

32
25



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

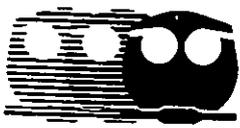
FACULTAD DE QUIMICA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

"ANALISIS DE RIESGOS AMBIENTALES EN LA
INDUSTRIA ELECTRICA POR EL MANEJO DE
HIDROGENO"

T E S I S
"INFORME DE LA PRACTICA PROFESIONAL"
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
RAUL GONZALEZ HERNANDEZ



MEXICO, D. F.

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

27/12/99



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACION

DISCONTINUA

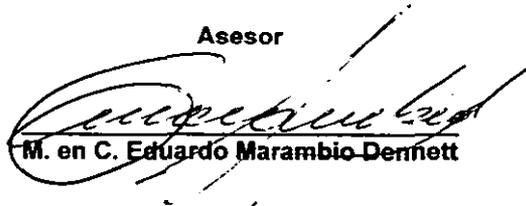
JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE:	Prof. Jaime Medina Oropeza
VOCAL:	Prof. Eduardo Marambio Dennett
SECRETARIO:	Prof. Ramón E. Domínguez Betancourt
PRIMER SUPLENTE:	Prof. Rodolfo Torres Barrera
SEGUNDO SUPLENTE:	Prof. Víctor Manuel Luna Pabello

Sitio donde se desarrolló el tema:

**Facultad de Química, Ciudad Universitaria. edificio A 4° piso (F.Q.)
Comisión Federal de Electricidad (CFE) Melchor Ocampo 469 – 8° piso**

Asesor



M. en C. Eduardo Marambio Dennett

Sustentante:



Raúl González Hernández

AGRADECIMIENTOS

A Dios

**Quien me acompañó siempre,
dándome inteligencia, paciencia
y las circunstancias idóneas para lograr
lo que me propuse.**

A mi Mamá

**Ma. del Socorro Hernández
Hernández**

**Quien con su carácter me enseñó
que nada es difícil, que sólo hay
que pensar un poquito:**

A mis Hermanos:

Victor y David

**Quienes me enseñaron, confiando
siempre en mí, que podía lograr
este ansiado objetivo.**

A mí ahora esposa

Angélica Alvarez Espinosa

**Por ser mi cómplice en todos mis
sueños.**

A mi Papá

Raúl González Gómez

**Quien siempre me alentó con lo
mejor: "El reconocimiento".**

A mis abuelitos

Socorro y Antonio

**Por apoyarme en lo que pudieron a
lo largo de toda mi vida académica.**

A mis Amigos:

**Julio D. Itzchel N. Ezequiel G.
Manuel M. Jacobo G. Adriana C.
Alaín G. Graciela L. Mirza M.**

**Quienes siempre me pasaron no
solamente su buena vibra.**

LISTA DE TABLAS

1. Clasificación de Accidentes
2. Accidentes más comunes en la industria, causas y consecuencias
3. Algunos Accidentes industriales de relevancia a partir de 1974
4. Información Preliminar necesaria para un Análisis de Riesgos
5. Sustancias utilizadas en una C.T. Termoeléctrica

LISTA DE FIGURAS

1. Proceso de trabajo para un Análisis HAZOP
2. Escenarios posibles y su evaluación
3. Escenarios posibles y su evaluación
4. Alternativas de Evaluación para el escenario Propuesto
5. Diagrama esquemático para el proceso de Evaluación de Energía
6. Localización Geográfica de la C.T. Villa Angel
7. Arreglo General de la C.T. Villa Angel
8. Diagrama de Pétalos, resultado de la simulación para todas las sustancias de alto riesgo
9. Radio de afectación de una nube tóxica
10. Radios de afectación zona de alto riesgo (rojo) y amortiguamiento (amarillo)
11. Diagrama de pétalos para la C.T. Villa Angel
12. Procedimiento de respuesta ante un evento que puede ser considerando como emergencia

INDICE

Página

INTRODUCCIÓN	1
IDENTIFICACIÓN, JERARQUIZACIÓN, ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE RIESGOS	
CAPÍTULO I	13
CASO PRACTICO DE UN ESTUDIO DE RIESGO CAPITULO II	55
PROGRAMAS PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES CAPITULO III	82
CONCLUSIONES IV	89

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
IDENTIFICACIÓN, JERARQUIZACIÓN, ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE RIESGOS	13
Identificación de riesgos	13
Metodologías para la identificación de riesgos	16
Análisis histórico de accidentes	17
Revisiones de seguridad	19
Listas de Chequeo (Check list)	21
Análisis What if?	23
Indices de Riesgo	25
Jerarquización de riesgos	30
Matriz de jerarquización	30
Índice DOW e Índice MOND	33
Análisis de Riesgos	34
Metodologías para el análisis de riesgos	34
Análisis HAZOP	35
Análisis de Modalidades de Fallo y sus efectos (FMEA)	38
Análisis de Árbol de fallos (FTA)	41
Análisis de Árbol de consecuencias	43
Simulación	45
Scri2	46
ARCHIE	49
PHAS PRO	52
CASO PRACTICO DE UN ESTUDIO DE RIESGO	55
Descripción del Proceso de una Central termoeléctrica	57
Datos Generales	63
Lista de sustancias	65
Identificación de los riesgos	67
Jerarquización de los riesgos	69
Análisis de riesgos (identificación de escenarios)	71
Simulaciones	74
PROGRAMAS PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES	82
CONCLUSIONES	89

INTRODUCCIÓN

Se considera que una de las principales razones por las cuales la industria química se ha desarrollado es la constante necesidad que tiene el hombre por vivir mejor. Así pues, la Ingeniería Química ha incursionado cada vez más en diferentes áreas (seguridad industrial, aspectos ambientales, proyectos, instrumentación, ventas, etc.), en donde se presentan muy diversos y variados problemas.

Como es bien sabido las actividades de desarrollo, incluyendo la industrialización, presentan un potencial de impacto ambiental, que en ocasiones suele ser irreversible.

La Química, ciencia que estudia la transformación de la materia, participa en la mayoría de los procesos en los que la materia prima se transforma, en producto y/o subproducto, provocando la existencia de riesgos. Estos pueden definirse como la probabilidad asociada a los peligros y vulnerabilidades que se cuantifican según a la gravedad y las consecuencias de un determinado evento.

$$(PROBABILIDAD) (COSTO) = RIESGO$$

Los riesgos generan accidentes que traen como consecuencia diferentes efectos económicos, como los costos referentes a la pérdida de materia prima necesaria para la planta, la producción, el equipo y el pago de indemnizaciones (a los vecinos, vida, salud, instalaciones y medio ambiente¹).

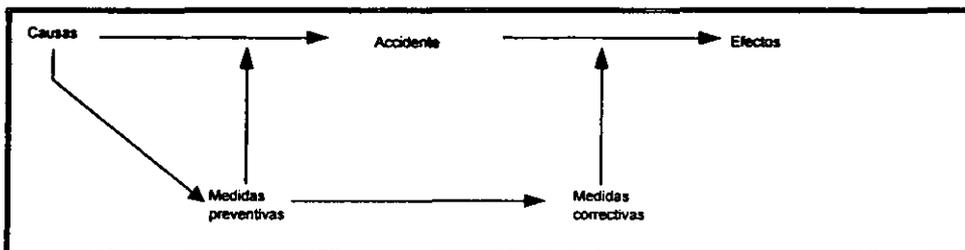
¹ Ambiente.- Conjunto de elementos naturales y artificiales inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados. (Art. 3 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente).

Los efectos ambientales son muy variados. Para tener un ejemplo claro de ello, basta recordar el accidente ocurrido en Bhopal (India) en 1984 donde se produjo un escape de gas venenoso (isocianato de metilo), en una planta de Unión Carbide que producía una sustancia insecticida; la emisión se esparció sobre una superficie cercana a 40 km², provocando 2500 muertes directas por envenenamiento y aproximadamente el mismo número en condiciones críticas. Unas 150 000 personas requirieron tratamiento médico y se produjeron efectos a largo plazo como ceguera, trastornos mentales, lesiones hepáticas y renales, así como malformaciones embrionarias.

Lo anterior nos lleva a considerar la importancia de identificar y analizar los riesgos que existen en las industrias por el manejo de sustancias químicas.

Riesgo Ambiental se define como la probabilidad de que ocurra un accidente que rebase los límites del predio dañando su entorno, esto se conoce también como accidente ambiental, tema que se retomara más adelante, en el presente capítulo.

Los efectos son el resultado de un accidente originado por diversas causas que no fue prevenido ni corregido adecuadamente. Lo anterior se representa de la siguiente forma:



Se entiende como accidente "cualquier acontecimiento que implica una desviación intolerable sobre las condiciones de diseño de un sistema"².

Los accidentes pueden ser clasificados por su origen y sus consecuencias.

ORIGEN	CONSECUENCIAS (EFECTOS)
NATURALES - HIDROLÓGICOS - GEOLÓGICOS	- SALUD DE LOS TRABAJADORES - EQUIPO - MEDIO AMBIENTE
ANTROPOGÉNICOS - SANITARIOS - SOCIORGANIZATIVOS - QUÍMICOS	

TABLA (1) "Clasificación de los accidentes"

Por lo general, entre las causas y el accidente se encuentran una secuencia de hechos, entre los que destacan las circunstancias peligrosas, las respuestas del sistema y de los operadores (medidas preventivas), además de los sucesos posteriores (medidas correctivas), que son los que inician, continúan, prevén o mitigan un accidente, estos se muestran de manera general en la TABLA No. 2 pág.5

² J.M. Santa María Ramiro. Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química. 1 Ed. Madrid MAPFRE, 1993 522 Pág.

En el capítulo III se mencionan las características del Programa de Prevención de Accidentes (PPA) el cual requiere el conocimiento de las medidas antes mencionadas (preventivas y correctivas), a nivel interno y externo, con el fin de establecer un plan de respuesta y mitigación de emergencias, que es importante conocer una vez analizados los riesgos y sus zonas de afectación.

CIRCUNSTANCIAS PELIGROSAS	CAUSAS	CIRCUNSTANCIAS PROPAGADORAS	MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS	CONSECUENCIAS DEL ACCIDENTE
<p>Almacenamiento de cantidades importantes de sustancias peligrosas (materiales inflamables, combustibles, inestables o tóxicos, gases inertizantes, materiales a muy alta o muy baja temperatura, etc.). Materiales altamente reactivos (reactantes, productos, subproductos, sustancias intermedias). Velocidades de reacción especialmente sensibles a impurezas o parámetros de proceso.</p>	<p>Fallos de maquinaria y equipo de proceso (bombas, válvulas, instrumentos, sensores, etc.). Fallos de contención (tuberías, recipientes, tanque de almacenamiento, juntas, etc.). Errores humanos (operación, mantenimiento, revisiones). Pérdida de servicios (agua, electricidad, aire comprimido, vapor). Agentes externos (inundaciones, terremoto, tormentas, vientos fuertes, impactos, sabotaje, etc.). Errores de método o de información.</p>	<p>Desviaciones en parámetros de proceso (presiones, temperaturas, flujos, concentraciones, cambios de fase o de estado). Fallos de contención (tuberías, recipientes, tanques, juntas, fuelles, entrada o salida, venteos, etc.). Emisiones de materiales (combustibles, explosivos, tóxicos, reactivos). Ignición / explosión. Errores del operador (comisión, omisión, diagnóstico, toma de decisiones). Agentes externos. Errores de método o de información.</p>	<p>Respuestas de seguridad (válvulas de alivio, servicios de reserva, sistemas y componentes redundantes, etc.). Mitigación (venteos, diques, antorchas, rociadores, etc.). Respuestas de control / respuestas de los operadores. Operaciones de emergencia (alarmas, procedimientos de emergencia, equipos de protección personal, evacuación, etc.). Agentes externos. Flujo adecuado de información.</p>	<p>Fuegos. Explosiones. Impactos al entorno Dispersiones de materiales tóxicos. Dispersión de materiales de alta reactividad.</p>

TABLA (2) "Accidentes más comunes en la industria, causas y consecuencias"

El accidente ambiental puede también ser llamado accidente mayor, que es definido como "cualquier suceso (fuga, incendio o explosión), cuyos efectos, por su alcance, rebasan los límites de la instalación industrial o comercial en que se encuentran una o más sustancias peligrosas; dañando a la flora, fauna, seres humanos o bienes materiales; alterando las características del medio ambiente o de los ecosistemas"³. Se entiende por sustancia peligrosa "aquella que por sus altos índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad, reactividad, corrosividad o acción biológica puede ocasionar una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes"⁴.

Según el Ing. Francisco González⁵, las causas de un accidente ambiental son las siguientes:

- a) Los problemas del sitio donde se ubica la planta
- b) El escaso espacio interno y arreglo general inadecuado
- c) Los equipos y estructuras fuera de las especificaciones técnicas
- d) La evaluación inadecuada de los materiales
- e) Los problemas que pueden presentarse en el proceso
- f) Los problemas por movimiento de materiales
- g) Las fallas operacionales
- h) Las fallas de equipo
- i) La falta de un programa eficiente de seguridad.

Este tipo de accidentes puede originarse a través de un accidente industrial, debido a esto existe una creciente preocupación por aplicar métodos sistematizados para eliminar o reducir los riesgos, ya que la sociedad en general reclama a la industria una mayor seguridad para sus miembros, propiedades y el medio ambiente.

³ Guía Para la Elaboración de Programas de Prevención de Accidentes, 1995, glosario.

⁴ Anexo A 1° y 2° listados de actividades altamente Riesgosas.

⁵ Diplomado en Riesgo Ambiental. "Métodos de Evaluación, Auditorías y Control Total de Calidad" UAM Iztapalapa 1993

Debido a los acontecimientos ocurridos en San Juan Ixhuatepec, México (19 de noviembre de 1984) Bhopal, India (diciembre de 1984), Institute, E.U.A. (agosto de 1985), así como Guadalajara, México (abril de 1992), que dieron como resultado la pérdida de miles de vidas humanas y cuantiosos daños materiales. (TABLA 3); La sociedad actualmente exige que como requisito para el establecimiento de cualquier tipo de industria donde se utilicen sustancias químicas se elabore un Estudio de Riesgo.

ACCIDENTE	CONSECUENCIA
<p>FLIXBOROUGH (UK), 1 JUNIO DE 1974. EN UNA PLANTA DE NIPRO LA ROTURA DE UNA TUBERÍA PROVOCA LA DESCARGA DE 80 TONELADAS DE CICLOHEXANO LÍQUIDO Y CALIENTE. LA NUBE RESULTANTE DA ORIGEN A UNA EXPLOSIÓN DE GRAN PODER DESTRUCTIVO.</p>	<p>28 MUERTOS Y CIENTOS DE HERIDOS. DESTRUCCIÓN COMPLETA DE LAS INSTALACIONES.</p>
<p>SEVESO (ITALIA), 9 DE JULIO DE 1976. EN UNA PLANTA DE ICMESA (HOFFMANN LA ROCHE), UNA REACCIÓN QUÍMICA FUERA DE CONTROL PROVOCA EL VENTEO DE UN REACTOR, LIBERÁNDOSE 2 Ton DE PRODUCTOS QUÍMICOS A LA ATMÓSFERA. ENTRE ÉSTOS HABÍA DE 0.5 A 2 Kg DE DIOXINA, CUYA DÓSIS LETAL PARA UNA PERSONA DE SENSIBILIDAD PROMEDIO ES INFERIOR A 0.1 mg.</p>	<p>FUE PRECISO EVACUAR A MÁS DE 1000 PERSONAS. NO HUBO MUERTES COMO CONSECUENCIA DIRECTA DEL ACCIDENTE, PERO LA DIOXINA AFECTO A MUCHAS PERSONAS: ACNÉ POR CLORO, ABORTOS ESPONTÁNEOS Y CONTAMINACIÓN DEL SUELO.</p>
<p>CAMPING DE LOS ALFAQUES, SAN CARLOS DE LA RAPITA (ESPAÑA), 11 DE JULIO DE 1978. UN CAMION DE 39 Ton, SOBRECARGADO CON UNOS 45 m³ DE PROPILENO, DIO ORIGEN A UNA EXPLOSIÓN LEVE AL CHOCAR CON LA PARED DE UN CAMPING.</p>	<p>215 MUERTES</p>
<p>CUBATAO (BRASIL), 25 DE FEBRERO DE 1974. UN OLEODUCTO SUFRE DAÑOS. LA GASOLINA QUE ESCAPA SE EVAPORA Y SE INFLAMA DANDO ORIGEN A UNA GRAN ESFERA DE FUEGO.</p>	<p>AL MENOS 500 MUERTES</p>
<p>MÉXICO D.F. (MÉXICO), 19 DE NOVIEMBRE DE 1984. HACEN EXPLOSIÓN VARIOS CONTENEDORES CON G.L.P. EN SAN JUAN IXHUATEPEC.</p>	<p>452 MUERTOS Y MÁS DE 4200 HERIDOS. EL NÚMERO DE DESAPARECIDOS PUEDE ESTAR EN TORNO A 1000 PERSONAS.</p>
<p>BHOPAL (INDIA), 17 DE DICIEMBRE DE 1984. SE PRODUCE UN ESCAPE DE GAS VENENOSO (ISOCIANATO DE METILO), EN UNA PLANTA DE UNIÓN CARBIDE PRODUCÍA UNA SUSTANCIA INSECTICIDA. LA EMISIÓN SE ESPARSE SOBRE UNA SUPERFICIE DE UNOS 40 Km².</p>	<p>2500 MUERTES DIRECTAS POR ENVENENAMIENTO Y APROXIMADAMENTE EL MISMO NÚMERO EN CONDICIONES CRÍTICAS. UNAS 150 000 PERSONAS REQUIRIERON TRATAMIENTO MÉDICO. SE PRODUJERON EFECTOS A LARGO PLAZO: COMO CEGUERA, TRASTORNOS MENTALES, LESIONES HEPÁTICAS Y RENALES, ASÍ COMO MALFORMACIONES EMBRIONARIAS.</p>
<p>GUADALAJARA (MÉXICO), 22 DE ABRIL 1992. EXPLOSIONES EN ALCANTARILLADO.</p>	<p>200 MUERTOS , 1500 HERIDOS , 1200 VIVIENDAS DESTRUIDAS .</p>

TABLA (3) "Algunos accidentes industriales de relevancia a partir de 1974"

Los estudios de riesgo se definen, de acuerdo con el Reglamento de Impacto Ambiental, como:

“Documento mediante el cual se da a conocer, a partir de las acciones proyectadas para el desarrollo de una obra o actividad, los riesgos que dichas obras o actividades representen para el equilibrio ecológico o el ambiente; así como las medidas técnicas de seguridad, preventivas y correctivas, tendientes a evitar, mitigar, minimizar o controlar los efectos adversos al equilibrio ecológico en caso de un posible accidente durante la ejecución u operación normal de la obra o actividad de que se trate”⁶.

El Ingeniero Químico puede contribuir en gran parte en la realización de los estudios de riesgo, ya que conoce las sustancias químicas y los principios de su comportamiento en diferentes circunstancias y condiciones.

Como ya se mencionó, el accidente es una desviación intolerable sobre las condiciones de diseño, es aquí donde los estudios de riesgo tienen un papel muy importante dentro de la industria, ya que en este documento se mencionan efectos, las medidas preventivas y correctivas.

Cuando interactúan en un proceso las materias primas, el producto terminado, los recursos humanos y el ambiente se originan riesgos. Su magnitud depende de las características particulares de los elementos mencionados.

⁶ Reglamento de la Ley general del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental. Diario Oficial de la Federación el día 7 de junio de 1988.

Actualmente en México la Legislación Nacional regula las actividades industriales cuyas implicaciones de riesgo tienen relación con impactos en la industria, la salud del trabajador y el medio ambiente de trabajo (conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre, que interactúan en el centro de trabajo⁷) mediante la Ley Federal del Trabajo, publicada por la Secretaría del Trabajo.

De acuerdo con el Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, la Seguridad e Higiene se define como: **"Los procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los centros de trabajo, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que intervienen en los procesos y actividades de trabajo, con el objeto de establecer medidas para la prevención de accidentes o enfermedades de trabajo, a fin de conservar la vida, salud e integridad física de los trabajadores, así como evitar cualquier posible deterioro al propio centro de trabajo"**⁸. Se tiene así un fundamento legal que establece medidas preventivas para un accidente laboral, el cual puede acabar con la vida del trabajador (Seguridad e Higiene) o con el equipo (Seguridad Industrial). Este accidente puede ser la causa principal de que se generen efectos fuera del límite del predio. Sin embargo cabe mencionar que un accidente industrial, con efectos al ambiente, no necesariamente puede tener su origen en una falla operacional que cause la muerte al trabajador, sino que también puede originarse por desviaciones (acción que no estaba prevista en el diseño original) en el proceso.

Debido a que en los procesos se manejan sustancias químicas que originan situaciones peligrosas. Se han desarrollado metodologías sistematizadas de alta confiabilidad con el fin de realizar los diagnósticos en materia de seguridad industrial.

⁷ Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

⁸ Op. Cit.

El conocer a detalle las características de los procesos, los materiales utilizados y su entorno para la identificación primaria de la existencia de posibles riesgos, se conoce hoy en día como análisis de riesgos.

A través de este análisis se buscan las causas básicas que produjeron el accidente y se establecen las medidas preventivas y correctivas, que serán aplicadas para modificar instalaciones existentes en el diseño de unidades productivas similares, con el fin de evitar la reincidencia de los eventos.

En Seveso, Italia, como consecuencia del accidente ocurrido el 9 de julio de 1976, se estableció una política de análisis de riesgos que proponía un camino sistematizado de prevención de accidentes. A esta le siguieron las compañías aseguradoras que trabajaban para la industria química e incluso industrias como Dow desarrollaron su propia estrategia para la evaluación de riesgos por explosión e incendio. No solo crearon mejores programas de seguridad, sino que desarrollaron verdaderas medidas preventivas en lo que a seguridad industrial se refiere.

El objetivo principal de un estudio de riesgo ambiental es el de identificar, jerarquizar y estimar las consecuencias de los eventos máximos probables (Cap. I). Cabe mencionar que el alcance de este estudio, en función al marco regulatorio actual, es analizar las actividades en las cuales se pueda generar un accidente mayor por la utilización de sustancias químicas; es decir, que se estudian las áreas que representan riesgos por el manejo de sustancias químicas y no riesgos físicos.

Así pues el presente trabajo pretende mostrar el análisis que debe de hacerse a una sustancia cuando se considera peligrosa. Con ello el lector tendrá una orientación que lo ayude a identificar el riesgo ambiental que representa manejar una sustancia en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso y disposición final; Además de jerarquizarlo y simularlo, para conocer y adoptar las medidas necesarias para la seguridad en las instalaciones y fuera de ellas (Cap. III). En esta trabajo se analizarán los efectos ocasionados por el manejo de Hidrógeno en la generación de energía eléctrica en una Central⁹ hipotética llamada Villa Angel.

⁹ En la industria eléctrica a las plantas se les nombra como Centrales

IDENTIFICACIÓN, JERARQUIZACIÓN, ANÁLISIS Y SIMULACIÓN DE RIESGOS

Con el propósito de reducir los riesgos ambientales por el manejo¹⁰ de sustancias químicas en la industria, se han desarrollado métodos sistematizados para la identificación, jerarquización y análisis de dichos riesgos con el fin de tomar medidas preventivas o correctivas, según sea el caso.

Identificación → Jerarquización → Análisis → Simulación

II.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

La identificación de riesgos consiste en visualizar las zonas o las circunstancias en donde se considere que ocurra un accidente. El principal objetivo de la identificación de riesgos es detectar las zonas o unidades de la planta que representen un riesgo ambiental, sin preocuparse de que tanta probabilidad de ocurrencia se tenga.

El primer paso para la identificación de los riesgos consiste en hacer un listado de todas las sustancias utilizadas en la planta, con el fin de saber que se utiliza y empezar a evaluar los riesgos que pudieran ocasionar. Es importante aclarar que las sustancias que se incluyen en esta lista, sólo son materias primas utilizadas en la planta, estando en ella de manera permanente. En esta lista no deben incluirse residuos de ningún tipo.

¹⁰ Manejo.- Alguna o la combinación de las siguientes actividades: producción, operación, procesamiento, uso, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final (LGEEPA).

En la lista de las sustancias utilizadas en la Central debe incluirse la cantidad existente de cada una de las sustancias, que es la suma de las cantidades que se encuentren en uso, almacenamiento, producción, procesamiento y transporte.

$$\begin{array}{r}
 \text{Uso} \\
 \text{Almacenamiento} \\
 + \text{ Producción} \\
 \text{Procesamiento} \\
 \text{Transporte} \\
 \hline
 \text{Cantidad Existente}
 \end{array}$$

Lo anterior puede ordenarse mediante una tabla que incluya lo siguiente:

SUSTANCIA	CANTIDAD EXISTENTE	NUMERO DE NACIONES UNIDAS	CANTIDAD DE REPORTE ¹¹	USO

TABLA 4 "Información preliminar necesaria para un análisis de riesgos"

La cantidad existente se compara con las cantidades de reporte incluidas en el primero y el segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación¹², encontrando una primer conclusión:

" Las sustancias que pueden generar riesgos de índole ambiental por la cantidad existente son las siguientes..."

¹¹ Cantidad de reporte.- Cantidad mínima de un material peligroso en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, la población y sus bienes.

¹² Anexo A. 1° y 2° Listado de Actividades altamente Riesgosas.

La identificación de riesgos es el paso más importante del análisis de riesgos, puesto que cualquier riesgo cuya identificación sea omitida podría ocasionar efectos domino, estos se presentan cuando un accidente genera otro y este a su vez sirve como detonador para generar una concatenación de eventos.

En algunas ocasiones, los riesgos son evidentes y no necesitan procedimientos especiales para ponerse de manifiesto. En otras se requiere una metodología para saber la clase de accidentes que ocasionarían.

En cualquier circunstancia, decir que en una instalación determinada puede ocurrir algún evento (explosión incendio o la liberación de un material), no es suficiente, sino que se requiere de un estudio que indique cuáles son los mecanismos o secuencias de acontecimientos (concatenación de eventos) por los que un accidente puede tener lugar y así poder actuar sobre los mismos.

La identificación y caracterización de riesgos debe realizarse durante toda la vida de la instalación, con una periodicidad adecuada. En la etapa de la definición del proceso permitir reducir los riesgos mediante la selección de rutas que posean una mayor seguridad intrínseca por las condiciones del proceso en sí, las sustancias utilizadas, por los niveles de inventario requeridos, etc. En las etapas de diseño y construcción, puede seguir mejorando la seguridad, en las etapas posteriores (modificaciones a la planta, paradas periódicas y desmantelamiento) garantizando la constante innovación preventiva y sistemática sobre el control de los accidentes.

Cada etapa puede requerir distinta profundidad de estudio, y en algunos casos simples, la identificación formal puede omitirse pero las condiciones de seguridad realizadas en identificaciones anteriores deben estar presentes.

Metodologías existentes para identificar de una forma sistemática los riesgos:

MÉTODOS COMPARATIVOS

Análisis histórico de accidentes.
Revisiones de Seguridad
Listas de chequeo("Check List")
What if?

ÍNDICES DE RIESGO

Índice Dow-Mond

DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS

Métodos comparativos

Los métodos comparativos para la identificación de riesgos se utilizan identificar las áreas de riesgo dentro de una instalación, están basados principalmente en la experiencia adquirida por los operadores de las plantas.

Análisis histórico de accidentes

Descripción

El análisis histórico de accidentes es una herramienta de identificación de riesgos que hace uso de los datos recogidos en el pasado sobre accidentes industriales. La ventaja de esta técnica radica en que se refiere a accidentes ya ocurridos, por lo que los peligros identificados por su uso son indudablemente reales.

Puede indicar que en una empresa que consta de instalaciones análogas o que procesan sustancias similares pueden ocurrir un tipo determinado de accidentes.

Objetivo

Identificar los riesgos, basándose en acontecimientos reales.

¿Cuándo?

En todas las etapas de la planta

Diseño, construcción, arranque, operación y paro.

Resultados

Son cualitativos

Información necesaria

Puede proceder de fuentes muy diversas tales como datos propios de la compañía, informes de prensa, entrevistas con testigos de los accidentes e informes de las comisiones de investigación; aunque también existen numerosos bancos de datos entre los que destacan CHAFINC (Chemical Accidents Failure Incidents and Chemical Hazards Databank), CHI (Chemical Hazard in Industry), HARYS (Hazard and Reliability Information System), MHIDAS (Major Hazard Incident Data Service).

Tiempo/Costo

Este dato es relativo, ya que depende de que tanto se avance en la investigación y cuáles sean las fuentes consultadas.

Revisiones de Seguridad

Descripción

Una revisión de seguridad es un examen periódico (de 3 a 5 años), con el objeto de identificar las condiciones de la planta y los procedimientos de operación que pudieran provocar un accidente. Estas revisiones se realizan por un equipo de inspectores quienes visitan la planta, repasan los procedimientos y entrevistan a determinadas personas, por lo que la colaboración con el equipo es esencial (las personas pueden ponerse a la defensiva y ser recias a la colaboración al menos que se les conciente antes).

Objetivo

Identificar equipos y cambios en los procesos que pudieron haber introducido nuevos riesgos, desde la última revisión de seguridad.

Implementar, en donde así se requiera, nuevas tecnologías y normas de seguridad.

Evaluar los procedimientos de operación y condiciones de planta, con el fin de asegurar que son compatibles con la filosofía del diseño y las normas¹³.

Mantener al personal de la planta consciente del proceso.

¿Cuándo?

Cada 2 ó 3 años

¹³ Anexo B. Lista de las principales Normas y Códigos utilizados en la industria en materia de seguridad.

Resultados

El equipo de inspectores reportan un informe en el que aparecen desviaciones al diseño, deficiencias en operación y puntos nuevos de riesgo; además de recomendaciones específicas. Los resultados son cualitativos.

Información necesaria

Se debe estar familiarizado con los procedimientos de seguridad.

Tiempo/Costo

Una semana con un equipo de 2 a 5 personas.

Listas de chequeo ("Check List")

Descripción

Se utilizan para comprobar el cumplimiento con los procedimientos standard. Pueden ser utilizadas en cualquier etapa de la planta, son particularmente útiles para ser aplicadas por técnicos no expertos. Una vez realizadas las listas, deberán auditarse y actualizarse, cabe señalar que las preguntas deben ser concretas y objetivas, enfocadas principalmente en los siguientes aspectos:

El diseño, el mantenimiento, las condiciones de los equipos, la capacitación del personal que esta en la planta y las pruebas realizadas en inspecciones de las diferentes áreas de la planta.

Objetivo:

Identificar riesgos simples y asegurar el cumplimiento con la normativa standard.

¿Cuándo?

En todas las etapas de la planta

Diseño, construcción, arranque, operación y paro.

Resultados:

Identificación de riesgos simples y cumplimientos con standard (si/no).

Identificación de situaciones que requieren una evaluación detallada.

Los resultados son cualitativos.

Información necesaria.

Lista de chequeo, normativas y standares; así como el conocimiento de la planta (sistema).

Tiempo/Costo

Se necesita un técnico para recabar la información y un ingeniero especializado para revisar los datos y decidir las acciones.

Dada la facilidad de utilización es relativamente rápido además de barato.

En el anexo C se muestra una lista de verificación típica (Check list).

Análisis WHAT IF?

Descripción

El análisis "que si" consiste en determinar las consecuencias no deseadas originadas por un evento. El método puede aplicarse para examinar posibles desviaciones en el diseño, construcción, operación o modificaciones de la planta.

Es importante destacar que suele ser un método efectivo únicamente si el equipo humano asignado es experimentado.

El método utiliza la siguiente expresión:

¿Qué pasa si por ejemplo se cierra manualmente la válvula A en vez de la B que sería la correcta?

La pregunta se divide en varias áreas específicas de investigación (normalmente en función de las consecuencias esperadas): electricidad / instrumentación, incendio y seguridad personal. Cada área está formada por dos o tres expertos de la misma.

Objetivo

Identifica posibles accidentes (secuencias) y por lo tanto identifica riesgos, consecuencias y posibles métodos/formas de minimizarlos.

¿Cuándo?

Puede usarse en plantas ya existentes o en el proceso de diseño en fases de arranque. Es especialmente útil para revisar los cambios propuestos en una instalación.

Tipo y Naturaleza de los resultados

Cualitativos. No existe un listado cuantitativo entre ellos.

Información necesaria

Documentación detallada de la planta, los procesos, procedimientos de operación y entrevistas, sólo en caso de requerirse, con el personal de la planta.

Equipo humano

2 a 3 expertos por cada área de investigación.

Tiempo/Costo

Depende del tamaño de la planta a analizar y el número de áreas de investigación. No es efectivo a nivel costo/tiempo si el personal no tiene el adiestramiento adecuado en la utilización del método.

Índices de Riesgo

Los índices de riesgo, como el índice DOW y el índice MOND, proporcionan un método directo y relativamente sencillo para identificar y jerarquizar los riesgos, ya que las metodologías llegan a un valor numérico que permite identificar los riesgos y clasificarlos en niveles determinados. Los índices de riesgo son útiles, porque proporcionan una estimación rápida y bastante fidedigna del orden de magnitud de determinados riesgos en una unidad.

Índices DOW/MOND

Descripción

El índice DOW y el índice MOND son dos metodologías útiles para identificar y jerarquizar los riesgos su fin consiste en obtener resultados numéricos para cada sección de la planta; en función de las características de las sustancias, de su cantidad, así como del proceso del que se trate y sus condiciones específicas de operación. Ambos métodos están basados en la idea de asignar penalizaciones y bonificaciones según las características de la planta.

Las penalizaciones se asignan a las condiciones de la planta que pueden contribuir en la aparición de un accidente, por ejemplo:

- ◆ Características de la reacción, severidad de parámetros de operación (presión, temperatura, etc.), cantidad de producto involucrado, efectos dominó, etc.

Las bonificaciones se asignan a las características de la planta que pueden mitigar los posibles accidentes, por ejemplo:

- ◆ Condiciones de seguridad de la unidad, sistema de emergencia, control, contención, protección contra incendio, etc.

Estos resultados numéricos son asociados a diferentes niveles de riesgo. Los índices están dirigidos principalmente a evaluar posibles problemas de incendio, explosión y efectos de toxicidad.

Los métodos permiten calcular un índice general para cada unidad, así como una serie de índices parciales para caracterizar los riesgos de incendio, explosión interna, explosión externa, toxicidad unitaria y toxicidad máxima.

Dependiendo del valor del índice general obtenido, se clasificara el riesgo desde suave hasta muy extremo, de esta forma se jerarquiza para su posterior análisis.

En el siguiente cuadro se indican los posibles valores del índice; así como la calificación del riesgo, propuesta según su valor.

CALIFICACIÓN	INDICE GLOBAL CLASIFICACIÓN DE RIESGO
0-20	Suave
20-100	Bajo
500-1100	Moderado
500-1100	Alto (Grupo 1)
1100-2500	Alto (Grupo 2)
2500-12,500	Muy Alto
12 500-65,000	Extremo
> 65,000	Muy Extremo

El nivel de aceptabilidad de riesgo para una instalación industrial no es un valor absoluto, sino que está en función de factores tales como características propias de la instalación, ubicación geográfica, sensibilidad del entorno social, fragilidad del medio ambiente, etc.

La experiencia en la aplicación del método MOND indica que no es normal que una unidad, después de haber sido evaluada completamente, presente un nivel de "riesgo global" superior a "Alto (Grupo 2)" y es razonable asumir que cualquier unidad evaluada por debajo de este nivel pueda ser operada en forma satisfactoria, siempre que se haga una evaluación adecuada de los peligros.

Puede establecerse que si los riesgos evaluados en forma global tienen una calificación mayor de 1100 o 500, será necesario evaluar las consecuencias mediante algún método o modelo de simulación.

Objetivo

Identificar y Jerarquizar los riesgos en función de diferentes parámetros.

¿Cuándo?

En etapas de diseño (para identificar áreas vulnerables y medidas de protección) y en operación.

Resultados

Listado de las unidades de riesgo existentes en la planta, basándose en el índice de riesgo.

Naturaleza de los resultados

Semicuantitativos: cuantitativos en cuanto al listado de riesgos y cualitativos en cuanto a las deficiencias de la unidad y tipología de los accidentes.

Información necesaria

Conocimientos precisos de las condiciones de operación de la unidad. Además hay que conocer perfectamente los métodos así como los gráficos, tablas y fórmulas disponibles (manuales del usuario).

Equipo Humano

Es necesario un ingeniero familiarizado con la química involucrada en el proceso. Es importante que los riesgos estén evaluados por el mismo profesional.

Tiempo/Costo

Depende del número de unidades escogidas para la evaluación. La evaluación de cada unidad se lleva a cabo en un período de uno a tres días dependiendo de la información recibida.

En el Anexo D se presentan las hojas típicas para el cálculo del índice MOND (incendios, explosiones y toxicidad).

II.2 JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

La jerarquización de riesgos consiste en ponderar aquellos accidentes que tengan efectos más probables y consecuencias más graves.

El objetivo de la jerarquización de los riesgos es eliminar aquellos accidentes que no sean tan factibles de ocurrir en operación, diseño, construcción, arranque o paro, con el fin de acotar los escenarios para analizar aquellos que tengan mayor probabilidad de ocurrir. Así pues, los métodos para jerarquizar riesgos se basan principalmente en los efectos asociados con la probabilidad de ocurrencia, destacando los siguientes:

MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN

Este método propone la asignación de valores de probabilidad y de gravedad, teniendo como base los riesgos identificados y la estimación somera de la afectación de un determinado evento, al entorno del sistema evaluado.

Categorías para la probabilidad de ocurrencia de cualquier evento:

GRAVEDAD 1 Consecuencias insignificantes. Efectos no medibles pueden ocurrir como resultado de un evento en esta categoría, pero el evento puede ser una violación de ciertos criterios.

GRAVEDAD 2 Consecuencias marginales. Daños menores que pueden ocurrir como resultado de un evento en esta categoría.

GRAVEDAD 3. Consecuencias críticas. Daños humanos severos pueden ocurrir como resultado de un evento en esta categoría.

GRAVEDAD 4. Consecuencias catastróficas. Una o múltiples muertes humanas pueden ocurrir como resultado de un evento en esta categoría.

Calificación para la probabilidad de ocurrencia de cualquier evento:

CALIFICACIÓN 1 muy poco probable que ocurra

CALIFICACIÓN 2 poco probable que ocurra

CALIFICACIÓN 3 probablemente ocurra en un tiempo determinado

CALIFICACIÓN 4 probablemente ocurrirá en poco tiempo

CALIFICACIÓN 5 propenso a ocurrir inmediatamente, o a muy corto plazo

Las anteriores categorías se deben de tabular en una matriz con la siguiente estructura:

INCREMENTO DE LA PROBABILIDAD

				RIESGO ALTO
RIESGO BAJO				

INCREMENTO DE LA GRAVEDAD

Concluyéndose cual es el mas probable y cual el de mayor probabilidad para hacer analizado.

OBJETIVO

Jerarquizar los riesgos en función de la probabilidad y la gravedad

CUANDO

En etapas de operación, diseño, mantenimiento.

RESULTADOS

Lista de riesgos ordenada y en forma decreciente, del más probable y grave hasta el menos probable con la menor gravedad.

NATURALEZA DE LOS RESULTADOS

Cualitativos

INFORMACIÓN NECESARIA

Identificación de riesgos

EQUIPO HUMANO

Se necesita al ingeniero en seguridad de la planta y a un Ing. Químico. Con el fin de que el primero pueda evaluar la probabilidad de ocurrencia y el segundo mencione que tan grave puede ser el efecto, originado por una sustancia química.

TIEMPO / COSTO

Es relativo, depende de que tan específica sea la evaluación.

INDICE DOW E INDICE MOND

Como se mencionó anteriormente, estas metodologías se basan en penalizaciones y bonificaciones, que estarán sujetas a las medidas preventivas y correctivas existentes en la instalación a evaluar.

Solo resta señalar que la parte de jerarquización dentro de la metodología, se presenta cuando se clasifica a los riesgos desde bajo hasta muy extremo, teniéndose los siguientes criterios de jerarquización:

Si el valor del riesgo global es superior al de alto (grupo 2), se analizará mediante cualquier metodología de análisis.

Si no se rebasa la categoría, alto (grupo 2), se analizará el riesgo que este inmediatamente antes de esta, con el fin de verificar la magnitud de los eventos.

En caso de clasificarse todos los riesgos evaluados, como suaves y bajos, se procederá a analizar aquel que se considere con mayor probabilidad de ocurrir.

II.3 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis de riesgos es la revisión de todas las causas reales que establezcan la posibilidad para que se presente un accidente.

El objetivo de analizar los riesgos es establecer las circunstancias que originarán que el accidente se lleve a cabo, para simular un evento, donde se evalúen los efectos que se produzcan a partir de él.

Las metodologías para análisis de riesgos son:

<p>Análisis de Riesgos y Operabilidad (HAZOP). Análisis de Modalidades de Fallo y sus Efectos (FMEA). Análisis de Árbol de Fallos (FTA). Análisis de Árbol de Consecuencias (ETA).</p>
--

Una vez jerarquizados los riesgos, se analizaran mediante cualquiera de las metodologías que a continuación se describen.

siglas en ingles

DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS

ANÁLISIS HAZOP (Hazard and Operability)

Descripción

La metodología HAZOP consiste en hacer una revisión de toda la planta utilizando las áreas identificadas como riesgosas, el análisis se hace en reuniones, donde un equipo multidisciplinario realiza la llamada tormenta de ideas bajo un método sobre el diseño del equipo evaluado.

La gran ventaja de este método es que genera muchas ideas como resultado de la interacción de las distintas experiencias de los profesionales y técnicos que forman el equipo HAZOP.

El líder del equipo realiza inicialmente una identificación de nodos. De cada uno de estos nodos se estudian las desviaciones en los parámetros de proceso, utilizando las palabras guía (no, más, menos, inverso, además de, otro que, en vez de). Con esto se asegura que el diseño se explora en todas las vías concebibles. El equipo por tanto debe de identificar un número de desviaciones, cada una de las cuales serán estudiadas, se identificarán sus causas, sus consecuencias y las acciones a tomar como medida correctiva.

El proceso de trabajo, el cual se esquematiza en la fig. 1 consiste en:

- I. Definir el propósito, los objetivos y el alcance del análisis.
- II. Seleccionar el equipo HAZOP.
- III. Preparación de sesiones.
- IV. Sesiones HAZOP.
- V. Resultados.

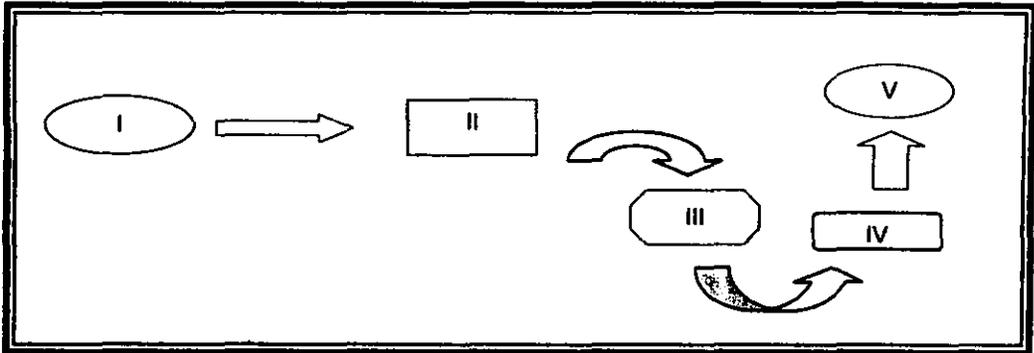


Figura 1.- Proceso de trabajo para un análisis HAZOP.

Si bien los puntos IV y V se realizan simultáneamente éstos se tratan por separado como se muestra en la figura 1.

La forma de trabajo de las sesiones HAZOP se muestra en el anexo E.

Objetivo:

Identificar los escenarios de riesgo más probables con el fin de simularlos.

¿Cuándo?

En todas las etapas de la planta.

Diseño, construcción, arranque, operación y paro.

Resultados:

Identificación de los escenarios a simular.

Los resultados son cualitativos

Información Necesaria

Lista de chequeo, normativas y standares así como el conocimiento de la planta (sistema). Ya que se debe de tener un antecedente de los riesgos que pueda dar un punto de partida para analizar lo más real, que puede presentarse.

Tiempo/Costo

El análisis HAZOP requiere de sesiones con una duración de no más de 3 horas diarias ya que de no ser así la participación del equipo puede viciarse.

En el anexo F, se muestra una tabla HAZOP típica.

Análisis de Modalidades de Fallo y sus efectos (FMEA)¹⁴

Descripción

El análisis FMEA es una tabulación de los equipos de la planta/sistema, sus modos de fallo, efecto que acompaña a cada modo de fallo y un listado de riesgos críticos de todos los modos de fallo.

El modo de fallo es una descripción de cómo falla el equipo (al arranque, paro, abierto).

El efecto del modo de fallo es la respuesta del sistema o del accidente resultante de fallo.

El análisis FMEA identifica modos de fallo simple que actúan directamente o que forman parte de una sucesión de acontecimientos que dan lugar al accidente importante. Normalmente no examina el posible error humano del operador, sin embargo, los efectos de una operación incorrecta son tomados en cuenta como un modo de fallo del equipo. Este análisis no es efectivo para identificar combinaciones de fallos que den lugar al accidente.

Objetivo

Identificación de los modos de fallo de los equipos/sistemas causas de la falla en el equipo y los efectos potenciales de cada uno de ellos.

¹⁴ Failure Modes and Effects Analysis

¿Cuándo?

En diseño, para identificar medidas adicionales de protección que pueden ser incorporadas en construcción, para evaluar cambios de equipos resultantes de modificaciones de campo, así como en la operación, para identificar la existencia de simples fallos que puedan generar accidentes.

Tipo de resultados

Lista de equipos de planta/sistema, modos de fallo y sus efectos. Esta lista puede ponerse fácilmente al día por modificaciones en la planta/sistema o cambios de diseño.

Naturaleza de los resultados

Cualitativos. Listado relativo de fallos de equipos basados en frecuencias de fallos estimados y/o severidad de los riesgos.

Información necesaria

Lista de equipos/componentes

Manuales de equipo (funcionamiento)

Manuales de operación de la planta/sistema

Medios humanos

Depende fuertemente del tamaño del sistema, pero para una evaluación lo ideal es disponer de dos analistas que tengan el perfecto conocimiento del sistema para poder evaluarlo tras el fallo.

Tiempo/Costo

Depende del tamaño del sistema y la profundidad del análisis. Se estima que media hora es suficiente para realizar entre 2 y 4 evaluaciones por analista. Para la estimación de tiempos es importante conocer las similitudes entre los distintos sistemas ya que lógicamente se reduce el trabajo.

Ver anexo G, Formato típico de análisis FMEA.

Análisis de Árbol de fallos (FTA)¹⁵

Descripción

El análisis de árbol de fallos (o errores), es una técnica deductiva que fija un suceso/accidente particular que sirve al analista para identificar cuales fueron las causas que lo provocaron. El FTA por tanto es un análisis gráfico que representa las combinaciones de fallos de equipos/errores etc., que puedan dar como resultado el evento inesperado.

Como herramienta cualitativa el método permite al analista dar directrices de medidas preventivas para evitar el accidente.

Objetivo

Identificar combinaciones de fallos de equipo y errores humanos que pueden dar como resultado el accidente.

Cuando

Se puede utilizar tanto en la etapa de diseño como en la de operación.

Tipo de resultados

Relación de combinación de fallos/errores que pueden originar el accidente. Aunque el resultado es cualitativo presenta la posibilidad de utilizarlo como evaluación cuantitativa.

Información requerida

Se debe de tener una descripción del sistema y conocimiento de fallo y eventos. Esta información puede obtenerse con un análisis HAZOP o FMEA previos.

¹⁵ Fault Tree Analysis

Tiempo/Costo

Depende de la complejidad del sistema. Una unidad de proceso puede llevar un día para cada árbol de errores. Para sistemas complejos semanas aun contando con un equipo experimentado¹⁶.

¹⁶ En el anexo H, se muestran los símbolos característicos de un FTA.

Análisis de Árbol de consecuencias (Event Tree)

Descripción

El análisis del árbol de consecuencias evalúa los resultados de un accidente potencial que podrían resultar tras un fallo o alteración.

A diferencia del árbol de fallos (FTA) este análisis es un proceso con visión de futuro ya que el analista comienza su trabajo con un suceso que empieza y desarrolla las posteriores secuencias teniendo en cuenta los aciertos y errores de las funciones de seguridad según crezca el accidente.

Esta metodología es una herramienta para registrar secuencias de accidentes adecuada para analizar aquellos casos que empiezan y pueden derivarse en una gran cantidad de efectos.

Objetivo

Identificar las secuencias del suceso siguiendolo desde que comienza hasta que termina el accidente.

¿Cuándo?

Tanto en etapas de diseño como en operación para evaluar lo idóneo de las revisiones de seguridad.

Tipo y naturaleza de resultados

Los resultados son inicialmente cualitativos, encontrando la probabilidad de ocurrencia si se conocen las probabilidades de ocurrencia de los sucesos.

Información necesaria

Conocimiento de sucesos y de las funciones de seguridad; así como los procedimientos de emergencia que pueden mitigar el suceso no deseado.

Medios humanos

Un análisis de árbol de consecuencias puede realizarse por un analista siempre y cuando domine el método. En caso de sistemas más complejos es preferible un equipo de 2/4 personas.

Tiempo/Costo

Depende de la complejidad del sistema y del número de sucesos iniciales definidos. No es recomendable si se pretenden tener resultados cuantitativos.

II.4 SIMULACIÓN

Simular es plantear condiciones hipotéticas teniendo como base alguna metodología de análisis de riesgos.

El objetivo de la simulación de riesgos es encontrar los radios de afectación que se producirían a consecuencia de la explosión, incendio o liberación de una sustancia química. Esto además, nos establecerá dos zonas importantes:

La zona de riesgo; Es una zona de restricción total, en la que no se debe de permitir ningún tipo de actividad, incluyendo los asentamientos humanos y la agricultura, con excepción de actividades de forestación, el cercamiento y señalamiento de la misma, así como el mantenimiento y vigilancia.

La zona de amortiguamiento; Es aquella donde se pueden permitir determinadas actividades productivas que sean compatibles, con la finalidad de salvaguardar a la población y al medio ambiente, restringiendo el incremento de la población ahí asentada y capacitándola en los Programas de Emergencia que se realicen para tal efecto

Las anteriores zonas, servirán para el establecimiento de las medidas preventivas y correctivas, así como para los planes de respuesta a emergencias (Cap. III).

Existen diferentes simuladores, los cuales se describen a continuación.

SCRI (Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias)

Para la evaluación de las consecuencias de un accidente mayor, se cuenta con el SCRI, el cual es un programa de computo para simular diferentes escenarios.

Este paquete esta integrado por cuatro modelos:

Modelo de dispersión de una emisión continua de gas.

Modelo de dispersión de un gas o vapor proveniente de una fuga o derrame de un liquido que se evapora.

Modelo de dispersión de un gas liberado en forma masiva e instantánea.

Modelo de evaluación de daños provocados por nubes explosivas.

Los tres modelos de dispersión son del tipo gaussiano y permiten obtener estimaciones de concentraciones en el aire, considerando condiciones de emisión y estabilidad atmosférica particulares, los cuales deben considerarse primariamente como herramientas para el análisis de posibles situaciones de dispersión de un contaminante o sustancia tóxica y no como un medio que muestre las condiciones específicas de un emisor y su entorno, ésta puede ser la mayor limitación del modelo.

El modelo para daño por explosiones estima un equivalente en masa de TNT de la sustancia considerada y simula la generación de ondas expansivas debidas a la explosión de una nube formada con la sustancia en cuestión.

Se pueden simular tres posibles escenarios:

1.-Fugas y Derrames

El modelo se aplica para efectuar estimaciones de concentraciones de sustancias peligrosas, que se dan a nivel del piso, provenientes de una fuga gaseosa o de un derrame de un líquido que se evapora.

Los resultados obtenidos de la simulación son:

La distancia a la cual la pluma de gas alcanza una concentración dada.

El área de exclusión o área de riesgo dentro de la cual se pueden tomar acciones preventivas de evaluación de la población en caso de accidente.

2.-Fuga Masiva e Instantánea (PUFF).

El modelo considera la dispersión de un PUFF tridimensional o burbuja, formado por la masa de una sustancia que es liberada a la atmósfera en unos cuantos segundos, tal como una nube de gas provocada por una explosión o ruptura de una esfera de almacenamiento.

Los resultados obtenidos de la simulación son:

La distancia recorrida por el PUFF, el tiempo del recorrido y la concentración en el centro del mismo a nivel del piso.

3.-Evaluación de Nubes Explosivas.

El modelo considera como posibles formadores de nubes explosivas a los siguientes:

- a) Gases en estado líquido por enfriamiento.
- b) Gases en estado líquido por efecto de una presión.
- c) Gases sujetos a presiones de 500 psi o mayores.
- d) Líquidos inflamables o combustibles a una temperatura mayor a su punto de ebullición y mantenidos en estado líquido por efecto de presión (excepto materiales con una viscosidad mayor que 1×10^6 centipoises o puntos de fusión sobre 212 °F).

EL modelo lleva implícitas las siguientes suposiciones:

La fuga es instantánea y no se considera en caso de un escape de gas paulatino, excepto para fugas en tuberías de gran capacidad con material transportado desde instalaciones alejadas.

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.

La nube adquiere una forma cilíndrica cuya altura es su eje vertical. No se consideran distorsiones ocasionadas por viento o por estructuras y edificios presentes.

La nube tiene una composición uniforme y su concentración en el aire está en el punto medio entre los límites inferior y superior de explosividad del material.

Se considera el calor de combustión del TNT (200 BTU/lb) para convertir el calor de combustión del material a un equivalente en peso de TNT.

La temperatura ambiente es constante: 77 °F (25 °C)

ARCHIE

El propósito de la simulación mediante ARCHIE es principalmente el de evaluar las consecuencias producidas por eventos tales como dispersión de un gas tóxico o explosivo, así como incendios e impactos relacionados con descargas de materiales peligrosos al ambiente.

El paquete presenta las siguientes alternativas como escenarios y evaluación de los mismos:

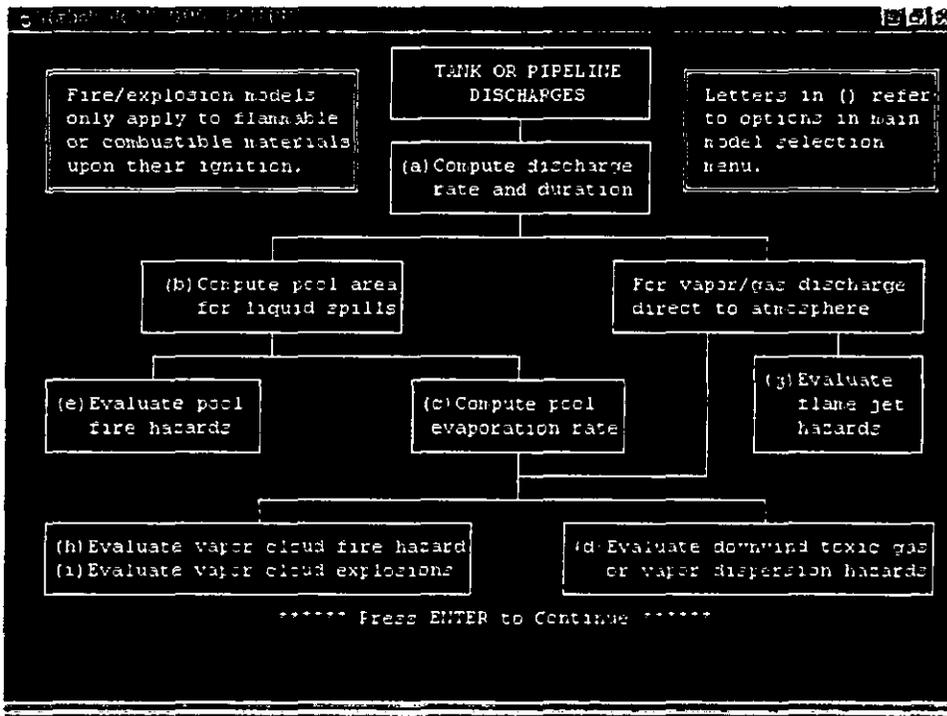


Fig. 2 Escenarios posibles y su evaluación.

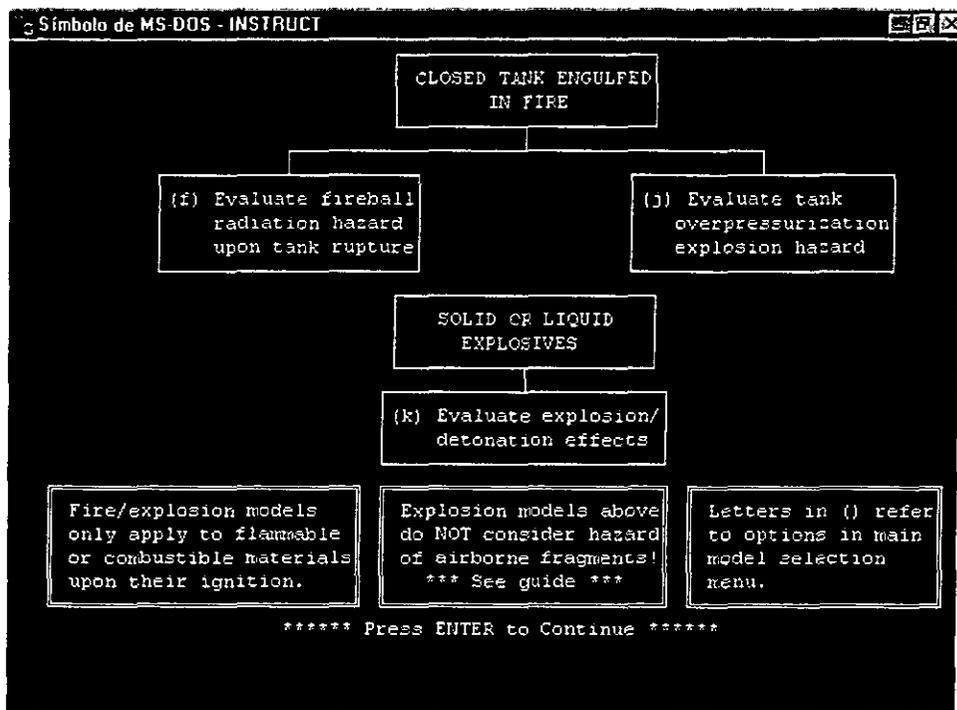


Fig. 3 Escenarios posibles y su evaluación.

El procedimiento que plantea el simulador es el siguiente:

Se introducen los datos físicos y químicos que representen el evento, justificando las características en las que se dará el mismo (escenario)

El modelo presenta una pantalla donde se establecen una secuencia de cálculos que llevan a determinar la cantidad de sustancia liberada y el tiempo de liberación o descarga.

Posteriormente el simulador, incluirá una serie de opciones con el fin de que el usuario las seleccione según sea el caso (fig.4):

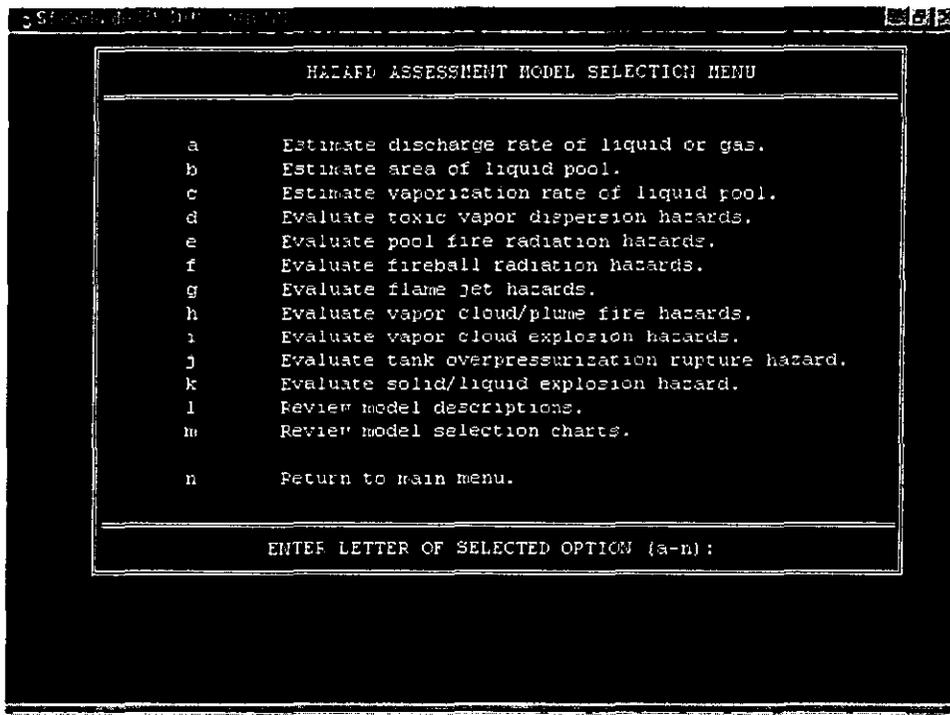


Fig. 4 Alternativas de evaluación para el escenario propuesto.

PHAST PRO

En este paquete, los casos se definen a partir del escenario de accidentes (por ejemplo: rotura de una línea de un producto en unas condiciones determinadas).

Presenta las siguientes características:

- ◆ Utilización de parámetros hidráulicos para la determinación de fugas.
- ◆ Modelación de dispersiones en las tres dimensiones del espacio.
- ◆ Resultados gráficos completos.
- ◆ Utilización simultánea de hasta seis condiciones atmosféricas/meteorológicas diferentes.

Considera los siguientes efectos:

Descarga

Extensión y evaporación de derrames

Dispersión de vapores/ gases tóxicos

BLEVE

Llamarada (Flash-Fire)

Explosión de vapores no confinados (UVCE)

Incendio de chorro (Jet Fire)

Incendio de charco (Pool Fire)

En el caso de las dispersiones considera automáticamente el modelo más apropiado para cada etapa de la dispersión.

Los modelos matemáticos utilizados son los siguientes:

- ❖ Fugas/ Descargas: Modelos clásicos de mecánica de fluidos, termodinámica.

- ❖ Dispersión
 - Extensión y evaporación de derrames
 - Shaww, Briscoe (1987)

- ❖ Chorro Uniforme
 - Emerson (1986)

- ❖ Chorro Gaussiano
 - Ooms (1972 y 1974), Emerson (1986)

- ❖ Nube instantánea turbulenta
 - Mauren (1977), Opschorr (1979)

- ❖ Nube densa
 - Cox Carpenter (1980)

- ❖ Dispersión pasiva
 - McMullen (1975), Hosker (1973)

- ❖ Efectos de la Combustión

BLEVE

Moorehouse y Pritchard (1982), Roberts (1982)

Incendio de chorro (Jet Flame)

Hooftjizer (1979), Hawthore (1949)

Incendio de charco (Pool Fire)

Rein (1970), Thomas (1965)

Explosiones

Equivalente T.N.T., Baker (1973), Glasstone (1972)

Es importante aclarar que todos los modelos para la simulación de eventos presentan limitaciones que a veces no permiten cuantificar el evento en su totalidad, aunque las simulaciones tienen una gran aproximación, los eventos reales no son exactamente iguales.

CASO PRACTICO DE UN ESTUDIO DE RIESGO

A continuación se presenta un ejemplo practico de análisis de riesgo, tomando como sustancia al Hidrógeno, en una Central Termoelectrica hipotética llamada "Villa Angel", que tiene colindancias y situaciones criticas de riesgo que se irán analizando.

. El Hidrógeno es uno de los elementos más abundantes en la tierra, existe casi en su totalidad en forma de compuestos, en especial como agua. Se conocen tres isótopos de Hidrógeno: ^1H , ^2H , ^3H , con masas atómicas respectivas de 1.0078, 2.014 y 3.016 uma.

Debido a que las diferencias en sus masas son proporcionalmente grandes, estos isótopos confieren distintas propiedades químicas y físicas a sus compuestos, sus efectos son bastante mayores que los correspondientes a isótopos más pesados. Esta gran diferencia en cuanto a su comportamiento a generado que se nombren y simbolicen de manera distinta a cada uno de los isótopos de Hidrógeno:

^1H (Hidrógeno H), ^2H (deuterio D) y ^3H (tritio, T).

El efecto más importante de las diferentes masas isotópicas se da en la energía vibracional fundamental de los enlaces X-H (D o T). Esta es la energía residual de vibración que persiste en los enlaces químicos a la temperatura de cero absoluto e influye en la reactividad de los enlaces X-H.

Al igual que los combustibles fósiles, el Hidrógeno es una forma portátil de energía. Reacciona violentamente con oxígeno, generando incendio y/o explosión al contacto con este, dependiendo de las condiciones en que se realice la reacción.

Las mayores desventajas del Hidrógeno son su baja densidad y lo bajo de su punto crítico y de ebullición, estas son compensadas en cierto grado por la química no contaminante del Hidrógeno y su fácil aplicación para ser utilizado en diferentes partes de la industria, como materia prima o en servicios auxiliares¹⁷.

En la industria eléctrica el hidrógeno es utilizado en el sistema de enfriamiento del generador eléctrico Ver anexo J .

Como complemento al trabajo, se simulara una fuga de Cloro con el fin de ilustrar al lector sobre las características que debe tener el plano en el que se represente la fuga de un gas tóxico.

El gas Cloro es dos veces y media más pesado que el aire, como corresponde a su fórmula molecular Cl_2 , se combina con la mayoría de los elementos para formar compuestos binarios llamados cloruros y reacciona con muchos compuestos desplazando otros elementos, tales como el Oxígeno, Iodo y Bromo.

Cuando se mezclan el Hidrógeno y el Cloro a temperaturas ordinarias no hay reacción perceptible en la oscuridad, a la luz difusa la reacción es lenta, pero a la luz solar directa o en la de magnesio, rica en rayos con alta frecuencia y pequeña longitud de onda, se provoca una reacción violenta explosiva.

El Cloro en la industria eléctrica es utilizado para el tratamiento de las aguas que sirven para generar vapor en la caldera, su toxicidad es relacionada con el tiempo de exposición y la concentración a la cual se libere.

¹⁷ En el anexo I se muestran las Hojas de Seguridad referentes al Hidrógeno.

En general para las sustancias tóxicas se cuenta con valores que identifican sus límites permisibles de toxicidad para la vida.

El TLV.- Su traducción literal y usual es " Valor (es) Límite(s) Umbral (es). Son límites permisibles de Concentración establecidos por el American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH), cuyo criterio general asume que una exposición a una sustancia tóxica que no exceda el TLV, se producirá un daño pequeño para la mayoría de los individuos¹⁸.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA

En una **Central Termoeléctrica Convencional (C.T.)**, el proceso de generación de energía eléctrica se basa en un ciclo termodinámico llamado Rankin Regenerativo, formado por el condensador, el generador de vapor(caldera), diseñado para quemar gas natural, carbón o combustóleo y la turbina.

El proceso tiene siete extracciones, con una etapa de recalentamiento, con temperaturas de vapor sobrecalentado y recalentado de 540°C y presiones de operación aproximadas de 169.5 atmósferas en el domo de la caldera y de 0.9 atmósferas en el condensador, condiciones que son el estándar de diseño en el mundo con las tecnologías actuales de materiales.

El proceso se ilustra de manera esquemática en la figura 5, donde se muestra que la materia prima fundamental es el combustible y el producto final es la energía eléctrica.

El primer paso en el proceso de generación es la alimentación de combustible al generador de vapor. Ahí, en los quemadores, el combustible se oxida, liberando su energía química en forma de calor, lo cual genera gases a alta temperatura.

¹⁸ Guía para la Elaboración de los Programas para la Prevención de Accidentes. Revisión 06. 4 de Diciembre de 1993.

El generador de vapor recibe agua de alimentación y le transmite energía proveniente de los gases calientes, hasta evaporarla. El vapor se colecta en el domo de vapor, donde se separa del líquido de la fase gaseosa. El líquido se recircula a las partes evaporadoras del generador y el vapor se envía a los sobrecalentadores, que son superficies de transferencia de calor donde el vapor alcanza temperaturas del orden de los 540°C.

El vapor sobrecalentado se envía ya a la turbina de alta presión donde se expande, transformando la energía del vapor en trabajo mecánico que se transmite por medio de una flecha al generador eléctrico.

Existen Centrales termoeléctricas, donde se tiene ciclos de recalentamiento, las cuales, después de una expansión parcial del vapor en la turbina de alta presión, el vapor llega a condiciones cercanas a las de saturación, lo cual no es adecuado para continuar la expansión en la turbina. En ese punto, el vapor (denominado como recalentamiento en frío) se regresa a la caldera para "recalentarse" hasta lograr nuevamente la temperatura de 540°C.

El vapor ya recalentado (recalentado caliente) se pasa por las turbinas de presiones intermedio y baja, expandiéndose hasta la presión del condensador.

En el condensador se rechaza energía al medio ambiente, condensando el vapor que sale de la turbina para poder manejarlo nuevamente con una bomba y enviarlo, ya como líquido a alta presión, a la caldera.

(Fig. 5) Diagrama esquemático del proceso de generación de energía eléctrica.

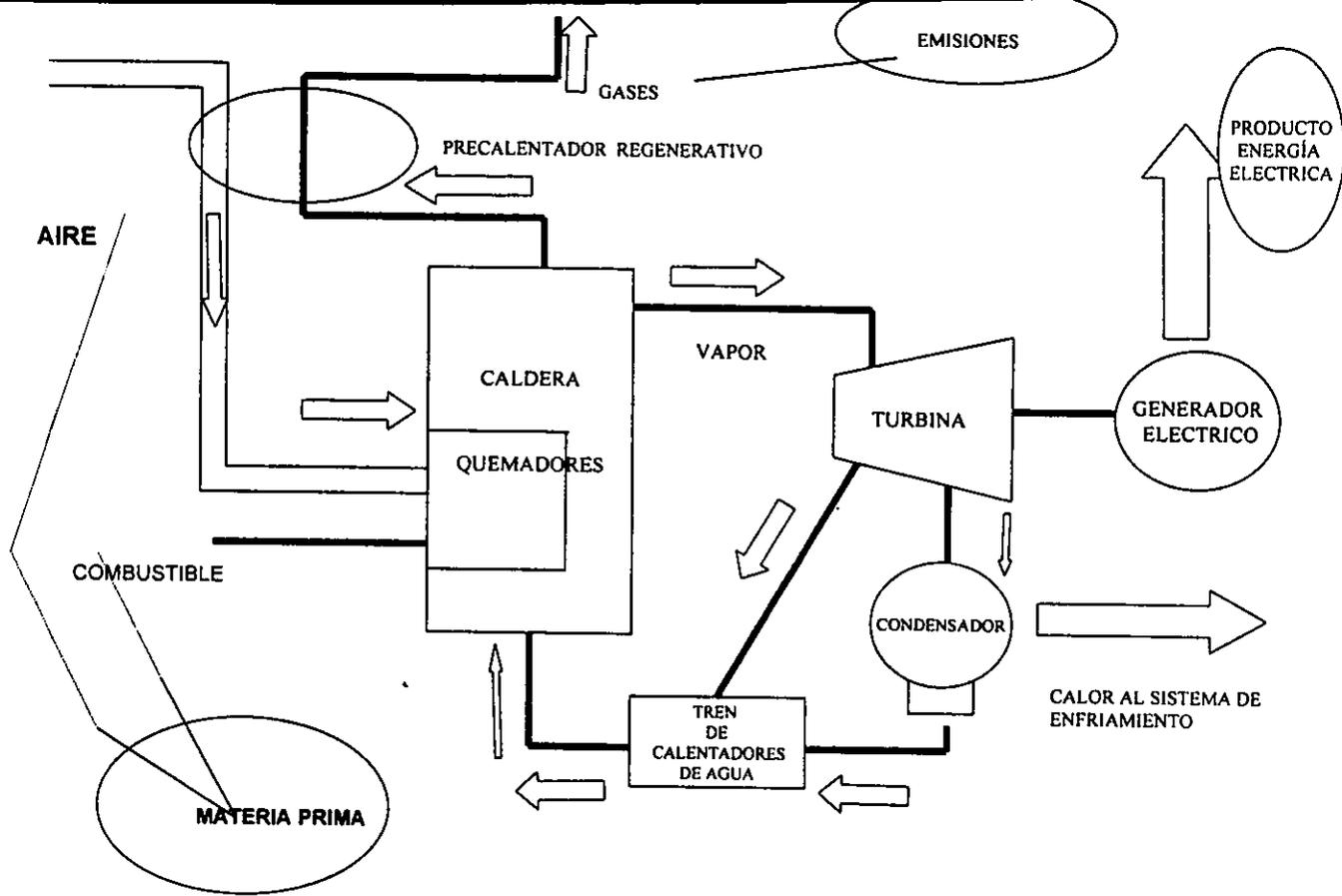
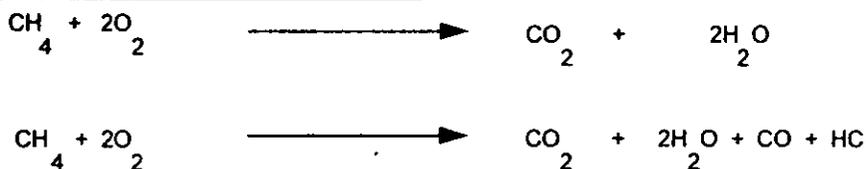


FIG.5 DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL PROCESO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELECTRICA DE UNA CENTRAL TERMoeLECTRICA

En el proceso de generación de energía las reacciones básicas considerando como combustible al gas natural y al metano como principal componente del mismo, son:



La primera reacción corresponde a una combustión total, mientras la segunda corresponde a una combustión parcial.

Además del Hidrógeno, en la industria eléctrica se utilizan una gran variedad de sustancias entre las que destacan las mostradas en la tabla 5.

SUSTANCIA	USO
ACETILENO	MANTENIMIENTO
CH ₃ COCH ₃ (ACETONA)	LABORATORIO
ACIDO CITRICO	LABORATORIO
HCl (ACIDO CLORHIDRICO)	LABORATORIO
HF (ACIDO FLUORHIDRICO)	LABORATORIO
H ₂ S (ACIDO SULFHDRIICO)	MANTENIMIENTO
H ₂ SO ₄ (ACIDO SULFURICO)	PLANTA DE TRATAMIENTO
ACIDO CRÓMICO	MANTENIMIENTO
HNO ₃ (ACIDO NITRICO)	LABORATORIO
CH ₃ OH (ALCOHOL METILICO)	LABORATORIO
ALCOHOL ISOPROPILICO	LABORATORIO
NH ₄ (AMONIACO)	LABORATORIO
C ₆ H ₁₃ N (CICLOHEXILAMINA)	LABORATORIO
COMBUSTOLEO	MANTENIMIENTO
Cl ₂ (CLORO)	PLANTA DETRATAMIENTO
DIESEL	COMBUSTIBLE
GAS NATURAL	COMBUSTIBLE
GASOLINA	MANTENIMIENTO
H ₄ N ₂ (HIDRACINA 35%)	PLANTA DE TRATAMIENTO
H ₂ (HIDRÓGENO)	GENERADOR ELECTRICO
NH ₄ OH (HIDRÓXIDO DE AMONIO)	LABORATORIO
KOH (HIDRÓXIDO DE POTASIO)	LABORATORIO
NaOH (HIDRÓXIDO DE SODIO)	PLANTA DE TRATAMIENTO
CH ₄ (METANO)	LABORATORIO
CO (MONOXIDO DE CARBONO)	GENERADOR ELECTRICO
MgO (OXIDO DE MANGANESO)	PLANTA DE TRATAMIENTO
C ₂ HCl ₅ (PENTACLOROETANO)	LABORATORIO
C ₆ H ₅ CH ₃ (TOLUENO)	MANTENIMIENTO
C ₆ H ₄ CH ₃₂ (XILENO)	MANTENIMIENTO

TABLA 5 "Sustancias utilizadas en una C.T."

En todo estudio de riesgo se identifican, analizan, jerarquizan y simulan los riesgos, cabe mencionar que esto se hace para todas las sustancias con el fin de realizar un diagrama de pétalos¹⁹ que sirve para identificar las medidas de seguridad preventivas o correctivas aplicables a la Central en cuestión.

La metodología que servirá para realizar el análisis de riesgos de la C.T. Villa Angel tendrá la siguiente estructura:

- 1) Datos generales
- 2) Lista de sustancias utilizadas con el fin de compararlas con la cantidad de reporte emitida por el Instituto Nacional de Ecología.
- 3) Identificación de los riesgos (Metodología índice MOND)
- 4) Jerarquización de riesgos (índice DOW/MOND)
- 5) Análisis de Riesgos (identificación de los escenarios que posteriormente se simularan)
- 6) Simulación
- 7) Diagramas de pétalos
- 8) Conclusión

¹⁹ Diagrama de pétalos.- Plano en el cual se representan los radios de afectación ocasionados por la explosión, derrame, incendio o fuga de sustancias químicas.

1) DATOS GENERALES

La C.T. Villa Angel se encuentra ubicada en la costa del pacifico mexicano cercana al golfo de tehuantepec correspondiente al estado de Oaxaca con las siguientes colindancias:

Norte: Municipio de Matías Romero

Sur: Golfo de Tehuantepec

Este: Municipio de Tapanatepec

Oeste: Bahías de Huatulco

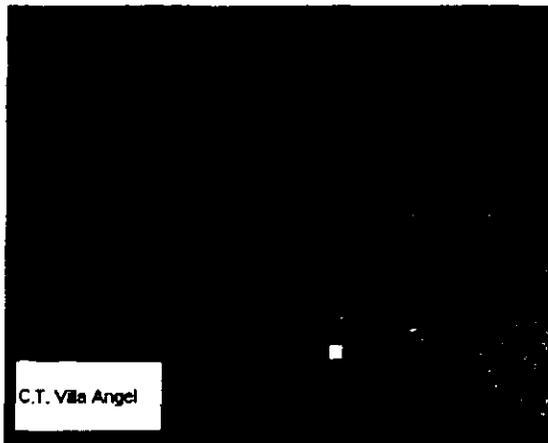
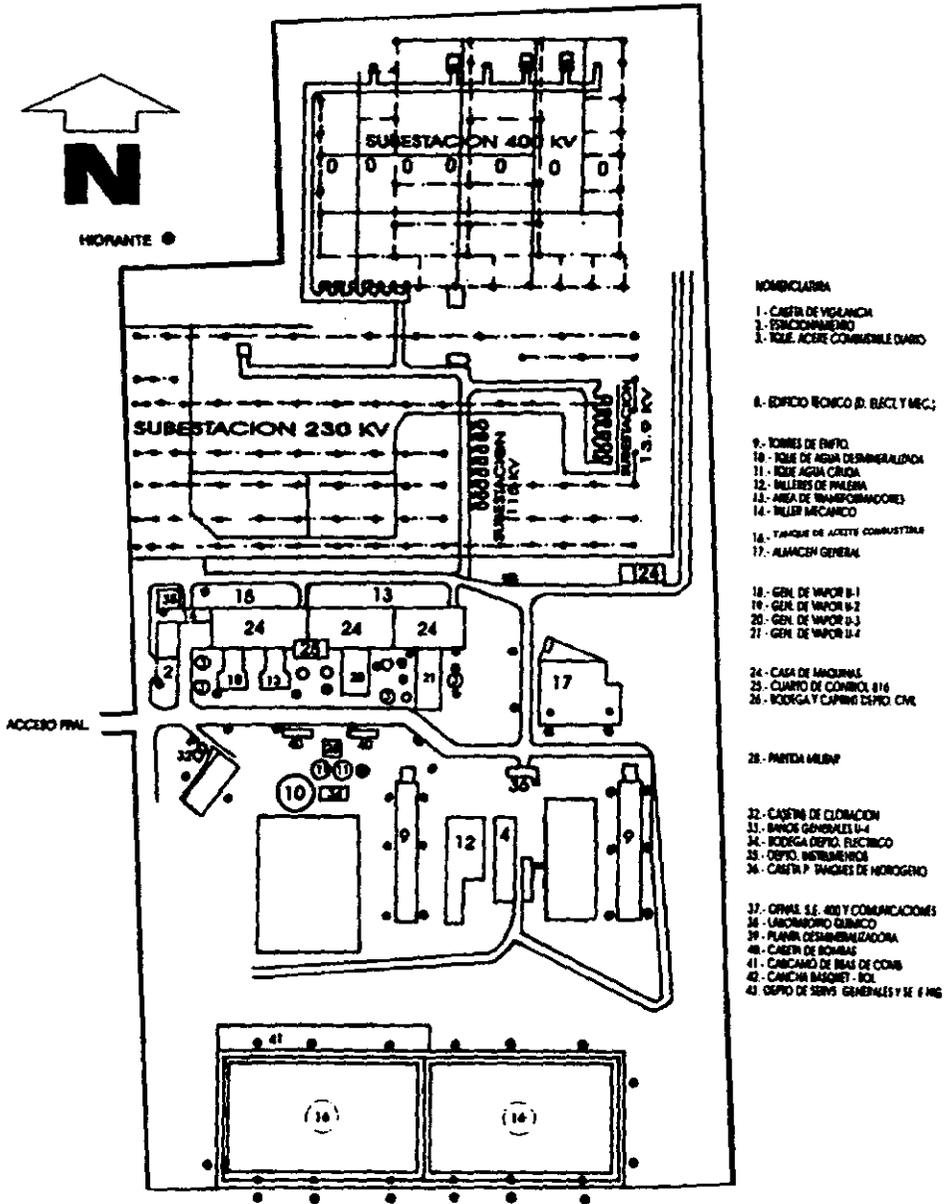


Fig. 6. Localización geográfica de la C.T. Villa Angel

La Central cuenta con cuatro grupos generadores de energía eléctrica, dos con una capacidad de 158 MW cada uno y dos con capacidad de 300 MW, teniéndose el siguiente arreglo:



- NOMENCLATURA**
- 1 - CASA DE VIGILANCIA
 - 2 - ESTACIONAMIENTO
 - 3 - TOLVA ACERO COMESTIBLE CASO
 - 8 - EDIFICIO TECNICO (D. BACT Y MEC.)
 - 9 - TORRES DE ENFRI.
 - 10 - TOLVA DE AGUA DESMINERALIZADA
 - 11 - TOLVA AGUA CALIENTE
 - 12 - BOLLERES DE PULPERIA
 - 13 - AREA DE TRANSFORMADORES
 - 14 - TALLER MECANICO
 - 16 - TANKER DE ACIDOS COMESTIBLES
 - 17 - ALMACEN GENERAL
 - 18 - GEN. DE VAPORES B-1
 - 19 - GEN. DE VAPORES B-2
 - 20 - GEN. DE VAPORES B-3
 - 21 - GEN. DE VAPORES B-4
 - 24 - CASA DE MAQUINAS
 - 25 - CUARTO DE CONTROL B16
 - 26 - BODEGA Y CANTINA DEPÓSITO CNE
 - 28 - PARTIDA MILITAR
 - 32 - CASITA DE CLORACION
 - 33 - BANCOS GENERALES U-4
 - 34 - BODEGA DEPÓSITO ELÉCTRICO
 - 35 - DEPÓSITO INSTRUMENTOS
 - 36 - CASITA P. BANCOS DE MONOGÉNEO
 - 37 - OFICINA S.E. 400 Y COMUNICACIONES
 - 38 - LABORATORIO QUÍMICO
 - 39 - PLANTA DESMINERALIZADORA
 - 40 - CASITA DE BOMBAS
 - 41 - CARRILLOS DE TRAS DE COQUE
 - 42 - CANCHA BASQUET - SOL
 - 43 - DEPÓSITO DE SERVICIOS GENERALES Y SE 6 ANG

Fig.7 Arreglo General de la C.T. Villa Angel

2) LISTA DE SUSTANCIAS

En la C.T Villa Angel se encuentran las siguientes sustancias:

HCl, HF, HNO₃, H₂SO₄, Ac. Citrico, Alcohol metilico, Alcohol Isopropilico, Hidróxido de Amonio, Floruro de Amonio, Cloro, Carbonato de Sodio, Microbicida, Oxido de magnesio, Resinas, Tolueno, Metano NaOH, Hidrógeno, Gasolina, las cuales servirán como una premisa para identificar los riesgos existentes en la Central, ya que será el punto de partida para saber que existen sustancias que podrían generar un accidente (dependiendo de sus características y sus cantidades) que pudiera o no sobrepasar los limites del predio.

El uso de estas sustancias se muestra en la tabla 5 anteriormente mencionada.

COMPARACIÓN DE LAS SUSTANCIAS EXISTENTES EN LA CENTRAL CON LA CANTIDAD DE REPORTE

SUSTANCIA	CANTIDAD EXISTENTE(Kg)	NUMERO DE NACIONES UNIDAS ²⁰	CANTIDAD DE REPORTE Kg	USO
HCl	20	UN 1050	N.A.	LAB
HF	20	UN1052	1	LAB
HNO ₃	20	UN2031	100	LAB
H ₂ SO ₄	160 m ³	UN1830	N.A.	PLANTA DE TRAT.
Ac. Cítrico	20		N.A.	LAB
CH ₃ OH	20	IN1230	10, 000	LAB
ALCOHOL ISOPROPILICO	20	UN1219	10, 000	LAB
NH ₄ OH	40			LAB
NH ₄ F	60	UN2505	N.A.	LAB
Cl ₂	9070	UN1017	1	PALNTA DE TRAT.
Na ₂ CO ₂	50		N.A.	LAB.
MnO	50		N.A.	LAB
C ₆ H ₅ CH ₃	40	UN1294	10	LAB
CH ₄	60	UN1972	500	LAB
NaOH	80m ³	UN1823	N.A.	P. DE TRAT.
H ₂	2035	UN1049	500	GENERADOR ELECT.
GASOLINA	200 Lts.	UN1257	1590,000 Lts.	MANT.
GAS LP	500		10000	COMB
DIESEL	6,000 Lts.		100000	COMB
COMBUSTOLEO	44, 673 m ³		100000	COMB

²⁰ El Número de Naciones Unidas (UN) esta establecido mundialmente según el comportamiento de las sustancias.

Derivado de la comparación efectuada y teniendo como base los listados de actividades altamente riesgosas (anexo A), que establecen el criterio legal para saber si la empresa puede ser o no considerada como altamente riesgosa, se tiene una primer conclusión:

Las sustancias que pueden generar riesgos de índole ambiental por la cantidad existente son las siguientes: Hidrógeno, Combustóleo, Cloro, Gas natural, H₂SO₄ y NaOH.

Aunque el Combustóleo, el H₂SO₄ y NaOH no se incluyen en los listados de actividades altamente riesgosas y no presentan cantidad de reporte, se tomaran en cuenta debido a las grandes cantidades que se tienen en la Central, así como a sus propiedades físicas y químicas.

3) IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Se incluirán para su posterior jerarquización, las áreas donde se encuentran las sustancias químicas anteriormente nombradas que pueden generar algún evento que originara efectos, cabe destacar que el análisis total será únicamente para el Hidrógeno, lo cual se había establecido desde un principio.

A continuación se mencionan las áreas donde las sustancias anteriormente evaluadas, pueden ocasionar algún evento:

HIDRÓGENO

- Plataforma (almacenamiento)
- Generadores eléctricos

COMBUSTOLEO

- Tanques de almacenamiento
- Sistema de trasiego
- Tanques diarios

CLORO

- Cilindros de almacenamiento
- Sistema de cloración

GAS NATURAL

- Estación Primaria
- Línea de entrada
- Estación de regulación
- Línea de entrada

ACIDO SULFÚRICO

- Tanques de almacenamiento

SOSA CAUSTICA

- Tanques de almacenamiento

4) JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS

Para la jerarquización de riesgos se utilizara el índice MOND (incendio, explosión y toxicidad), que se basa principalmente en penalizaciones y bonificaciones según las medidas preventivas y correctivas existentes en el equipo o área de riesgo.

Esta metodología clasificara el riesgo en diferentes categorías, dependiendo de las calificaciones obtenidas con las penalizaciones y bonificaciones consideradas para un sistema específico.

Es importante aclarar que esta metodología es muy similar al índice DOW, solo que en esta se incluyen factores de toxicidad de la sustancia.

Una vez clasificado el riesgo, se analizaran las circunstancias reales (escenario) que se simularan para obtener los radios de afectación.

La metodología MOND teniendo como antecedente la selección de las unidades de riesgo (división de la planta) y la comparación de las cantidades existentes de las sustancias con las reportadas en el primero y segundo listados (anexo A) consiste en:

1. Determinación el factor propio de la sustancia
2. Determinación de los riesgos especiales de la sustancia
3. Determinación de los riesgos generales del proceso
4. Determinación de los riesgos especiales del proceso
5. Determinación de los riesgos del inventario
6. Determinación de los riesgos por tipo de construcción y disposición
7. Riesgo tóxico agudo
8. Calculo de índices de riesgo

9. Reducción de índices de riesgo por cambios en el diseño y/o proceso
10. Calculo de los factores de reducción de los índices de riesgo por medidas de prevención y protección existentes
11. Calculo de los índices actuales de riesgo
12. Calculo de los índices de riesgo si se afectan las recomendaciones

Valor Obtenido D (Indice global DOW/ICI)	Grado de riesgo
0-20	Suave
20-40	Ligero
40-60	Moderado
60-75	Moderadamente alto
75-90	Alto
90-115	Extremo
150-200	Potencialmente Catastrófico
Más de 200	Muy Catastrófico

13. Si el riesgo es de **ALTO A CATASTRÓFICO** se analizara mediante la metodología de análisis Hazop.

Es importante aclarar, que la metodología MOND, puede llegar a analizar el riesgo hasta determinar cuales son las circunstancias que lo originan, solo que se decidió utilizarla solo para la jerarquización debido a que el análisis HAZOP (metodología que se aplicara para determinar las circunstancias más reales) presenta ventajas que se mencionan en la pág. 35 Descripción de la metodología HAZOP.

A continuación se presentan las hojas de calculo, para el generador eléctrico y la plataforma, lugares donde el Hidrógeno se encuentra presente en mayor cantidad.

ELABORÓ: RAUL GONZALEZ HERNANDEZ					
EMPRESA: INDUSTRIA ELÉCTRICA					
PLANTA: C. T. VILLA ANGEL		UNIDAD: PLATAFORMA DE HIDRÓGENO			
DIRECCIÓN: SALINA CRUZ OAXACA					
SUSTANCIA(S): HIDRÓGENO					
CATALIZADORES: NO EXISTE			SOLVENTES: NO EXISTEN		
P INTERMEDIOS: NO HAY			PRODUCTOS: NO EXISTEN		
REACCIONES: NO EXISTEN		PRESIÓN (bar): 155		TEMPERATURA (°C): 20	
1. Factor propio de la sustancia					OBSERVACIONES
SUSTANCIA O MEZCLA: FACTOR DETERMINADO POR: (COMBUSTION/DESCOMPOSICIÓN REACCIONES/EXPLOSIONES)	HIDRÓGENO				
	Kcal/g				
FACTOR B= 51.66					
2. Riesgos especiales de la sustancia	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO	ACCIONES REQUERIDAS
A. Sustancia Oxidante	0 A 20	0		0	
B. Reacción con agua produce gas combustible	0 A 30	0		0	
C. Características de dispersión y mezcla	60 A 60	-0.60	m ⁻⁶⁰	-60	
D. Sujeta a calentamiento espontaneo	30 A 250	0		0	
E. Sujeta a polimerización espontanea	25 A 75	0		0	
F. Sensibilidad a la ignición	75 A 150	50		50	
G. Sujeta a descomposición explosiva	0 A 125	0		0	
H. Sujeta a detonación en fase gaseosa	0 A 150	0		0	
I. Riesgo de explosión en fase condensada	200 A 1500	0		0	
J. Otras	0 A 150	0		0	
SUMA DE FACTORES (A-J) POR RIESGOS ESPECIALES DE LA SUSTANCIA TOTAL			M=10	-10	
3. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO	ACCIONES REQUERIDAS
A. Manipulación y cambios físicos unicamente	10 A 50	10		10	
B. Características de la reacción	25 A 50	0		0	
C. Proceso discontinuo por lotes o batch	10 A 60	0		0	
D. Reacciones multiples en un mismo equipo	25 A 75	0		0	
E. Transferencia o movimiento de productos	0 A 100	75		75	
F. Recipientes móviles o transportables	10 A 100	40		25	Uso de cilindros de 6 m ²
SUMA DE FACTORES (A-F) POR RIESGOS ESPECIALES DE LA SUSTANCIA TOTAL			P=125	110	
4. RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO	ACCIONES REQUERIDAS
A. Baja presión (inferior a 1 Kg/cm ABS)	0 A 100	0		0	
B. Alta presión	0 A 160	95	P=95	95	
C. Baja temperatura	0 A 100	0		0	
	30 A 100	0		0	
	0 A 100	0		0	
D. Alta temperatura	0 A 35	0		0	
	0 A 25	0		0	
E. Corrosión y erosión	0 A 150	0		0	
F. Fugas por juntas y empaques	0 A 60	0		0	
G. Vibración, cargas físicas, fatiga, etc.	0 A 50	0		0	
H. Procesos o reacciones difíciles de controlar	20 A 300	0		0	
I. Operación cerca del rango de inflamabilidad	0 A 150	0		0	
J. Riesgo de explosión superior al promedio	40 A 100	0		0	
K. Riesgo de explosión de polvos o neblinas	30 A 70	0		0	
L. Uso de sustancias fuertemente oxidantes	0 A 300	0		0	
M. Sensibilidad del proceso a la ignición	0 A 75	0		0	
N. Riesgos electrostaticos	0 A 200	0		0	
SUMA DE FACTORES (A-N) POR RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO TOTAL			S= 95	95	

TEMPERATURA DEL PROCESO (°K)					
(= 29 K					
5 RIESGOS DEL INVENTARIO	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO	ACCIONES REQUERIDAS
INVENTARIO TOTAL			M ² = 12.39	600	Reducir la existencia de hidrógeno a 100 cilindros de 6 m ³ cada uno.
DENSIDAD (Ton/m ³)			K(Ton)= 1 239	0.6	
FACTOR DE RIESGO POR INVENTARIO			Q=8	4.5	
6 RIESGOS POR TIPO DE CONSTRUCCIÓN Y DISPOSICIÓN	ALTURA		H (m)=2.5	1.5	
SUPERFICIE DE TRABAJO			N (m ²)=200	200	
A. Diseño estructural	0 A 200	10		10	
B. Efecto "domino"	0 A 250	0		0	
C. Instalaciones subterráneas	0 A 150	0		0	
D. Drenaje superficial	0 A 100	0		0	
E. Otros	0 A 250	250		250	
SUMA DE FACTORES DE LA (A-E) POR RIESGOS CONSTRUCTIVOS			L=260	260	
7 RIESGO TÓXICO AGUDO	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO	ACCIONES REQUERIDAS
A. Valores TLV	0 A 300	0		0	
B. Forma de material	0 A 200	0		0	
C. Riesgo de exposición corta	100 A 150	0		0	
D. Absorción por la piel	0 A 300	0		0	
E. Factores físicos	0 A 50	0		0	
SUMA DE FACTORES (A-E) POR RIESGO TÓXICO AGUDO			T=0	0	
8 CALCULO DE INDICES DE RIESGO					CATEGORIA
INDICE DOW EQUIVALENTE	$D = B \cdot (1 + M/100) \cdot (1 + P/100) \cdot (1 + (S + Q + L)/100) + T/400$			D= 484.35	MUY CATASTRÓFICO LIGERO
INDICE DE RIESGO DE INCENDIO	$F = ((B \cdot K)/N)^{20.500}$			F= 6560.69	
CATEGORIA RIESGO DE INCENDIO					
INDICE DE RIESGO DE EXPLOSIÓN INTERNA	$E = 1 + (m + p + S)/100$			E= 2.3	BAJO
INDICE DE RIESGO DE EXPLOSIÓN EXTERNA	$A = B \cdot (1 + m/100) \cdot (Q \cdot H^2) / (300) \cdot (1 + p)/100$			A= 89.12	MODERADO
INDICE UNITARIOS DE TÓXICIDAD	$U = T/100 \cdot (1 + (M + P + S)/100)$			U= 0	LIGERO
INDICE DE MÁXIMO INCIDENTE TÓXICO	$C = Q \cdot U$			C= 0	LIGERO
INDICE GLOBAL DE RIESGO	$R = D \cdot (1 + (F \cdot U \cdot E \cdot A/1000))$			R= 184.35	MODERADO
CATEGORIA DE RIESGO GLOBAL					
REDUCCIÓN DE INDICES DE RIESGO POR CAMBIOS EN EL DISEÑO Y/O PROCESO					CATEGORIA
INDICE DOW EQUIVALENTE	$D = B \cdot (1 + M/100) \cdot (1 + P/100) \cdot (1 + (S + Q + L)/100) + T/400$			D= 448.64	MUY CATASTRÓFICO LIGERO
INDICE DE RIESGO DE INCENDIO	$F = ((B \cdot K)/N)^{20.500}$			F= 3177.09	
CATEGORIA RIESGO DE INCENDIO					
INDICE DE RIESGO DE EXPLOSIÓN INTERNA	$E = 1 + (m + p + S)/100$			E= 2.3	BAJO
INDICE DE RIESGO DE EXPLOSIÓN EXTERNA	$A = B \cdot (1 + m/100) \cdot (Q \cdot H^2) / (300) \cdot (1 + p)/100$			A= 16.08	BAJO
INDICE UNITARIOS DE TÓXICIDAD	$U = T/100 \cdot (1 + (M + P + S)/100)$			U= 0	LIGERO
INDICE DE MÁXIMO INCIDENTE TÓXICO	$C = Q \cdot U$			C= 0	LIGERO
INDICE GLOBAL DE RIESGO	$R = D \cdot (1 + (F \cdot U \cdot E \cdot A/1000))$			R= 448.64	MODERADO
CATEGORIA DE RIESGO GLOBAL					

FACTORES DE REDUCCIÓN DE LOS ÍNDICES DE RIESGO POR MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN EXISTENTES			
A. Sistemas de contención	FACTOR USADO	FACTOR REDUCIDO	ACCIONES REQUERIDAS
1. Recipientes a presión	0.9		
2. Tanques de almacenamiento atmosféricos verticales	11.0		
3. Tuberías de transferencia	0.9		
A) Diseño mecánico			
B) Uniones, juntas	1.0		
4. Contención suplementaria y diques de retención	1.0		
5. Detección de fugas y respuesta	1.0		
6. Manejo del material relevado vertido o de desecho	1.0		
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR SISTEMAS DE CONTENCION K_1=	0.81	0.81	
B. Control del proceso	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1. Sistema de alarma del proceso	1.0	1.0	
2. Suministro eléctrico de emergencia	1.0	1.0	
3. Sistema de enfriamiento / refrigeración del proceso	1.0	1.0	
4. Sistemas de inertizado	1.0	1.0	
5. Estudios de riesgo	1.0	0.85	"B 5
6. Sistemas de paro de seguridad	1.0	0.95	"B 6
7. Control automático por computadora	1.00	1.0	
8. Sistemas de protección contra explosiones/ reacciones incorrectas	0.85	0.85	
9. Instrucciones de operación	0.97	0.97	
10. Supervisión de la instalación	0.92	0.90	"B 9
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR SISTEMAS DE CONTROL DEL PROCESO K_2=	0.98	0.55	
C. Política de seguridad	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1. Involucramiento general en materia de seguridad	0.95	0.90	"C 1
2. Adiestramiento de seguridad	0.95	0.80	"C 1
3. Programas de mantenimiento y procedimientos de seguridad	0.90	0.90	
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR POLÍTICA ESTABLECIDA K_3=	0.81	0.65	
D. Protección pasiva contra incendios	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1. Protección de estructuras contra el fuego	1.0		
2. Muros contra fuego, cortinas de agua y dispositivos equivalentes	1.0		
3. Revestimiento contra incendios de equipos cables e instrumentos	1.0		
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS K_4=	1.0	1.0	
E. Sistemas de aislamiento	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1. Válvulas de aislamiento de emergencia	1.0		
2. Sistema de ventilación de emergencia	1.0		
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR SISTEMA DE AISLAMIENTO K_5=	1.0	1.0	
F. Sistemas de protección contra incendio	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1. Sistema s de alarma contra incendio	1.0	1.0	
2. Extintores portables	0.95	0.95	
3. Abastecimiento de agua contra incendios	0.75	0.75	
4. Rocedores automáticos sistema de dilúvio Monitores de agua	1.0	0.9	"F 4
5. Sistema de espuma y gases inertes	1.0	1.0	
6. Brigadas contra incendios	0.66	0.66	
7. Prácticas de lucha contra incendios	0.90	0.90	
8. Extractores de humo	1.0	1.0	
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR SISTEMAS COMBATE CONTRA INCENDIOS K_6=	0.423	0.38	

ELABORÓ RAÚL GONZÁLEZ HERNÁNDEZ					
EMPRESA: INDUSTRIA ELÉCTRICA					
PLANTA: C.T. VILLA ÁNGEL			UNIDAD: GENERADOR ELÉCTRICO		
DIRECCIÓN: SALINA CRUZ, OAXACA					
SUSTANCIA(S): HIDRÓGENO					
CATALIZADORES: NO EXISTE			SOLVENTES: NO EXISTEN		
P. INTERMEDIOS: NO HAY			PRODUCTOS: NO EXISTEN		
REACCIONES: NO EXISTEN		PRESIÓN (bar): 3.15		TEMPERATURA (°C): 40	
1. Factor propio de la sustancia					OBSERVACIONES
SUSTANCIA O MEZCLA: FACTOR DETERMINADO POR: (COMBUSTIÓN/DECOMPOSICIÓN REACCIONES/EXPLOSIONES)		HIDRÓGENO Kcal/kg			
		FACTOR B= 51.66			
2. Riesgos especiales de la sustancia		FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO
A. Sustancia Oxidante		0 A 20	0		0
B. Reacción con agua produce gas combustible		0 A 30	0		0
C. Características de dispersión y mezcla		60 A 60	-0.60	m=-60	-60
D. Sujeta a calentamiento espontáneo		30 A 250	0		0
E. Sujeta a polimerización espontánea		25 A 75	0		0
F. Sensibilidad a la ignición		75 A 150	50		50
G. Sujeta a descomposición explosiva		0 A 125	0		0
H. Sujeta a detonación en fase gaseosa		0 A 150	0		0
I. Riesgo de explosión en fase condensada		200 A 1500	0		0
J. Otros		0 A 150	0		0
SUMA DE FACTORES (A-J) POR RIESGOS ESPECIALES DE LA SUSTANCIA TOTAL				M=-10	-10
3. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO		FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO
A. Manipulación y cambios físicos únicamente		10 A 50	10		
B. Características de la reacción		25 A 50	0		
C. Proceso discontinuo por lotes o batch		10 A 60	0		
D. Reacciones múltiples en un mismo equipo		25 A 75	0		
E. Transferencia o movimiento de productos		0 A 100	0		
F. Recipientes móviles o transportables		10 A 100	0		
SUMA DE FACTORES (A-F) POR RIESGOS ESPECIALES DE LA SUSTANCIA TOTAL				P=10	10
4. RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO		FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO
A. Baja presión (inferior a 1 Kg/cm ABS)		0 A 100	0		0
B. Alta presión		0 A 160	60	P=6.0	0
C. Baja temperatura		0	0		0
		30 A 100	0		0
		0 A 100	0		0
D. Alta temperatura		0 A 35	0		0
		0 A 25	0		0
E. Corrosión y erosión		0 A 150	0		0
F. Fugas por juntas y empaques		0 A 60	30.00		0
G. Vibración, cargas físicas, fatiga, etc.		0 A 50	0		0
H. Procesos o reacciones difíciles de controlar		20 A 300	0		0
I. Operación cerca del rango de inflamabilidad		0 A 150	0		0
J. Riesgo de explosión superior al promedio		40 A 100	0		0
K. Riesgo de explosión de polvos o neblinas		30 A 70	0		0
L. Uso de sustancias fuertemente oxidantes		0 A 300	0		0
M. Sensibilidad del proceso a la ignición		0 A 75	0		0
N. Riesgos electrostáticos		0 A 200	0		0
SUMA DE FACTORES (A-N) POR RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO TOTAL				S=36.00	36.00

TEMPERATURA DEL PROCESO (°K)		t = 313 K			
S. RIESGOS DEL INVENTARIO	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO	ACCIONES REQUERIDAS
INVENTARIO TOTAL			M = 260		
DENSIDAD (Ton/m ³)			K(Ton)=0.260		
FACTOR DE RIESGO POR INVENTARIO			Q=2.0		
6. RIESGOS POR TIPO DE CONSTRUCCIÓN Y DISPOSICIÓN	ALTIMA		H (m)=14.5		
SUPERFICIE DE TRABAJO			N (m ²)=1500		
A. Diseño estructural	0 A 200	0			
B. Efecto "domino"	0 A 250	0			
C. Instalaciones subterráneas	0 A 150	0			
D. Drenaje superficial	0 A 100	0			
E. Otros	0 A 250	250			
SUMA DE FACTORES DE LA (A-E) POR RIESGOS CONSTRUCTIVOS			L=250		
7. RIESGO TÓXICO AGUDO	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO	ACCIONES REQUERIDAS
A. Valores TLV	0 A 300	0		0	
B. Forma de material	0 A 200	0		0	
C. Riesgo de exposición corta	-100 A 150	0		0	
D. Absorción por la piel	0 A 300	0		0	
E. Factores físicos	0 A 50	0		0	
SUMA DE FACTORES (A-B) POR RIESGO TÓXICO AGUDO			T=0	0	
8. CALCULO DE INDICES DE RIESGO					CATEGORIA
INDICE DOW EQUIVALENTE	$D = B^*(1+M/100)^*(1+P/100)^*(1+(S+Q+LY/100)^{-T/400})$				D = 198.43
INDICE DE RIESGO DE INCENDIO	$F = ((B^*K)^N)^{20.500}$		F = 183.56		POTENCIALMENTE CATASTROFICO
INDICE DE RIESGO DE EXPLOSIÓN INTERNA	$E = 1 + ((m+p)^{-S}/100)$		E = 0.82		LIGERO
INDICE DE RIESGO DE EXPLOSIÓN EXTERNA	$A = B^*(1+m/100)^*(Q^*H^*E)^{(1/300)^*(1+p)/100}$		A = 3.59		LIGERO
INDICE UNITARIOS DE TÓXICIDAD	$U = T/100^*(1+(M+P)^{-S}/100)$		U = 0		LIGERO
INDICE DE MÁXIMO INCIDENTE TÓXICO	$C = Q^*U$		C = 0		LIGERO
INDICE GLOBAL DE RIESGO	$R = D^*(1+(V^*F^*U^*E^*AS/1000))$				R = 198.43
REDUCCIÓN DE INDICES DE RIESGO POR CAMBIOS EN EL DISEÑO Y/O PROCESO					CATEGORIA
INDICE DOW EQUIVALENTE	$D = B^*(1+M/100)^*(1+P/100)^*(1+(S+Q+LY/100)^{-T/400})$				D =
INDICE DE RIESGO DE INCENDIO	$F = ((B^*K)^N)^{20.500}$		F =		
INDICE DE RIESGO DE EXPLOSIÓN INTERNA	$E = 1 + ((m+p)^{-S}/100)$		E =		
INDICE DE RIESGO DE EXPLOSIÓN EXTERNA	$A = B^*(1+m/100)^*(Q^*H^*E)^{(1/300)^*(1+p)/100}$		A =		
INDICE UNITARIOS DE TÓXICIDAD	$U = T/100^*(1+(M+P)^{-S}/100)$		U =		
INDICE DE MÁXIMO INCIDENTE TÓXICO	$C = Q^*U$		C =		
INDICE GLOBAL DE RIESGO	$R = D^*(1+(V^*F^*U^*E^*AS/1000))$				R =

FACTORES DE REDUCCIÓN DE LOS ÍNDICES DE RIESGO POR MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN EXISTENTES			
A. Sistemas de contención	FACTOR USADO	FACTOR REDUCIDO	ACCIONES REQUERIDAS
1. Recipientes a presión	0.9	0.9	
2. Tanques de almacenamiento atmosféricos verticales	1.0	1.0	
3. Tuberías de transferencia	0.9	0.9	
A) Diseño mecánico			
B) Uniones, juntas	0.95	0.95	
4. Contención suplementaria y diques de retención	1.0	1.0	
5. Detección de fugas y respuesta	1.0	0.95	* A 5
6. Manejo del material relevado verticado o de desecho	1.0	1.0	
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR SISTEMAS DE CONTENCIÓN K_1	0.77	0.73	
B. Control del proceso	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1. Sistema de alarma del proceso	0.95	0.95	
2. Suministro eléctrico de emergencia	0.90	0.90	
3. Sistema de enfriamiento / refrigeración del proceso	0.95	0.95	
4. Sistemas de inertizado	0.95	0.95	
5. Estudios de riesgo	1.0	0.85	* B 5
6. Sistemas de paro de seguridad	1.0	0.95	* B 6
7. Control automatico por computadora	1.0	1.0	
8. Sistemas de protección contra explosiones/ reacciones incorrectas	1.0	1.0	
9. Instrucciones de operación	0.90	0.90	
10. Supervisión de la instalación	0.92	0.92	
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR SISTEMAS DE CONTROL DEL PROCESO K_2	0.64	0.51	
C. Política de seguridad	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1. Involucramiento general en materia de seguridad	0.95	0.90	* C 1
2. Adiestramiento de seguridad	0.95	0.80	* C 2
3. Programas de mantenimiento y procedimientos de seguridad	0.90	0.90	
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR POLITICA ESTABLECIDA K_3	0.81	0.65	
D. Protección pasiva contra incendios	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1. Protección de estructuras contra el fuego	1.0		
2. Muros contra fuego cortinas de agua y dispositivos equivalentes	1.0		
3. Revestimiento contra incendios de equipos cables e instrumentos	1.0		
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS K_4	1.0	1.0	
E. Sistemas de aislamiento	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1. Válvulas de aislamiento de emergencia	1.0		
2. Sistema de ventilación de emergencia	1.0		
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR SISTEMA DE AISLAMIENTO K_5	1.0	1.0	
F. Sistemas de protección contra incendio	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1. Sistemas de alarma contra incendio	1.0	0.95	* F 1
2. Extintores portátiles	0.95	0.95	
3. Abastecimiento de agua contra incendios	0.75	0.75	
4. Rociadores automaticos sistema de dilubio. Monitores de agua	1.0	1.0	
5. Sistema de espuma y gases inertes	1.0	1.0	
6. Brigadas contra incendios	0.68	0.90	
7. Practicas de lucha contra incendios	0.90	0.90	
8. Extractores de humo	0.90	0.90	
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR SISTEMAS COMBATE CONTRA INCENDIOS K_6	0.38	0.36	

Como puede apreciarse, se encuentran riesgos clasificados como Catastróficos (en la plataforma) y potencialmente catastróficos (en el generador eléctrico).

Se procederá a hacer el análisis Hazop de las dos unidades anteriores.

5) ANÁLISIS DE RIESGOS (IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS)

Para el análisis de riesgos se utilizo la metodología HAZOP (peligros en operación) basándose en los resultados del análisis MOND efectuado para jerarquizar los riesgos de la C.T Villa Angel. La finalidad de utilizar HAZOP es identificar los escenarios de accidente mayor (incendio, explosión y fugas de sustancias tóxicas), que serán simulados.

Se presenta una selección de todos los nodos en donde esta implícito el Hidrógeno. Cabe aclarar que los resultados obtenidos de la jerarquización, nos muestran que la principal zona de riesgo a donde se aplicara el análisis HAZOP es la plataforma, pero debido a que también se encuentran probabilidades grandes de que un evento se presente en el generador de energía, se evalúan los riesgos en esta sección.

Sistema de Hidrógeno

SELECCIÓN DE LOS NODOS

NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL NODO
1	Plataforma
2	Línea de Conexión plataforma a regulador
3	Línea de conducción del regulador a la válvula de bloqueo
4	Válvulas manuales de bloqueo de entrada
5	Válvula manual a válvula de control
6	Válvula reductora de presión (1)
7	Línea de la válvula reductora (1) a válvula reductora de presión (2)
8	Línea de válvula reductora de presión (2) a válvula de bloqueo de salida
9	Válvula de bloqueo de salida
10	Válvula de bloqueo de salida a válvula de derivación y válvula de corte manual
11	Válvula manual de drenaje de condensado
12	Niple (válvula manual de drenaje)
13	Trampa
14	Válvula manual de bloqueo de la línea de derivación
15	Válvula manual de bloqueo de la línea de derivación
16	Válvula de bloqueo de operación normal(72)
17	Línea de válvula de bloqueo (72) a válvula de bloqueo (70) y a válvula de bloqueo (71)
18	Válvula manual de venteo (71)
19	Válvula manual de bloqueo (70)
20	Niple de válvula indicadora de flujo (Rotámetro)
21	Rotámetro
22	Línea del rotámetro a válvula de 5 vías
23	Línea de la válvula de 5 vías a generador eléctrico
24	Válvula manual para inyección de aire
25	Transmisor Indicador de Presión (PIT)
26	Interruptor de Presión (PS)
27	Generador eléctrico

Para seguir con la metodología Hazop, es importante definir la intensidad de diseño de la parte que se analizara.

La plataforma móvil que consta de un banco de 29 tubos cilíndricos horizontales, contruidos en acero al carbón para almacenamiento y suministro de Hidrógeno licuado a una presión inicial de 155 Kgs/cm^2 , la capacidad total de almacenamiento es de 1239 m^3 . El cual opera a condiciones normales de temperatura y cuenta con válvula de seguridad de sobrepresión calibrada a 165 Kgs/cm^2 .

Los parámetros empleados en la tabla Hazop son los siguientes:

Presión, sustancia y corrosión.

El Generador eléctrico es el encargado de generar la energía, existiendo el riesgo principal en el aceite de sellos por donde esta el hidrógeno perteneciente al sistema de enfriamiento dentro del generador.

A continuación se presentan las hojas de análisis Hazop para la plataforma y el Generador eléctrico.

ANALISIS HAZOP

PLANTA: C.T VILLA ANGEL

SISTEMA: ALMACENAMIENTO Y SUMINISTRO DE HIDRÓGENO

UNIDAD/LINEA: PLATAFORMA

PARAMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACION	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	G	REACCIÓN DEL SISTEMA	ACCIONES REQUERIDAS	C
SUSTANCIA	No	Ausencia de sustancia	Error en el suministro	Perdida del contenido	4	Ninguna	Mantenimiento periódico	3
FLUJO	Mas	Mayor flujo que el requerido	Ruptura en la línea de descarga de (3/4 de pulgada)	Fuga del material produciendo posible incendio y/o explosión	5	Ninguna	Mantenimiento Periódico	5
PRESIÓN	Mas	Mayor presión a la requerida	Aumento de temperatura	Sobrepresión, posible ruptura en el deficiente	2	Operación de la válvula de desfogue	Mantenimiento periódico de la válvula de alivio	3

G= Gravedad C= Calificación

ANALISIS HAZOP

PLANTA: C.T. VILLA ANGEL

SISTEMA: ENFRIAMIENTO

UNIDAD/LINEA: GENERADOR ELÉCTRICO

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	G	REACCIÓN DEL SISTEMA	ACCIONES REQUERIDAS	C
Presión	Menor	Menor presión a la requerida en la operación	Manejo inadecuado, falla en algún punto del cilindro	Fuga y explosión	3	No aplica	Actuar según los procedimientos establecidos	3

G= Gravedad

C=Calificación

Derivado del análisis Hazop, se concluye así que los escenarios a simular serán los siguientes:

Para la Plataforma se simulará, el degollamiento de la válvula de un cilindro de 6m³ debido a un descuido en el manejo del mismo por parte de un operador.

Para el Generador eléctrico se simulará la fuga de hidrógeno debido a una falla en el sistema de aceite de sellos previo al generador, confinándose la nube en el cuarto de máquinas, explotando posteriormente.

SIMULACIONES

Para las simulaciones se utilizaron los simuladores SCR12 y ARCHIE, con el fin de establecer los radios de afectación resultados de eventos provocados por el hidrógeno y el cloro, las hojas de calculo de estas simulaciones se encuentran en el anexo K.

Es importante aclarar que el cloro se toma en cuenta para las simulaciones teniendo como principal objetivo la ilustración de las características que debe de tener el plano en el que se represente la fuga de un gas tóxico.

Las unidades de riesgo, que se seleccionaron son:

HIDRÓGENO

1) PLATAFORMA (ALMACENAMIENTO)

2) GENERADOR ELÉCTRICO

COLORO

1) CASETA DE CLORACIÓN.

Una vez determinados los radios de afectación, se establecerán las zonas de riesgo y de amortiguamiento (definidas en el CAP. I pág.45).

Basados en los resultados de la simulación obtenemos que:

HIDRÓGENO

	Zona Riesgo(m)	Zona de Amortiguamiento(m)
HIDRÓGENO		
Plataforma (Almacenamiento)	13.7	20.4
Generador eléctrico	10	12.5
COLORO		
Sistema de cloración	850	2450

Lo anterior significa que el efecto mayor originado por una explosión de hidrógeno, alcanzaría 20.4 metros, distancia en la que se considera la zona de menor afectación, en la cual un ser humano puede presentar lesiones graves que posteriormente lo lleven a la muerte, la distancia menor en el caso de hidrógeno (10 metros) indica la zona en la que existe una mayor probabilidad de que cualquier ser humano perezca sin remedio.

Respecto al cloro la distancia mayor es de 2.45 km en donde el gas se percibe, pero a la distancia de 850 metros el gas es más peligroso si se huele por más de 8 horas.

Los resultados derivados de la simulación, deberán ser representados en un plano en donde se muestren las zonas de alto riesgo y de amortiguamiento de los riesgos identificados, jerarquizados y analizados. Esto es lo que se conoce como diagrama de pétalos, en donde se muestran claramente las interacciones de los riesgos y sus efectos sinérgicos, además del alcance fuera de los límites del predio. (fig 8)

El plano deberá ser de escala adecuada en el que se incluya lo siguiente:

- 1) Norte Geográfico
- 2) Nombre del plano (**C.T. XXX DIAGRAMA DE PETALOS RESULTADO DE LA SIMULACIÓN PARA TODAS LAS SUSTANCIAS DE ALTO RIESGO**)
- 3) Identificar las zonas de afectación según las figuras 9 y 10.
- 4) Identificar el límite del predio de preferencia con un color guinda. (ver fig.8)
- 5) Identificar los usos del suelo colindantes al predio de la Central.

En la representación de las zonas de riesgo de las sustancias que generen **nubes tóxicas**, como el cloro, es necesario que el plano cuente además de lo señalado en los puntos 1,2,4, y 5 del párrafo anterior con los siguientes:

- 6) Representar adecuadamente la nube tóxica, indicando la distancia de afectación (**Ver fig.9**).
- 7) Hacer énfasis en los usos de suelo afectados por la fuga de la nube tóxica.

- 3) La dirección de los vientos debe ser congruente con lo establecido en el texto.
(Si el texto dice que la nube se dirige hacia el sureste, representarlo de esa forma en el plano, indicando mediante un círculo el radio de afectación y la dirección más probable de la nube)
- 4) Identificar con un color, de preferencia verde, el lugar donde se ubica la Central.

Cuando se representen las zonas de riesgo, de las sustancias que por sus características puedan provocar un incendio, explosión o derrame, se deberá de tomar en cuenta todas las consideraciones anteriores además de:

Iluminar con color rojo la zona de alto riesgo y con amarillo la zona de amortiguamiento, así como incluir los radios de afectación resultantes de la simulación, dentro del círculo, mencionando la distancia. (ver figura 10).

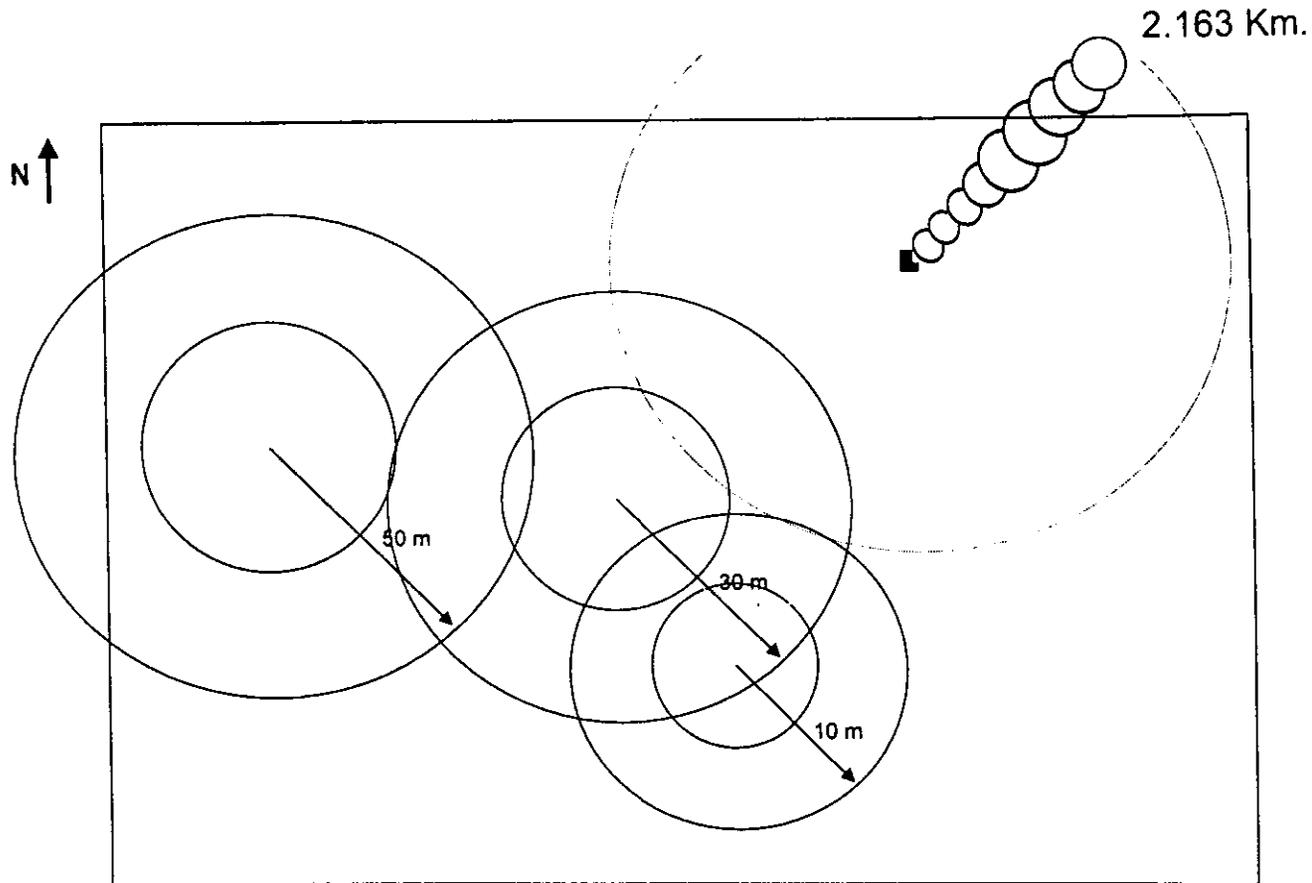


FIG. 8 DIAGRAMA DE PÉTALOS RESULTADO DE LA SIMULACIÓN PARA TODAS LAS SUSTANCIAS DE ALTO RIESGO

FIG. 9 RADIO DE AFECTACIÓN DE UNA NUBE TÓXICA

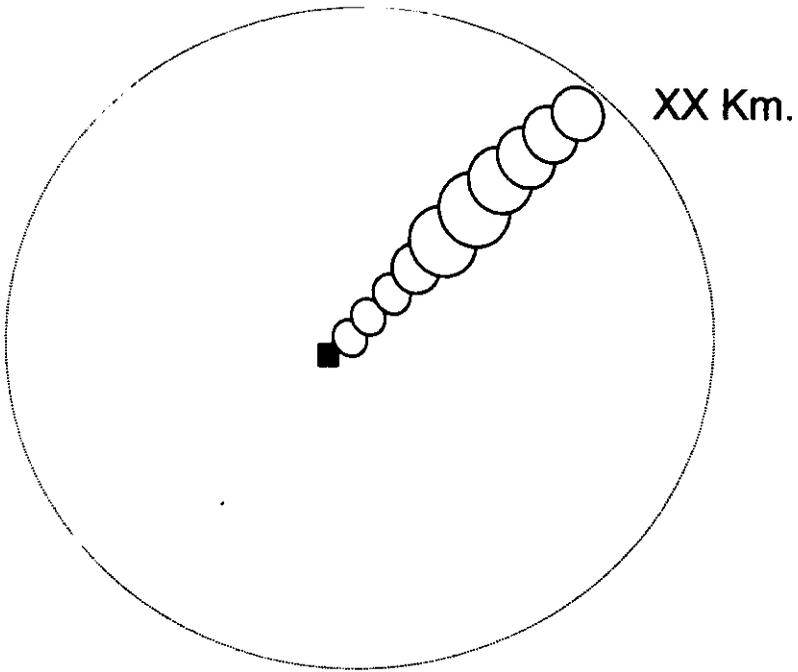
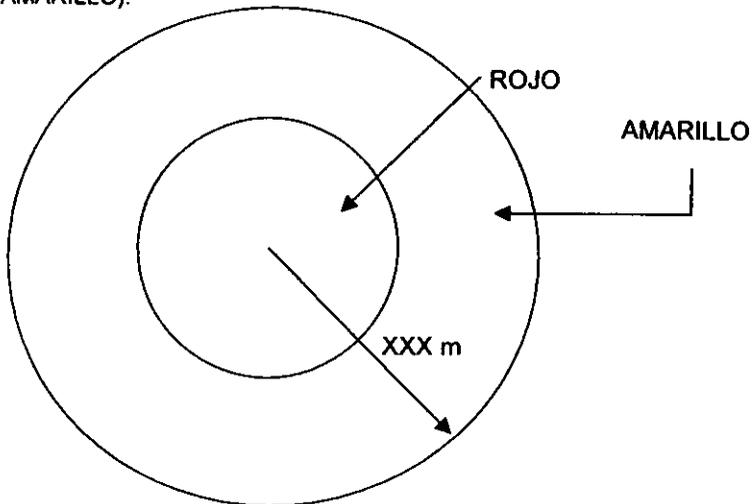


FIGURA 10. RADIOS DE AFECTACIÓN ZONA DE ALTO RIESGO (ROJO) Y AMORTIGUAMIENTO (AMARILLO).



El diagrama de pétalos para el ejemplo será:

MUNICIPIO DE MATÍAS ROMERO

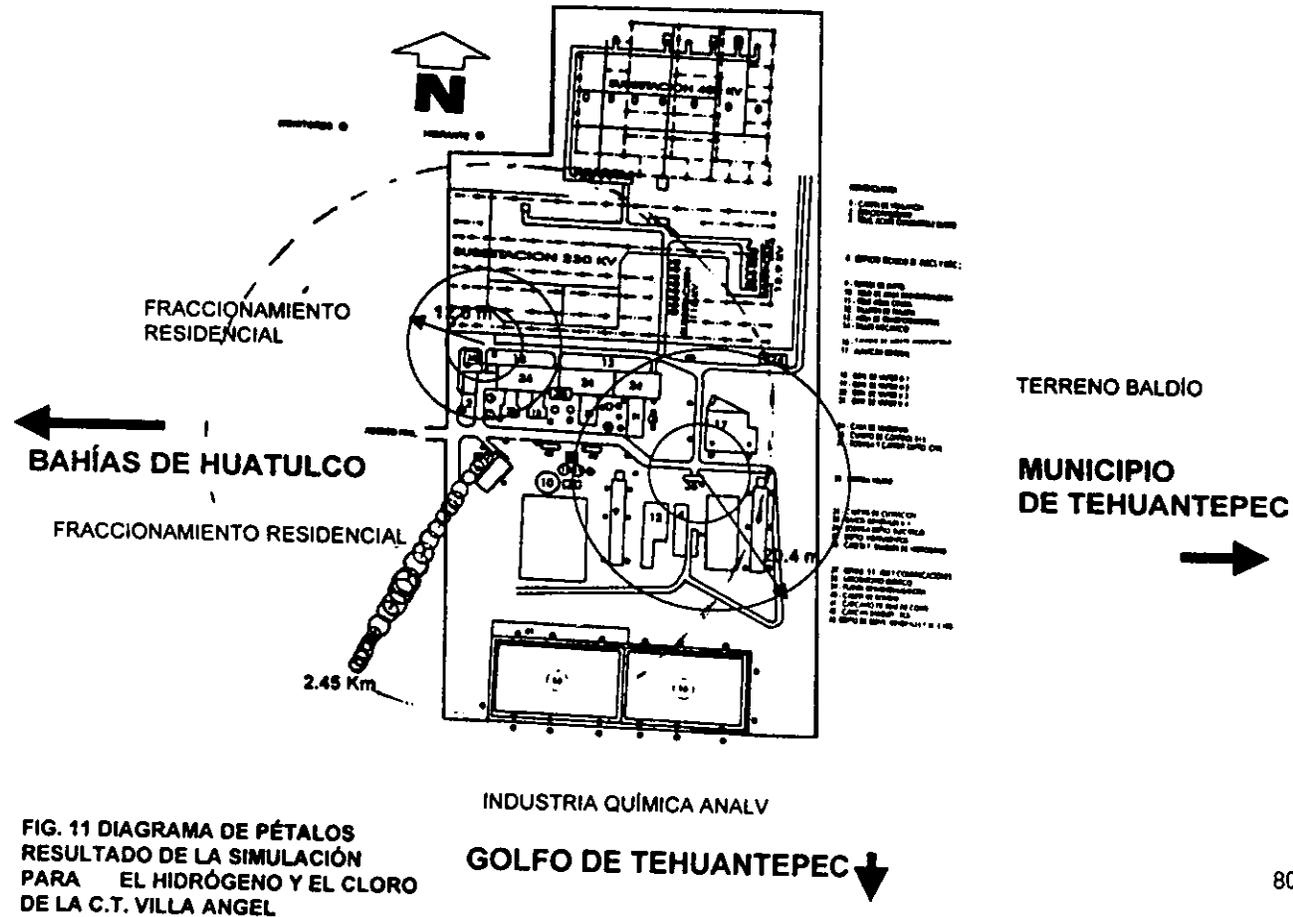


FIG. 11 DIAGRAMA DE PÉTALOS RESULTADO DE LA SIMULACIÓN PARA EL HIDRÓGENO Y EL CLORO DE LA C.T. VILLA ANGEL

Es importante, hecha la identificación, la jerarquización, el análisis, la simulación y la representación de los radios de afectación establecer si existe o no riesgo ambiental.

Para nuestro ejemplo, claramente puede identificarse que si existe riesgo ambiental, debido a que los efectos originados por el uso de hidrógeno y cloro traspasan los límites del predio de la Central.

En el siguiente capítulo se mencionara, como están ligados los denominados Programas de Respuesta a Emergencias con los Estudios de Riesgo.

PROGRAMAS PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES

Una vez que se han estimado las consecuencias de un evento, se deben de establecer las medidas de prevención y mitigación según lo manifestado en el Estudio de Riesgo, de esta manera se lograrán desarrollar medidas de seguridad internas y externas que se puedan complementar de una forma efectiva para la respuesta ante un accidente. Los Estudios de Riesgo se enfocan principalmente al análisis de riesgos en los procesos, a la seguridad industrial de las instalaciones y a la protección de la población, su alcance es el de reportar cuales son los materiales que originan actividades altamente riesgosas²¹, la ubicación de los peligros relacionados con ellos y la evaluación de las consecuencias al interior y al exterior de la planta, indicando la distancia que alcanzarían los accidentes hipotéticos que corresponden a los riesgos mayores identificados, utilizando criterios de afectación al ser humano. Después de esta evaluación, se deberán considerar los impactos ambientales y en las estrategias de la respuesta ante una emergencia.

La diferencia entre accidente y emergencia radica en las consecuencias. Mientras un accidente se define como la desviación intolerable sobre las condiciones de diseño de un sistema, una emergencia es un accidente que no fue mitigado adecuadamente, lo anterior queda representado en la fig. 12, en donde se establece un procedimiento de respuesta ante un evento que puede ser considerado como emergencia.

²¹ Actividad altamente Riesgosa.-Actividad relacionada con el manejo de una sustancia que presente propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas radioactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades igual es o superiores a la cantidad de reporte. ² listado de Activides Altamente Riesgosas, Diario Oficial de la Federación lunes 4 de mayo de 1992.

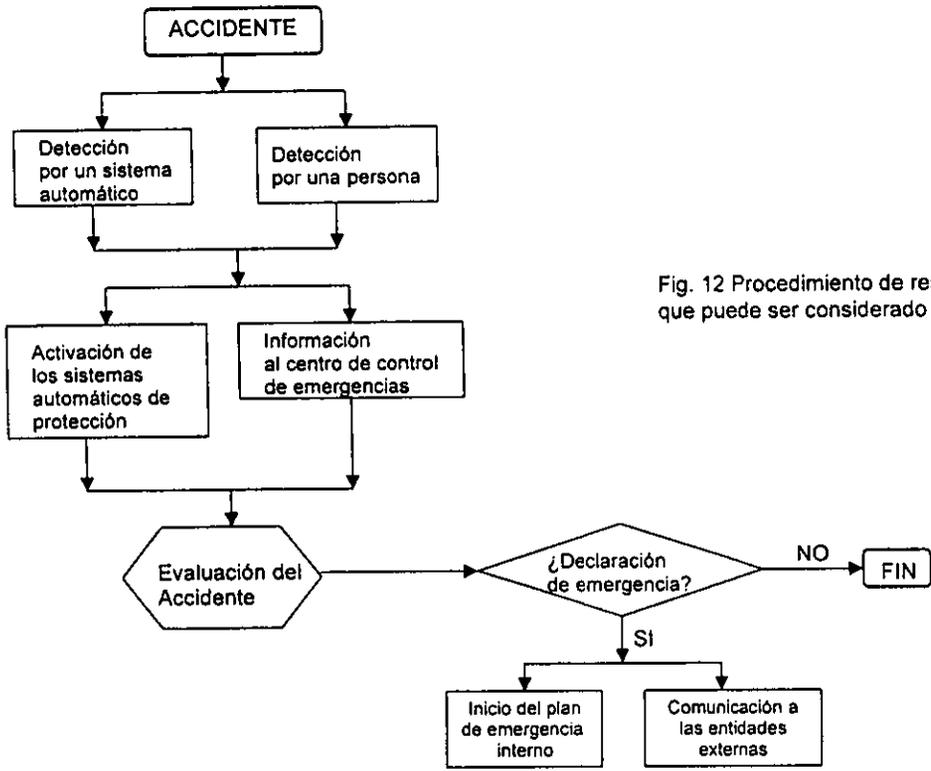


Fig. 12 Procedimiento de respuesta ante un evento que puede ser considerado como emergencia

La ley General del Equilibrio Ecológico en el Capítulo 5, artículo 147, establece que:

"quienes realicen actividades altamente riesgosas, en los términos del reglamento correspondiente, deberán formular y presentar a la Secretaría un estudio de riesgo ambiental, así como someter a la aprobación de dicha dependencia y de las Secretarías de Gobernación, de Energía, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Trabajo y Previsión Social, los programas para la prevención de acciones en la realización de tales actividades, que puedan causar graves desequilibrios ecológicos"²².

El análisis y aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes (PPA) esta en manos del Comité de Análisis y Aprobación de Programas para la Prevención de Accidentes (COAAPPA) integrado por representantes de distintas dependencias, entre las que destacan SEMIP, SECOFI, SSA, STPS, SEGOB-CENAPRED, SEGOB-DGPC, DDF y SEDESOL.

En un Programa para la Prevención de Accidentes (PPA) se mencionan los planes ante un accidente desde un nivel interno hasta uno externo, siendo estos complementarios y basándose principalmente en los Estudios de Riesgo, en donde se mencionan las medidas preventivas y correctivas de una manera somera sin precisarse quien y como debe actuarse.

Los requisitos mínimos que deben de incluirse en la elaboración de los PPA, son los siguientes:

²² Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. México 1988

- ◆ El nombre del responsable del PPA, su suplente así como la cantidad del personal y su distribución por turnos.

- ◆ La información referencial de mayor importancia. Esta es la que se reportan derivada de las actividades altamente riesgosas de la industria, la ubicación de sus peligros mayores, la evaluación de los riesgos y las consecuencias en caso de presentarse algún evento el cual es simulado mediante el uso de programas por computadora.

- ◆ Los riesgos mayores de origen químico, identificados y evaluados en el estudio de riesgos, son los "riesgos pivote" para la elaboración de un programa para la prevención de accidentes; por lo tanto esta información es básica y ningún PPA debe carecer de ella.

- ◆ Para los casos en que como resultado de las actividades de verificación que realiza la Procuraduría Federal se tenga conocimiento de accidentes no considerados por la empresa o no incluidos en los referidos "Informes de Riesgo", se deberán considerar en el análisis de riesgo posterior a la verificación.

- ◆ Se deberá contar (para los fines del documento del PPA), mínimamente con las Hojas de Datos de Seguridad de los Materiales (HDSM) para los materiales de alto riesgo, que están considerados en los listados publicados en el Diario Oficial y sobrepasen la cantidad de reporte. Sin embargo debe presentarse un listado completo con todos los materiales que se manejen en las instalaciones.

NIVEL INTERNO DEL PPA

- ◆ Se desarrolla para atender los conatos de accidente, quasi-accidentes y accidentes menores, relacionados con los riesgos mayores identificados en el Estudio de Riesgo y con las actividades altamente riesgosas que se realicen en las instalaciones de referencia, considerando que no habrá afectación al exterior de los límites del predio que ocupa la planta.
- ◆ La empresa debe contar con una organización de la infraestructura, equipamiento, procedimientos y personal capacitado, para atender y controlar los eventos mencionados en el párrafo anterior.
- ◆ De manera obligatoria contará con aspectos tanto de planeación como operativos, es decir, que la información deberá contar con planes, acciones y resultados.

NIVEL EXTERNO DEL PPA

- ◆ Se desarrolla para atender los accidentes que sobrepasen el límite del predio los cuales hayan sido identificados en el Estudio de Riesgo.
- ◆ La empresa debe contar con una organización de la infraestructura, equipamiento, procedimientos y personal capacitado, para atender y controlar los eventos mencionados en el párrafo anterior.
- ◆ De manera obligatoria contará con aspectos tanto de planeación como operativos, es decir, que la información deberá contar con planes, acciones y resultados.

ORGANIZACIÓN PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES Y RESPUESTA A EMERGENCIAS

La información deberá contener mínimamente lo siguiente:

- ◆ Un organigrama que incluya mandos de alto nivel, mandos medios y a las brigadas de emergencia.
- ◆ Definir las clases de brigadas de emergencia, que deberán de estar de acuerdo con la cantidad de personal y los riesgos asociados a las actividades altamente riesgosas.
- ◆ Las funciones de carácter general de los integrantes de dicha organización, considerando las actividades de coordinación en materia de prevención de accidentes, en condiciones normales de operación y las funciones generales en caso de emergencia.

EQUIPOS Y SERVICIOS DE EMERGENCIAS

Durante la revisión y análisis de este apartado llamado "Equipos y servicios de Emergencia", se deberá considerar lo siguiente:

La empresa debe contar con equipos instalaciones y servicios para atender y controlar los conatos de accidentes, quasi-accidentes y accidentes menores, relacionados con los riegos mayores identificados y con las actividades altamente riesgosas que se realicen en las instalaciones, considerando que no habrá afectación al exterior de los límites del predio que ocupa la planta.

Asimismo la empresa deberá considerar la viabilidad para requerir dicha justificación ya sea para todos, la mayoría o algunos de los equipos y sistemas de emergencias.

Minimamente la empresa debe incluir un inventario general y la ubicación en uno o varios planos o croquis de los equipos de emergencia.

Así pues, la esencia principal de un PPA, es la de prevenir y estar organizado, en caso que se presente un accidente que se convierta en emergencia y si es así, poder tener una respuesta de mitigación o de corrección.

CONCLUSIONES

El constante crecimiento y la relación en mayor o menor grado que tiene la química con la industria ha creado un vínculo entre los procesos y las sustancias químicas. Estas se pueden clasificar como peligrosas debido a sus propiedades físicoquímicas y a las variables del sistema donde se encuentran dentro del proceso, sumándose a esto la clasificación que el Instituto Nacional de Ecología ha hecho a la mayoría de las sustancias que son tóxicas, inflamables y explosivas.

Los accidentes causados por estas sustancias son la causa principal de que se generen efectos fuera del límite del predio haciéndose necesaria la elaboración de los Estudios de Riesgo según sea el proceso y la peligrosidad de las sustancias así como a las cantidades que se manejen de las mismas.

El Ingeniero Químico (I.Q.) contribuye en gran parte en la realización de los Estudios de Riesgo ya que conoce las sustancias, las variables existentes en el proceso y los diferentes sistemas que lo componen. Utilizando como herramientas las diversas metodologías que se conocen para la identificación, análisis, jerarquización y simulación de riesgos, dependiendo del proceso, el tiempo y el personal con que se cuente; el I.Q. puede combinarlas para diseñar un traje a la medida. Cabe señalar que la sistematización de un procedimiento como el mostrado en el Cap. II del presente trabajo es sólo una forma de cuantificar los riesgos. Existiendo la posibilidad de que el analista cree la propia debidamente justificada según su creatividad.

Los riesgos se clasifican por sus consecuencias, causadas principalmente a los trabajadores a los equipos y al medio ambiente, pero es necesaria la participación de un equipo interdisciplinario para la interpretación de los resultados obtenidos en la simulación, buscando con ello enriquecer el trabajo en cuanto a los posibles factores climatológicos que aumentarían el riesgo, las desviaciones que lo originarían, la flora que estaría afectada por el evento, etc.

Después de evaluar los riesgos y estimar su afectación, son identificadas las medidas preventivas y correctivas, ya que sólo cuando se conoce el origen o la causa de un accidente determinado se podrán conocer sus medidas de prevención o de mitigación.

Por lo tanto se requerirá un Estudio de Riesgo cuando se tenga una sustancia peligrosa o cuando se desconozcan con precisión las consecuencias causadas por su liberación, resultando ser de vital importancia la elaboración de un Estudio de Riesgo para cualquier industria que maneje sustancias peligrosas debido a que no solo se cumplirá con la legislación ambiental vigente en materia de riesgo sino que se sabrán con claridad los peligros que se corren con la liberación de determinada sustancia planeando así como prevenirlos y en un momento dado mitigarlos, teniendo en el presente trabajo los principios básicos de cómo se puede hacer un Estudio de Riesgo utilizando como ejemplo una Central Termoeléctrica.

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS

- A. 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas
- B. Lista de principales Normas y códigos utilizados en la industria en materia de seguridad
- C. Lista de verificación típica (Check list)
- D. Hojas típicas para el cálculo DOW (Incendios y Explosiones) y MOND (incendios, explosiones y toxicidad)
- E. Proceso de trabajo correspondiente a una sesión HAZOP típica
- F. Formato típico de análisis HAZOP
- G. Formato típico de análisis FMEA
- H. Símbolos característicos de un FTA
- I. Hojas de seguridad correspondientes al Hidrógeno
- J. Explicación del proceso de enfriamiento a base de Hidrógeno
- K. Hojas de calculo de las simulaciones realizadas

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

ACUERDO POR EL QUE LAS SECRETARIAS DE GOBERNACION Y DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, CON FUNDAMENTO EN LO DISPUESTO POR LOS ARTICULOS 5 FRACCION X Y 146 DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE; 27 FRACCION XXXII Y 37 FRACCIONES XVI Y XVII DE LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL, EXPIDEN EL PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

CONSIDERANDO

Que la regulación de las actividades altamente riesgosas, esta contemplada en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como asunto de alcance general de la nación o de interés de la Federación y se prevé, que una vez hecha la determinación de las mismas se publicar en los listados correspondientes.

Que el criterio adoptado para determinar cuales actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas o bien una explosión, ocasionarían una afectación significativa al ambiente a la población o a sus bienes.

Que por lo tanto, se hace necesario determinar la cantidad mínima de las sustancias peligrosas con las propiedades antes mencionadas, que en cada caso convierten su producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, en actividades que, de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas, vía atmosférica, provocarían la presencia de límites de concentración superiores a los permisibles, en un área determinada por una franja de 100 metros en torno de las instalaciones, o del medio de transporte, y en el caso de la formación de nubes explosivas, la existencia, de ondas de sobrepresión. A esta cantidad mínima de sustancia peligrosa, se le denomina cantidad de reporte.

Que en consecuencia, para la determinación de las actividades consideradas altamente riesgosas, se partirá de la clasificación de las sustancias peligrosas, en función de sus propiedades, así como de las cantidades de reporte correspondientes.

Que cuando una sustancia presente más de una de las propiedades señaladas, ésta se clasificará en función de aquella o aquellas que representen el o los más altos grados potenciales de afectación al ambiente, a la población o a sus bienes y aparecerá en el listado o listados correspondientes.

Que mediante este Acuerdo se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas y que corresponde a aquellas en que se manejan sustancias tóxicas. En dicho listado quedan exceptuadas en forma expresa el uso y aplicación de plaguicidas con propiedades tóxicas, en virtud de que existe una legislación específica para el caso, en la que se regula esta actividad en lo particular.

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

Que en el primer listado y los subsecuentes que se expidan, para el caso de aquellas actividades asociadas con el manejo de sustancias inflamables, explosivas, reactivas, corrosivas o biológicas, éstas constituirán el sustento para determinar las normas técnicas de seguridad y operación, así como para la elaboración de los programas para la prevención de accidentes, previstos en el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente, mismos que deberán observarse en la realización de dichas actividades.

Que aún cuando las actividades asociadas con el manejo de sustancias con propiedades radiactivas, podrían considerarse altamente riesgosas, las Secretarías de Gobernación y de desarrollo Urbano y Ecología no establecerán un listado de las mismas, en virtud de que la expedición de las normas de seguridad nuclear, radiológica y física de las instalaciones nucleares o radioactivas compete a la Secretaría de energía, Minas e Industria Paraestatal y ala comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, con la participación que en su caso corresponda a la Secretaría de Salud, de conformidad con lo dispuesto por la legislación que de manera específica regula estas actividades.

Que las secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, previa l opinión de las Secretarías de energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, se Salud, de Agricultura y Recursos Hidráulicos y del trabajo y Previsión Social, llevaron a cabo los estudios que sirvieron de sustento para determinar los criterios y este primer listado de actividades altamente riesgosas.

En mérito de lo anterior, hemos tenido a bien dictar lo siguiente:

Artículo 1.- Se considerar como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en un volumen igual o superior a la cantidad de reporte.

Artículo 2.- Para los efectos de este ordenamiento se consideran n las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

Cantidad de reporte: Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

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

Sustancia peligrosa: Aquélla 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: Aquélla que puede producir en organismos vivos, lesiones, enfermedades, implicaciones genéticas o muerte.

Anexo A 1' y 2' listado de Actividades Altamente Riesgosas

Artículo 3.- Con base en lo previsto en el artículo primero, se expide el primer listado de actividades altamente riesgosas, que corresponde a aquellas en que se manejen sustancias tóxicas. Estas actividades son la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final de las sustancias que a continuación se indican, cuando se manejen volúmenes iguales o superiores a las cantidades de reporte siguientes:

I. Cantidad de reporte: a partir de 1 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

ACIDO CIANHIDRICO
ACIDO FLUORHIDRICO-(FLUORURO DE HIDROGENO)
ARSINA
CLORURO DE HIDROGENO
CLORO (1)
DIBORANO
DIOXIDO DE NITROGENO
FLUOR
FOSGENO
HEXAFLUORURO DE TELURIO
OXIDO NITRICO
OZONO (2)
SELENIURO DE HIDROGENO
TETRAFLUORURO DE AZUFRE
TRICLORURO DE BORO

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACROLEINA
ALIL AMINA
BROMURO DE PROPARGILO
BUTIL VINIL ETER
CARBONILO DE NIQUEL
CICLOPENTANO
CLOROMETIL METIL ETER
CLORURO DE METACRILATO
DIOXOLANO
DISULFURO DE METILO
FLUORURO CIANURICO
FURANO
ISOCIANATO DE METILO
METIL HIDRACINA
METIL VINIL CETONA
PENTABORANO
SULFURO DE DIMETILO
TRICLOROETIL SILANO

Anexo A 1' y 2' listado de Actividades Altamente Riesgosas

C) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

2 CLOROFENIL TIOUREA
2,4 DITIOBIURET
4,6 DINITRO -O- CRESOL
ACIDO BENCEN ARSENICO
ACIDO CLOROACETICO
ACIDO FLUOROACETICO
ACIDO METIL -O- CARBAMILO
ACIDO TIOCIANICO 2-BENZOTIANICO
ALDICARBONO
ARSENIATO DE CALCIO
BIS CLOROMETIL CETONA
BROMODIOLONA
CARBOFURANO (FURADAN)
CARBONILOS DE COBALTO
CIANURO DE POTASIO
CIANURO DE SODIO
CLOROPLATINATO DE AMONIO
CLORURO CROMICO
CLORURO DE DICLORO BENZALKONIO
CLORURO PLATINOSO
COBALTO
COBALTO
COMPLEJO DE ORGANORODIO
DECABORANO
DICLORO XILENO
DIFACIONONA
DIISOCIANATO DE ISOFORONA
DIMETIL -P- FENILENDIAMINA
DIXITOXIN
ENDOSULFAN
EPN
ESTEREATO DE CADMIO
ESTRICNINA
FENAMIFOS
FENIL TIOUREA
FLUOROACETAMIDA
FOSFORO (ROJO, AMARILLO Y BLANCO)
FOSFORO DE ZINC
FOSMET
HEXACLORO NAFTALENO
HIDRURO DE LITIO
METIL ANZIFOS
METIL PARATION
MONOCROTOFOS (AZODRIN)

Anexo A 1' y 2' listado de Actividades Altamente Riesgosas

OXIDO DE CADMIO
PARAQUAT
PARAQUAT-METASULFATO
PENTADECILAMINA
PENTOXIDO DE ARSENICO
PENTOXIDO DE FOSFORO
PENTOXIDO DE VANADIO
PIRENO
PIRIDINA, 2 METIL, 5 VINIL
SELENIATO DE SODIO
SULFATO DE ESTRICNINA
SULFATO TALOSO
SULFATO DE TALIO
TETRACLORURO DE IRIDIO
TETRACLORURO DE PLATINO
TETRAOXIDO DE OSMIO
TIOSEMICARBAZIDA
TRICLOROFON
TRIOXIDO DE AZUFRE

II. Cantidad de reporte: a partir de 10 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

ACIDO SULFHIDRICO
AMONIACO ANHIDRO
FOSFINA
METIL MERCAPTANO
TRIFLUORURO DE BORO

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

1, 2, 3, 4 DIEPOXIBUTANO
2, CLOROETANOL
BROMO
CLORURO DE ACRILOILO
ISOFLUORFATO
MESITILENO
OXICLORURO FOSFOROSO
PENTACARBONILO DE FIERRO
PROPIONITRILLO
PSEUDOCUMENO
TETRACLORURO DE TITANIO
TRICLORO (CLOROMETIL) SILANO
VINIL NORBORNENO

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

C) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

ACETATO DE METOXIETILMERCURIO
ACETATO FENIL MERCURICO
ACETATO MERCURICO
ARSENITO DE POTASIO
ARSENITO DE SODIO
ASIDA DE SODIO
BROMURO CIANOGENO
CIANURO POTASICO DE PLATA
CLORURO DE MERCURIO
CLORURO DE TALIO
FENOL
FOSFATO ETILMERCURICO
HIDROQUINONA
ISOTIOSIANATO DE METILO
LINDANO
MALONATO TALOSO
MALONONITRILLO
NIQUEL METALICO
OXIDO MERCURICO
PENTAFLOROFENOL
PENTAFLORURO DE FOSFORO
SALCOMINA
SELENITO DE SODIO
TELURIO
TELURITO DE SODIO
TIOSEMICARBACIDA ACETONA
TRICLORURO DE GALIO
WARFARIN

III. Cantidad de reporte: a partir de 100 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

BROMURO DE METILO
ETANO (3)
OXIDO DE ETILENO

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

2, 6 -DIISOCIANATO DE TOLUENO
ACETALDEHIDO (3)
ACETATO DE VINILO
ACIDO NITRICO
ACRILONITRIL
ALCOHOL ALILICO
BETA PROPIOLACTONA
CLOROACETALDEHIDO
CROTONALDEHIDO
DISULFURO DE CARBONO
ETER BIS - CLORO METILICO
HIDRACINA
METIL TRICLORO SILANO
NITROSODIMETILAMINA
OXIDO DE PROPILENO
PENTAFLUORURO DE ANTIMONIO
PERCLOROMETIL MERCAPTANO
PIPERIDINA
PROPILENIMINA
TETRAMETILO DE PLOMO
TETRANITROMETANO
TRICLORO BENCENO
TRICLORURO DE ARSENICO
TRIETOXISILANO
TRIFLUORURO DE BORO

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

ACIDO CRESILICO
ACIDO SELENIOSO
ACRILAMIDA
CARBONATO DE TALIO
METOMIL
OXIDO TALICO
YODURO CIANOGENO

IV. Cantidad de reporte: a partir de 1,000 kg.

a) En el caso de la siguiente sustancia en estado gaseoso:

BUTADIENO

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

b) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACETONITRILLO
BENCENO (3)
CIANURO DE BENCILO
CLOROFORMO
CLORURO DE BENZAL
CLORURO DE BENCILO
2, 4-DIISOCIANATO DE TOLUENO
EPICLOROHIDRINA
ISOBUTIRONITRILLO
OXICLORURO DE SELENIO
PEROXIDO DE HIDROGENO
TETRACLORURO DE CARBONO (3)
TETRAETILO DE PLOMO
TRIMETILCLORO SILANO

V. Cantidad de reporte: a partir de 10,000 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

2,4,6 TRIMETIL ANILINA
ANILINA
CICLOHEXILAMINA
CLORURO DE BENCEN SULFONILO
DICLOROMETIL FENIL SILANO
ETILEN DIAMINA
FORATO
FORMALDEHIDO CIANO HIDRINA
GAS MOSTAZA; SINONIMO (SULFATO DE BIS (2-CLOROETILO))
HEXA CLORO CICLO PENTADIENO
LACTONITRILLO
MECLORETAMINA
METANOL
OLEUM
PERCLOROETILENO (3)
SULFATO DE DIMETILO
TIOCIANATO DE ETILO
TOLUENO (3)

Anexo A 1' y 2' listado de Actividades Altamente Riesgosas

VI. Cantidad de reporte: a partir de 100,000 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

1,1 -DIMETIL HIDRACINA
ANHIDRIDO METACRILICO
CUMENO
DICLORVOS
ETER DICLOROETILICO
ETER DIGLICIDILICO
FENIL DICLORO ARSINA
NEVINFOS (FOSFORIN)
OCTAMETIL DIFOSFORAMIDA
TRICLORO FENIL SILANO

VII. Cantidad de reportes a partir de 1'000,000 kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ADIPONITRILO
CLORDANO
DIBUTILFTALATO
DICROTOFOS (BIDRIN)
DIMETIL 4 ACIDO FOSFORICO
DIMETILFTALATO
DIOCTILFTALATO
FOSFAMIDON
METIL-5-DIMETON
NITROBENCENO
TRICLORURO FOSFOROSO

(1) Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales.

(2) Se aplica exclusivamente a actividades donde se realicen procesos de ozonización.

(3) En virtud de que esta sustancia presenta además propiedades explosivas o inflamables, también ser considerada, en su caso, en el proceso para determinar los listados de actividades altamente riesgosas, correspondientes a aquéllas en que se manejen sustancias explosivas o inflamables.

Artículo 4.- Se exceptúa del listado de actividades altamente riesgosas, previsto en el artículo anterior, el uso o aplicación de plaguicidas con propiedades tóxicas.

Artículo 5.- Para efectos del presente Acuerdo, se entender como sustancias en estado sólido, aquéllas que se encuentren en polvo menor de 10 micras.

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

IX. Cantidad de reporte: a partir de 10,000 Barriles.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido.

GASOLINAS (1)

KEROSENAS INCLUYE NAFTAS Y DIAFANO (1)

(1) Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales.

Artículo 5.- Se exceptúa de este listado a las actividades relacionadas con el manejo de las sustancias a que se refiere el artículo 41 de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

Artículo 6.- Las cantidades de reporte de las sustancias indicadas en este Acuerdo, deberán considerarse referidas a su más alto porcentaje de concentración. Cuando dichas sustancias se encuentran en solución o mezcla, deberá realizarse el cálculo correspondiente, con el fin de determinar la cantidad de reporte para el caso de que se trate.

Artículo 7.- Las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía Minas e Industria Paraestatal; de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Salud y del Trabajo y Previsión Social podrán ampliar y modificar el listado objeto del presente Acuerdo, con base en el resultado de las investigaciones que sobre el particular se lleven a cabo.

TRANSITORIO

ARTICULO UNICO.- El presente Acuerdo, entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

ACUERDO POR EL QUE LAS SECRETARIAS DE GOBERNACION Y DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, CON FUNDAMENTO EN LO DISPUESTO POR LOS ARTICULOS 5 FRACCION X Y 146 DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y LA PROTECCION AL AMBIENTE; 27 FRACCION XXXII Y 37 FRACCIONES XVI Y XVII DE LA LEY ORGANICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA FEDERAL, EXPIDEN EL SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

CONSIDERANDO

Que la regulación de las actividades altamente riesgosas, esta contemplada en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como asunto de alcance general de la nación o de interés de la Federación y se prevé, que una vez hecha la determinación de las mismas se publicar en los listados correspondientes.

Que el criterio adoptado para determinar cuales actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas o bien una explosión, ocasionarían una afectación significativa al ambiente a la población o a sus bienes.

Que por lo tanto, se hace necesario fijar dicha cantidad para cada sustancia peligrosa que presente las propiedades antes mencionadas. A esta cantidad se le denomina cantidad de reporte.

Que con base en el criterio anterior se ha procedido a determinar las actividades altamente riesgosas en función de las propiedades de las sustancias que se manejen y a agrupar dichas actividades en los listados correspondientes.

Que cuando una actividad este relacionada con el manejo de una sustancia que presente m/s de una de las características de peligrosidad señaladas, en cantidades iguales o superiores a su cantidad de reporte, dicha actividad ser considerada altamente riesgosa y se incluir en cada uno de los listados que correspondan.

Que el 28 de marzo de 1990 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el primer listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias tóxicas.

Que mediante este Acuerdo se expide el segundo listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquellas en que se manejen sustancias inflamables y explosivas, en cantidades tales que de producirse una liberación, ya sea por fuga o derrame de las mismas en la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final provocaría la formación de nubes inflamables, cuya concentración sería semejante a la de su límite inferior de inflamación de nubes inflamables, cuya concentración sería semejante a la de su límite inferior de inflamabilidad, en un rea determinada por una franja de 100 metros de longitud en torno de las instalaciones o medio de transporte dados, y en el caso de formación de nubes explosivas, la presencia de ondas de sobrepresión de 0.5 1b/pulg., en esa misma franja.

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

Que tanto el primer listado que corresponde al manejo de sustancias tóxicas y éste, concerniente al manejo de sustancias inflamables y explosivas, así como los subsecuentes que se expidan para el caso de aquellas actividades relacionadas con el manejo de sustancias reactivas, corrosivas o biológicas, constituirán el sustento para determinar las normas técnicas de seguridad y operación, así como para la elaboración y presentación de los programas para la prevención de accidentes, previstos en el artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, mismos que deben observarse en la realización de dichas actividades.

Que aún cuando las actividades asociadas con el manejo de sustancias con propiedades radiactivas, podrían considerarse altamente riesgosas, las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología no establecen un listado de las mismas, en virtud de que la expedición de las normas de seguridad nuclear, radiológica y física de las instalaciones nucleares o radiactivas compete a la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal y a la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, con la participación que en su caso corresponda a la Secretaría de Salud, de conformidad con lo dispuesto por la legislación que de manera específica regula estas actividades.

Que la Secretaría de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal, de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Salud y del Trabajo y Previsión Social, así como con la participación de la Secretaría de la Defensa Nacional, llevaron a cabo los estudios que sirvieron de sustento para determinar los criterios y este segundo listado de actividades que deben considerarse altamente riesgosas.

En mérito de lo anterior, hemos tenido a bien dictar el siguiente:

ACUERDO

Artículo 1.- Se expide el segundo listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquellas en que se manejen sustancias inflamables y explosivas.

Artículo 2.- Se considerará como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias peligrosas en cantidades iguales o superiores a la cantidad de reporte.

Artículo 3.- Para los efectos de este Acuerdo se considerarán las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

CANTIDAD DE REPORTE: Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la suma de éstas, existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

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

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

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 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.

Artículo 4.- Las actividades asociadas con el manejo de sustancias inflamables y explosivas que deben considerarse altamente riesgosas son la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso y disposición final de las sustancias que a continuación se indican, cuando se manejen cantidades iguales o superiores a las cantidades de reporte siguientes:

I. Cantidad de reporte: a partir de 500 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

ACETILENO
ACIDO SULFHIDRICO
ANHIDRIDO HIPOCLOROSO
BUTANO (N,ISO)
BUTADIENO
1-BUTENO
2-BUTENO (CIS,TRANS)
CIANOGENO
CICLOBUTANO
CICLOPROPANO
CLORURO DE METILO
CLORURO DE VINILO
DIFLUORO 1-CLOROETANO
DIMETIL AMINA
2,2-DIMETIL PROPANO
ETANO
ETER METILICO
ETILENO
FLUORURO DE ETILO
FORMALDEHIDO
HIDROGENO
METANO
METILAMINA
2-METIL PROPENO
PROPANO
PROPILENO
PROPINO

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

SULFURO DE CARBONILO
TETRAFLUOROETILENO
TRIFLUOROCOLOROETILENO
TRIMETIL AMINA

b) En el caso de las sustancias en estado gaseoso no previstas en el inciso anterior y que tengan las siguientes características:

Temperatura de inflamación	≤ 37.8 °C
Temperatura de ebullición	< 21.1 °C
Presión de vapor	> 760 mm Hg

c) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

2-BUTINO
CLORURO DE ETILO
ETILAMINA
3-METIL-1-BUTENO
METIL ETIL ETER
NITRITO DE ETILO
OXIDO DE ETILENO
1-PENTANO

II. Cantidad de reporte: a partir de 3,000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACETALDEHIDO
ACIDO CIANHIDRICO
AMILENO (CIS,TRANS)
COLODION
DISULFURO DE CARBONO
2-METIL-1-BUTENO
2-METIL-2-BUTENO
OXIDO DE PROPILENO
PENTANO (N,ISO)
1-PENTENO
1-PENTENO
SULFURO DE DIMETILO

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

III. Cantidad de reporte: a partir de 10,000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACROLEINA
ALIL AMINA
BROMURO DE ALILO
CARBONILO DE NIQUEL
CICLOPENTANO
CICLOPENTENO
1-CLORO PROPILENO
2-CLORO PROPILENO
CLORURO DE ALILO
CLORURO DE ACETILO
CLORURO DE PROPILO (N.ISO)
1.1-DICLOROETILENO
DIETILAMINA
DIHIDROPIRAN
2.2 DIMETIL BUTANO
2.3 DIMETIL BUTANO
2.3-DIMETIL 1-BUTENO
2.3-DIMETIL-2-BUTENO
2-ETIL 1-BUTENO
ETER DIETILICO
ETER VINILICO
ETILICO MERCAPTANO
ETOXIACETILENO
FORMIATO DE ETILO
FORMIATO DE METILO
FURANO
ISOPRENO
ISOPROPENIL ACETILENO
2-METIL PENTANO
3-METIL PENTANO
2-METIL-1-PENTENO
2-METIL-2-PENTENO
4-METIL-1-PENTENO
4-METIL-2-PENTENO
2-METIL-2-PROPANOTIOL
METIL PROPIL ACETILENO
METIL TRICLOROSILANO
PROPIL AMINA (N,ISO)
PROPENIL ETIL ETER

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

TETRAHIDROFURANO
TRICLOROSILANO
VINIL ETIL ETER
VINIL ISOPROPIL ETER

IV. Cantidad de reporte: a partir de 20,000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACETATO DE ETILO
ACETATO DE METILO
ACETATO DE VINILO
ACETONA
ACRILATO DE METILO
ACRILONITRILLO
ALCOHOL METILICO
ALCOHOL ETILICO
BENCENO
1-BROMO-2-BUTENO
BUTILAMINA (N,ISO,SEC,TER)
CICLOHEXANO
CICLOHEXENO
CICLOHEPTANO
2-CLORO-2-BUTENO
CLORURO DE BUTILO (N,ISO,SEC,TER)
CLORURO DE VINILIDENO
DICLOROETANO
DICLOROETILENO (CIS,TRNS)
1,2-DICLOROETILENO
DIMETIL DICLOROSILANO
1,1-DIMETIL HIDRAZINA
2,3 DIMETIL PENTANO
2,4 DIMETIL PENTANO
DIMETOXI METANO
DIISOBUTILENO
DIISOPROPILAMINA
DIOXOLANO
ETER ETIL PROPILICO
ETER PROPILICO (N,ISO)
ETIL BUTIL ETER
ETIL CICLOBUTANO
ETIL CICLOPENTANO
ETIL DICLOROSILANO
ETIL METIL CETONA
ETILENIMINA
FORMIATO DE PROPILO (N,ISO)
FLUOROBENCENO
1-HEXENO

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

2-HEXENO (CIS,TRANS)
HEPTANO (N,ISO Y MEZCLAS DE ISOMEROS)
HEPTENO
HEPTILENO
HEPTILENO 2-TRANS
1,4 HEXADIENO
HEXANO (N, ISO Y MEZCLAS DE ISOMEROS)
ISOBUTIRALDEHIDO
2-METIL FURANO
METIL CICLOHEXANO
METIL CICLOPENTANO
METIL DICLOROSILANO
METIL ETER PROPILICO
2-METIL HEXANO
3-METIL HEXANO
METIL HIDRAZINA
2-METIL-1,3-PENTADIENO
4-METIL-1,3-PENTADIENO
METIL PIRROLIDINA
2-METIL TETRAHIDROFURANO
METIL VINIL CETONA
MONOXIDO DE BUTADIENO
NITRATO DE ETILO
2,5-NORBORNADIENO
OXIDO DE BUTILENO
OXIDO DE PENTAMETILENO
1,2-OXIDO DE BUTILENO
PIRROLIDINA
PROPIONALDEHIDO
PROPIONATO DE METILO
PROPIONATO DE VINILO
TRIEILAMINA
2,2,3-TRIMETIL BUTANO
2,3,3-TRIMETIL 1-BUTENO
2,3,4-TRIMETIL 1-PENTENO
2,4,4-TRIMETIL 2-PENTENO
3,4,4-TRIMETIL 2-PENTENO
TRIMETILCLOROSILANO
VINIL ISOBUTIL ETER

V. Cantidad de reporte: a partir de 50,000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

GAS L. P. COMERCIAL (1)

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

VI. Cantidad de reporte: a partir de 100,000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACETATO DE PROPILO (N.ISO)
ALCOHOL ALILICO
ALCOHOL DESNATURALIZADO
ALCOHOL PROPILICO (ISO)
AMILAMINA (N,SEC)
BROMURO DE N-BUTILO
BUTIRATO DE METILO
BUTIRONITRILLO (N.ISO)
1,2-DICLOROPROPANO
2,3-DIMETIL HEXANO
2,4-DIMETIL HEXANO
P-DIOXANO
ETER ALILICO
FORMIATO DE ISOBUTILO
2-METIL-2-BUTANOL
2-METIL BUTIRALDEHIDO
2-METIL-3-ETIL PENTANO
3-METIL-2-BUTANOTIOL
METIL METACRILATO
PIPERIDINA
PIRIDINA
PROPIONATO DE ETILO
PROPIONITRILLO
TETRAMETILO DE PLOMO
2,2,3-TRIMETIL PENTANO
2,2,4-TRIMETIL PENTANO
2,3,3-TRIMETIL PENTANO
TOLUENO

VII. Cantidad de reporte: a partir de 200,000 Kg.

a) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

ACETAL
ACETATO DE BUTILO (ISO.SEC)
ACETATO DE ISOAMILO
ACETATO DE ISOPROPENILO
ACETONITRILLO
ACRILATO DE ISOBUTILO
ALCOHOL AMILICO (N.SEC)
ALCOHOL BUTILICO (ISO.SEC.TERT)
AMIL MERCAPTAN
BENZOTRIFLUORURO

Anexo A 1' y 2' listado de Actividades Altamente Riesgosas

1.-BUTANOL
BUTIL MERCAPTAN (N,SEC)
BUTIRATO DE ETILO (N,ISO)
CLOROBENCENO
CLORURO DE AMILO
CROTONALDEHIDO
CUMENO
DIETILCETONA
DIETILICO CARBONATO
1,3-DIMETIL BUTILAMINA
1,3-DIMETIL CICLOHEXANO
1,4-DIMETIL CICLOHEXANO (CIS,TRANS)
ESTIRENO
ETIL BENCENO
ETIL BUTILAMINA
2-ETIL BUTIRALDEHIDO
ETIL CICLOHEXANO
ETILENDIAMINA
ETILENO-GLICOL DIETILICO ETER
FERROPENTACARBONILO
ISOBROMURO DE AMILO
ISOFORMIATO DE AMILO
METACRILATO DE ETILO
METIL ISOBUTIL CETONA
METIL PROPIL CETONA
NITROETANO
NITROMETANO
OCTANO (N,ISO)
OCTENO (ISO)
1-OCTENO
2-OCTENO
OXIDO DE MESITILO
2,2,5-TRIMETIL HEXANO
VINIL TRICLOROSILANO
XILENO (M,O,P)

VIII. Cantidad de reporte: a partir de 10,000 Kg.

a) En el caso de las sustancias en estado liquido, no previstas en las fracciones anteriores y que tengan las siguientes características:

Temperatura de inflamación	≤ 37.8 °C
Temperatura de ebullición	≥ 21.1 °C
Presión de vapor	≤ 760 mm Hg

Anexo A 1° y 2° listado de Actividades Altamente Riesgosas

Artículo 6.- En el caso de las sustancias señaladas en el artículo 3 que correspondan a plaguicidas, la cantidad de reporte se entender referida a su ingrediente técnico llamado también activo.

En los demás casos, las cantidades de reporte de las sustancias indicadas en este Acuerdo, deberán considerarse de conformidad con su más alto porcentaje de concentración. Cuando dichas sustancias se encuentran en solución o mezcla, deberá realizarse el cálculo correspondiente, a fin de determinar la cantidad de reporte para el caso de que se trate.

Artículo 7.- Las Secretarías de Gobernación y de Desarrollo Urbano y Ecología, previa opinión de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal; Comercio y Fomento Industrial; de Salud; Agricultura y Recursos Hidráulicos y del Trabajo y Previsión Social, podrán ampliar y modificar el listado objeto del presente Acuerdo, con base en el resultado de investigaciones que al efecto se lleven a cabo.

TRANSITORIO

ARTICULO UNICO.- El presente acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Anexo C Lista de verificación típica (Check list)

El Check list para identificar los riesgos consiste en una serie de preguntas enfocadas en las áreas de diseño, mantenimiento, inspecciones periódicas, medidas de seguridad y capacitación.

Ejemplos:

TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROXIDO DE SODIO Y DE ÁCIDO SULFURICO

LINEAS DE CONDUCCIÓN (INCLUYE ÁREA DE TRASIEGO DE CARRO TANQUES)
TANQUE DE ALMACENAMIENTO
DIQUE DE CONTENCIÓN

LINEAS DE CONDUCCIÓN (INCLUYE ÁREA DE TRASIEGO DE CARRO TANQUES)

LINEAS DE CONDUCCIÓN

1. ¿ Se encuentran protegidas contra golpes externos?
2. ¿Presenta empalmes y reparaciones en su longitud?
3. ¿Se encuentran ubicadas a nivel del piso o son aéreas?
4. ¿Se realizan inspecciones, pruebas mantenimientos con la frecuencia debida para asegurar su correcto funcionamiento?

ÁREA DE TRASIEGO DE CARRO TANQUES

5. ¿Presenta sistema de tierras físicas para descargas atmosféricas?
6. ¿El sistema de captación de trasiego de Acido Sulfúrico de los carros tanques es aéreo o subterráneo?
7. ¿Es un sistema de canales a cielo abierto o por ductos?
8. ¿Este sistema está ubicado en una zona de tránsito vehicular y/o peatonal?
9. ¿Esta área es considerada como zona restringida, o de libre circulación?
10. ¿Este trasiego requiere en alguna etapa de la intervención de la mano de obra?
11. ¿Este personal se encuentra debidamente capacitado tanto técnicamente como en las medidas de seguridad pertinentes para efectuar este tipo de maniobras?
12. ¿Este personal posee o tiene acceso a las prendas de protección que requiera el desarrollo de su trabajo y a los sistemas de seguridad en caso de algún evento no usual?
13. ¿Puede presentarse algún evento no usual? ¿Cuál sería?
14. ¿Existen medidas de seguridad para este efecto?
15. ¿En el caso de precipitaciones pluviales, que sistema de seguridad se tiene implementado para evitar que el acumulamiento de agua se pueda sumar a la posibilidad de derrame de ácido en el dique, y ocasionar una reacción por la secuencia no adecuada de la combinación de estas sustancias?

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

16. ¿La construcción del tanque de almacenamiento cumple con las especificaciones de diseño?
17. ¿El tanque es una estructura única o reviste empalmes?
18. ¿Esta costura de soldadura puede abrirse por alguna razón, como podría ser la presión sumada a la baja resistencia del material?
19. ¿Qué medidas de seguridad se toman para evitar que esta acción se suscite?
20. ¿Que medidas de seguridad se tienen en caso de que presente una fuga el tanque?
21. ¿Qué medidas se tienen para recuperar las condiciones originales?
22. ¿Existe alguna fuente de ignición externa al tanque, dentro del dique?
23. ¿Existe algún riesgo de incendio con el fluido dentro del tanque?
24. ¿Estas medidas han sido probadas con la frecuencia requerida para asegurar su correcto funcionamiento?
25. ¿Qué medidas de seguridad se tienen implementadas para evitar que por la elevación del nivel de almacenamiento, ocurra un desborde del tanque?
26. ¿Cómo se asegura que el desarrollo de este personal sea adecuado?
27. ¿Qué medidas de seguridad se tienen para evitar fallas en las líneas de conducción el ácido?
28. ¿Son suficientes las medidas de seguridad que se tienen?

DIQUE DE CONTENCIÓN

29. ¿La capacidad de contención del dique iguala la capacidad máxima de almacenamiento del tanque?
30. ¿El piso del dique de contención es impermeable y anticorrosivo?
31. ¿Las medidas de seguridad con respecto a la protección del entorno ambiental descritas anteriormente, son suficientes?
32. ¿Estas medidas de seguridad han sido probadas con la debida frecuencia para asegurar su correcto funcionamiento?
33. ¿Existe un programa de mantenimiento periódico al dique?

ANEXO D INDICE MONDICE RIESGO EXPLOSION Y TOXICIDAD

ELABORÓ:					
EMPRESA:					
PLANTA:			UNIDAD:		
DIRECCIÓN:					
SUSTANCIA(S)					
CATALIZADORES			SOLVENTES		
P. INTERMEDIOS			PRODUCTOS		
REACCIONES		PRESIÓN (bar)		TEMPERATURA (°C)	
1 Factor propio de la sustancia					
SUSTANCIA O MEZCLA: FACTOR DETERMINADO POR: (COMBUSTION/DESCOMPOSICIÓN REACCIONES/EXPLOSIONES)		FACTOR B=			OBSERVACIONES
2. Riesgos especiales de la sustancia		FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO
A. Sustancia Oxidante		0 A 20			
B. Reacción con agua produce gas combustible		0 A 30			
C. Características de dispersión y mezcla		60 A 60		m=	
D. Sujeta a calentamiento espontáneo		30 A 250			
E. Sujeta a polimerización espontánea		25 A 75			
F. Sensibilidad a la ignición		75 A 150			
G. Sujeta a descomposición explosiva		0 A 125			
H. Sujeta a detonación en fase gaseosa		0 A 150			
I. Riesgo de explosión en fase condensada		200 A 1500			
J. Otros		0 A 150			
SUMA DE FACTORES (A-J) POR RIESGOS ESPECIALES DE LA SUSTANCIA TOTAL				M=	
3 RIESGOS GENERALES DEL PROCESO		FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	ACCIONES REQUERIDAS
A. Manipulación y cambios físicos únicamente		10 A 50			
B. Características de la reacción		25 A 50			
C. Proceso discontinuo por lotes o batch		10 A 60			
D. Reacciones múltiples en un mismo equipo		25 A 75			
E. Transferencia o movimiento de productos		0 A 100			
F. Recipientes móviles o transportables		10 A 100			
SUMA DE FACTORES (A-F) POR RIESGOS ESPECIALES DE LA SUSTANCIA TOTAL				P=	
4 RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO		FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	ACCIONES REQUERIDAS
A. Baja presión (inferior a 1 Kg/cm ABS)		0 A 100			
B. Alta presión		0 A 160			
C. Baja temperatura		30 A 100		P=	
D. Alta temperatura		0 A 100			
E. Corrosión y erosión		0 A 35			
F. Fugas por juntas y empaques		0 A 25			
G. Vibración, cargas físicas, fatiga, etc.		0 A 150			
H. Procesos o reacciones difíciles de controlar		0 A 60			
I. Operación cerca del rango de inflamabilidad		0 A 50			
J. Riesgo de explosión superior al promedio		20 A 300			
K. Riesgo de explosión de polvos o neblinas		0 A 150			
L. Uso de sustancias fuertemente oxidantes		40 A 100			
M. Sensibilidad del proceso a la ignición		30 A 70			
N. Riesgos electrostáticos		0 A 300			
O. Riesgo de explosión superior al promedio		0 A 75			
SUMA DE FACTORES (A-N) POR RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO TOTAL		0 A 200		S=	

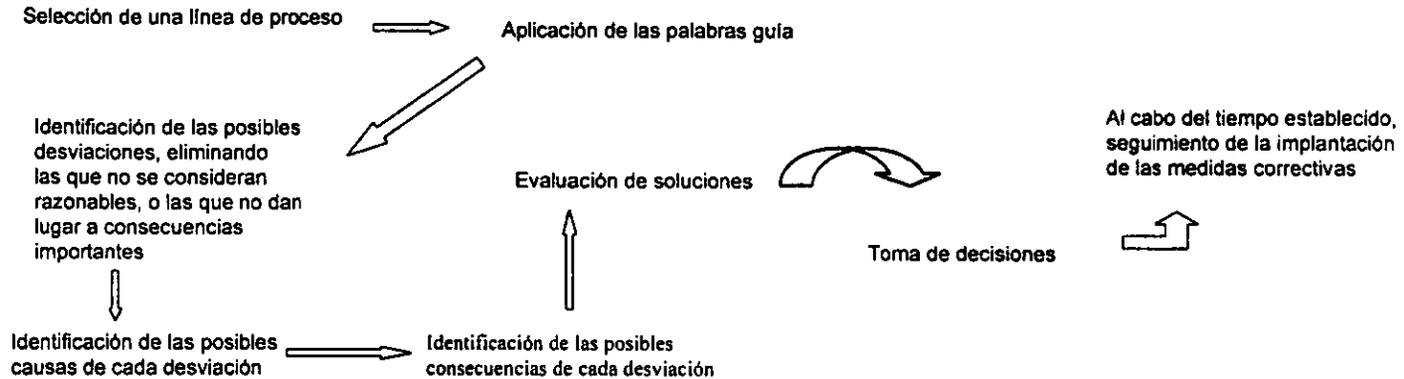
ANEXO D INDICES DE RIESGO DE INCENDIO, EXPLOSION Y TOXICIDAD

TEMPERATURA DEL PROCESO (°K) t=					
5. RIESGOS DEL INVENTARIO	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO	ACCIONES REQUERIDAS
INVENTARIO TOTAL			M ² =		
DENSIDAD (Ton/m ³)			K(Ton)=		
FACTOR DE RIESGO POR INVENTARIO			Q=		
6. RIESGOS POR TIPO DE CONSTRUCCIÓN Y DISPOSICIÓN			H (m)=		
SUPERFICIE DE TRABAJO			N (m ²)=		
A. Diseño estructural	0 A 200				
B. Efecto "domino"	0 A 250				
C. Instalaciones subterráneas	0 A 150				
D. Drenaje superficial	0 A 100				
E. Otros	0 A 250				
SUMA DE FACTORES DE LA (A-E) POR RIESGOS CONSTRUCTIVOS			L=		
7. RIESGO TÓXICO AGUDO	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	LETRA DEL FACTOR	VALOR REDUCIDO	ACCIONES REQUERIDAS
A. Valores TLV	0 A 300				
B. Forma de material	0 A 200				
C. Riesgo de exposición corta	-100 A 150				
D. Absorción por la piel	0 A 300				
E. Factores físicos	0 A 50				
SUMA DE FACTORES (A-E) POR RIESGO TÓXICO AGUDO			T=		
8. CALCULO DE INDICES DE RIESGO					CATEGORIA
INDICE DOW EQUIVALENTE		D= B*(1+M/100)*(1+P/100)*(1+(S+Q+L)/100)+T/400		D=	
INDICE DE RIESGO DE INCENDIO		F= ((B*K)/N)*20,500		F=	
INDICE DE RIESGO DE EXPLOSIÓN INTERNA		E= 1+(m+p+S)/100		E=	
INDICE DE RIESGO DE EXPLOSIÓN EXTERNA		A= B*(1+m/100)*(Q+H*E)/(U/300)*(1+p)/100		A=	
INDICE UNITARIOS DE TOXICIDAD		U= T/100*(1+(M+P+S)/100)		U=	
INDICE DE MÁXIMO INCIDENTE TÓXICO		C= Q*U		C=	
INDICE GLOBAL DE RIESGO		R= D*(1+(F*U*E*A9/1000))		R=	
		CATEGORÍA RIESGO DE INCENDIO			
		CATEGORÍA DE RIESGO DE EXPLOSIÓN INTERNA			
		CATEGORÍA DE RIESGO DE EXPLOSIÓN AEREA			
		CATEGORÍA DE RIESGO UNITARIO DE TOXICIDAD			
		CATEGORÍA DE RIESGO MÁXIMO ÍNDICE TÓXICO			
		CATEGORÍA DE RIESGO GLOBAL			
REDUCCIÓN DE INDICES DE RIESGO POR CAMBIOS EN EL DISEÑO Y/O PROCESO					CATEGORIA
INDICE DOW EQUIVALENTE		D= B*(1+M/100)*(1+P/100)*(1+(S+Q+L)/100)+T/400		D=	
INDICE DE RIESGO DE INCENDIO		F= ((B*K)/N)*20,500		F=	
INDICE DE RIESGO DE EXPLOSIÓN INTERNA		E= 1+(m+p+S)/100		E=	
INDICE DE RIESGO DE EXPLOSIÓN EXTERNA		A= B*(1+m/100)*(Q+H*E)/(U/300)*(1+p)/100		A=	
INDICE UNITARIOS DE TOXICIDAD		U= T/100*(1+(M+P+S)/100)		U=	
INDICE DE MÁXIMO INCIDENTE TÓXICO		C= Q*U		C=	
INDICE GLOBAL DE RIESGO		R= D*(1+(F*U*E*A9/1000))		R=	
		CATEGORÍA RIESGO DE INCENDIO			
		CATEGORÍA DE RIESGO DE EXPLOSIÓN INTERNA			
		CATEGORÍA DE RIESGO DE EXPLOSIÓN AEREA			
		CATEGORÍA DE RIESGO UNITARIO DE TOXICIDAD			
		CATEGORÍA DE RIESGO MÁXIMO ÍNDICE TÓXICO			
		CATEGORÍA DE RIESGO GLOBAL			

ANEXO D INDICE GENERAL DE INGENIERIA DE EXPLOSION Y TOXICIDAD EN HOJA 3 DE 4

FACTORES DE REDUCCION DE LOS INDICES DE RIESGO POR MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN EXISTENTES			
A. Sistemas de contención	FACTOR USADO	FACTOR REDUCIDO	ACCIONES REQUERIDAS
1 Recipientes a presión 2 Tanques de almacenamiento atmosféricos verticales 3 Tuberías de transferencia A) Diseño mecánico B) Uniones, juntas 4 Contención suplementaria y diques de retención 5 Detección de fugas y respuesta 6 Manejo del material relevado venteado o de desecho			
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR SISTEMAS DE CONTENCIÓN K₁=			
B Control del proceso	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1 Sistema de alarma del proceso 2 Suministro eléctrico de emergencia 3 Sistema de enfriamiento / refrigeración del proceso 4 Sistemas de inertizado 5 Estudios de riesgo 6 Sistemas de paro de seguridad 7 Control automático por computadora 8 Sistemas de protección contra explosiones/ reacciones incorrectas 9 Instrucciones de operación 10 Supervisión de la instalación			
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR SISTEMAS DE CONTROL DEL PROCESO K₂=			
C Política de seguridad	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1 Involucramiento general en materia de seguridad 2 Adiestramiento de seguridad 3 Programas de mantenimiento y procedimientos de seguridad			
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR POLITICA ESTABLECIDA K₃=			
D Protección pasiva contra incendios	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1 Protección de estructuras contra el fuego 2 Muros contra fuego cortinas de agua y dispositivos equivalentes 3 Revestimiento contra incendios de equipos cables e instrumentos			
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS K₄=			
E Sistemas de aislamiento	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1 Válvulas de aislamiento de emergencia 2 Sistema de ventilación de emergencia			
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR SISTEMA DE AISLAMIENTO K₅=			
F Sistemas de protección contra incendio	FACTOR SUGERIDO	FACTOR USADO	ACCIONES REQUERIDAS
1 Sistema s de alarma contra incendio 2 Extintores portátiles 3 Abastecimiento de agua contra incendios 4 Rociadores automáticos sistema de diáblo. Monitores de agua 5 Sistema de espuma y gases inertes 6 Brigadas contra incendios 7 Practicas de lucha contra incendios 8 Extractores de humo			
PRODUCTO TOTAL DE FACTORES POR SISTEMAS COMBATE CONTRA INCENDIOS K₆=			

Anexo E Proceso de trabajo correspondiente a una sesión HAZOP típica



Anexo F Formato típico de análisis HAZOP

PARÁMETRO	PALABRA GUÍA	DESVIACIÓN	CAUSAS POSIBLES	CONSECUENCIAS	GRAVEDAD	REACCIÓN DEL SISTEMA	ACCIONES REQUERIDAS	CALIFICACIÓN

Anexo G Formato típico de análisis FMEA

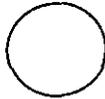
FECHA:
PLANTA:
SISTEMA:

SISTEMA	IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	MODO DE FALLO	CONSECUENCIAS	EFFECTOS	CRITICIDAD

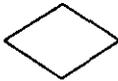
SÍMBOLOS CARACTERÍSTICOS DE UN FTA



Sucesos intermedios: Resultan de la Interacción de otros sucesos, que a su vez se desarrollan mediante puertas lógicas.



Sucesos básicos: Constituyen la base de la raíz Del árbol. No necesitan desarrollo posterior en otros sucesos.



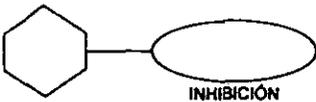
Sucesos no desarrollados: No son sucesos básicos y podrían desarrollarse más, pero el desarrollo no se considera necesario, o no se dispone de la suficiente información.



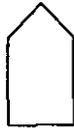
Puertas O: Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de uno o más de los sucesos de entrada para producir el suceso de salida.



Puertas Y: Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia de todos los sucesos de entrada para producir el suceso de salida.



Puertas de inhibición: Representan la operación lógica que requiere la ocurrencia del suceso de entrada y la satisfacción de una condición de inhibición.



Condición externa: se utiliza para indicar una condición o un suceso que existe como parte del escenario en que se desarrolla el árbol de fallos.



FUGA



DENTRO

Transferencias: se utilizan para continuar el desarrollo del árbol en otra parte (por ejemplo, en otra página, por falta de espacio).

Anexo I Hojas de seguridad referentes al Hidrógeno

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

OHS11120

OCCUPATIONAL HEALTH SERVICES, INC.
11 WEST 42ND STREET, 12TH FLOOR
NEW YORK, NEW YORK 10036
1-800-445-MSDS (1-800-445-6737) OR 1-212-789-3535

FOR EMERGENCY SOURCE INFORMATION
CONTACT: 1-615-366-2000

SUBSTANCE IDENTIFICATION

CAS-NUMBER 1333-74-0
RTEC-NUMBER MW8900000

SUBSTANCE: HYDROGEN

TRADE NAMES/SYNONYMS:

HYDROGEN GAS: HYDROGEN COMPRESSED: HYDROGEN (H2): DIHYDROGEN: STCC
4905746: UN 1049: H2: OHS11120

CHEMICAL FAMILY:
INORGANIC GAS

MOLECULAR FORMULA: H2

MOLECULAR WEIGHT: 2.0

CERCLA RATINGS (SCALE 0-3): HEALTH=U FIRE=3 REACTIVITY=0 PERSISTENCE=0
NFPA RATINGS (SCALE 0-4): HEALTH=0 FIRE=4 REACTIVITY=0

COMPONENTS AND CONTAMINANTS

COMPONENT: HYDROGEN CAS# 1333-74-0

PERCENT: 100.0

OTHER CONTAMINANTS: NONE

EXPOSURE LIMIT:

NO OCCUPATIONAL EXPOSURE LIMITS ESTABLISHED BY OSHA, ACGIH, OR NIOSH.

PHYSICAL DATA

DESCRIPTION: ODORLESS, COLORLESS, TASTELESS GAS.

BOILING POINT: -423 F (-253 C)

MELTING POINT: -434 F (-259 C)

SPECIFIC GRAVITY: 0.08987 G/L @ 0 C SOLUBILITY IN WATER: 1.82% @ 20 C

VAPOR DENSITY: 0.07

VAPOR PRESSURE: 760 MMHG @ -253 C

OTHER SOLVENTS (SOLVENT - SOLUBILITY):
SLIGHTLY SOLUBLE IN ALCOHOL, ETHER.

OTHER PHYSICAL DATA

VISCOSITY: 0.008957 CPS @ 26.8 C

Anexo I Hojas de seguridad referentes al Hidrógeno

FIRE AND EXPLOSION DATA

FIRE AND EXPLOSION HAZARD

DANGEROUS FIRE HAZARD WHEN EXPOSED TO HEAT OR FLAME.

DANGEROUS EXPLOSION HAZARD WHEN EXPOSED TO HEAT OR FLAME.

VAPOR-AIR MIXTURES ARE EXPLOSIVE.

CYLINDER MAY EXPLODE IN HEAT OF FIRE.

DUE TO LOW ELECTROCONDUCTIVITY OF THE SUBSTANCE, FLOW OR AGITATION MAY GENERATE ELECTROSTATIC CHARGES RESULTING IN SPARKS WITH POSSIBLE IGNITION.

UPPER EXPLOSION LIMIT: 75%

LOWER EXPLOSION LIMIT: 4.0%

AUTOIGNITION TEMP.: 932 F (500 C)

FIREFIGHTING MEDIA:

DRY CHEMICAL OR CARBON DIOXIDE

(1990 EMERGENCY RESPONSE GUIDEBOOK, DOT P 5800.5).

FOR LARGER FIRES, USE WATER SPRAY OR FOG

(1990 EMERGENCY RESPONSE GUIDEBOOK, DOT P 5800.5).

FIREFIGHTING:

MOVE CONTAINER FROM FIRE AREA IF YOU CAN DO IT WITHOUT RISK. APPLY COOLING WATER TO SIDES OF CONTAINERS THAT ARE EXPOSED TO FLAMES UNTIL WELL AFTER FIRE IS OUT. STAY AWAY FROM ENDS OF TANKS. FOR MASSIVE FIRE IN CARGO AREA, USE UNMANNED HOLDER OR MONITOR NOZZLES; IF THIS IS IMPOSSIBLE, WITHDRAW FROM AREA AND LET FIRE BURN. WITHDRAW IMMEDIATELY IN CASE OF RISING SOUND FROM VENTING SAFETY DEVICE OR ANY DISCOLORATION OF TANK DUE TO FIRE. LET TANK, TANK CAR OR TANK TRUCK BURN UNLESS LEAK CAN BE STOPPED; WITH SMALLER TANKS OR CYLINDERS, EXTINGUISH/ISOLATE FROM OTHER FLAMMABLES. ISOLATE FOR 1/2 MILE IN ALL DIRECTIONS IF TANK, RAIL CAR OR TANK TRUCK IS INVOLVED IN FIRE (1990 EMERGENCY RESPONSE GUIDEBOOK, DOT P 5800.5, GUIDE PAGE 22).

EXTINGUISH ONLY IF FLOW CAN BE STOPPED, USE WATER IN FLOODING AMOUNTS AS FOG. COOL CONTAINERS WITH FLOODING AMOUNTS OF WATER, APPLY FROM AS FAR A DISTANCE AS POSSIBLE. AVOID BREATHING VAPORS, KEEP UPWIND. EVACUATE TO A RADIUS OF 1500 FEET FOR UNCONTROLLABLE FIRES. CONSIDER EVACUATION OF DOWNWIND AREA IF MATERIAL IS LEAKING.

STOP FLOW OF GAS (NFPA 325M, FIRE HAZARD PROPERTIES OF FLAMMABLE LIQUIDS, GASES, AND VOLATILE SOLIDS, 1984).

TRANSPORTATION

DEPARTMENT OF TRANSPORTATION HAZARD CLASSIFICATION 49 CFR 172.101:
FLAMMABLE GAS

DEPARTMENT OF TRANSPORTATION LABELING REQUIREMENTS 49 CFR 172.101 AND
SUBPART E:
FLAMMABLE GAS

DEPARTMENT OF TRANSPORTATION PACKAGING REQUIREMENTS: 49 CFR 173.304 AND
49 CFR 173.314
EXCEPTIONS: 49 CFR 173.306

TOXICITY

HYDROGEN:
CARCINOGEN STATUS: NONE.
ACUTE TOXICITY LEVEL: NO DATA AVAILABLE.
TARGET EFFECTS: SIMPLE ASPHYXIANT.

HEALTH EFFECTS AND FIRST AID

INHALATION:
HYDROGEN:
SEE INFORMATION ON SIMPLE ASPHYXIANTS.

SIMPLE ASPHYXIANTS:

ACUTE EXPOSURE- THE SYMPTOMS OF ASPHYXIA DEPEND ON THE RAPIDITY WITH WHICH THE OXYGEN DEFICIENCY DEVELOPS AND HOW LONG IT CONTINUES. IN SUDDEN ACUTE ASPHYXIA, UNCONSCIOUSNESS MAY BE IMMEDIATE. WITH SLOW DEVELOPMENT THERE MAY BE RAPID RESPIRATION AND PULSE, AIR HUNGER, DIZZINESS, REDUCED AWARENESS, TIGHTNESS IN THE HEAD, TINGLING SENSATIONS, INCOORDINATION, FAULTY JUDGEMENT, EMOTIONAL INSTABILITY, AND RAPID FATIGUE. AS THE ASPHYXIA PROGRESSES, NAUSEA, VOMITING, COLLAPSE, UNCONSCIOUSNESS, CONVULSIONS, DEEP COMA AND DEATH ARE POSSIBLE.

CHRONIC EXPOSURE- NO DATA AVAILABLE.

FIRST AID- REMOVE FROM EXPOSURE AREA TO FRESH AIR IMMEDIATELY. IF BREATHING HAS STOPPED, GIVE ARTIFICIAL RESPIRATION. MAINTAIN AIRWAY AND BLOOD PRESSURE AND ADMINISTER OXYGEN IF AVAILABLE. KEEP AFFECTED PERSON WARM AND AT REST. TREAT SYMPTOMATICALLY AND SUPPORTIVELY. ADMINISTRATION OF OXYGEN SHOULD BE PERFORMED BY QUALIFIED PERSONNEL. GET MEDICAL ATTENTION IMMEDIATELY.

Anexo I Hojas de seguridad referentes al Hidrógeno

SKIN CONTACT:

HYDROGEN:

ACUTE EXPOSURE- NO ADVERSE EFFECTS HAVE BEEN REPORTED FROM THE GAS. DUE TO RAPID EVAPORATION, THE LIQUID MAY CAUSE FROSTBITE WITH REDNESS, TINGLING AND PAIN OR NUMBNESS. IN MORE SEVERE CASES, THE SKIN MAY BECOME HARD AND WHITE AND DEVELOP BLISTERS.

CHRONIC EXPOSURE- NO DATA AVAILABLE.

FIRST AID- IT IS UNLIKELY THAT EMERGENCY TREATMENT WILL BE REQUIRED. IF ADVERSE EFFECTS OCCUR, GET MEDICAL ATTENTION.

IN CASE OF FROSTBITE, WARM AFFECTED SKIN IN WARM WATER AT A TEMPERATURE OF 107 F. IF WARM WATER IS NOT AVAILABLE OR IMPRACTICAL TO USE, GENTLY WRAP AFFECTED PART IN BLANKETS. ENCOURAGE VICTIM TO EXERCISE AFFECTED PART WHILE IT IS BEING WARMED. ALLOW CIRCULATION TO RETURN NATURALLY (MATHESON GAS, 6TH ED.). GET MEDICAL ATTENTION IMMEDIATELY.

EYE CONTACT:

HYDROGEN:

ACUTE EXPOSURE- NO ADVERSE EFFECTS HAVE BEEN REPORTED FROM THE GAS. DUE TO RAPID EVAPORATION, THE LIQUID MAY CAUSE FROSTBITE WITH REDNESS, PAIN AND BLURRED VISION.

CHRONIC EXPOSURE- NO DATA AVAILABLE.

FIRST AID- IT IS UNLIKELY THAT CONTACT WITH THE GAS FORM WILL REQUIRE EMERGENCY TREATMENT. IF CONTACT WITH LIQUIFIED OR COMPRESSED GAS OCCURS, WASH WITH LARGE AMOUNTS OF WARM WATER UNTIL NO EVIDENCE OF CHEMICAL REMAINS (APPROXIMATELY 15-20 MINUTES). GET MEDICAL ATTENTION IMMEDIATELY.

INGESTION:

HYDROGEN:

ACUTE EXPOSURE- INGESTION OF A GAS IS UNLIKELY. IF LIQUID IS SWALLOWED, FROSTBITE DAMAGE TO THE LIPS, MOUTH AND MUCOUS MEMBRANES MAY OCCUR.

CHRONIC EXPOSURE- NO DATA AVAILABLE.

FIRST AID- IT IS UNLIKELY THAT EMERGENCY TREATMENT WILL BE REQUIRED.

IF ADVERSE EFFECTS OCCUR, TREAT SYMPTOMATICALLY AND SUPPORTIVELY AND GET MEDICAL ATTENTION.

ANTIDOTE:

NO SPECIFIC ANTIDOTE. TREAT SYMPTOMATICALLY AND SUPPORTIVELY.

REACTIVITY SECTION

REACTIVITY:

STABLE UNDER NORMAL TEMPERATURES AND PRESSURES.

INCOMPATIBILITIES:

HYDROGEN:

ALKALINE METALS: IGNITION AT ELEVATED TEMPERATURES.
CALCIUM CARBONATE + MAGNESIUM (POWDER): EXPLOSION ON HEATING.
CHLORINE DIOXIDE: DETONATES WHEN SPARKED OR ON CONTACT WITH PLATINUM SPONGE.
COPPER (II) OXIDE: VIOLENT EXPLOSION WHEN HEATED.
DICHLORINE OXIDE: DETONATES ON IGNITION.
DIFLUORODIAZENE: EXPLOSIVE REACTION ABOVE 90 C.
DINITROGEN OXIDE: SENSITIZES HYDROGEN-OXYGEN MIXTURES.
DINITROGEN TETRAOXIDE: SENSITIZES HYDROGEN-OXYGEN MIXTURES.
DIOXANE + NICKEL (CATALYST): EXPLOSIVE REACTION ABOVE 200 C.
FLUORINE PERCHLORATE: IGNITION.
HALOGENS: IGNITION OR EXPLOSIVE REACTION.
INTERHALOGENS: IGNITION OR EXPLOSIVE REACTION.
ISOPROPYL ALCOHOL + PALLADIUM: IGNITION.
NITROANISOLE + NICKEL (CATALYST): EXPLOSION.
NITROGEN (LIQUID) + ALKENES: MAY FORM EXPLOSIVE PRODUCTS.
NITROGEN OXIDE: SENSITIZES HYDROGEN-OXYGEN MIXTURES.
NITROGEN TRIFLUORIDE: EXPLOSIVE REACTION ON IGNITION.
NITROSYL CHLORIDE: CAUSES IGNITION IN HYDROGEN-OXYGEN MIXTURES.
NITRYL FLUORIDE: EXPLOSION @ 200-300 C.
OXIDIZERS: IGNITION OR EXPLOSION.
OXYGEN: FLAMMABLE, EXPLOSIVE MIXTURES, PARTICULARLY IN THE PRESENCE OF A CATALYST.
OXYGEN DIFLUORIDE: EXPLODES IF IGNITED..
OZONE (SOLID): HIGHLY EXPLOSIVE MIXTURES WITH LIQUID HYDROGEN.
PALLADIUM(II) OXIDE: INCANDESCES ON CONTACT.
PALLADIUM TRIFLUORIDE: REDUCES WITH INCANDESCENCE.
1-PENTOL: EXPLOSIVE REACTION ON HEATING.
POLY(CARBON MONOFLUORIDE): DEFLAGRATION ABOVE 400 C.
1,1,1-TRIS(AZIDOMETHYL)ETHANE + CATALYST: POSSIBLE EXPLOSION.
1,1,1-TRIS(HYDROXYMETHYL)NITROMETHANE + CATALYST: POSSIBLE EXPLOSION.
UNSATURATED HYDROCARBONS: HYDROGENATION OF UNSATURATED HYDROCARBONS IN THE PRESENCE OF A CATALYST MAY PROCEED WITH EXPLOSIVE VIOLENCE IF CONDITIONS ARE NOT PROPERLY CONTROLLED.
XENON HEXAFLUORIDE: VIOLENT REACTION.

DECOMPOSITION:

NONE HAZARDOUS.

POLYMERIZATION:

HAZARDOUS POLYMERIZATION HAS NOT BEEN REPORTED TO OCCUR UNDER NORMAL TEMPERATURES AND PRESSURES.

STORAGE-DISPOSAL

OBSERVE ALL FEDERAL, STATE AND LOCAL REGULATIONS WHEN STORING OR DISPOSING OF THIS SUBSTANCE. FOR ASSISTANCE, CONTACT THE DISTRICT DIRECTOR OF THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.

****STORAGE****

STORE IN ACCORDANCE WITH 29 CFR 1910.103.

PROTECT AGAINST PHYSICAL DAMAGE. OUTDOOR STORAGE IS PREFERRED. SEE NFPA NO. 50B, STANDARD FOR LIQUIFIED HYDROGEN SYSTEMS AT CONSUMER SITES (NFPA 49, HAZARDOUS CHEMICALS DATA, 1975).

BONDING AND GROUNDING: SUBSTANCES WITH LOW ELECTROCONDUCTIVITY, WHICH MAY BE IGNITED BY ELECTROSTATIC SPARKS, SHOULD BE STORED IN CONTAINERS WHICH MEET THE BONDING AND GROUNDING GUIDELINES SPECIFIED IN NFPA 77-1983, RECOMMENDED PRACTICE ON STATIC ELECTRICITY.

STORE AWAY FROM INCOMPATIBLE SUBSTANCES.

****DISPOSAL****

DISPOSAL MUST BE IN ACCORDANCE WITH STANDARDS APPLICABLE TO GENERATORS OF HAZARDOUS WASTE, 40 CFR 262. EPA HAZARDOUS WASTE NUMBER D001.
100 POUND CERCLA SECTION 103 REPORTABLE QUANTITY.

CONDITIONS TO AVOID

AVOID CONTACT WITH HEAT, SPARKS, FLAMES OR OTHER IGNITION SOURCES. VAPORS MAY BE EXPLOSIVE. DO NOT ALLOW CONTACT WITH SKIN; MATERIAL MAY CAUSE FROSTBITE. CONTENTS ARE UNDER PRESSURE; CONTAINERS MAY RUPTURE VIOLENTLY AND TRAVEL A CONSIDERABLE DISTANCE.

SPILLS AND LEAKS

OCCUPATIONAL-SPILL:

SHUT OFF IGNITION SOURCES. DO NOT TOUCH SPILLED MATERIAL. STOP LEAK IF YOU CAN DO IT WITHOUT RISK. USE WATER SPRAY TO REDUCE VAPORS. ISOLATE AREA UNTIL GAS HAS DISPERSED. NO SMOKING, FLAMES OR FLARES IN HAZARD AREA! KEEP UNNECESSARY PEOPLE AWAY; ISOLATE HAZARD AREA AND DENY ENTRY. VENTILATE CLOSED SPACES BEFORE ENTERING.

Anexo I Hojas de seguridad referentes al Hidrógeno

PROTECTIVE EQUIPMENT SECTION

VENTILATION:

PROVIDE LOCAL EXHAUST OR GENERAL DILUTION VENTILATION. VENTILATION EQUIPMENT MUST BE EXPLOSION-PROOF.

RESPIRATOR:

THE FOLLOWING RESPIRATORS ARE RECOMMENDED BASED ON INFORMATION FOUND IN THE PHYSICAL DATA, TOXICITY AND HEALTH EFFECTS SECTIONS. THEY ARE RANKED IN ORDER FROM MINIMUM TO MAXIMUM RESPIRATORY PROTECTION. THE SPECIFIC RESPIRATOR SELECTED MUST BE BASED ON CONTAMINATION LEVELS FOUND IN THE WORK PLACE, MUST BE BASED ON THE SPECIFIC OPERATION, MUST NOT EXCEED THE WORKING LIMITS OF THE RESPIRATOR AND MUST BE JOINTLY APPROVED BY THE NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH AND THE MINE SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (NIOSH-MSHA).

ANY SUPPLIED-AIR RESPIRATOR OPERATED IN PRESSURE-DEMAND OR OTHER POSITIVE PRESSURE MODE.

ANY SELF-CONTAINED BREATHING APPARATUS.

FOR FIREFIGHTING AND OTHER IMMEDIATELY DANGEROUS TO LIFE OR HEALTH CONDITIONS:

ANY SELF-CONTAINED BREATHING APPARATUS WITH FULL FACEPIECE OPERATED IN PRESSURE-DEMAND OR OTHER POSITIVE PRESSURE MODE.

ANY SUPPLIED-AIR RESPIRATOR WITH FULL FACEPIECE AND OPERATED IN PRESSURE-DEMAND OR OTHER POSITIVE PRESSURE MODE IN COMBINATION WITH AN AUXILIARY SELF-CONTAINED BREATHING APPARATUS OPERATED IN PRESSURE-DEMAND OR OTHER POSITIVE PRESSURE MODE.

CLOTHING:

FOR THE GAS FORM, PROTECTIVE CLOTHING NOT REQUIRED. IF CONTACT WITH THE LIQUID FORM IS POSSIBLE, EMPLOYEE MUST WEAR APPROPRIATE PROTECTIVE CLOTHING AND EQUIPMENT TO PREVENT SKIN FROM FREEZING.

GLOVES:

WEAR FULL PROTECTIVE, COLD INSULATING GLOVES.

EYE PROTECTION:

FOR THE GAS FORM EYE PROTECTION IS NOT REQUIRED BUT RECOMMENDED. WHERE THERE IS ANY POSSIBILITY OF CONTACT WITH THE LIQUID FORM, EMPLOYEE MUST WEAR SPLASH-PROOF SAFETY GOGGLES AND A FACESHIELD TO PREVENT CONTACT WITH THIS SUBSTANCE. CONTACT LENSES SHOULD NOT BE WORN.

EMERGENCY WASH FACILITIES:

WHERE THERE IS ANY POSSIBILITY THAT AN EMPLOYEE'S EYES AND/OR SKIN MAY BE EXPOSED TO THE LIQUID FORM OF THIS SUBSTANCE, THE EMPLOYER SHOULD PROVIDE AN EYE WASH FOUNTAIN AND QUICK DRENCH SHOWER WITHIN THE IMMEDIATE WORK AREA FOR EMERGENCY USE.

AUTHORIZED BY- OCCUPATIONAL HEALTH SERVICES, INC.

CREATION DATE: 03/12/85

REVISION DATE: 12/14/90

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ENFRIAMIENTO DEL GENERADOR ELÉCTRICO A BASE DE HIDRÓGENO

En la mayoría de los casos, el sistema de enfriamiento del generador eléctrico utiliza hidrógeno (por su baja densidad) como fluido refrigerante. No obstante, el manejo de esta sustancia representa un peligro potencial, ya que al combinarse con aire es sumamente explosivo.

La forma en que el hidrógeno trabaja en el generador es la siguiente:

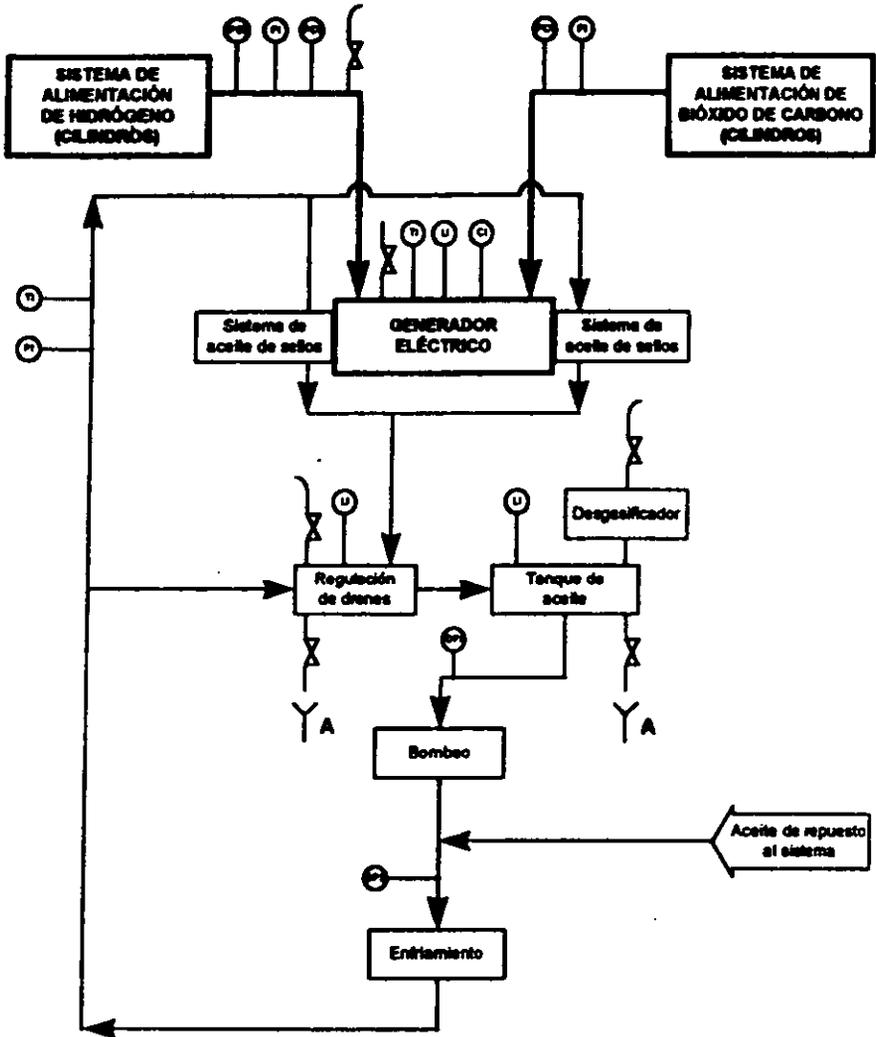
El hidrógeno circula por el interior del generador en un circuito cerrado, manteniéndose a una temperatura de 38°C y una presión de 3.1 bar. Durante la operación del proceso, se evita el escape de hidrógeno del generador mediante un sistema de aceite de sellos adaptado al equipo, el cual forma una película de aceite entre la atmósfera del hidrógeno y el aire. La presión del aceite es 0.85 bar mayor a la del hidrógeno, con lo que se garantiza que no haya fugas de hidrógeno ni ingreso de aire al generador.

Con el fin de garantizar que el aceite de sellos se mantenga libre de aire y/o hidrógeno por el circuito de sellado del sistema, se cuenta con un proceso de desgasificado del mismo, el cual emite hacia la atmósfera, a través de la acción de un eyector, los gases (hidrógeno y/o aire) que hubiese captado por difusión dicho aceite.

Para evitar mezclas de hidrógeno con aire durante el llenado de la sustancia al generador, éste último se desplaza con bióxido de carbono, el cual es desplazado a su vez con hidrógeno hasta obtener una pureza del 98%.

Ver el siguiente esquema general de cómo funciona el sistema de enfriamiento a base de hidrógeno.

ESQUEMA TÍPICO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL GENERADOR ELÉCTRICO.



Fuente: CFE. Coordinación de Proyectos Termoelectrónicos.
Análisis: Instituto de Ingeniería, UNAM. 1997.

Anexo K Hojas de calculo de las simulaciones realizadas

HAZARDOUS MATERIAL = HIDROGENO
 DATE OF ASSESSMENT = 16 DE FEBRERO DE 1999
 NAME OF DISK FILE = HIDROCIL.ASF

*** SCENARIO DESCRIPTION

SE SIMULA UNA FUGA DE HIDROGENO EN UN CILINDRO QUE ESTA EN EL ALMACEN, DEBIDO A UNA RUPTURA POR LA VALVULA POR UN MAL MANEJO DEL CILINDRO DE ALMACENAMIENTO

***** DISCHARGE RATE/DURATION ESTIMATES

Compressed gas discharge from container

Peak discharge rate	= 3.07	lbs/min
Duration of discharge	= 58.8	minutes
Amount discharged	= 180	lbs
State of material	= Gas	

***** FIREBALL HAZARD RESULTS

Max fireball diameter	= 89	feet
Maximum fireball height	= 146	feet
Fireball duration	= 5.3	seconds
Fatality zone radius	= 45	feet
Injury zone radius	= 66	feet

***** FLAME JET HAZARD RESULTS

Flame jet length	= 53	feet
Safe separation distance	= 106	feet
Flame jet duration	= 58.8	minutes

***** FLAMMABLE VAPOR CLOUD HAZARD RESULTS

For concentration of	1/2 LFL	LFL	
	-----	-----	
Downwind hazard distance	= 47	33	feet
Max hazard zone width	= 24	17	feet
Max weight explosive gas	= .7	.5	lbs
Relative gas/air density	= .19	.19	initially
Model used in analysis	=	Neutrally buoyant	

Note: Minimum computable answer is 33 feet!
 Hazard may be overestimated in this case both here and in unconfined vapor cloud explosion model.

Note: Clouds or plumes containing less than 1000 pounds of vapor or gas are very unlikely to explode when completely unconfined, except when one of a certain few materials have been discharged.

Anexo K Hojas de calculo de las simulaciones realizadas

INPUT PARAMETER SUMMARY

PHYSIOCHEMICAL PROPERTIES OF MATERIAL

NORMAL BOILING POINT	= -252.7	degrees F
MOLECULAR WEIGHT	= 2	
LIQUID SPECIFIC GRAVITY	= .2	
VAPOR PRES AT CONTAINER TEMP	= 45	psia
	= 2329	mm Hg
VAPOR PRES AT AMBIENT TEMP	= 45.02	psia
	= 2329	mm Hg
SPECIFIC HEAT RATIO FOR GAS	= 1.4	
LOWER FLAMMABLE LIMIT (LFL)	= 4	vol%

CONTAINER CHARACTERISTICS

CONTAINER TYPE	= Horizontal cylinder	
TOTAL WEIGHT OF CONTENTS	= 70	lbs
WEIGHT OF LIQUID	= 9.81	lbs
WEIGHT OF GAS UNDER PRESSURE	= 0	lbs
TOTAL CONTAINER VOLUME	= .8	ft3
	= 6	gals
LIQUID VOLUME IN CONTAINER	= .8	ft3
	= 6	gals
DISCHARGE HOLE DIAMETER	= .5	inch(es)
DISCHARGE COEFFICIENT OF HOLE	= .62	
TEMP OF CONTAINER CONTENTS	= 100.4	degrees F
TANK CONTENTS DURING FIREBALL	= 65	lbs

ENVIRONMENTAL/LOCATION CHARACTERISTICS

AMBIENT TEMPERATURE	= 100.4	degrees F
WIND VELOCITY	= 2.5	mph

KEY RESULTS PROVIDED BY USER INSTEAD OF BY EVALUATION METHODS
NONE OBSERVED

KEY RESULTS OVERRIDDEN BY USER AT SOME POINT AFTER COMPUTATION
NONE OBSERVED

Anexo K Hojas de calculo de las simulaciones realizadas

HAZARDOUS MATERIAL = HIDROGENO
ADDRESS \ LOCATION = C.T. VILLA ANGEL
DATE OF ASSESSMENT = 09 de febrero 1999
NAME OF DISK FILE = HIDROGEN.ASF

*** SCENARIO DESCRIPTION

SE SIMULA UNA FUGA DEL MATERIAL DEBIDO A UNA FALLA EN EL ACEITE DE SELLOS CONTENIDO EN EL GENERADOR. ORIGINANDOSE UN INCENDIO POR LA MEZCLA AIRE-HIDROGENO

***** DISCHARGE RATE/DURATION ESTIMATES

Compressed gas discharge from container

Peak discharge rate	= 1.94	lbs/min
Duration of discharge	= 36.2	minutes
Amount discharged	= 70.3	lbs
State of material	= Gas	

Note: Duration of discharge was intentionally shortened by user to account for response to spill. Computed duration was originally 36.2 minutes.

***** FIREBALL HAZARD RESULTS

Max fireball diameter	= 65	feet
Maximum fireball height	= 106	feet
Fireball duration	= 4.5	seconds
Fatality zone radius	= 33	feet
Injury zone radius	= 40	feet

***** FLAME JET HAZARD RESULTS

Flame jet length	= 53	feet
Safe separation distance	= 106	feet
Flame jet duration	= 36.2	minutes

***** FLAMMABLE VAPOR CLOUD HAZARD RESULTS

For concentration of	1/2 LFL	LFL	
Downwind hazard distance	= 37	33	feet
Max hazard zone width	= 19	17	feet
Max weight explosive gas	= .4	.3	lbs
Relative gas/air density	= .19	.19	initially
Model used in analysis	= Neutrally buoyant		

Note: Minimum computable answer is 33 feet!
Hazard may be overestimated in this case both here and in unconfined vapor cloud explosion model.

Note: Clouds or plumes containing less than 1000 pounds of vapor or gas are very unlikely to explode when completely unconfined, except when one of a certain few materials have been discharged.

Anexo K Hojas de calculo de las simulaciones realizadas

INPUT PARAMETER SUMMARY

 PHYSIOCHEMICAL PROPERTIES OF MATERIAL

NORMAL BOILING POINT	= -252.7	degrees F
MOLECULAR WEIGHT	= 2	
VAPOR PRES AT CONTAINER TEMP	= 45	psia
	= 2329	mm Hg
VAPOR PRES AT AMBIENT TEMP	= 45.02	psia
	= 2329	mm Hg
SPECIFIC HEAT RATIO FOR GAS	= 1.4	
LOWER FLAMMABLE LIMIT (LFL)	= 4	vol%

CONTAINER CHARACTERISTICS

CONTAINER TYPE	= Vertical cylinder	
TANK DIAMETER	= 1	feet
TOTAL WEIGHT OF CONTENTS	= 180	lbs
WEIGHT OF LIQUID	= 0	lbs
LIQUID HEIGHT IN CONTAINER	= 0	feet
WEIGHT OF GAS UNDER PRESSURE	= .03	lbs
TOTAL CONTAINER VOLUME	= 1.6	ft3
	= 12	gals
	= 6	gals
VAPOR/GAS VOLUME IN CONTAINER	= 1.6	ft3
DISCHARGE HOLE DIAMETER	= .5	inch(es)
DISCHARGE COEFFICIENT OF HOLE	= .98	
TEMP OF CONTAINER CONTENTS	= 100.4	degrees F
TANK CONTENTS DURING FIREBALL	= 170	lbs

ENVIRONMENTAL/LOCATION CHARACTERISTICS

AMBIENT TEMPERATURE	= 100.4	degrees F
WIND VELOCITY	= 2.5	mph

KEY RESULTS PROVIDED BY USER INSTEAD OF BY EVALUATION METHODS
 NONE OBSERVED

KEY RESULTS OVERRIDDEN BY USER AT SOME POINT AFTER COMPUTATION
 NONE OBSERVED

MODELO DE DISPERSION DE GAS LIBERADO EN FORMA MASIVA E INSTANTANEA
 COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD (SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO)
 ECOLOGIA \ PROTECCION AMBIENTAL

—SCRI— —sh

Fecha : 09/02/99

Nombre del contaminante : Cloro

Lugar de emisión : Caseta de cloracion de la C.T. Villa A.

D A T O S :

Masa emitida : 1000.00 Kg.

Altura física : 2.00 mts.

Radio del recipiente : 1.50 mts.

Velocidad del viento : 2.00 m/s

Clase de estabilidad : B (INESTABLE)

C O M E N T A R I O S :

.....

Se produce una liberación masiva e instantánea de 1 tonelada de cloro gas (Cl₂) a 2 metros del nivel del piso, debido a la ruptura de un almacenamiento de aproximadamente 3 mts. de diámetro.

El accidente se produce durante un noche nublada con viento de 2 m/s.

Viento abajo del lugar del accidente se encuentran 2 centros de habitación situados a 5 Km y a 1 Km. Se desea evaluar si los pobladores de los centros estarán expuestos a concentraciones superiores a 72.5 mg/m³.

R E S U L T A D O S :

Radio de Isoconcentración máxima : 346.060 mts.

Para la Concentración de interés : 5.000 mg/m³

su Posición en X es : 2.235 Km.

en un Tiempo de : 00:18:37 (hh:mm:ss)

Para la Distancia de interés : 2.000 Km.

tiene una Concentración de : 6.883 mg/m³

en un Tiempo de : 00:16:40 (hh:mm:ss)

TABLA DE VALORES ITERADOS :

Dist. X (Km.)	Conc. (mg/m ³)	Radio Isoc. (m)	Tiempo	Sy=Sx (m)	Sz (m)
0.149	11303.61	113	00:01:14	28.71	13.4

Anexo K Hojas de calculo de las simulaciones realizadas

MODELO DE DISPERSION DE GAS LIBERADO EN FORMA MASIVA E INSTANTANEA
 COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD (SUPERINTENDENCIA DE ESTUDIOS ZONA CENTRO)
 ECOLOGIA \ PROTECCION AMBIENTAL

—Scri—

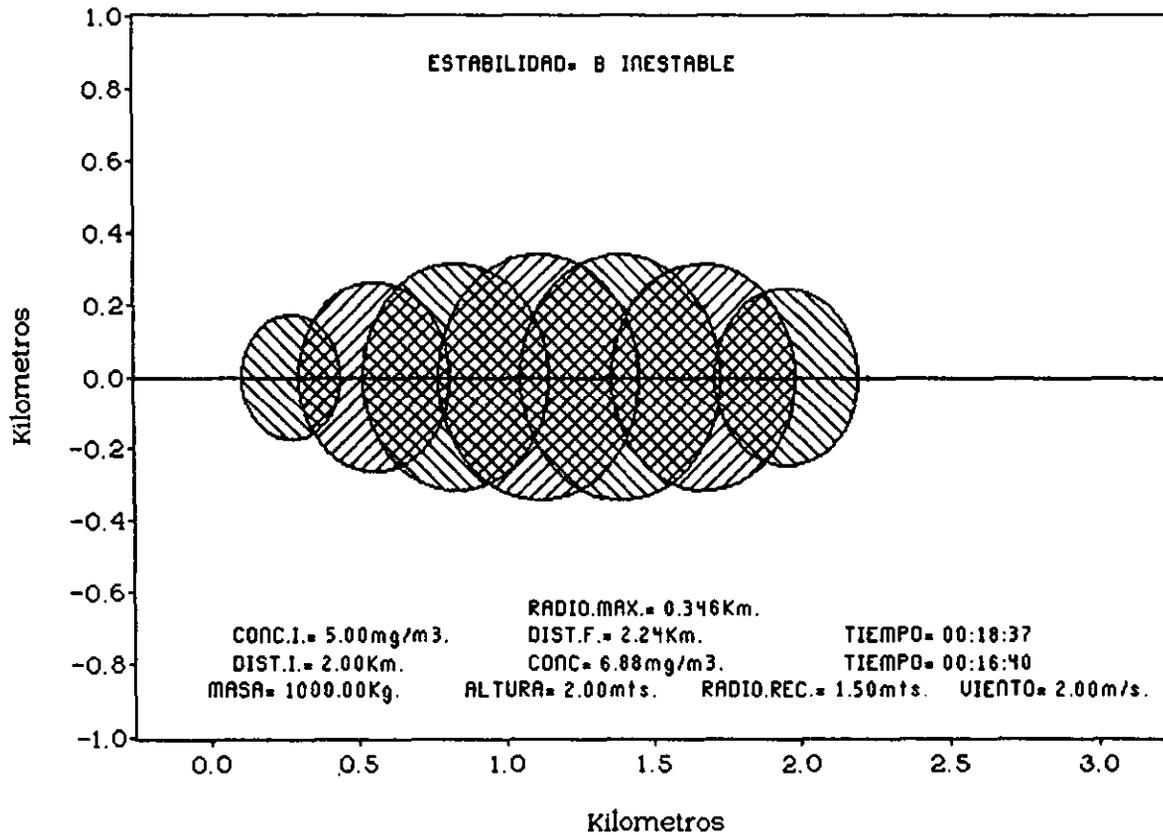
—sh—

Fecha : 09/02/99
 Nombre del contaminante : Cloro

TABLA DE VALORES ITERADOS (cont.) :

Dist. X (Km.)	Conc. (mg/m3)	Radio Isoc. (m)	Tiempo	Sy=Sx (m)	Sz (m)
0.298	1611.56	180	00:02:29	53.00	27.9
0.447	508.23	231	00:03:43	75.92	43.3
0.596	223.27	270	00:04:58	98.00	59.1
0.745	117.79	300	00:06:12	119.46	75.5
0.894	69.80	322	00:07:27	140.45	92.2
1.043	44.82	337	00:08:41	161.06	109.2
1.192	30.53	345	00:09:56	181.33	126.4
1.341	21.76	345	00:11:10	201.33	143.9
1.490	16.07	338	00:12:25	221.09	161.6
1.639	12.21	322	00:13:39	240.62	179.5
1.788	9.51	295	00:14:54	259.96	197.6
1.937	7.55	253	00:16:08	279.13	215.9
2.086	6.10	188	00:17:23	298.12	234.3
2.235	5.00	0	00:18:37	316.97	252.8

Cloro



BIBLIOGRAFIA

- **Acuerdo de los criterios generales para la revisión y análisis de los Programas para la Prevención de Accidentes. (Una guía de consulta rápida para la toma de decisiones del COAAPA.),** acuerdo R08 02 95 13-27 de septiembre de 1995 México.
- **Crane. flujo de fluidos y válvulas, accesorios y tuberías** 1ª edición ("traducción de flow of fluids technical paper" 410. 1985) México, Mcgraw-Hill, 1989
- **Diario oficial de la Federación.** "Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental". México, 7 de junio de 1988.
- **Diario oficial de la Federación.** "1º Listado de Actividades Altamente Riesgosas". México, 28 de marzo de 1990.
- **Diario oficial de la Federación.** "2º Listado de Actividades Altamente Riesgosas". México, 4 de mayo de 1992.
- **Diplomado en Ingeniería en Seguridad Módulo IV.** Comisión Federal de Electricidad, Celaya Gto. 1997.
- **Diplomado en Riesgo Ambiental.** Francisco González " Métodos de Evaluación, Auditorias y Control total de Calidad", México, UAM Iztapalapa, 1993.
- **Guías de atención a emergencias por sustancias químicas peligrosas.** Comisión Federal de Electricidad. Gerencia Administrativa. Departamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Oficinas Nacionales. México 1992.

- **Guía para la elaboración de Programas de Prevención de Accidentes.** México, SEMARNAP, 1995
- **Guías de respuestas iniciales en caso de emergencias ocasionadas por materiales peligrosos.** Dirección General de Protección Civil Secretaria de Gobernación ANIQ – SETIQ. México, 1992.
- **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).** Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEDUE). México, SEMARNAP, 1993.
- **Modelos Atmosféricos para la Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias versión 2.0 SCR12** Sistemas Heurísticos S.A. de C.V. México 1993.
- **National Fire Protection Agency (NFPA),**. National Fire Code (54; 58; 59; 174; 704) U.S.A, 1985.
- SantaMaría Ramiro, J.M. y Braña Aisa, P.A. **Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química.** Madrid, MAPFRE, 1994.
- **Serie de monografías no.5**
- "Prevención de respuesta en caso de accidentes químicos en México y en el mundo" SEDESOL México D.F. 1994.
- Perry h. Et Al. **Manual del Ingeniero Químico** (tomo I) 6ª. Edición (3ª en español). México, Mcgraw Hill. 1992.
- Russell, P.E, David L. **Chemical Engineering.** "Getting a Handle on Risk Management" U.S.A, December, 1998.