniaco contenido en tanque presurizado



* 0.01 F/DCR (12 DCR/ANO) = 0.12 F/ANO

** 0.365 F/365 DIAS (12 DIAS/ANO) = 0.012 F/ANO

Fig. 68. Árbol de fallas representativo de la formación de charco de hexano provocado por derrame en tanque de almacenamiento.

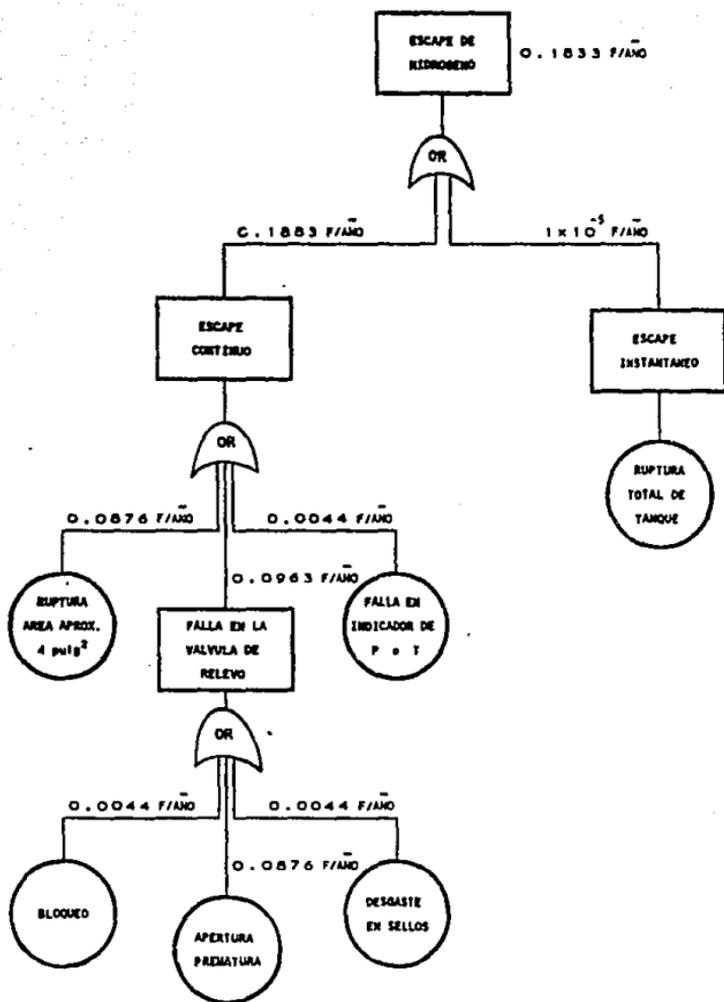
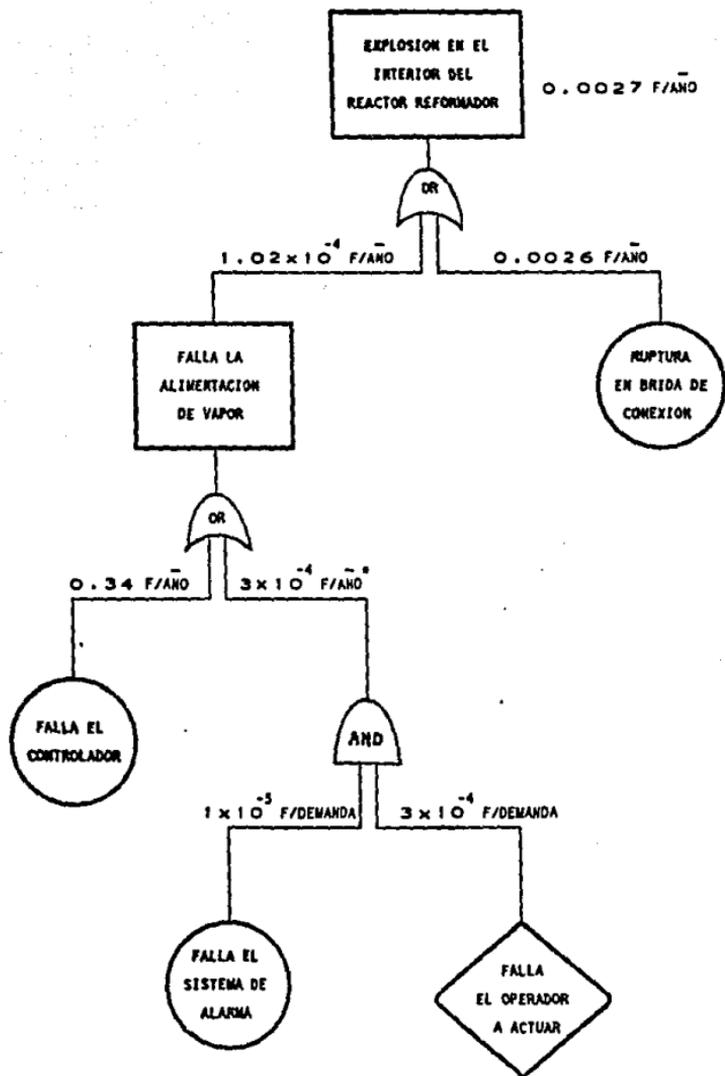
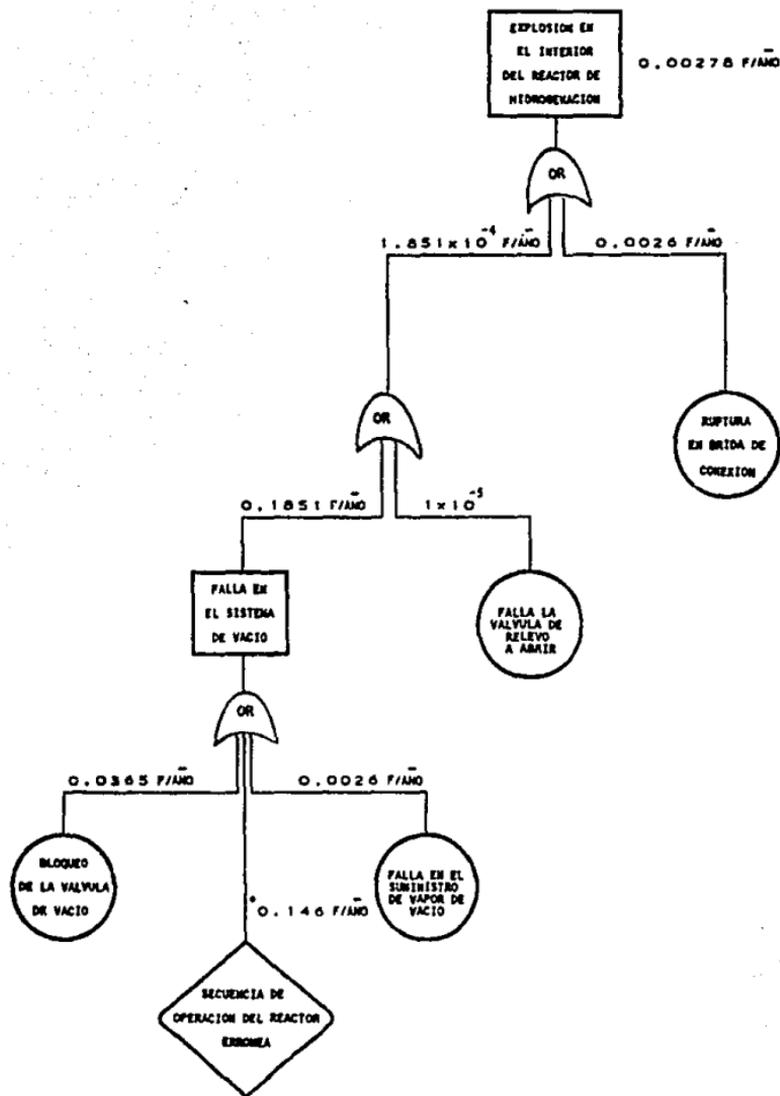


Fig. 69. Árbol de fallas representativo del escape de hidrógeno en tanque de almacenamiento



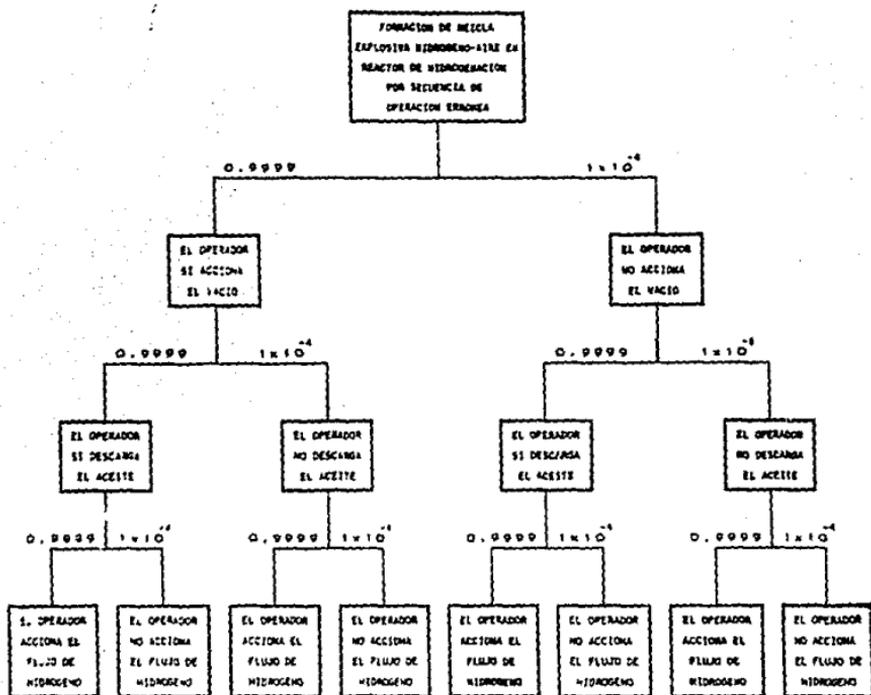
• UNA DEMANDA POR AÑO

Fig. 70. Árbol de fallas representativo de la formación de mezcla explosiva metano-alre formada en el interior del reactor de reformación catalítica.



• EL CALCULO DE LA FRECUENCIA DE FALLA PARA ESTE CASO SE PRESENTA EN LA FIG. 72 MEDIANTE UN ARBOL DE EVENTOS

Fig. 71. Árbol de fallas representativo de la explosión de mezcla hidrógeno-aire formada en el interior del reactor de hidrogenación



SECUENCIA DE INTENS	PROBABILIDAD DEL EVENTO PRINCIPAL (FALLAS/DEMANDA)	DEMANDAS/AÑO	FRECUENCIA (FALLAS/AÑO)
EL OPERADOR NO ACCIONA EL VACIO, DESCARGA EL ACEITE Y ACCIONA EL FLUJO DE HIDROGENO	1×10^{-8}	1400	0.140
EL OPERADOR NO ACCIONA EL VACIO, NO DESCARGA EL ACEITE Y ACCIONA EL FLUJO DE HIDROGENO	1×10^{-8}	1400	1.40×10^{-5}

Fig. 72. Árbol de eventos representativo de la formación de mezcla explosiva hidrógeno-aire formada en el interior del reactor de hidrogenación por secuencia de operación errónea

y heridos de gravedad. Se otorga una calificación de 5 con respecto a los bienes inmuebles cuando el accidente pueda ocasionar daños serios en más de dos departamentos de proceso, o pueda ocasionar un paro en uno o varios departamentos y se afecte seriamente el proceso productivo; se otorga una calificación de 4 con respecto a este mismo punto cuando el área afectada se limite a una sólo departamento de proceso. Las hojas de trabajo incluidas para esta evaluación son las siguientes: 37, 38, 39, 40, 41 y 42.

Los casos de riesgos identificados no incluidos en las hojas de trabajo se citan en la tabla XXVI pues quedan prácticamente sujetos a calificación de riesgo aceptable (prioridad de atención B), con controles en términos económicos y en términos de salud, en virtud de que las consecuencias se circunscriben al entorno del área de proceso. Esta es la calificación máxima posible ya que la probabilidad de ocurrencia de estos eventos es baja. Para todos los casos la calificación con respecto a la vida es 3, la calificación con respecto al ambiente es 1, la calificación con respecto a los bienes inmuebles es 3 y la rapidez de desarrollo es 5.

PLANTA: PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE
 AREA DE PROCESO: SILOS PARA ALMACENAMIENTO DE SEMILLA

V - VIDA

A - AMBIENTE

B - BIENES INMUEBLES

R - RAPIDEZ DE DESARROLLO DEL EVENTO

P₂ - PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE ANALISIS DE FRECUENCIA

P₁ - NIVEL DE PRIORIDAD DE ATENCION CON MATRIZ DE EVALUACION

1. ASPECTO DE RIESGO IDENTIFICADO	2. ACTIVIDAD/ OPERACION ASOCIADA	3. PELIGRO IDENTIFICADO (MAGNITUD)	4. RECURSOS/ OBJETOS AMENAZADOS	5. CONSECUENCIAS	6. MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				11. P ₂	12. P ₁	13. COMENTARIOS
					7. V	8. A	9. B	10. R			
DUCTO DEL ELEVADOR DE GRANOS A SILOS	TRANSFERENCIA DE GRANOS A SILOS	POFENCIAL DE EXPLOSION DE POLVOS EN DUCTO POR FALLA EN LA ESIHUCTURA DEL MISMO O EN EL SISTEMA DE ATERRIZADO	1) PERSONAL EN ZONA DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS 2) DUCTO DEL ELEVADOR DE GRANOS Y SILOS	EXPLOSION DE POLVOS DE SOYA CON POTENCIAL DE GENERAR UNA ONDA DE SOBREPRESION DE 0.5 PSI CON RADIO DE AFECTACION DE APROXIMADAMENTE 2.6m	2	1	2	5	4	2	RIESGO INDESEABLE DEBE CONSIDERARSE EN UN PLAZO NO MAYOR A 12 MESES (EN MATRIZ DE REFERENCIA)

200

HOJA DE TRABAJO NO. 37

NOTA: LA MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA SE EVALUA COMO:

(VALOR MAXIMO DE V, A O B) + R

PLANTA: FABRICA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE

USO DE PROCESO: BIODIESEL

V = VIDA
A = AMBIENTE
B = BIENES INMUEBLES

R = RANGOS DE DESARROLLO DEL EVENTO
P1 = PRIORIDAD DE OCURENCIA DE ASESINOS DE EMERGENCIA
P2 = NIVEL DE PRIORIDAD DE ATENCION CON MATRIZ DE EVALUACION

1. ASPECTO DE RIESGO IDENTIFICADO	2. ACTIVIDAD/ OPERACION ASOCIADA	3. PELIGRO IDENTIFICADO (MAGNITUD)	4. RECURSOS/ OBJETOS AMENAZADOS	5. CONSECUENCIAS	6. MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA					11. P1	12. P2	13. COMENTARIOS
					7. V	8. A	9. B	10. R				
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AMONIACO DE 950 LITROS	ALMACENAMIENTO DE AMONIACO PARA SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	DESNIVE MASIVO DE AMONIACO POR RUPTURA TOTAL DEL TANQUE (139.04g)	11 OBREROS Y VISITANTES EN EL AREA DE TANQUE 23 OBREROS Y VISITANTES EN EL PATIO DE LA PLANTA 33 EMPLEADOS EN OFICINAS Y LABORATORIO	FORMACION DE NUBE PESADA DE AMONIACO CON CARACTERISTICAS TOXICAS	4	1	1	5	4	4	PELIGRO ASISTENTE POR EMERGENCIA, MANTENIMIENTO, MANTENIMIENTO (VER MATRIZ DE BIENES INMUEBLES)	
		ESCAPE MASIVO INSTANTANEO POR RUPTURA CON AREA EQUIVALENTE A 4 PULG. CUA - DRACAS (313)g)	11 OBREROS Y VISITANTES EN EL AREA DE TANQUE 23 OBREROS Y VISITANTES EN EL PATIO DE LA PLANTA 33 EMPLEADOS EN OFICINAS Y LABORATORIO 43 POBLACION ESTABLECIDA HACIA LA ZONA SUR DE LA INSTALACION	FORMACION DE NUBE PESADA DE AMONIACO CON CARACTERISTICAS TOXICAS	4	1	1	5	4	4	RIESGO INACEPTABLE DEBI CONSULTAR EN UN PLAZO NO MAYOR A 6 MESES (VER MATRIZ DE BIENES INMUEBLES)	

NOTA: LA MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA SE EVALUA CON:
 (VALOR MAXIMO DE V, A, O B) R

PLANTA: PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE
 AREA DE PROCESO: WINTERIZACION

V = VIDA
 A = AMBIENTE
 B = BIENES INMUEBLES

R = RAPIDEZ DE DESARROLLO DEL EVENTO
 Pb = PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE ANALISIS DE FRECUENCIA
 Pr = NIVEL DE PRIORIDAD DE ATENCION CON MATRIZ DE EVALUACION

1. ASPECTO DE RIESGO IDENTIFICADO	2. ACTIVIDAD/ OPERACION ASOCIADA	3. PELIGRO IDENTIFICADO (MAGNITUD)	4. RECURSOS/ OBJETOS AMENAZADOS	5. CONSECUENCIAS	6. MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				11. Pb	12. Pr	13. COMENTARIOS
					7. V	8. A	9. B	10. R			
VALVULA DE RELEVO DE PRESION DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AMONIACO	ALMACENAMIENTO DE AMONIACO PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	ESCAPE CONTINUO DE AMONIACO POR FALLA EN LA VALVULA DE RELEVO TASA DE ESCAPE: 0.8 kg/s TIEMPO APROX. DE ESCAPE: 392s	1) OBREROS Y VISITANTES EN EL AREA DE TANQUE 2) OBREROS Y VISITANTES EN EL PATIO DE LA PLANTA 3) EMPLEADOS EN OFICINAS Y LABORATORIO 4) POBLACION ESTABLECIDA HACIA LA ZONA SUR DE LA INSTALACION	FORMACION DE PLUMA TOXICA DANDO LUGAR A UNA ZONA DE VULNERABILIDAD DE APROXIMADAMENTE 300m.	4	1	1	4	4	3	RIESGO INACEPTABLE. DEBE CORREGIRSE EN UN PLAZO NO MAYOR A 6 MESES (VER MATRIZ DE REFERENCIA)

NOTA: LA MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA SE EVALUA CON:
 (VALOR MAXIMO DE V, A O B) x R

PLANTA: PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE

AREA DE PROCESO: EXTRACCION

V = VIDA

A = AMBIENTE

B = BIENES INMUEBLES

R = RAPIDEZ DE DESARROLLO DEL EVENTO

Pb = PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE ANALISIS DE FRECUENCIA

Pp = NIVEL DE PRIORIDAD DE ATENCION CON MATRIZ DE EVALUACION

1. ASPECTO DE RIESGO IDENTIFICADO	2. ACTIVIDAD/ OPERACION ASOCIADA	3. PELIGRO IDENTIFICADO (MAGNITUD)	4. RECURSOS/ OBJETOS AMENAZADOS	5. CONSECUENCIAS	6. MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				11. Pb	12. Pr	13. COMENTARIOS
					7. V	8. A	9. B	10. R			
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HEXANO PARA USO EN EL DEPARTAMENTO DE EXTRACCION DE ACEITE CON SOLVENTES	ALMACENAMIENTO DE HEXANO PARA USO EN EL DEPARTAMENTO DE EXTRACCION DE ACEITE CON SOLVENTES	DERRAME DE HEXANO EN DIOQUE DE CONTENCION Y FORMACION DE PLUMA TOXICA DE CARACTERISTICAS INFLAMABLES Y EXPLOSIVAS	1) PERSONAL EN AREA DE EXTRACCION 2) PERSONAL EN DEPTOS. DE ACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS, DEPTO. DE ALMACENAMIENTO DE HARINAS, CALDERAS. 3) PERSONAL DE LA PLANTA EN GENERAL 4) EQUIPO DE LAS SECCIONES DE EXTRACCION DE ACEITE Y PROCESAMIENTO DE ACEITE	EXPLOSION EN EL AREA DE EXTRACCION CUYA ONDA DE SOBREPRESION DE 0.5 PSI TENDRIA UN DIAMETRO DE AFECTACION HASTA DE 1000 M.	4	1	5	5	4	5	ALTO RIESGO. REQUIERE ATENCION INMEDIATA. (VER MATRIZ DE REFERENCIA)
				INCENDIO DEL CHARCO POR RETROCESO DE LA FLAMA, CUYA ONDA TERMICA CAUSARIA DANOS SERIOS HASTA UNA DISTANCIA RADIAL DE 50M APROXIMADAMENTE	4	1	5	5	4	4	RIESGO INACEPTABLE CON RESPECTO AL DAÑO A LA SALUD DEBE CONSERVARSE EN UN PLAZO NO MAYOR A 6 MESES (VER MATRIZ DE REFERENCIA)

NOTA: LA MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA SE EVALUA CON:

(VALOR MAXIMO DE V, A O B) x R

PLANTA: PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE
 AREA DE PROCESO: EXTRACCION

V = VIDA
 A = AMBIENTE
 B = BIENES INMUEBLES

R = RAPIDEZ DE DESARROLLO DEL EVENTO
 P_b = PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE ANALISIS DE FRECUENCIA
 P_r = NIVEL DE PRIORIDAD DE ATENCION CON MATRIZ DE EVALUACION

1. ASPECTO DE RIESGO IDENTIFICADO	2. ACTIVIDAD/ OPERACION ASOCIADA	3. PELIGRO IDENTIFICADO (MAGNITUD)	4. RECURSOS/ OBJETOS AMERAZADOS	5. CONSECUENCIAS	6. MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				11. Pd	12. Pr	13. COMENTARIOS
					7. V	8. A	9. B	10. R			
CARRO-TANQUE DE HEXANO DE 40 000 LITROS	DESCARGA DE HEXANO A TANQUES DE ALMACENAMIENTO	DERRAME DE HEXANO FUERA DEL DIQUE DE CONEXION Y FORMACION DE PUMA, CON CARACTERISTICAS DE INFLAMABILIDAD Y EXPLOSION, TOXICIDAD MINIMA	1) OBREROS Y VISITANTES EN EL AREA DE DESCARGA 2) PERSONAL EN EL AREA DE EXTRACCION 3) PERSONAL EN EL AREA DE ALMACEN DE HARINAS, ACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS 4) PERSONAL DE LA PLANTA EN GENERAL 5) EQUIPO DE LAS SECCIONES DE EXTRACCION DE ACEITE Y PROCESAMIENTO DE ACEITE	EXPLOSION EN EL AREA DE EXTRACCION CUYA ONDA DE SOBREPRESION DE 0.5 PSI TENDRIA UN DIAMETRO DE AFECTACION HASTA DE 600 m.	4	1	5	5	4	5	ALTO RIESGO. REQUIERE ATENCION INMEDIATA. (VER MATRIZ DE REFERENCIA)
				INCENDIO DEL CHARCO POR RETROCESO DE LA FLAMA, CUYA ONDA TERMICA CAUSARIA DANOS SERIOS HASTA UNA DISTANCIA RADIAL DE 250-300m	4	1	5	5	4	4	RIESGO INACEPTABLE CON RESPECTO AL DANO A LA SALUD DEBE CORREGIRSE EN UN PLAZO NO MAYOR A 6 MESES (VER MATRIZ DE REFERENCIA)

204

NOTA: LA MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA SE EVALUA CON:

PLANTA: PRODUCTORA DE ACEITE VEGETAL COMESTIBLE

AREA DE PROCESO: PLANTA DE PRODUCCION DE HIDROGENO

V - VIDA

A - AMBIENTE

B - BIENES INMUEBLES

R - RAPIDEZ DE DESARROLLO DEL EVENTO

Pb = PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE ANALISIS DE FRECUENCIA

Pr = NIVEL DE PRIORIDAD DE ATENCION CON MATRIZ DE EVALUACION

1. ASPECTO DE RIESGO IDENTIFICADO	2. ACTIVIDAD/ OPERACION ASOCIADA	3. PELIGRO IDENTIFICADO (MAGNITUD)	4. RECURSOS/ OBJETOS AMENAZADOS	5. CONSECUENCIAS	6. MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA				11. Pb	12. Pr	13. COMENTARIOS
					7.	8.	9.	10.			
					V	A	B	R			
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROGENO	ALMACENAMIENTO DE HIDROGENO (PRODUCCION) EN LA PLANTA PARA SU ENVIO AL PROCESO DE HIDROGENACION DE ACEITES	ESCAPE INSTANTANEO DE HIDROGENO EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO POR FALLA EN LA VALVULA DE RELEVO, RUPTURA DE AREA EQUIVALENTE A 4 PULG. CUADRADAS O RUPTURA TOTAL Y/O SPONTANEA DEL TANQUE	1) PERSONAL EN PLANTA DE PRODUCCION DE HIDROGENO 2) PERSONAL DE SECCIONES DE PROCESAMIENTO DE ACEITES Y CALDERAS 3) PERSONAL Y VISITAS EN LA PLANTA EN GENERAL 4) EQUIPO EN LA SECCION DE PROCESAMIENTO DE ACEITES 5) EQUIPO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	FORMACION DE NUBE LIGERA CON CARACTERISTICAS EXPLOSIVAS; EL GAS PUEDE SUFRIR AUTO-IGNICION Y RESULTAR LA EXPLOSION DE LA NUBE NO CONFINADA CON POTENCIAL DE GENERAR UNA ONDA DE SOBREPRESION DE 0.5 PSI CON UN DIAMETRO DE AFECTACION CERCANO A LOS 450m.	4	1	5	5	4	5	ALTO RIESGO. REQUIERE ATENCION INMEDIATA. (VER MATRIZ DE REFERENCIA) RIESGO INACEPTABLE CON RESPECTO AL DAÑO A LA SALUD DEBE CORREGIRSE EN UN PLAZO NO MAYOR A 6 MESES (VER MATRIZ DE REFERENCIA)

NOTA: LA MAGNITUD DE LA GRAVEDAD DE LA CONSECUENCIA SE EVALUA CON:

(VALOR MAXIMO DE V, A O B) x R

Tabla XXVI. Riesgos identificados clasificados con prioridad B*

EVENTO	PROBABILIDAD	PRIORIDAD SUGERIDA
EXPLOSION DE HEXANO EN EXTRACTOR DE ACEITE OCASIONADA POR INGRESO DE AIRE DEBIDO A RUPTURA EN BRIDA DE CONEXION	1 VEZ CADA 385 AÑOS	B
EXPLOSION DE HIDROGENO EN REACTOR DE REFORMACION OCASIONADA POR EL INGRESO DE AIRE POR RUPTURA EN BRIDA DE CONEXION	1 VEZ CADA 384 AÑOS	B
EXPLOSION DE HEXANO EN EVAPORADOR OCASIONADA POR EL INGRESO DE AIRE POR RUPTURA EN BRIDA DE CONEXION	1 VEZ CADA 385 AÑOS	B
EXPLOSION DE HIDROGENO EN REACTOR DE HIDROGENACION OCASIONADA POR EL INGRESO DE AIRE DEBIDO A RUPTURA EN BRIDA DE CONEXION O FALLA EN EL SISTEMA DE VACIO (1)	1 VEZ CADA 68 493 AÑOS	B
EXPLOSION DE HIDROGENO EN REACTOR DE HIDROGENACION OCASIONADA POR FALLA EN EL SISTEMA DE VACIO (2)	1 VEZ CADA 385 AÑOS	B

(1) VOLUMEN DE HIDROGENO DISPONIBLE: 1 000 LITROS

(2) VOLUMEN DE HIDROGENO DISPONIBLE: 5 000 LITROS

* NO INCLUIDOS EN HOJAS DE TRABAJO

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo principal de la elaboración de un Estudio de Análisis de Riesgos es encontrar una medida del riesgo representativo de la instalación, mediante la aplicación de un proceso ordenado de actividades de evaluación.

La metodología propuesta para realizar el análisis de riesgos en la industria aceitera resulta ser general, en virtud de que actualmente existe poca información disponible sobre plantas de proceso de este tipo en México, y que para el desarrollo de dicho análisis se requiere de información actualizada sobre la instalación en estudio y su entorno. La experiencia en esta disciplina recomienda contar con toda la información posible, incluyendo diagramas de flujo de proceso, diagramas de tubería e instrumentación, plano de localización general, balance de materia y hojas de seguridad de materiales entre la más importante. Los planos y datos deben actualizarse o desarrollarse en caso de no contar con ellos.

El esquema de la metodología propuesta consiste en, realizar el análisis preliminar de peligros de esta industria mediante criterios recomendados para identificar los puntos de proceso donde existen peligros por el método FMEA apoyado por el procedimiento del Índice de Dow para Fuego y Explosión y un método rápido de la EPA para la determinación de la zona de vulnerabilidad por toxicidad. Si esta identificación indica la existencia de peligros importantes se procede con el análisis de consecuencia que incluye procedimientos de cálculo de dispersión y procedimientos recomendados por organismos especializados. Después de realizar el análisis de consecuencia se procede a determinar la probabilidad de ocurrencia de estos eventos de peligro mediante el análisis de frecuencia, utilizando árboles de fallas y eventos. Finalmente se aplica un método recomendado por la Swedish Rescue Service para la evaluación del riesgo.

El análisis preliminar dá inicio con la identificación de sustancias peligrosas existentes dentro de la instalación. De acuerdo con la legislación en México aplicable a estudios de riesgos, esta identificación se realiza mediante la revisión de los Listados de Actividades Altamente Riesgosas (Art. 146 de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y acuerdos) contra los materiales usados en esta industria y se sugiere el apoyo en la clasificación del Código de la NFPA.

La identificación preliminar de peligros por unidad de proceso requiere de la aplicación de un método de identificación de peligros. El método "FMEA" es recomendado debido a su simplicidad, requiere de información poco detallada acerca del proceso. Esto no implica que no sea posible aplicar métodos más detallados tales como el "HAZOP" o "What if", los cuales requieren además un equipo de trabajo formado por especialistas y mayores recursos económicos. También se puede hacer uso de árboles de fallas específicos para accesorios y/o equipos clave, o inclusive para secciones completas de la planta en estudio, por ejemplo a los departamentos de extracción, hidrogenación, winterizado, o a la planta de producción de nitrógeno.

En apoyo al método "FMEA", para la determinación preliminar de la magnitud del alcance de los eventos de peligro, se propone el uso del Índice de Dow para Fuego y Explosión y del Método de la EPA para determinar la Zona de Vulnerabilidad del escape de Gases Tóxicos. Estos métodos se eligieron por su fácil aplicación en la determinación objetiva del alcance aproximado.

El nivel de concentración sugerido como límite de la zona de vulnerabilidad es el IDLH, por considerar que en este punto se asegura que no exista daño alguno a la salud de la población expuesta, tomando en cuenta que existen las medidas de emergencia adecuadas tales como la evacuación del área afectada.

Los eventos considerados se definieron con base en el criterio y experiencia de ingenieros expertos en materia de riesgo considerando casos que pudieran tener consecuencias serias en esta industria.

El desarrollo del análisis de consecuencia involucra la utilización de modelos de pronóstico numérico de la dispersión de nubes tóxicas e inflamables que se aplican con base en la secuencia de eventos supuesta y las características de la fuente de escape. El modelo utilizado es el denominado "Portable Computing System for use in Toxic Gas Emergencies" (Ministry of the Environment, Ontario). Este es un modelo que simula una dispersión con base en la teoría gaussiana. Existen actualmente otros modelos de mayor complejidad que pueden utilizarse, aunque por su mismo alcance requieren de datos más específicos, difíciles de obtener.

Los efectos ocasionados debido a la formación de mezclas explosivas se calculan mediante un método práctico recomendado por el American Institute of Chemical Engineers, el cual es utilizado comúnmente por expertos en la materia, aún cuando tiene algunas limitaciones.

Se considera adecuado determinar los efectos ocasionados por irradiación térmica mediante una ecuación simple de transferencia de calor, método recomendado por el World Bank (1985), dadas las características del hexano.

Respecto al análisis de frecuencia, es importante notar que en este estudio se utilizaron tasas de fallas y probabilidades en bibliografía especializada, ya que la situación general de la Industria Aceitera en México es que en la mayoría de las plantas no se cuenta con bitácoras de mantenimiento, ni con registros de accidentes y/o incidentes sucedidos en las instalaciones, y de existir, se tiene muy difícilmente acceso a dicha información. Sin embargo, es recomendable que al realizar un análisis de riesgos se utilicen las tasas de frecuencia y probabilidades de fallas obtenidas preferentemente de la planta misma. De esta manera los resultados obtenidos en el estudio serán más precisos. El empleo de los árboles de eventos y de fallas es de gran utilidad en el análisis de frecuencia, pues son métodos que se pueden aplicar de acuerdo con la profundidad deseada adaptándose a la información disponible.

La evaluación propia de riesgos se llevó a cabo mediante una Matriz de Evaluación con el método propuesto por la "Swedish Rescue Services Board". El método es de fácil aplicación, práctico y requiere de información que puede detallarse en la medida que se desee. La matriz da una clasificación

global y concisa para cada riesgo, la cual permite determinar una prioridad de atención de acuerdo con la peligrosidad intrínseca del caso estudiado. Además este método permite lograr una evaluación global en función de costos, ambiente y salud.

Como resultado del análisis, se encuentra que los principales riesgos presentes en las instalaciones de plantas productoras de aceite vegetal comestible en México son aquellas actividades relacionadas con el uso, y principalmente el almacenamiento, de los siguientes materiales: hexano, hidrógeno y amoniaco.

De acuerdo con el análisis de consecuencia, el riesgo mayor por toxicidad en la instalación estudiada es el uso del amoniaco, el cual para los eventos de escape por falla en la válvula de relevo o ruptura con área equivalente a 4 pulgadas cuadradas alcanzaría radios de 284m y 300m respectivamente, ocasionando el 100% de fatalidades en radios hasta de 235m y 175m respectivamente, considerando las peores condiciones de dispersión.

La explosión de vapores de hexano por derrame de tanque de almacenamiento (100 000l) dentro del dique de contención, y por derrame fuera del dique de contención al descargar carro-tanque (40 000l), ocasionaría daños por sobrepresión en radios hasta de 1036m y 792m respectivamente, causando el 100% de fatalidades en radios hasta de 150m y 115m respectivamente. Mientras que el daño causado por irradiación térmica del incendio en el charco formado alcanzaría radios de 50m por derrame dentro del dique de contención y 300m por derrame fuera del dique de contención.

Las explosiones confinadas y la explosión por polvos de granos se limitan a daños dentro del departamento mismo, siendo el radio máximo promedio alcanzado en la sección de extracción de 50m, y los radios máximos de alcance por explosión en el reactor de hidrogenación y por polvos de granos: 18m y 13.4m respectivamente.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de la Evaluación de Riesgos se tiene la clasificación que se muestra en la tabla XXVII.

Los riesgos clasificados con prioridad E requieren atención inmediata. Requieren del desarrollo de planes de emergencia, atención y supervisión por parte de las autoridades correspondientes, y medidas correctivas de ingeniería hasta lograr el nivel B (aceptable con control).

Los riesgos clasificados con prioridad D requieren de la aplicación de medidas de ingeniería correctivas, adicionales al desarrollo de planes de emergencia adecuados, en un plazo no mayor a 6 meses hasta llegar al nivel B (aceptable con control).

El riesgo por explosión de polvos de granos se clasifica con prioridad C, es un riesgo indeseable, requiere de atención programada y debe corregirse en un plazo no mayor a 12 meses hasta llegar al nivel B (aceptable con control).

Los riesgos por explosiones confinadas se clasificaron con prioridad B,

es decir, son aceptables con control continuo. Requieren de supervisión y mantenimiento constantes.

Tabla XXVII. Clasificación General de los Riesgos existentes en la instalación estudiada (caso-ejemplo)

Evento	Prioridad de atención	Tipo de riesgo
Escape continuo masivo de amoniaco por ruptura con área equivalente a 4 pulg. ² (313kg)	D	Riesgo inaceptable por toxicidad
Escape continuo de amoniaco por válvula de relevo durante 392 s (760l)	D	Riesgo inaceptable por toxicidad
Derrame de hexano dentro de dique de contención por falla en tanque de almacenamiento (100 m ³)	E D	Alto riesgo por explosión Riesgo inaceptable por incendio
Derrame de hexano fuera de dique de contención por falla en la descarga de carro-tanque (40 m ³)	E D	Alto riesgo por explosión Riesgo inaceptable por incendio
Escape instantáneo de hidrógeno por falla en tanque de almacenamiento (56 m ³)	E	Alto riesgo por explosión

De acuerdo con los resultados obtenidos se considera adecuado tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

El personal debe trabajar con ropa de protección adecuada: casco, botas de seguridad, ropa de algodón, guantes, etc.

El personal debe ser capacitado para realizar sus actividades de manera adecuada y segura, así como para actuar en situaciones de emergencia, de este modo las fallas por error humano disminuyen y el control de contingencias será más rápido y efectivo. Es importante que el personal encargado de la descarga de materiales peligrosos como el hexano tenga la preparación necesaria.

Deben existir planos e información general del proceso e instalación actualizados.

Las instalaciones y los equipos de proceso deben cumplir con códigos de estándares de seguridad aplicables publicadas por la NFPA, ANSI y ASTM.

Los tanques de almacenamiento de hexano, deben localizarse en lugares alejados de las áreas de trabajo en la instalación y contar con un dique de contención cuya capacidad debe ser la mínima para contener el volumen del recipiente. En caso de encontrarse dos o más tanques en el mismo dique, la capacidad el dique debe contener por lo menos el volumen del recipiente de mayor capacidad.

La sección de extracción debe estar aislada de las demás áreas de proceso mediante una franja de 30m aproximadamente.

La planta de hidrógeno al igual que los tanques de almacenamiento de hidrógeno deben estar en un área separada del resto de las demás, preferentemente abierta.

Los tanques de almacenamiento de amoniaco deben localizarse en un lugar abierto y alejado de las áreas de trabajo en la instalación.

El equipo de proceso debe contar con la verificación y el mantenimiento adecuados y constantes para reducir la probabilidad de derrames o fugas de materiales peligrosos por fallas en el equipo.

Aquellas áreas de proceso donde se maneje hexano, hidrógeno o polvos de granos deben contar con instalaciones eléctricas a prueba de explosiones.

Los equipos deben estar perfectamente aterrizados y las tierras deben revisarse por lo menos dos veces por año.

El inventario de materiales peligrosos existente debe ser el "mínimo requerido".

Debe contarse con bitácoras de accidentes/incidentes y en general con datos referentes al mantenimiento diario de los equipos, ya que esta información resulta de gran utilidad para lograr un control óptimo de las operaciones dentro de la instalación, además de que es un apoyo valioso para los estudios de riesgo.

No debe permitirse el asentamiento en torno a las instalaciones debido a los peligros potenciales presentes en la instalación.

La industria aceitera en México presenta serios peligros en su operación, sin embargo, resulta de gran importancia social y económica por tratarse de una industria de alimentos por lo que se debe hacer énfasis en su operación segura.

METODOLOGIAS DE IDENTIFICACION DE PELIGROS

Existen diferentes guías para la identificación y evaluación de peligros. Entre los principales métodos se pueden listar los siguientes:

- a) Listas de verificación
- b) Revisión de seguridad
- c) Clasificación relativa (relative ranking)
- d) Análisis preliminar de peligros
- e) Análisis "What if"
- f) "HAZOP" (Hazard and Operability Studies)
- g) "FMEA" (Failure Modes and Effects Analysis)
- h) Análisis de árbol de fallas
- i) Análisis de árbol de eventos
- j) Análisis de causa-consecuencia
- k) Análisis de error humano

A continuación se presenta una breve descripción de estos métodos y en la tabla siguiente se resumen sus características principales.

a) Listas de verificación

Una lista de verificación es un conjunto de preguntas estándar de evaluación para equipo, materiales o procedimientos de una planta de proceso químico. Su propósito es identificar los peligros estándar en cualquier momento del ciclo de vida de la planta. En realidad, es una ayuda a la memoria del evaluador para recordar todos los elementos a considerar durante su recorrido. Su nivel de detalle varía de acuerdo a la situación.

b) Revisiones de seguridad

Una revisión de seguridad es una inspección hecha a la instalación para identificar las condiciones o procedimientos que podrían provocar un accidente. Esta técnica es aplicable a plantas en operación, plantas piloto, laboratorios e instalaciones de almacenamiento. La realización de las revisiones de seguridad se apoya en guías de seguridad elaboradas por el personal responsable previo estudio de la instalación.

c) Clasificación relativa

Se refiere a métodos cuantitativos para obtener una medida relativa de peligros para diferentes plantas de procesos químicos. A varias características de una instalación se asignan puntuaciones con las cuales se obtiene un índice para la planta evaluada. Entre estos índices tenemos el de Dow y el de Mond (Índices de toxicidad, fuego y explosión). Estos índices se apoyan en la clasificación de la NFPA.

d) Análisis preliminar de peligros.

Se utiliza en la fase preliminar del desarrollo de una planta. Sus propósitos son la identificación previa de peligros potenciales tales como peligro por fuego, explosión y toxicidad, para el diseño y el desarrollo del proceso. A partir de este análisis se pueden generar guías de seguridad y criterios para seguir en el diseño y desarrollo del proceso.

e) Análisis "What If"

Este análisis sistemático considera las consecuencias de eventos anormales no esperados que pueden ocurrir en una instalación bajo la pregunta "¿Qué pasa si ...?. Pueden incluir diseño, construcción y operación. Su éxito depende fundamentalmente del nivel de experiencia del grupo que conduce el análisis.

f) "HAZOP"

El estudio "HAZOP" (Hazard and Operability Studies) sirve para identificar peligros del proceso y problemas de operación. Involucra un equipo multidisciplinario que trabaja en la búsqueda de desviaciones de las condiciones de operación y diseño existentes. El equipo examina cuidadosamente tramo por tramo, componente por componente el proceso de la planta mediante la utilización de palabras guía, tales como "más", "menos", "no", "parte de", "tanto como". Se recomienda su aplicación en la fase inicial del proyecto, o bien para localizar peligros en áreas ya identificadas como riesgosas.

g) "FMEA"

Mediante el método "FMEA" (Failure Modes and Effects Analysis) se examina las maneras en las cuales un sistema o su equipo puede fallar, las consecuencias de falla y las probabilidades estimadas de falla, mediante la elaboración y llenado de formatos. Este método no es eficiente para identificar interacciones de combinaciones de fallas de equipo que ocasionen accidentes porque considera cada falla individualmente. Se puede aplicar un ranqueo, el cual puede expresarse con probabilidades o registros basados en la experiencia del evaluador.

h) Análisis de árbol de fallas

Es un método que mediante el cual se construye de manera gráfica un árbol lógico de eventos que conducen a un evento de falla específicamente definido. Busca desarrollar la cadena de eventos interrelacionados que llevan a un evento inicial. Estos eventos encadenados incluyen fallas de equipos y errores humanos. Las probabilidades que pueden asignarse a los eventos están determinadas por el álgebra Booleana.

1) Análisis de árbol de eventos

Es similar al anterior excepto porque desarrolla la secuencia lógica de un evento inicial hasta sus últimas consecuencias con base en la experiencia. Puede hacerse una evaluación cuantitativa usando probabilidades de la misma manera que para árboles de fallas. Define múltiples consecuencias de un evento inicial así, como el análisis de falla identifica múltiples causas de un evento final.

j) Análisis causa-consecuencia

Combina las características de ambos (árbol de fallas y árbol de eventos) relacionando lógicamente las consecuencias y las causas o eventos iniciales, de esta manera puede aplicarse un análisis cualitativo para identificar claramente las consecuencias o causas de un evento o un análisis cuantitativo para estimar frecuencias o probabilidades de varios eventos iniciales.

Resumen de las principales características de los Métodos de Identificación y Evaluación de Peligros

METODO	LISTA DE VERIFICACION	REVISIÓN DE SEGURIDAD	INDICE DE RIESGO	ANÁLISIS PRELIMINAR DE PELIGROS	ANÁLISIS WHAT IF	HAZOP	FMEA	ANÁLISIS DE ÁRBOL DE FALLAS	ANÁLISIS DE ÁRBOL DE EVENTOS	ANÁLISIS CAUSA-CONSECUENCIA	ANÁLISIS DE FINOR PLANEO
PROPÓSITO	<ul style="list-style-type: none"> -IDENTIFICAR PELIGROS COMUNES -ASEGURAR CONCORDANCIA CON LOS PROCEDIMIENTOS PREEXISTENTES 	<ul style="list-style-type: none"> -IDENTIFICAR PELIGROS -ASEGURAR CONCORDANCIA CON LOS PROCEDIMIENTOS PREEXISTENTES -ASEGURAR CONCORDANCIA CON LAS DISEÑACIONES DEL DISEÑO -IDENTIFICAR CAMBIOS POSIBLES -DETERMINAR LAS POSIBILIDADES DE EFECTOS DE LA FUERZA A PELIGROS EXISTENTES -REVISAR QUE EL NIVEL DE RIESGO DE SOBRECARGA SEA ACEPTADO 	<ul style="list-style-type: none"> -PREVENIR UNA MAYOR PELIGROSA DEL RIESGO DEL PROCESO 	<ul style="list-style-type: none"> -IDENTIFICAR LOS PELIGROS MÁS GRANDES AL CUAL VAYA SU PROCESO ANTES DEL DISEÑO FINAL DE LA PLANTA 	<ul style="list-style-type: none"> -IDENTIFICAR PELIGROS -IDENTIFICAR POSIBILIDAD DE EVENTOS -IDENTIFICAR PELIGROS POSIBLES DE RESULTOS DE ACCIONES 	<ul style="list-style-type: none"> -IDENTIFICAR PELIGROS -IDENTIFICAR POSIBILIDAD DE OPERABILIDAD -IDENTIFICAR PELIGROS POSIBLES DE RESULTOS DE ACCIONES -IDENTIFICAR POSIBILIDAD DE RESULTOS DE ACCIONES 	<ul style="list-style-type: none"> -IDENTIFICAR LOS MODOS DE FALLA DEL SISTEMA-COPILO -IDENTIFICAR LOS EFECTOS DE LAS FALLAS EN EL SISTEMA-PLANTA 	<ul style="list-style-type: none"> -DETERMINAR LAS CAUSAS Y SECUENCIAS DE EVENTOS A PARTIR DE UN EVENTO DE INICIO -IDENTIFICAR LAS POSIBILIDADES DE CAUSAS POSIBLES DE RESULTOS DE ACCIONES EN EL DISEÑO PLANEAR 	<ul style="list-style-type: none"> -DETERMINAR LA POSIBILIDAD DE CAUSAS Y SECUENCIAS DE EVENTOS DE INICIO 	<ul style="list-style-type: none"> -DETERMINAR LA POSIBILIDAD DE CAUSAS Y SECUENCIAS DE EVENTOS DE INICIO 	<ul style="list-style-type: none"> -IDENTIFICAR LOS PELIGROS MÁS GRANDES POSIBLES -IDENTIFICAR LOS EFECTOS DE LOS CAMBIOS PLANEAR -IDENTIFICAR LAS CAUSAS DE LOS CAMBIOS PLANEAR
CUANDO SE USA	<ul style="list-style-type: none"> -DISEÑO -CONSTRUCCION -OPERACION -APARADO 	<ul style="list-style-type: none"> -ANÁLISIS -OPERACION -APARADO 	<ul style="list-style-type: none"> -DISEÑO -OPERACION 	<ul style="list-style-type: none"> -DISEÑO PRELIMINAR 	<ul style="list-style-type: none"> -DESARROLLO DEL PROCESO -PREANÁLISIS -OPERACION 	<ul style="list-style-type: none"> -ETAPA FINAL DEL DISEÑO -OPERACION 	<ul style="list-style-type: none"> -DISEÑO -CONSTRUCCION -OPERACION 	<ul style="list-style-type: none"> -DISEÑO -OPERACION 	<ul style="list-style-type: none"> -DISEÑO -OPERACION 	<ul style="list-style-type: none"> -DISEÑO -OPERACION 	<ul style="list-style-type: none"> -DISEÑO -CONSTRUCCION -OPERACION
NATURALEZA DE LOS RESULTADOS	-CUALITATIVA	-CUALITATIVA	<ul style="list-style-type: none"> -CLASIFICACION RELATIVA -CUALITATIVA 	-CUALITATIVA	-CUALITATIVA	<ul style="list-style-type: none"> -CUALITATIVA -CUANTITATIVA 	<ul style="list-style-type: none"> -CUALITATIVA -CUANTITATIVA -CLASIFICACION RELATIVA 	-CUALITATIVA	-CUALITATIVA	-CUALITATIVA	-CUALITATIVA
TAMANO DEL GRUPO DE TRABAJO	-PEQUEÑO	-PEQUEÑO-MEDIANO	-MEDIANO	-PEQUEÑO	-PEQUEÑO-MEDIANO	-MEDIANO-GRANDE	-PEQUEÑO	-PEQUEÑO-MEDIANO	-PEQUEÑO-MEDIANO	-PEQUEÑO-MEDIANO	-PEQUEÑO
COSTO RELATIVO	-BAJO	-BAJO-MEDIANO	-MEDIANO	-BAJO	-MEDIANO	-MEDIANO ALTO	-BAJO-MEDIANO	-BAJO-ALTO	-BAJO-ALTO	-BAJO-ALTO	-BAJO

APENDICE B

INDICE DE DOW

FUEGO, EXPLOSION Y TOXICIDAD

En la actualidad, existen varios índices de peligro desarrollados para diversos propósitos. El más utilizado es el "Índice de Fuego y Explosión de Dow" (Dow Chemical Co.). Este índice incluye ya varias versiones. Las primeras ediciones se refieren solo al índice de Fuego y Explosión (IFE). La cuarta edición de este índice contiene una evaluación del Daño Máximo Probable a la Propiedad (DMPP), que se determina a partir del IFE e introduce un índice de Toxicidad (IT) que se determina por separado.

A. DEFINICIÓN DE LA UNIDAD DE PROCESO

Una unidad de proceso se define como una parte de una planta, la cual puede ser caracterizada como una entidad separada. Generalmente consiste de un segmento del proceso o alguna porción de la planta que representa un peligro particular. Puede analizarse una sección o un equipo.

B. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO

El IFE es un número que indica el peligro de fuego y/o explosión de una unidad particular. Los factores que se utilizan para su cálculo son:

- 1) Factor del material
- 2) Peligros generales del proceso
- 3) Peligros especiales del proceso

B1. FACTOR DEL MATERIAL (FM)

Es una medida de la energía potencial de los materiales más peligrosos o mezclas de materiales presentes en la unidad, en la cantidad suficiente que represente un peligro⁽¹⁾.

Es un número entre 1 y 40 y se determina utilizando dos propiedades, la inflamabilidad y la reactividad. Se utilizan factores de fuego (Nr) y reactividad (Nr) de la clasificación de la NFPA⁽²⁾. Para sustancias no clasificadas por la NFPA se aplica otro método utilizando el "flash point", calores de combustión y otras propiedades.

B2. PELIGROS GENERALES DE PROCESO

Son los factores que juegan un papel primario en la determinación de la

(1) Tabla 1 (Índice Dow)

(2) Apendice A (Índice Dow)

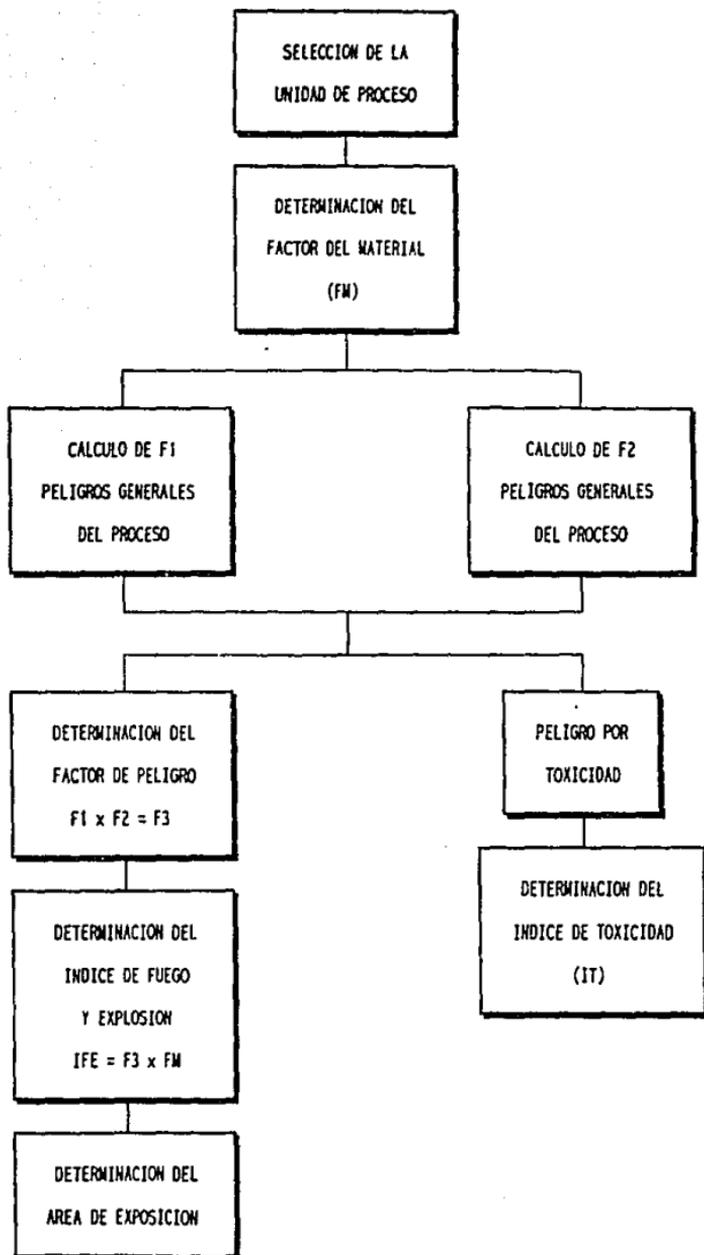


Diagrama de Flujo para el Cálculo del Índice de Dow Fuego, Explosión y Toxicidad

"magnitud" de pérdida de un incidente. Toma en cuenta seis situaciones aplicables a la mayoría de los casos y a cada una se le da un factor de penalización de acuerdo a diferentes características⁽³⁾. Los peligros generales considerados son:

	Puntaje base
a) Reacciones químicas exotérmicas	0.30 a 1.25
b) Procesos endotérmicos	0.20 a 0.40
c) Transferencia y manejo de material	0.25 a 1.05
d) Unidades de proceso en intramuros	0.25 a 0.90
e) Accesos	0.35
f) Control de drenajes y derrames	0.25 a 0.50

Una vez evaluados los peligros generales de proceso, se calcula la suma de los factores base otorgados. Este valor numérico representará el factor F1.

B3. PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO

Son factores que contribuyen primariamente a la "probabilidad" de pérdida de un incidente. Consisten en condiciones específicas del proceso que han demostrado ser causas mayores de incidentes de fuego y explosión.⁽⁴⁾ A cada uno se le otorga un puntaje según las características que presente⁽⁴⁾. Los peligros especiales de proceso a considerar a son los siguientes:

	Puntaje base
a) Materiales tóxicos	0.20 a 0.80
b) Presión menor que la atmosférica (<500mmHg)	0.50
c) Operación en o cerca del rango inflamable	
1) Tanque de almacenamiento de líquidos inflamables	0.50
2) Por efecto de caída de proceso o por falla en la purga	0.30
3) Siempre en rango inflamable	0.80
d) Explosión de polvo	0.25 a 2.00
e) Presión	0.92 a 1.50
f) Bajas temperaturas	0.25 a 0.30
g) Cantidad de material inflamable o inestable	
1) Líquidos, gases y materiales reactivos en proceso	0.15 a 3.00
2) Líquidos o gases en bodega	0.10 a 1.75
3) Combustibles sólidos en bodega, polvo en proceso	0.10 a 4.00
h) Corrosión y erosión	0.10 a 0.75
1) Derrames -juntas y empaques	0.10 a 1.50
j) Uso de calentadores de fuego	0.10 a 1.00
k) Sistemas de intercambio de calor con aceite caliente	0.10 a 1.15
1) Equipo rotatorio	0.50

(3) Pag. 16 (Índice Dow)

(4) Pag. 19 (Índice Dow)

Una vez evaluados los peligros especiales de proceso se obtiene el factor F2 mediante la suma de los puntajes correspondientes.

C. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE PELIGRO DE LA UNIDAD

Este factor se utiliza para determinar el valor del IFE. Su rango normal oscila entre 1 y 8. Es el producto de los dos factores anteriores:

$$F3 = F1 \times F2$$

Cuando se obtiene un valor arriba de 8.0 se utiliza como máximo 8.0.

D. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

Este cálculo se utiliza para estimar el daño que podría resultar probablemente de un incidente en una planta de proceso, y está relacionado con el radio de exposición. Es el producto del factor de peligro de la unidad y el factor del material:

$$IFE = F3 \times FM$$

E. DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE EXPOSICIÓN

El IFE calculado se convierte en un "radio" (en pies) al multiplicarlo por 0.84.⁽⁵⁾ Este "radio de exposición" representa un área de exposición, el área que contiene equipo que podría ser expuesto a un incendio o a una explosión aire-combustible generada en la unidad de proceso evaluada.

Se reconoce que un incidente de incendio y/o explosión no se extiende como un círculo perfecto produciendo el mismo daño en todas direcciones, sin embargo el círculo aporta una buena aproximación al respecto.

F. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE DAÑO EN LA UNIDAD

Se determina mediante el factor de peligro de la unidad (F3) y el factor del material (FM)⁽⁶⁾. Representa el efecto total del fuego más el daño resultante de un derrame de combustible o energía reactiva de una unidad de proceso.

G. ÍNDICE DE TOXICIDAD

Este índice se incluye con el propósito de evaluar el nivel de exposición del proceso para el peligro de toxicidad. Está definido por:

$$IT = \frac{Th}{100} \left[\frac{F1 + F2}{100} \right]$$

(5) Fig.8 (pag. 41) (Índice Dow)

(6) Fig.7 (pag. 40) (Índice Dow)

donde T_h es el factor para el material peligroso en el proceso, presente en una cantidad apreciable con el más bajo TLV.

El factor T_h puede obtenerse en función del N_h (NFPA) y el TLV.

N_h	T_h	TLV	Agregar al T_h
0	0	≤ 5 ppm	125
1	50	$5 \text{ ppm} < \text{TLV} \leq 50 \text{ ppm}$	75
2	125	$50 \text{ ppm} < \text{TLV} \leq 100 \text{ ppm}$	50

A continuación se presenta un formato ejemplo para la aplicación del índice de fuego y explosión de acuerdo a la Compañía "Dow Chemical".



LOCALIZACION _____ FECHA _____

PLANTA	UNIDAD DE PROCESO	EVALUADO POR	FECHADO POR
MATERIALES Y PROCESO			NÚMERO DEL MATERIAL REPRESENTATIVO
MATERIALES EN UNIDAD DE PROCESO			
FASE DE OPERACION		MATERIALES BASICOS PARA FACTOR DE MATERIAL	
ARRANQUE	PARADA	OPERACION NORMAL	Nº Mº
FACTOR DE MATERIAL (VER TABLA I DE DOW FIRE & EXPLOSION INDEX)			
1.-PELIGROS GENERALES DE PROCESO			PUNTAJE BASE
FACTOR BASE			1.00
A. REACCIONES QUIMICAS EXOTERMICAS (FACTOR DE .3 A 1.33)			1.00
B. PROCESOS ENDOTERMICOS (FACTOR DE .20 A .40)			
C. TRANSFERENCIA Y MANEJO DE MATERIAL (FACTOR DE .25 A 1.45)			
D. UNIDADES DE PROCESO EN SERVICIO (FACTOR DE .20 A .40)			
E. ACCESOS			
F. CONTROL DE DEFECTOS Y MARRAJES (FACTOR DE .20 A .50) CANTIDAD- LITROS			
FACTOR DE PELIGRO GENERAL DE PROCESO (F1)			
2.-PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO			
FACTOR BASE			1.00
A. MATERIALES FISICOS (FACTOR DE .20 A .80)			1.00
B. PRESION MENOR QUE LA ATMOSFERICA (<500 mmHg)			0.50
C. OPERACION EN O CERCA DEL LIMITE FLAMABLE CON GAS INERTE SIN GAS INERTE			
1. TANQUE O ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS FLAMABLES			0.50
2. POR EFECTO DE CAIDA DE PROCESO O POR FALLA EN LA PUMPA			0.50
3. SIEMPRE EN RANGO FLAMABLE			0.50
D. EXPLOSION DE POLVO (FACTOR DE .25 A 2) VER LA TABLA II			
E. PRESION (VER FIGURA 2) PRESION DE OPERACION _____ PSIG RANGO DE ALIVIO _____ PSIG			
F. BAJAS TEMPERATURAS (FACTOR DE .20 A .50)			
G. CANTIDAD DE MATERIAL INFLAMABLE O INESTABLE CANTIDAD- LB. °C BTU/LB			
1. LIQUIDOS, GASES Y MATERIALES REACTIVOS EN PROCESO (VER FIG 3)			
2. LIQUIDOS O GASES EN BODEGA (VER FIG 4)			
3. COMBUSTIBLES SOLIDOS EN BODEGA, POLVO EN PROCESO (VER FIG 5)			
H. CORROSION Y EROSION (FACTOR DE .10 A .75)			
I. BERRAMES, JUNTAS Y EMPAQUES (FACTOR DE .10 A 1.5)			
J. USO DE CALENTADORES DE FUEGO (VER FIG 6)			
K. SISTEMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR CON ACEITE CALIENTE (FACTOR DE .15 A 1.15) VER TABLA III			
L. EQUIPO ROTATIVO			0.20
FACTOR DE PELIGRO ESPECIAL DE PROCESO (F2)			
FACTOR UNITARIO DE PELIGRO (F1 x F2 = F3)			
INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION (F3 x F4 = F & E INDEX)			
RADIO DE AFECTACION EN PIES (F & E INDEX = 0.84)			

ADAPTADA DE: DOW FIRE AND EXPLOSION INDEX, HAZARD CLASSIFICATION GUIDE THE DOW CHEMICAL COMPANY, 6th EDITION, MAY 1982, FORMA C-92300 R-0-87 (471-036)

Formato para el Cálculo del Índice de Dow: Fuego y Explosión

APENDICE C

METODO RAPIDO DE LA E P A PARA DETERMINAR LA ZONA DE VULNERABILIDAD DE ESCAPES DE MATERIALES TOXICOS

La zona de vulnerabilidad es generalmente aquella área geográfica en la cual la concentración de una sustancia que escapa accidentalmente puede alcanzar una concentración crítica que puede causar serios efectos.

La EPA (Environmental Protection Agency) de los E. U. ha desarrollado un procedimiento gráfico rápido para determinar la zona de vulnerabilidad a partir del conocimiento o suposición de la cantidad escapada de alguna sustancia en particular.

Los datos requeridos son la cantidad escapada en masa (lb) y el nivel de la concentración de interés.

Este método considera que el valor resultante es solo una aproximación del valor real. Las condiciones de la simulación se refieren a las condiciones que meteorológicamente son más desfavorables para la dispersión de vapores tóxicos derramados al suelo como: clase de estabilidad -muy inestable-, intensidad del viento -baja-, y la no existencia de barreras a la dispersión.

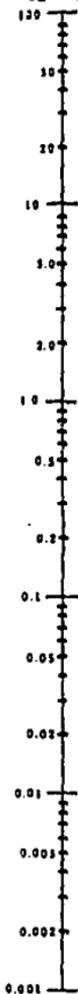
Se recomienda utilizar éste método principalmente para sustancias volátiles.

PROCEDIMIENTO

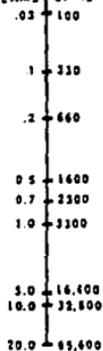
- 1) Localizar la cantidad escapada en la escala correspondiente.
- 2) Localizar la concentración de interés en la escala correspondiente.
- 3) Trazar una línea recta que conecte ambos puntos.
- 4) Obtener la distancia de interés y trazar una circunferencia en un plano representativo de la zona a escala para identificar todos aquellos posibles receptores que pudieran estar dentro de la zona de vulnerabilidad.

La siguiente figura muestra el nomograma utilizado por la EPA para determinar la zona de vulnerabilidad.

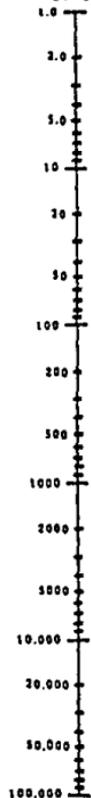
CONCENTRACION
[g/m³]



DISTANCIA
[km] [ft]



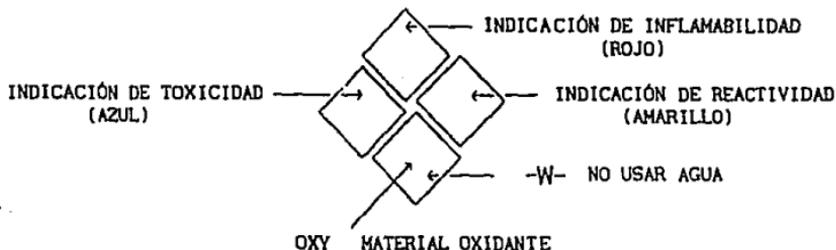
CANTIDAD
[lb]



Nomograma utilizado para calcular la Zona de Vulnerabilidad por el Escape de Materiales Tóxicos: Método Rápido de la EPA

APENDICE D

CLASIFICACION DE PELIGRO DE ACUERDO A LA NFPA



CLASIFICACIÓN

DEFINICIÓN

Toxicidad (azul)

- | | |
|---|---|
| 4 | Materiales que en un periodo corto de exposición podrian causar la muerte o lesiones permanentes mayores, aunque se aplique un tratamiento médico inmediato. |
| 3 | Materiales que en un periodo de exposición corto causan lesiones temporales o residuales serias, aunque se aplique un tratamiento médico inmediato. |
| 2 | Materiales que en un periodo de exposición continuo o intenso podrian causar incapacidad temporal o posibles lesiones, a menos que se aplique tratamiento médico. |
| 1 | Materiales los cuales en exposición podrian causar irritación pero solo lesión residual menor aun si no se aplica tratamiento alguno. |
| 0 | Materiales los cuales en exposición bajo condiciones de fuego no provocarian peligro alguno mayor a la combustión ordinaria del material. |

infiabilidad (rojo)

- 4 Materiales que se vaporizarán rápida o completamente a presión atmosférica y temperatura ambiente normal, o que dispersos en el aire arderán inmediatamente.
- 3 Líquidos y sólidos que pueden arder bajo casi todas las condiciones de temperatura ambiente.
- 2 Materiales que deben calentarse moderadamente antes de que la ignición ocurra.
- 1 Materiales que deben precalentarse antes de que la ignición ocurra.
- 0 Materiales que no arden.

Reactividad (amarillo)

- 4 Materiales que por sí mismos son capaces de detonar, explotar o reaccionar a temperaturas y presiones normales.
- 3 Materiales que por sí mismos son capaces de detonar o explotar, pero requieren una fuente iniciadora fuerte o deben ser calentados bajo confinamiento antes del inicio o que reaccionan explosivamente con el agua.
- 2 Materiales que por sí mismos son normalmente inestables y hay un cambio químico violento rápido en ellos, pero no detonan. También se incluyen los materiales que reaccionan violentamente con agua o que forman potencialmente mezclas explosivas con agua.
- 1 Materiales que por sí mismos son normalmente estables, pero que pueden convertirse en inestables a temperaturas y presiones elevadas o que pueden reaccionar con agua con algún escape de energía pero no violentamente.
- 0 Materiales que por sí mismos son normalmente estables, aún bajo condiciones de exposición al fuego, y los cuales no reaccionan con agua.

Otros (blanco)

-W- Materiales que reaccionan tan violentamente con agua, que resulta un posible peligro cuando están en contacto con agua, como si estuvieran en una situación de incendio. Similar a la Clasificación de Reactividad 2.

Material oxidante; cualquier sólido o líquido que reacciona oxidando materiales combustibles.

APENDICE E

" SUBSTANCE HAZARD INDEX : S H I "

SUBSTANCE HAZARD INDEX

Es un índice propuesto por la "Organization Resources Counselors (ORC)". Se define como "la concentración de vapor al equilibrio (CVE) de un material a 20 °C dividida por una concentración aguda de toxicidad".

Este índice relaciona la tendencia de un material, si se escapa, con su desplazamiento en el aire y el efecto en las personas a través de la inhalación de vapores tóxicos.

Diferentes organizaciones que usan o recomiendan el SHI utilizan diferentes parámetros de toxicidad: LC10, IDLH, etc.

$$SHI = \frac{\text{CONCENTRACION DE VAPOR AL EQUILIBRIO (CVE)}}{\text{CONCENTRACION AGUDA DE TOXICIDAD (IDLH, LC50, etc)}}$$

El uso de este índice presenta dos limitaciones:

- 1) No considera las consecuencias de las diferentes cantidades de material que podrían escaparse.
- 2) No toma en cuenta la proximidad de las instalaciones a centros locales de población, es decir, el alcance que podría tener un escape de la sustancia.

Debido a estas dos limitaciones, este índice es comparativo entre las diversas sustancias a las que sea aplicado, indicando el grado de toxicidad relativo entre éstas.

CÁLCULOS ADICIONALES

Concentración de Vapor al Equilibrio

La CVE es la presión de vapor (P°) del material en mmHg por 10^6 dividida por 760.

$$CVE = \frac{P^{\circ} (\text{mmHg}) \times 10^6}{760}$$

La presión de vapor debe ser evaluada a las condiciones locales de presión y temperatura.

Cálculo de Presión de Vapor

Existen diferentes formas para calcular la presión de vapor de las sustancias.

Una de las correlaciones más utilizadas para obtener la presión de vapor de una sustancia es la ecuación de Antoine:

$$\ln P^{\circ} = A - \frac{B}{T + C}$$

donde A, B y C son constantes que dependen de las características de cada sustancia.

Otro método utilizado son las gráficas de Cox, en las cuales se presenta el logaritmo de la presión de vapor de cada sustancia contra el logaritmo de la presión de vapor de una sustancia de referencia (generalmente agua) a la misma temperatura. Estas gráficas pueden ser representadas también en nomogramas.

Tanto las constantes de la ecuación de Antoine, como las gráficas de Cox pueden ser consultadas en libros de ingeniería (balances de materia, operaciones unitarias, termodinámica, etc).

APENDICE F

METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE TASAS DE ESCAPE

El uso de los modelos de dispersión requiere del conocimiento de la cantidad de material escapada.

Existen diversas metodologías para calcular las tasas de escape. Las tasas de escape pueden estimarse utilizando principios básicos de termodinámica y mecánica de fluidos. Después de una revisión bibliográfica con respecto a este tema [CANACINTRA 1992, EPA 1988, Fellows 1991, Holton 1988, Lees 1991, Theodore et. al. 1989, World Bank 1985], se sugiere hacer uso del método reportado por "Air Resources Branch of the Ministry of the Environment" utilizado para su programa denominado: "PORTABLE COMPUTING SYSTEM FOR USE IN TOXIC GAS EMERGENCIAS". Este método resulta ser práctico y los datos requeridos son de fácil acceso.

MÉTODO DE CÁLCULO

El desarrollo de las fórmulas siguientes considera dos suposiciones:

- 1) Los gases se comportan idealmente y el proceso de venteo se considera isotérmico.
- 2) Se considera que existe un equilibrio termodinámico.

Estas suposiciones no son válidas en muchos casos, pero son representativas del escenario correspondiente a un caso grave.

La siguiente figura es un diagrama de flujo representativo para el cálculo de tasas de escape de acuerdo a diferentes situaciones que pudieran presentarse, y los cálculos relacionados.

APENDICE G

EXPRESIONES DE TOXICIDAD

Para el caso de peligro por toxicidad existen algunos "límites de exposición" especificados por organizaciones como la ACGIH, OSHA, NIOSH y NAS/NRC.

El propósito de los límites de exposición adoptados por la ACIGH ("American Conference of Governmental Industrial Hygienists") es proteger a los trabajadores en situaciones de exposición crónica. Estos índices son de diferentes tipos e incluyen.

TLV-TWA ("Threshold Limit Value-Time Weighted Average"): la concentración máxima permisible para una jornada de 8 horas-día y una semana de trabajo de 40 horas, a la cual se pueden exponer los trabajadores repetidamente, día tras día, sin tener efectos adversos en la salud a largo plazo.

TLV-STEL ("Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit"): es la concentración máxima a la cual los trabajadores se pueden exponer hasta 15 minutos, sin exceder 4 exposiciones por día, con por lo menos 60 minutos entre periodos de exposición.

TLV-C ("Threshold Limit Value-Ceiling"): la concentración en el aire que no debe excederse en ninguna parte del lugar de trabajo.

La OSHA como organismo responsable de la adopción de estándares para las condiciones de trabajo seguras y saludables estableció a principio de los 70's los límites de exposición ocupacionales adoptando los valores de TLV-TWA's y TLV-Cs de la ACGIH, refiriéndose a ellos como Límites de Exposición Permisibles (PEL's - Permissible Exposure Limits).

NIOSH ("National Institute for Occupational Safety and Health") define el IDLH ("Immediately Dangerous to Life and Health") como el nivel máximo al cual un trabajador sano se puede exponer durante 30 minutos y salir sin sufrir efectos irreversibles en la salud.

NAS/NRC ("National Academy of Sciences-National Research Council"): publica una lista de EEGL's ("Emergency Exposure Guidance Limits") como Guía para la planeación del manejo de emergencias. población de prueba muere al exponerse un periodo específico de tiempo.

APENDICE H

CALCULO DE IRRADIACION TERMICA POR FLAMAS

Se propone utilizar la ecuación recomendada por el Banco Mundial en expresa en el documento "Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques" para el cálculo de fuegos en "charcos" (Lees 1991, SEDUE 1985, Technica 1989).

$$q = H_c \frac{dm}{dt} X_E A$$

donde: q = Calor irradiado [kW]
 H_c = Calor de combustión [kJ/kg]
 X_E = Fracción del calor producido como radiación = 0.35
 A = Area del charco [m²]

$\frac{dm}{dt}$ = Tasa de combustión del líquido por unidad de área [kg/m²s]

Para obtener el calor irradiado respecto a la distancia de radio "r" del centro de la flama suponiendo que la irradiación se difunda en la atmósfera en forma esférica.

$$I = \frac{Tq}{4\pi r^2}$$

donde: I = Irradiación térmica [kW/m²]
 r = Distancia del centro del fuego [m]
 q = Flux de calor [kW]
 T = Transmisitividad del aire = 0.79

APENDICE I

METODO DE CALCULO DEL ALCANCE DE NUBES EXPLOSIVAS

El método más utilizado para determinar las características de la onda de destrucción producida por una explosión es el de "equivalencia de TNT". En este apéndice se presentan los métodos utilizados para el cálculo de ondas de sobrepresión ocasionadas por nubes explosivas, polvos explosivos y explosiones confinadas en equipos de proceso.

Para el cálculo de las ondas de sobrepresión se propone utilizar el método sugerido por SEDUE para el caso de nubes o gases explosivos [SEDUE 1985]. Para el caso de los polvos explosivos se aplican factores interactivos de equivalencia [DuPont 1986, Lees 1991, NFPA 1989]. Para el caso de explosiones confinadas se aplican aproximaciones termodinámicas [Du Pont 1986, Lees 1991, Theodore 1989].

A. NUBES EXPLOSIVAS

A.1. SUPOSICIONES QUE FUNDAMENTAN EL MÉTODO

1. La fuga es instantánea y no se considera el caso de un escape de gas paulatino, excepto para fugas en tuberías de gran capacidad con material transportado desde instalaciones alejadas.
2. El material fugado se vaporiza instantáneamente y la nube se forma de la misma manera de acuerdo a las condiciones termodinámicas del gas o líquido inflamable antes de la fuga.
3. La nube adquiere una forma cilíndrica cuya altura es su eje vertical. No se consideran distorsiones por el viento o estructuras presentes.
4. La nube tiene una composición uniforme y su concentración en el aire está entre los límites inferior y superior de explosividad del material.
5. $H_c [\text{MWT}] = 1\ 801.6$ BTU/lb para convertir el calor de combustión del material a un equivalente en peso de TNT.
6. La temperatura ambiente es constante = cte = 20°C.

A.2. MÉTODO DE CÁLCULO

1. Peso del material descargado

- PARA GASES

Si el material en el sistema es un gas a 500 psig o más de presión:

$$W_G = 9.2683 \frac{M V_G}{T_a}$$

donde: W_G = Peso del gas descargado [g]
 M = Peso molecular del gas
 V_G = Volumen de gas corregido a condiciones de presión y temperatura requeridas [l]
 T_a = Temperatura ambiente [K]

- PARA LIQUIDOS

$$W_L = \rho V_L$$

donde: W_L = Peso del líquido fugado [g]
 ρ = Densidad del material a la temperatura del proceso [kg/m^3]
 V_L = Volumen del líquido contenido en el recipiente [m^3]

2. Cálculo de la cantidad vaporizada (W)

- Componentes cuya temperatura de ebullición sea mayor que la temperatura ambiente

$$W = \frac{W_L C_p (T_1 - T_2)}{H_v}$$

donde: W = Peso del material vaporizado [Kg]
 C_p = Media logarítmica de los calores específicos entre T_1 y T_2 [$\text{cal}/\text{g}^\circ\text{C}$]
 T_1 = Temperatura del líquido en el proceso [$^\circ\text{C}$]
 T_2 = Temperatura de ebullición [$^\circ\text{C}$]
 H_v = Calor de vaporización a T_2 [cal/g]

3. Cálculo de la energía desprendida

$$W_o = \frac{W H_c f}{4 \times 10^6}$$

donde: W_o = Peso de TNT que produce una fuerza equivalente a la explosividad de la nube [ton TNT]
 H_c = Calor de combustión del material [BTU/lb]
 f = Factor de explosividad [0.02 ó 0.1]

El daño máximo probable (DMP) y el daño catastrófico probable (DCP) se basan en la probabilidad de eficiencia de explosión y del alcance de que esta energía liberada ocasione daños:

$$DMP = W^* \times 0.02 \text{ y } DCP = W^* \times 0.1;$$

para el hidrógeno se utiliza el factor 0.03 para el cálculo de DMP.

4. Cálculo del diámetro de las ondas expansivas

Se determinan los diámetros de acuerdo con los valores de W_e obtenidos utilizando la figuras I.1. ó I.2. según se requiera.

NOTA: Para el caso de un escape continuo la cantidad vaporizada debe calcularse de acuerdo con la cantidad de material que se encuentre dentro de los límites de explosividad en un tiempo dado. Este cálculo se realiza en función de los datos obtenidos con el modelo de dispersión.

B. POLVOS EXPLOSIVOS

Debido a que en el manejo de granos de la planta productora de aceite vegetal comestible se generan polvos que son reconocidos por la NFPA con peligro de explosión, es necesario utilizar un método para calcular el daño por sobrepresión. Las ondas de sobrepresión resultantes de la explosión de cierta cantidad de sólidos explosivos, se puede hacer la aproximación del peso equivalente al T.N.T. en base a datos de energía mínima de ignición.

El polvo de harina de soya es un polvo clasificado como Clase II de polvos explosivos con una sensibilidad para la ignición igual o mayor a 0.2 de acuerdo con la ecuación [NFPA 1989]:

$$\text{Sensibilidad a la ignición: } \frac{(T_c \times E \times M_c)_1}{(T_c \times E \times M_c)_2} \geq 0.2$$

donde: T_c = Temperatura mínima de ignición.

E = Energía mínima de ignición.

M_c = Concentración mínima explosiva.

Subíndice 1 = Referido a polvo de carbón Pittsburgh.

Subíndice 2 = Referido a polvo en estudio.

Para carbón "Pittsburgh":

$$T_c = 170^\circ\text{C}$$

$$E = 60 \text{ mJ}$$

$$M_c = 0.05 \text{ g/l}$$

Para harina (polvo) de soya:

$$T_c = 190^\circ\text{C}$$

$$M_c = 0.065 \text{ g/l}$$

Asumiendo que la sensibilidad a la ignición es la mínima ($E=0.2$):

$$E_2 = (T_c \times E \times M_c) / T_{c2} \times M_{c2} \times 0.2 = 41.3 \text{ mJ}$$

Por otro lado, la dinamita (TNT) tiene una producción de energía de detonación de 454,000 cal/lb. y una "energía mínima de ignición" de 75 mJ. Suponiendo, por falta de datos, que hay una relación lineal entre la dinamita y los polvos de soya, resulta:

75 mJ de dinamita corresponden a 454000 cal/lb.

41.3 mJ de polvos de harina corresponderán a: _____

$41.3 \times 454000 / 75 = 2500002 \text{ cal/lb}$ de energía de detonación.

Asimismo, se supone que el polvo generado disponible para la explosión equivale al polvo emitido durante la manipulación del grano en un minuto de movimiento de elevadores. Para esto se utiliza el factor de emisión de polvos correspondiente: 8.8 kg/ton.

De esta manera, con los datos anteriores, y la capacidad del elevador se calcula la energía desprendida, y el peso equivalente de TNT.

Energía desprendida [cal] = 250 0002.6 [cal/lb] x masa disponible [lb]

$$W^* = \frac{E}{454\ 000}$$

donde W^* = peso equivalente [lb TNT]
E = Energía desprendida [cal]

C. EXPLOSIONES CONFINADAS

La teoría indica que, si la presión potencial de la mezcla inflamable en el interior de un contenedor es mayor que la presión de resistencia de diseño del mismo, entonces la presión pico de la onda de choque será esencialmente la equivalente a la presión requerida para romper el contenedor, y esta presión decaerá de acuerdo a la ley de escalamiento típica de las explosiones.

Para calcular esta presión se requiere conocer el dato de diseño del contenedor [tubos del reactor, recipiente, coraza, etc]. Con este dato se

puede obtener la energía equivalente para romper el material de la soldadura con la aproximación termodinámica siguiente:

$$E_{\max} = 2.303 n RT \log \frac{P_1}{P_2}, \text{ a } V = \text{cte.} \quad (1)$$

donde: E_{\max} = la energía necesaria para subir de la presión (1) hasta la presión (2) [cal]

R = cte. gases = 1.99 [cal/K mol]

T = Temperatura [K]

P_1 = Presión inicial [atm]

P_2 = Presión final [atm]

n = Número de moles

Por otro lado, para obtener la energía contenida para la explosión del material estudiado se utilizan los datos de energía de formación de las sustancias que intervienen en la reacción. En caso de no contar con estos datos puede utilizarse la entalpía de formación ($\Delta E_f = \Delta H_f$)

$$\Delta E = \Delta E_f[\text{productos}] - \Delta E_f[\text{reactivos}] \quad (2)$$

De tal manera que se siguen los siguientes pasos para el cálculo de ondas de sobrepresión de explosiones confinadas.

- 1) Calcular la energía necesaria para romper el recipiente (E_1) mediante la ecuación (1).
- 2) Calcular la energía desprendida por la reacción (E_2) mediante la ecuación (2).
- 3) Si $E_2 > E_1$ implica que la presión interior producida por la reacción del material explosivo con oxígeno es mayor que la resistencia de diseño, por lo que se genera una onda de sobrepresión equivalente en TNT a la energía máxima de rompimiento (E_1).

Calcular la energía equivalente a E_1 en ton TNT (W^*).

- 4) Mediante las gráficas presentadas en las figuras siguientes obtener los diámetros de los círculos de sobrepresión correspondientes.

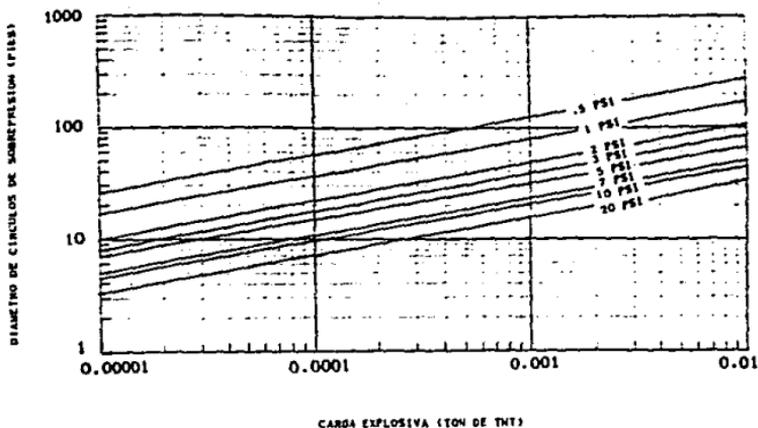


Diagrama para el Cálculo del Diámetro de Círculos de Sobrepresión en función de la Energía liberada equivalente en Toneladas de TNT [0.00001 - 0.01 Ton de TNT]

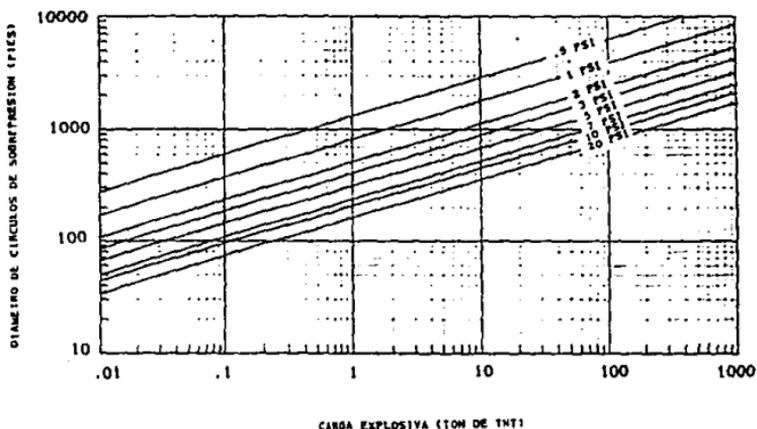


Diagrama para el Cálculo del Diámetro de Círculos de Sobrepresión en función de la Energía liberada equivalente en Toneladas de TNT [0.01 - 1000 Ton de TNT]

APENDICE J
PROBABILIDAD

Cuando se lleva a cabo el análisis de frecuencia en estudios de análisis de riesgo, se utilizan probabilidades aplicadas a los árboles de falla o de eventos que se han establecido. Por ello, resulta indispensable el conocimiento de algunos conceptos básicos de probabilidad. A continuación se explican brevemente los conceptos que se consideran de mayor importancia para la aplicación del método sugerido.

A. PROBABILIDADES

Las probabilidades son números reales no negativos asociados con los resultados de experimentos cuyos resultados son "inciertos".

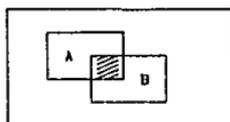
Sea S el espacio muestra en el que pueden ocurrir n eventos : A, B, C, \dots, n .

Los diagramas de Venn proveen una representación gráfica de estos eventos. Varias combinaciones de la ocurrencia de dos eventos cualquiera A y B , se pueden indicar mediante la notación siguiente:



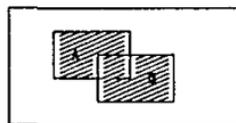
\bar{A}

(a)



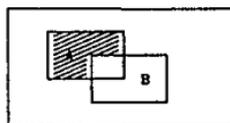
AB

(b)



$A + B$

(d)



\overline{AB}

(c)

En terminología:

(a) \bar{A} es el complemento de A , es decir, los elementos en S que no están en A . También puede escribirse: A^c o A' . Denota la negación de el evento A .

(b) AB es la intersección de A y B , es decir, el conjunto de elementos en ambos. Otra notación utilizada es: $A \cap B$. Denota la disyunción de los eventos A y B .

(c) $A + B$ es la unión de A y B , es decir, los elementos en A , B o ambos A y B . En otra notación se indica: $A \cup B$. Denota la conjunción de los eventos A y B .

(d) $A\bar{B}$ es la intersección de A y \bar{B} , es decir, el conjunto de elementos que son comunes a A y \bar{B} (los elementos en S que no están en B). Otra notación utilizada es: $A \cap \bar{B}$. Denota la disyunción de los eventos A y \bar{B} .

B. EVENTOS MUTUAMENTE EXCLUYENTES

Cuando los eventos A y B no tienen elementos en común, se dice que son "mutuamente excluyentes".

Cuando un conjunto no tiene elementos es llamado conjunto vacío. Si los eventos A y B son mutuamente excluyentes $AB = \phi$. Nótese que la unión de A y B consiste de tres eventos mutuamente excluyentes: AB , $\bar{A}B$ y $A\bar{B}$.

C. LEYES DEL ÁLGEBRA BOOLEANA

El álgebra de conjuntos -Álgebra Booleana- maneja los conjuntos de tal manera que se puedan formar conjuntos equivalentes. Las principales leyes del álgebra Booleana utilizadas para este propósito se listan en la tabla siguiente.

Leyes del Álgebra Booleana

Leyes	Notación
Commutativas	$A+B = B+A$ $AB = BA$
Asociativas	$(A+B)+C = A+(B+C) = A+B+C$ $AB(C) + A(BC) = ABC$
Distributivas	$A(B+C) = AB + AC$ $A + BC = (A+B)(A+C)$
de Complementariedad	$A+\bar{A} = 1$ $A\bar{A} = 0 = \phi$
de Absorción	$A+A = A$ $AA = A$
de Morgan	$\overline{(A+B)} = \bar{A}\bar{B}$ $\overline{AB} = \bar{A}+\bar{B}$

D. TEOREMAS BÁSICOS DE PROBABILIDAD

Las propiedades matemáticas de $P(A)$, la probabilidad del evento A , se deducen a partir de los siguientes postulados con respecto al espacio de muestreo S .

1. $P(S) = 1$
2. $P(A) \geq 0$ para cualquier evento A
3. Si A_1, A_2, \dots, A_n son mutuamente excluyentes, entonces:
$$P(A_1 + A_2 + \dots + A_n) = P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_n)$$

A partir de estos postulados se deducen los tres teoremas básicos siguientes:

1. $P(\bar{A}) = 1 - P(A)$
2. $0 \leq P(A) \leq 1$
3. $P(A+B) = P(A) + P(B) - P(AB)$

El teorema 1 dice que, la probabilidad de que A no ocurra es uno menos la probabilidad de que A ocurra.

El teorema 2 dice que, la probabilidad de cualquier evento está entre cero y uno.

El teorema 3 es el teorema de adición, y provee una alternativa para calcular la probabilidad de unión de dos eventos como la suma de sus probabilidades menos su intersección. Este teorema puede extrapolarse a tres o más eventos. En el caso de 3 eventos A, B , y C , el teorema de adición es:

$$P(A+B+C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(AB) - P(AC) - P(BC) + P(ABC)$$

Para 4 eventos A, B, C y D , el teorema de adición se convierte en:

$$P(A+B+C+D) = P(A) + P(B) + P(C) + P(D) - P(AB) - P(AC) - P(AD) - P(BC) - P(BD) - P(CD) + P(ABC) + P(ABD) + P(BCD) + P(ACD) - P(ABCD)$$

E. PROBABILIDAD CONDICIONAL

La probabilidad condicional de un evento B dado A , se denota por $P(B|A)$ y se define como:

$$P(B|A) = P(AB)/P(A)$$

donde $P(B|A)$ se puede interpretar como la proporción de ocurrencias de un evento A relativo a B , es decir, la proporción de la parte A contenida en B , que es la intersección AB .

La probabilidad condicional también puede usarse para formular una definición para la independencia de dos eventos A y B . El evento B se define

como independiente del evento A si y sólo si:

$$P(B|A) = P(B)$$

Similarmente ocurre para el evento A:

$$P(A|B) = P(A)$$

De la definición de probabilidad condicional, se puede deducir lógicamente que el evento A y el evento B son independientes si y solo si:

$$P(AB) = P(A)P(B)$$

De las definiciones de $P(B|A)$ y $P(A|B)$ se deduce el teorema de multiplicación:

$$P(AB) = P(A)P(B|A)$$

$$P(AB) = P(B)P(A|B)$$

Este teorema provee un método alternativo para calcular la probabilidad de la intersección de dos eventos y puede extrapolarse al caso de tres eventos o más.

Para 3 eventos A, B, y C,

$$P(ABC) = P(A)P(B|A)P(C|AB)$$

Para 4 eventos A, B, C y D,

$$P(ABCD) = P(A)P(B|A)P(C|AB)P(D|ABC)$$

F. EJERCICIO DE APLICACIÓN DE UN ÁRBOL DE FALLAS

Considérese la situación en la cual la probabilidad de falla anual en el suministro de energía externo es 0.1. Hay disponible un generador de emergencia, y la probabilidad de que falle a arrancar en una ocasión dada es 0.02. Si el generador arranca, la probabilidad de que no supla la energía suficiente para la duración del paro de emergencia externo es 0.001. Una fuente de energía de emergencia está disponible; la probabilidad de que sea inadecuada es 0.01. La figura 3 muestra el árbol de eventos que representa esta situación; el evento inicial se denota por I, y los eventos subsiguientes están denotados por S, \bar{S} , G, \bar{G} , B y \bar{B} .

Sean:

- $P(i)$ probabilidad de falla en el suministro externo de energía
- $P(\bar{s})$ probabilidad de que el generador de emergencia trabaje
- $P(\bar{a})$ probabilidad de que el generador de emergencia no trabaje
- $P(\bar{A})$ probabilidad de que la potencia del generador sea adecuada
- $P(\bar{A})$ probabilidad de que la potencia del generador no sea adecuada
- $P(\bar{B})$ probabilidad de que la potencia de la batería sea adecuada
- $P(\bar{B})$ probabilidad de que la potencia de la batería no sea adecuada

$$P(i) = 0.1; \quad P(\bar{s}) = 0.02; \quad P(\bar{A}) = 0.001; \quad P(\bar{B}) = 0.01$$

Existen dos secuencias que indican que habría una falla de energía, en el caso de que el suministro externo de energía falle (i). Una es que el generador de emergencia trabaje (s), que la potencia del mismo no sea la adecuada (\bar{A}) y además que la fuente de energía de emergencia sea inadecuada (\bar{B}). La otra secuencia de eventos sería que el generador no trabaje (\bar{s}) y que la fuente de energía de emergencia sea inadecuada (\bar{B}).

Las secuencias de los eventos $is\bar{A}\bar{B}$ e $i\bar{s}\bar{B}$ terminan en una falla de la fuente de energía. Aplicando el teorema de multiplicación para calcular la probabilidad de ocurrencia de estas secuencias de eventos se tiene que:

$$P(is\bar{A}\bar{B}) = 0.1 \times 0.98 \times 0.001 \times 0.01 = 9.8 \times 10^{-5}$$

$$P(i\bar{s}\bar{B}) = 0.1 \times 0.02 \times 0.01 = 2 \times 10^{-5}$$

La probabilidad de que suceda una falla en suministro de energía en un año dado es 2.098×10^{-5} , la suma de estas dos probabilidades.

APENDICE K

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DE RIESGO DE LA SWEDISH RESCUE SERVICES BOARD (SRSB)

El procedimiento de evaluación de riesgo de la SRSB se basa en el manual de identificación y evaluación de peligros en comunidades locales ("Hazard Identification and Evaluation In a Local Community") que dicho organismo ha elaborado para la UNEP's APELL PROGRAMME ("Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level"). El programa APELL, ha sido diseñado por las Naciones Unidas para crear y/o incrementar la preocupación y conocimiento de los peligros potenciales que una comunidad puede tener. Dicho manual presenta una metodología de identificación y evaluación de peligros que no requiere de información muy especializada de los procesos industriales, pero que, siguiendo una secuencia sistemática de identificación y evaluación de los diversos peligros, permite establecer juicios cualitativos de la seriedad del posible impacto del riesgo y de las prioridades de atención que deben considerarse. El manual es el resultado de una integración de experiencias internacionales. El método se basa en dos partes:

Identificación de peligros: la colección sistemática de información sobre los puntos en donde existen condiciones para la ocurrencia de algún tipo de accidente.

Evaluación de peligros: la estimación de que tan frecuentes pueden presentarse y que tan serios pueden ser.

La primera parte es responsabilidad de los evaluadores del riesgo y requiere de la experiencia adquirida en el campo de la ingeniería ambiental y estudios de riesgo, mientras que la segunda parte consiste de la calificación de los peligros y del mapeo y sobreposición de las zonas de riesgo a escala local.

El procedimiento se basa en el llenado ordenado y sistemático de una forma general de evaluación y en la calificación de cada uno de los aspectos de afectación identificados respecto a la vida, el ambiente y los bienes inmuebles. En la fig. 33 (Cap. 5) se presenta este formato para el cual se establecen las siguientes definiciones:

Punto de riesgo: un proceso industrial, una bodega, un patio de almacenamiento, etc. que contenga o involucre un peligro.

Peligro: una amenaza o algo que pueda causar un accidente y que a la vez es una fuente de riesgo.

Riesgo: la probabilidad de que ocurra un accidente dentro de un período de tiempo dado en conjunto con las consecuencias para la población, los bienes inmuebles y el ambiente.

Objetos amenazados: la población; el escenario ambiental aire, agua y/o suelo; o los bienes inmuebles que quedan dentro de la zona de riesgo de un accidente potencial en la vecindad de un punto de riesgo.

Consecuencias: los resultados de un accidente, expresados en términos cuantitativos o cualitativos.

Rapidez de desarrollo del evento: que tan rápido se expande el peligro después de haberse iniciado el evento.

Probabilidad: frecuencia de ocurrencia de un evento en un período de tiempo dado.

Prioridad de atención: calificación que otorga mayor peso de atención a un punto de riesgo identificado en función al potencial de impacto en el orden: personas, ambiente y bienes inmuebles.

Los factores que deben ser considerados para la evaluación de los peligros de los puntos de riesgo identificados son:

- La probabilidad de que ocurra un accidente con un peligro dado, y
- Las consecuencias del evento.

La probabilidad debe considerar todas las fuentes de riesgo de un peligro, para este objeto se deben utilizar toda la información y estadísticas de accidentes e incidentes que puedan conformar la base de la estimación.

De esta forma, el trabajo secuencial del análisis de riesgo de este procedimiento involucra respecto al formato base, un seguimiento de "izquierda a derecha", no siendo válido invertir el orden o evitar una columna. Se realiza entonces un juicio integrado de los peligros individuales, clasificándolos de acuerdo a la probabilidad de ocurrencia, las consecuencias y la rapidez de desarrollo del evento. Este trabajo de evaluación se apoya en una matriz de riesgo base, la cual se incluye al final de este apéndice. Las clasificaciones de las consecuencias se presentan en la tabla siguiente y se expresan en "clases".

Cuando el análisis señale un riesgo muy importante o excepcional, se debe recomendar un estudio de análisis de frecuencia más avanzado.

La rapidez de desarrollo del evento esta expresado en el tiempo necesario para atender o advertir la ocurrencia de un accidente.

A. BASES DEL PROCEDIMIENTO

La experiencia del grupo evaluador y el conocimiento de las condiciones locales son la base del procedimiento. La información requerida está constituida por mapas a escala local mostrando: usos de suelo, densidad de población, vías de comunicación, instalaciones comerciales, líneas de infraestructura, etc.; datos de tráfico vehicular, escuelas, número de habitantes y trabajadores, etc. Cada punto analizado debe estar apoyado de uno o varios "mapas análisis" en donde puedan identificarse los puntos de riesgo y los objetos amenazados y se deben usar tantas formas de análisis como sean requeridas.

B. INVENTARIO DE PUNTOS DE RIESGO

Se deberán listar los puntos de riesgo seleccionados en el análisis en forma de inventario y cada punto deberá estar acompañado por su respectivo mapa de localización y de un resumen de las condiciones de diseño y operación del punto de riesgo.

C. IDENTIFICACIÓN Y VACIADO INICIAL EN EL FORMATO

El formato se aplica iniciando con la identificación de los puntos de riesgo que involucran algún peligro en la columna 1. Se debe incluir en esta columna el número de identificación de las hojas de trabajo asociadas a la evaluación.

La actividad y/o operación que se realiza en el punto de riesgo se debe mostrar en la columna 2.

D. MAGNITUD DEL PELIGRO

El peligro asociado a la actividad u operación identificada debe señalarse en la columna 3. Este peligro puede ser una sustancia peligrosa o una forma de energía. Se debe incluir la cantidad de sustancia y cualquier otra información de apoyo al análisis, por ejemplo: niveles de toxicidad, límites de inflamabilidad, etc. El hecho de incluir una forma de energía es de interés porque la mayor parte de los accidentes son causados cuando algún tipo de energía es liberada de una forma incontrolable, incluso para la propia instalación son:

- Energía potencial: energía liberada por la ruptura de un recipiente, o cuando se colapsa un edificio, o cuando hay un derrumbe.
- Energía cinética: esta energía causa ciertos daños, p.e. vientos fuertes, marejadas, accidentes carreteros, temblores.
- Energía radiante: toma la forma de calor y luz en fuegos.

- **Energía térmica:** causa daños cuando líquidos hirvientes o metales fundidos se escapan.
- **Energía química potencial:** es la energía liberada en fuegos, explosiones y reacciones químicas desbocadas.

E. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS

Los tipos de accidente que podrían causarse por cada peligro deberán señalarse en la columna 4. Esta descripción puede ser un deslizamiento de tierra, un derrumbe de un edificio, una inundación, el escape de un material peligroso, un incendio o explosión, una colisión, etc. Se deberán listar además la combinación de accidentes que podrían ocasionarse.

Los objetos que podrían ser seriamente afectados por la ocurrencia del accidente deben señalarse en la columna 5.

Las consecuencias de los objetos amenazados deberán señalarse en la columna 6. Estas consecuencias deberán haber sido documentadas previamente con hojas de cálculo, gráficas y mapas de zonas de riesgo.

F. CLASIFICACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS.

Para la clasificación de las consecuencias se hace uso de las clases señaladas para la matriz de riesgo con un valor de 1 a 5 para:

Vida (muertes/lesionados)	en la columna 7, "V"
Medio ambiente	en la columna 8, "A"
Bienes inmuebles	en la columna 9, "B"
Rapidez de desarrollo del evento/ magnitud de la advertencia	en la columna 10, "R"

Para esto, se deberán conjugar los resultados de las consecuencias y su sobreposición en mapas de riesgo en cada uno de los objetos amenazados considerados.

La clasificación de la probabilidad se debe indicar en la columna 11, "Pb", con un valor entre 1 y 5. Este valor es el resultado de la evaluación hecha de datos estadísticos y su compaginación con el estado físico y operacional de la operación evaluada.

Para llegar al valor de prioridad de la columna 12, "Fr", se deben seguir los siguientes pasos:

- 1) Tomar el valor mayor de las columnas vida (7), medio ambiente (8) y bienes inmuebles (9).
- 2) Calcular un valor ponderado de ese número considerando la siguiente suposición:

El valor máximo posible será aquel que corresponda al caso más grave, esto es, un número "5" en cualquiera de las columnas con una rapidez de desarrollo de "5" (columna 10). De esta forma la magnitud máxima posible de la seriedad de la consecuencia es:

$$\frac{(\text{Valor máximo de seriedad de consecuencia encontrado})}{(\text{Valor máximo posible de cualquier consecuencia})} \times (\text{Valor de rapidez})$$

o bien; para el ejemplo:

$$\frac{5}{5} \times 5 = 5$$

A continuación, se consulta la gráfica de la matriz general y se localizan las coordenadas en las cuales se ubica la seriedad de la consecuencia con el valor previamente obtenido y el valor de probabilidad P_b , se encuentra la posición de cruce de ambos valores. El color que corresponda a este cruce indicará la clasificación de riesgo y la prioridad de atención al punto analizado. Por ejemplo, tomando el caso anterior, suponiendo que el valor de P_b hubiera sido $P_b=3$, entonces el riesgo es de nivel D con atención en un plazo no mayor a 6 meses.

Clasificación de las consecuencias de un accidente potencial, de la rapidez de desarrollo a la cual el accidente ocurriría y la probabilidad de ocurrencia.

Consecuencias para la vida y la salud

<u>Clase</u>	<u>Características</u>
1. Sin importancia	Malestares ligeros temporales.
2. Limitadas	Pocas lesiones leves, malestares prolongados.
3. Serias	Pocas lesiones serias, malestares serios.
4. Muy serias	Varias muertes (más de 5), heridos de gravedad (≈ 20), hasta 500 evacuados.
5. Catastróficas	Bastantes muertes (más de 20), cientos de heridos y más de 500 evacuados.

Consecuencias para el medio ambiente

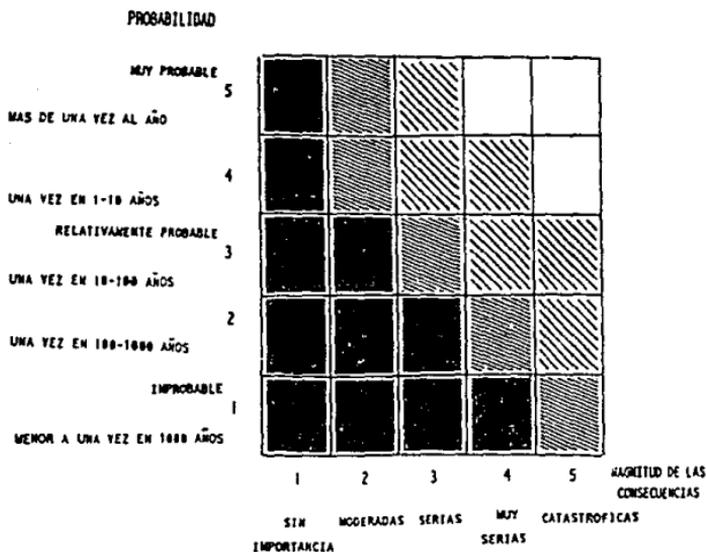
<u>Clase</u>	<u>Características</u>
1. Sin importancia	No requiere actividades de descontaminación, efectos localizados.
2. Limitadas	Descontaminación sencilla, efectos localizados.
3. Serias	Actividades de descontaminación sencillas, efectos ampliamente diseminados.
4. Muy serias	Descontaminación difícil, efectos localizados.
5. Catastrófica	Descontaminación muy difícil, efectos ampliamente diseminados.

Consecuencias para los bienes inmuebles

<u>Clase</u>	<u>Características en términos de costo en miles de N\$</u>
1. Sin importancia	< 5
2. Limitadas	5-10
3. Serias	10-50
4. Muy serias	50-200
5. Catastróficas	>200

Rapidez de desarrollo

<u>Clase</u>	<u>Características</u>
1. Advertencias anticipadas y claras.	Efectos localizados, sin daños.
2.	
3. Media	Algo de efectos alrededor, daños ligeros.
4.	
5. Sin aviso	No determinadas hasta que los efectos se han determinado por completo, efectos inmediatos (explosión).



CLASIFICACION DE CATEGORIAS DE RIESGO Y PRIORIDADES DE ATENCION

NIVEL IDENTIFICACION	CLASIFICACION	DESCRIPCION DE PROCEDIMIENTOS DE ATENCION A APLICACION
E	ALTO RIESGO	ATENCION INMEDIATA. REQUIERE DEL DESARROLLO DE PLANES EMERGENCIA O ATENCION CON LA SUPERVISION DE LAS AUTORIDADES CORRESPONDIENTES, ASI COMO DE LA APLICACION DE PROCEDIMIENTOS CORRECTIVOS Y PREVENTIVOS DE INGENIERIA HASTA LOGRAR EL NIVEL "B" CITADO EN ESTE CUADRO
D	RIESGO INACEPTABLE	ATENCION NECESARIA. DEBERAN APLICARSE MEDIDAS DE INGENIERIA CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS ADICIONALMENTE AL DESARROLLO DE PLANES DE EMERGENCIA PROPIOS EN UN PLAZO NO MAYOR A 6 MESES HASTA LLEGAR AL NIVEL "B" CITADO EN ESTE CUADRO
C	RIESGO INDESEABLE	ATENCION PROGRAMADA. DEBERA CORREGIRSE Y MITIGARSE CON MEDIDAS CORRECTIVAS DE INGENIERIA EN UN PLAZO NO MAYOR A 12 MESES HASTA EL NIVEL "B" CITADO EN ESTE CUADRO
B	ACEPTABLE CON CONTROL	CONTROL CONTINUO. SUPERVISION Y MANTENIMIENTO CONTINUO CON PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE INGENIERIA
A	ACEPTABLE EN ESTE ESTADO	NO REQUIERE NINGUNA MEDIDA DE CONTROL

Matriz de Riesgo

8. BIBLIOGRAFIA

- AICHE (1992). Guidelines for Hazard Evaluation Procedures. 2a. Edición. N.Y.
- AICHE (1989). Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. New York.
- Atallah, Sami (1980). Assessing and Managing Industrial Risks. Chem. Eng. Vol. 87, no. 18, pp. 94-103.
- Bare, Jane C., Dewolf, Glenn B. and Quass, Jeffrey D. (1988). Probability and Control Cost Effectiveness for Accidental Toxic Chemical Releases. APCA 81st Annual Meeting. Dallas, Texas. June 19-24.
- Bernardini, Ernesto (1981). Tecnología de Aceites y Grasas. Ed. Alhambra. Madrid, España.
- Bravo A. Humberto (1994). Jefe de la Sección de Contaminación Ambiental. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.
- CANACINTRA (1992). Notas del Curso Intensivo sobre Métodos de Análisis de Riesgo. México, D.F.
- Cárdenas, Enrique (1975). Industria Química Orgánica. Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior. 1a. Ed. EDICOL, S.A., México.
- Cavanaugh et. al. (1992). Simulation of Vapor Emissions from Liquid Spills. AWMA 85st. Annual Meeting. Kansas City, Missouri, June 21-26.
- CENAPRED (1993). Riesgos Químicos. No. 6. México, D.F.
- Davenport, J.A. (1977). A Survey of Vapor Cloud Incidents. Chem. Eng. Prog. Septiembre. U.S.A.
- Davis, Daniel et. al. (1989). Accidental Releases of Air Toxics. Pollution Technology Review No. 170, Noyes Data Corporation, U.S.A.
- Diario Oficial de la Federación (1993). Tomo CDLXXXI. No. 16. Octubre 22. México, D.F.
- DOW CO. (1987). Fire & Explosion Hazard Clasification Guide. Dow Chemical Company. 6th Ed., Midland.
- Du Pont. Use of Process Risk Calculations in Hazards Management. Du Pont Safety & Fire Protection Guideline. Secciones 6.4. y 6.6.
- EPA (1975). Chemical Emergency Preparedness Program. Interim Guidance. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, D.C. 20460.

EPA (1988). A Workbook of Screening Techniques for Assessing Impacts of Toxic Air Pollutants. EPA-450/4-88-009. North Carolina, 1987.

Ehret, Donald (1986). The Risk Assessment Process. Journal of the American Pollution Control Eng. Vol. 36. No. 7.

Fellows, Kenneth T. (1991). Modeling of Accidental Ammonia Releases from Ammonia Storage Facility. AWMA 84th Annual Meeting & Exhibition. Vancouver, British Columbia. June 14-21.

Gregory A. Holton (1988). Risk Assessment of Toxic Material Releases. First Environment Inc. June 18-19. Dallas, Texas.

Griffiths, Richard F. and Kaiser, Geoffrey D. (1982). The Accidental Release of Anhydrous Ammonia to the Atmosphere: A Systematic Study of Factors Influencing Cloud Density and Dispersion. Journal of the Air Pollution Control Association. Vol. 32. No. 1. pp. 66-71.

Kletz, Trevor (1977). Evaluate Risk in Plant Design. Hydrocarbon Processing. Mayo. pp. 297-324.

Lapp, Steven A. (1990). The Major Risk Index System. Plant Operations Progress. Vol. 9. No. 3.

Lees, Frank (1991). Loss Prevention in the Process Industries. Vol.1 y Vol.2. Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1993). 7a. Ed. Porrúa. México.

López Félix, Federico (1993). Impacto Ambiental y Seguridad en Plantas de Extracción de Aceite. Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles, A.C. Vol. 1. No. 13.

Madrid, Vicente (1988). Producción, Análisis y Control de Calidad de Aceites y Grasas Comestibles. Madrid, España.

Martino, Paul (1980). LNG Risk Management. Environmental Science & Technology. Vol. 14. No. 12. pp. 1446-1453.

Mills, Michael T. and Paine, Robert J. (1990). A Survey of Modeling Techniques for Consequence Analysis of Accidental Chemical Releases to the Atmosphere. Reliability Engineering and System Safety. Vol. 29. pp. 69-102.

Mills, Michael T. and Walker, Karen C. (1992). Source Characterization - A Major Challenge in Risk Assessments for Accidental Chemical Releases. AWMA 85th Annual Meeting and Exhibition. Kansas City, Missouri. June 21-26.

Ontario Ministry of the Environment (1983). Portable Computing System for Use in Toxic Gas Emergencies. Report no. ARB-162-83-ARSP. Ontario.

OSHA (1990). OSHA Regulated Hazardous Substances, Health, Toxicity, Economic and Technological Data. Noyes Data Corporation. Park Ridge, New Jersey.

- Ozog, Henry (1985). Hazard Identification Analysis and Control. Chem. Eng. Feb. 18. pp. 151-170.
- Perry's Chemical Engineering Handbook (1991). 6th Ed. Mc. Graw Hill Co.
- Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo: Instructivos (1985). Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 2a Edición. México, D.F.
- Prugh, R.W. (1980) Application of Fault Tree Analysis Methodologies. Chem. Eng. Progress. Julio. pp. 59-67.
- Riva Palacios, Sergio (1991). Ordenamiento Ecológico, Impacto Ambiental y Riesgo Ambiental. Curso Institucional, Palacio de Minería. 22 de abril al 4 de mayo. División de Educación Continua, F.I. UNAM.
- Rosenberg, T. (1980). Hazard Identification and Evaluation in a Local Community. Swedish Rescue Services Board. Swedish.
- Sala, S.A. (1976). Plant Loss Prevention: Vapor Clouds and Fires in a Light Hydrocarbon Plant. Chem. Eng. Prog. Nov. pp. 56-61.
- SEDUE (1985). Guía Metodológica para la Evaluación del Riesgo Derivado del Uso Antagónico del Suelo. Tecno-consult. Contrato 412-012-85. México, D.F.
- Shrelber, Alice M. (1982). Using Event Trees and Fault Trees. Chem. Eng. Oct. 4. pp. 115-120.
- Shreve, R. Norris and Brink, Joseph A. Jr. (1977). Industrial Gases. Chemical Process Industries. 4th Ed. Mc. Graw Hill. International Student Ed.
- Shreve, R. Norris (1988). Manual de Procesos Químicos en la Industria. Traducción de Matilde Espinoza R. et al. Mc. Graw Hill. México.
- Technica (1989). Hazard Zone Analysis Methodologies (1989). Technica Inc. Columbus, OHIO 43235.
- Theodore, L., Reynolds J.P. y Taylor, F.B. (1989). Accident & Emergency Management. John Wiley & Sons, Inc.
- The World Bank (1985). Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques. Office of Environmental and Scientific Affairs. Washington, D.C.
- Tray, S.F. & Bilbe C.W. (1951). Solvent Extraction of Vegetable Oils. Chem. Eng. Vol. 58. No. 1. pp. 19-42.
- Trinity Consultants Inc. (1988). Atmospheric Diffusion Notes. Junio. No. 12.
- Weiss, G. (1986). Hazardous Chemicals Data Book. 2nd Ed. Noyes Data Corporation. Park Ridge, New Jersey.
- Wiederman (1981). Degumming, Refining and Bleaching Soybean Oil. Journal of the American Oil Chem. Soc. Vol. 59. No. 3.