

¹CAPITULO 3.- Condiciones de operación, riesgo y medidas de seguridad.

3.1 Condiciones de operación.

3.1.1 Subdivisión y caracterización de las áreas de instalaciones en la planta.

Se realizó la subdivisión en elemento ó unidades lógicas independientes, caracterizándolas por la índole de proceso que en ella se realiza ó por ser capaz de provocar un riesgo específico.

El análisis de la distribución general de la planta mostró cinco áreas de riesgo bien definidas:

- a) Area de proceso.
- b) Area de almacenamiento de solventes por reciclar.
- c) Area de almacenamiento de solventes reciclados.
- d) Area de almacenamiento de gas l.p.
- e) Area de proceso in-situ

Se anexan los diagramas de tubería e instrumentación de los equipos de destilación en proceso (fijo y móvil) en las figuras 9 y 10.

a) Area de proceso:

Superficie total: 100 m²

Volumen máximo instantáneo de solventes en proceso: 12,480 lts.

Componentes generales:

- Tubería de acero inoxidable (12.70, 19.05, 9.525, 50.8 y 101.6 mm)
- 2 motobombas neumáticas (1/2 HP c/u)
- Tanque de acero (placas de 9.525 mm)
- Válvulas de cierre.
- Válvulas de desahogo.
- Filtro (de rejilla para líquidos y de carbón activado para vapores).
- Canalizaciones y accesorios de unión.
- Conductores.
- Cajas de conexiones, de paso y uniones.
- Cajas de registro.
- Sellos eléctricos a prueba de explosión.
- Drenes en equipo eléctrico.
- Equipo contra incendio (Extinguidores, aspersores, manguera y equipos personales).
- Sistema de tierras (cable de cobre desnudo suave de 34 mm. 2 calibre No. 2 AWG).
- iluminación (lámparas de vapor de mercurio, haluros metálicos ó lamparas fluorescentes).(1)

¹ (1) idem Van Waters and Rogers Inc hojas de seguridad de sustancias químicas

Instrumentación:

- Indicadores de nivel.
- Indicadores de temperatura. (termostatos)
- Indicadores de presión (manómetros)
- Sistema de alarmas de detección de CO₂ y solventes orgánicos.
- Tablero de control.
- Desconectores de circuito.
- Interruptores de emergencia.

Proceso:

Destilación industrial. Separación de los componentes volátiles de los no volátiles utilizando una fuente de calor. En ninguna fase del proceso habrá adición ó mezcla de sustancias o materiales extraños a los propios solventes para reciclar. A continuación se presenta la cuadro 23, en donde se muestran las temperaturas y presiones extremas de operación del equipo utilizado en el proceso de reciclado.

CUADRO 23. Temperaturas y presiones extremas de operación utilizadas por el equipo de la planta recicladora.

Nombre del equipo	Temperatura ó presión extrema de operación.
Calderas de producción de vapor	110°C/10.56 Kg/cm ²
Destilador	60°C/0.2816 Kg/cm ²
Columna fraccionadora	60°C/0.2816 Kg/cm ²
Sistema de conducción de aire	7.04 Kg/cm ²
Calentador de agua	120°C
Tanque de almacenamiento de gas l.p.	14.2 Kg/cm ²
Bombas de transferencia de agua	10.5 Kg/cm ²
Sistema de conducción de gas l.p.	5.5 Kg/cm ²

Fuente: elaboración propia en base a world enviromental center

b) Almacén temporal de solventes por reciclar:

Superficie total: 70 m²

Número máximo de tambos : 40 (8,320 lts.)

Componentes ó elementos estructurales:

- Muro de contención
- Canaletas de conducción sobre firme de concreto armado.
- Trinchera de recolección.
- Cerco perimetral.
- Equipo contra incendio.

²Instrumentación:

² (2) idem. Dow Chemical Company. 1994 Hojas de seguridad y sustancias químicas

- Sistema de alarmas de detección de CO₂ y de solventes orgánicos.

Proceso:

- Almacenamiento temporal de solventes en tibores herméticos de PVC.
- Operación de un vehículo montacargas para el traslado y acomodo de tibores.

c) Almacén de solventes reciclados.

Superficie total: 70 m²

Número máximo de tambos : 40 (8,320 lts.)

Componentes ó elementos estructurales:

- Muro de contención
- Canaletas de conducción sobre firme de concreto armado.
- Trinchera de recolección.
- Cerco perimetral.
- Equipo contra incendio.

Instrumentación:

- Sistema de alarmas de detección de CO₂ y de solventes orgánicos.

Proceso:

- Almacenamiento temporal de solventes en tibores herméticos de PVC.
- Operación de un vehículo montacargas para el traslado y acomodo de tambos.(2)

d) Area de almacenamiento de gas.

Volumen máximo en el tanque: 1, 428 Kg.

Capacidad nominal del tanque: 3,500 lts (1,785 Kg.)

Superficie total: 35 m²

Componentes generales:

- Tanque estacionario de acero, con capacidad de 3,500 lts.
- Tubería de acero.
- Conexión para carga.
- Válvula de desahogo.
- Muro contra incendio.
- Cerco perimetral.
- Equipo portátil contra incendio.

Instrumentación:

- Indicador de nivel máximo.
- Medidor de volumen.
- Medidor de presión.

Proceso:

- Almacenamiento de gas L.P.; carga y conducción hasta el área de calderas.(2)

e) ³Area de reciclado in-situ

Area mínima acondicionada: 16 m²

³ (3) idem. Dow Chemical Company. 1994 Hojas de seguridad y sustancias

Volumen que se podrá reciclar por día: 1,664 lts.

Componentes generales:

- Tubería de acero inoxidable (12.70 y 50.8 mm)
- 2 Motobombas neumáticas (½ HP c/u)
- Tanque de acero (placas de 9.525 mm)
- Válvulas de cierre.
- Válvulas de desahogo.
- Filtros (de rejilla para líquidos y de carbón para vapores)
- Canalizaciones y accesorios de unión.
- Conductores.
- Sellos eléctricos a prueba de explosión.
- Extintor.
- Sistema de tierras (Cable de cobre desnudo suave de 34 mm 2 calibre No. 2 AWG).
- Fosa de recuperación 1m³

Instrumentación:

- Indicadores de nivel.
- Indicadores de temperatura.
- Indicadores de presión.
- Tablero de control.
- Desconectador de circuito
- Interruptor de emergencia.

Proceso:

Destilación industrial. Separación de los componentes volátiles de los no volátiles utilizando una fuente de calor. En ninguna fase del proceso habrá adición ó mezcla de sustancias o materiales extraños a los propios solventes para reciclar.(3)

3.1.2 Características del régimen de instalación.

En las figuras 11 y 12 se muestra la disposición de las líneas y tuberías que transportarán solvente, agua y vapor dentro de la planta recicladora. La figura 13 muestra la distribución de tuberías de conducción de agua para los dispositivos de seguridad.

Producción. El equipo de destilación está fabricado a base de placas de acero de 9.525 mm de espesor. El sistema de conducción de vapor y solventes será tubería y accesorios de 7.938 mm de espesor y 12.70 mm y 50.8 mm de diámetro respectivamente. No se instalarán tuberías subterráneas de ningún tipo, todas las líneas serán aéreas.

Electricidad. Los siguientes materiales y equipos eléctricos serán instalados de acuerdo a las normas de seguridad y a su localización dentro de las áreas peligrosas.

- Canalizaciones y accesorios de unión.
- Conductores.
- Cajas de conexión, de paso y uniones.
- Cajas de registro.
- Sellos eléctricos a prueba de explosión.
- Drenes en equipo eléctrico.
- Tableros y centro de control de motores.
- Desconectores de circuito.
- Interruptor de emergencia.(*)

Sistema de tierras. Las conexiones al sistema de tierras para todos los casos serán a través de cable de cobre desnudo suave de 34 mm.2 calibre No. 2 AWG, utilizando los conectores apropiados para los diferentes equipos, edificios y elementos que deben ser aterrizados.

Iluminación. En cada una de las áreas exteriores e interiores que componen la recicladora, será a base de luminarias de vapor de mercurio haluros metálicos ó lamparas fluorescentes. Las instalaciones eléctricas se harán según las normas de seguridad y se utilizarán los materiales adecuados como los descritos anteriormente. La recicladora deberá contar con un sistema de alumbrado de emergencia a base de baterías de níquel-cadmio, con carga mínima para 30 minutos, para los casos en que falle el suministro eléctrico municipal ó cuando por situaciones de riesgo se tenga que cortar el mismo.

Almacenamiento. Las características del área de almacenamiento y los recipientes fueron ya explicadas en el capítulo de proceso, en las paginas 27 y 28, la tabla 9 y fig8

3.1.3 Requerimientos de energía para la operación de la planta recicladora.

Electricidad. Se requiere de energía eléctrica de 110 y 220 volts. Se contratará el servicio por medio de la Comisión Federal de Electricidad.

Combustible. El único combustible que se utilizará es gas licuado comercial para el funcionamiento de las dos calderas. El consumo por unidad de tiempo dependerá del tiempo de funcionamiento de ambas calderas. Esta a su vez dependerá del volumen de residuos que sean reciclados. Se estima que se utilizarán 12 Kg. gas/hora cuando funcione la caldera grande y 6 Kg. gas/hora cuando funcione la caldera pequeña. En promedio se tendrá un gasto total de gas de 1,152 Kg/mes.

El almacenamiento del gas se hará en un tanque estacionario con capacidad de 3,500 lts., el cual por medidas de seguridad, se llenará al 80%, es decir se tendrá un almacenamiento máximo de 2,800 lts de gas, que equivalen a 1,428 Kg. Se llenará cada 30 días aproximadamente bajo condiciones de trabajo estándar. La compañía de gas de Tecate se encargará de surtir el gas mediante autotanque de servicio a domicilio

3.1.4 Requerimientos de agua para la operación de la planta recicladora.

En el área seleccionada para el proyecto no se cuenta con red de suministro de agua potable por parte de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tecate.

Las empresas ahí instaladas satisfacen sus necesidades de agua por medio de la compra a poseedores de pozos particulares, éste último será el caso del presente proyecto.

Debido a que el agua de proceso va a ser reutilizada una y otra vez hasta que las calderas necesiten ser purgadas, el consumo de agua de la recicladora será muy bajo.

Se contará con dos calderas cuyo uso no será simultáneo, es decir, nunca se tendrán en funcionamiento las dos al mismo tiempo ver cuadro 24

Cuadro 24. Características de las dos calderas que se van a utilizar

Características	Caldera #1	Caldera # 2 (in situ)
Marca	Parker Ind. Boiler	Parker Ind. Boiler
Serie	5847	
Año	1953	1971
Mantenimiento preventivo.	mensual	mensual
Volumen de agua	600 galones ó 2268 lts	250 galones ó 945 lts.
Cambio de agua	cada 6 meses	cada 6 meses
Consumo de gas	12 Kg/hora	6 Kg/Hora

Fuente: Dow Chemical Company, 1994

Puesto que cada una de las calderas necesita purgarse cada 6 meses y ambas deben estar preparadas para su uso en cualquier momento, se considerará que el consumo semestral por proceso será la suma de las capacidades de las dos calderas, esto es, 3213 lts es decir 3.3 m^3 / semestre, lo que traducido a un gasto mensual sería de 0.55 m^3 .

El agua requerida para fines sanitarios será en promedio de 30 m^3 al mes.

El volumen total de agua requerido para la planta recicladora tomando en cuenta tanto el agua del proceso como la de uso sanitario, será de 30.55 m^3 / mes.

3.1.5 Residuos generados durante la operación de la planta recicladora.

Emisiones a la atmósfera:

No habrá generación de emisiones a la atmósfera. Todo proceso de reciclamiento es cerrado, por lo tanto, en ninguna fase habrá liberación de humos, gases ó partículas. Después del proceso, en la fase de llenado de tanques con el producto final, el control de la liberación de vapores se hará por medio de filtros de carbón activado.

Descarga de aguas residuales:

Durante el proceso de reciclamiento de solventes solamente se ocupará agua para la transmisión de calor en forma de vapor. En ninguna etapa del proceso el agua tiene contacto con las sustancias que se están purificando, por lo que el agua será reutilizada y se descargará solamente cuando la caldera necesite purgarse.

El agua descargada será canalizada hacia el tinaco de agua para uso sanitario. Cabe recalcar que el agua que se descargue, proveniente de la caldera, no contará con sustancias contaminantes de ningún tipo y contará con las mismas características fisico-químicas y biológicas que en el momento de su recepción.

Debido a la ausencia de red municipal de drenaje en el predio elegido, el agua de uso sanitario será enviada a una fosa séptica. La calidad de agua de uso sanitario cumplirá con la normatividad que aplique pues no llevará mas residuos que los propios del agua del uso ya mencionado..

Residuos sólidos industriales:

El proceso de reciclaje no generará residuos sólidos de ningún tipo. Como ya se mencionó, los residuos producidos durante el proceso de reciclaje serán sustancias altamente viscosas que serán envasadas en tambos de 208 litros para su disposición final; su composición química será variable, dependiendo del origen del solvente.

Los residuos del proceso serán dispuestos en confinamientos controlados ó entregados a incineradores de residuos peligrosos. No se ha considerado la posibilidad de reciclarlos dado a su carácter de mezcla de composición variable y altamente concentrada

.Los residuos del proceso de reciclaje contratado serán regresados a sus generadores.

Residuos sólidos domésticos:

⁴3.1.6 Niveles de ruido.

⁴ (4) idem. Secretaría de Ecología . 1998. Reglamento Ley general de salud

La maquinaria que se instalará en la planta recicladora no rebasará el nivel de emisión de ruido máximo permisible para fuentes fijas, el cual, según el artículo 11 del capítulo III del Reglamento para la Protección del Ambiente contra la Contaminación originada por Ruido (Dic. 1982), que es de 68 db a las 22 hrs.

Reglamentación que se aplicará a la operación del proceso de reciclaje.

3.1.7 Reglamentación ecológica.

El proyecto debe apegarse en todo momento a las disposiciones legales en materia ambiental. A continuación se presentan las principales leyes, reglamentos y normas aplicables.

- **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA),** (4) se publica el 28 de Enero de 1988. Define a los residuos peligrosos como: “Todos aquellos residuos en cualquier estado físico que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas ó irritantes, representen un peligro para el equilibrio ecológico ó el ambiente”.
- **Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos,** publicado el 25 de Noviembre de 1988. Establece que las autoridades del D.F., las de los Estados y Municipios podrán participar como auxiliares de la Federación en la aplicación de éste reglamento, ya que la materia se considera Federal.
- Los artículos que aplican en materia de reciclaje son: 5, 7, 10, 11, 12, 23, 25 y 52 (4)

Las normas aplicables que se derivan de éste reglamento son:

NOM-CRP-001-ECOL/93 Para determinar si un residuo es peligroso deberán realizarse las pruebas y análisis necesarios conforme a ésta norma oficial, la cual establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad del ambiente.

Esta norma considera como peligrosos aquellos que presentan uno ó mas de las siguientes característica *Corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad flamabilidad y/o biológico-infecciosas.*(4)

NOM-CRP-002-ECOL/93 Para comprobar si un residuo es considerado peligroso, es necesario realizar las pruebas CRETIB, y se le conoce como el código de clasificación de las características que contienen los residuos peligrosos y que significan :*corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, flamable biológico-infeccioso.*

Esta norma oficial establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. (5)

NOM-CRP-003-ECOL/93 Establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos ó mas residuos considerados como peligrosos por la

NOM-CRP-001-ECOL/93. (5)

NTE-CCAT-008/88 Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas, monóxido de carbono, bióxido de azufre y óxido de nitrógeno, provenientes de procesos de combustión gas en fuentes fijas

NOM-CCA-031-ECOL/93 Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales de los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano ó municipal.(5)

- Acuerdo que expide el primer listado de actividades riesgosas que incluye las sustancias tóxicas. Publicado en el Diario Oficial el 28/3/90.

- Acuerdo por el que la Secretaria de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología expi-den el segundo listado de actividades altamente riesgosas, del 4/5/92, que en su artículo primero establece que

-

- “Se considera como actividad altamente riesgosa la que esté asociada con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, corrosivas ó biológicas, en cantidades iguales ó superiores a su cantidad de reporte.(6⁵)

3.1.8 Reglamentación del transporte

⁵ (5) Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología

(6) SCT. 1993, Reglamento para el transporte

Todos los artículos aplicables que aparecen en el **Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos**, emitido por **Secretaría de Comunicaciones y Transportes**, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7/4/93. Así como todas las Normas Oficiales que se derivan de éste reglamento:

NOM-002-SCT2/1994 Lista de sustancias y materiales peligrosos mas usualmente transportados.

NOM-003-SCT2/1994 Características de las etiquetas de envases y envalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.

NOM-004-SCT2/1994 Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

NOM-010-SCT2/1994 Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almace-
namiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

NOM-011-SCT2/1994 Condiciones para le transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas.

- **Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos (RLGEEMRP):** Publicado el 25/11/88.

Los artículos aplicables en materia de transporte son: 5, 7, 8, 10, 12, 14, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29 y 42. Según el acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de Mayo de 1989,

La industria nacional debe declarar el volumen, transporte y tipo de generación de resi-duos peligrosos (señalados en el reglamento de la LGEEPAMRP) mediante la presen-tación de los siguientes formatos:

- 1) Manifiesto para empresas generadoras de residuos peligrosos.
- 2) Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos.
- 3) Manifiesto para casos de derrame de residuos peligrosos por accidente.
- 4) Reporte semestral de residuos peligrosos enviados para su reciclaje, tratamiento incineración ó confinamiento.
- 5) Reporte semestral de residuos peligrosos recibidos para reciclaje ó tratamiento.
- 6) Reporte mensual de residuos peligrosos confinados en sitios de disposición final.

63.1.9 LEY GENERAL DE SALUD Publicada el 18/10/94. Título vigesimosegundo. Referente a sustancias tóxicas. En la Gaceta Sanitaria Diciembre de 1987 (No. 4) se publicó la lista de residuos que requieren autorización sanitaria para su introducción al territorio nacional y la lista de desechos

ó subproductos a los que se dará negativa en las solicitudes de autorización sanitaria para su introducción al territorio nacional

1

Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios. Publicado el 18/1/88, contiene diversas disposiciones que se aplican a las sustancias tóxicas y a los residuos peligrosos.

NOM-010-STPS/94 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen ó manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral. Determina los niveles máximos permisibles de concentración de sustancias peligrosas a que pueden estar expuestos los trabajadores.

3.2 Condiciones de riesgo.

3.2.1 Límites de exposición en el ambiente de trabajo.

3.2.1.1 Introducción y antecedentes históricos.

La demanda cada vez mayor de productos industrializados y agrícolas, y por consiguiente de sustancias químicas, motivó un rápido crecimiento de éstos sectores productivos haciendo que un gran número de trabajadores se expongan a millares de agentes químicos potencialmente tóxicos. Históricamente, no se conocen con exactitud el periodo en que se inició la adopción de medidas preventivas en higiene industrial. Se especula que después de la decadencia del imperio romano, provocada por innumerables causas, incluidas las intoxicaciones con plomo, fue que se adoptaron medidas de prevención. En aquella época según informaciones disponibles, los mineros utilizaban vejigas de animales con la finalidad de proteger las vías respiratorias del polvo producido durante los procesos de mineraje. Plinio, Agrícola Paracelso y Ramazzini entre otros, dieron importancia al establecimiento de las relaciones causa efecto en las complicaciones de casos de intoxicación, mientras que en aquella época solo se consideraban los signos y síntomas evidentes de las intoxicaciones ó la muerte. Lehman, del Departamento de Higiene de Munich, Alemania, publicó en 1895 la primera lista conteniendo algunas sustancias químicas de interés ocupacional. En Estados Unidos de América, la primera relación de agentes químicos fue publicada por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (7) (**ACGIH**) en 1945 y presentaba una serie de agentes químicos contaminantes del ambiente industrial y los valores de concentración máxima permitidos. Un número cada vez mayor de países ha intentado establecer “límites de tolerancia” siguiendo orientaciones principalmente de organizaciones internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Internacional del Trabajo y la Comisión Permanente y Asociación Internacional de la Salud

⁶ (7) Theodore Baumeister, Manual del Ingeniero Mecánico, Mc Graw Hill, Vol. 1,2,3 pag 380,382,384,385

3.2.1.2 Límites de Tolerancia.

El establecimiento de los límites de tolerancia y su aplicación de forma adecuada, tiene como finalidad primordial establecer condiciones para que la incidencia de efectos adversos disminuya ó incluso desaparezca pues, a través de su aplicación se procura mantener un estado óptimo de bienestar físico, mental y social de la población trabajadora.

Los límites de tolerancia se establecen a partir de informaciones confiables, obtenidas en estudios experimentales con animales, en estudios epidemiológicos con trabajadores y en estudios clínicos basados en casos de enfermedad ó intoxicación ya ocurridos.

Cuando se propone un valor para límite de tolerancia (LT), ese valor no representa en realidad un límite entre una atmósfera insalubre y una saludable, sino una concentración que debe interpretarse en función de varios aspectos relacionados con el individuo, ambiente y trabajo.

INDIVIDUO

AMBIENTE

TRABAJO

Cuando las exposiciones a agentes químicos provocan la aparición de efectos adversos, hay indicaciones de que los niveles de éstas sustancias contaminantes están por encima de los considerados como recomendables ó que no son seguros.

Por consiguiente, tendrán que adoptarse medidas preventivas, ya sea con el alejamiento del el trabajador del ambiente de trabajo, ó con la aplicación de soluciones que proporcionen protección efectiva al trabajador expuesto.

La vía de introducción de agentes contaminantes del ambiente de trabajo es la respiratoria, aún así, las vías cutánea y digestiva tendrán que ser consideradas.

Los límites de tolerancia establecidos y la aplicación de los mismos, consideran principalmente la vía respiratoria ; los límites de tolerancia se establecen para jornadas de trabajo diario de 8 horas, semanal de 40 horas, exigiendo intervalos mínimos de 16 horas para que el organismo pueda readquirir el equilibrio alterado por las exposiciones a los agentes químicos.

Se debe considerar que además de las exposiciones ocupacionales, el trabajador está expuesto a otros agentes químicos existentes en la atmósfera no ocupacional, en el agua, en los alimentos y relacionados con la utilización de medicamentos, por lo tanto, las posibilidades de que ocurran interacciones son numerosas.

3.2.1.3 Métodos para establecer límites de exposición.

En virtud del gran número de agentes químicos contaminantes ambientales y de la escasa información existente, se vuelve prácticamente imposible establecer límites de exposición para todos.

Se dará a continuación, de forma abreviada, la principal información científica necesaria para el establecimiento de dichos límites de exposición propuestos por la OMS, en 1977

- *Requisitos mínimos*

- Conocer las propiedades físicas y químicas del agente químico, inclusive el tipo de concentración de las impurezas.
- Disponer de investigaciones toxicológicas referentes a las pruebas de toxicidad aguda, subaguda y crónica a través de la administración del agente químico por las vías respiratoria, digestiva y cutánea.
- Realizar un examen minucioso de todos los datos humanos disponibles.

A continuación se presentan algunos datos necesarios para la determinación de los límites de tolerancia de un agente química
Fórmula química
Peso molecular
Peso específico
Índice de refracción
Punto de ebullición y de fusión
Presión de saturación de vapor a una determinada temperatura
Solubilidad en el agua, aceites y otros disolventes
Coeficiente de solubilidad del vapor en el agua a una determinada temperatura
Estado de agregación y estabilidad de las partículas
Productos de desagregación y otros productos formados en la atmósfera
Impurezas y composición de los productos utilizados

Con respecto a los estudios toxicológicos, podemos mencionar que se iniciaron experimentos con animales, dichos experimentos permitieron verificar efectos tóxicos mediante biopsia, exámenes de alteraciones anatómicas y modificaciones histopatológicas.

También se pudieron predecir riesgos graves, por ejemplo : cáncer, mutaciones y trastornos en la reproducción. Pero la interpretación de los experimentos con animales se dificultó por varias razones, tales como :

- Diferencia de la susceptibilidad a los agentes químicos atribuidos al sexo, edad especie y raza del animal.
- Diferencia de longevidad entre el hombre y el animal ;
- Diferencia de los efectos entre el hombre y el animal ;
- Imposibilidad de obtener datos sensoriales ;
- Grandes diferencias en las evaluaciones de los efectos producidos por inhalación comparados cuando se administran por la vía oral.

Los estudios toxicológicos se realizan con :

- 1) La sustancia pura
- 2) El mismo producto técnico que será utilizado en la práctica.
- 3) La misma formulación que se utilizará en los procesos.

Los experimentos de evaluación de toxicidad se realizan para :

Toxicidad aguda. Es producida por exposición única, repetida ó continua, durante un periodo de 24 horas ó menor. Los animales son observados por 14 días consecutivos.

Toxicidad subaguda. Se realiza por periodos que duran hasta la décima parte de la vida media normal del animal.

Toxicidad crónica. Los animales se mantienen expuestos a la sustancia la mayor parte de su vida .

El estudio de los efectos toxicológicos constituyen la principal finalidad de los experimentos con los animales y cualquiera que sea el periodo de exposición,

Los efectos nocivos pueden ser : locales ó generales, agudos ó crónicos.

Entre los efectos podemos citar algunos :

- Irritación
- sensibilidad cutánea
- alteraciones funcionales del sistema nervioso
- carcinogénesis y mutagénesis
- alteraciones del sistema reproductor.

Las informaciones obtenidas a través de observaciones en trabajadores, complementan los datos compilados en los experimentos con animales utilizados en el establecimiento de los límites de exposición, y facilitan la obtención de información que valide los límites de exposición previamente establecidos.

Las observaciones en los trabajadores se podrán realizar a través de :

- Datos estadísticos obtenidos de las historias clínicas
- Exámenes médicos de admisión y periódicos.
- Cuestionarios sobre su estado de salud en relación al trabajo.
- Estudio de resultados de los exámenes clínicos funcionales y bioquímicos.
- Estudio de los efectos de la exposición controlada en trabajadores

En todo estudio es importante :

- Registrar las concentraciones ambientales de los agentes químicos,
- Anotar el uso de equipo de protección cuando lo haya.

3.2.1.4 Límites de exposición propuestos y adoptados por algunos países.

La expresión “límites de exposición” surgió en la convención de la OIT número 148 sobre protección a los trabajadores contra los riesgos profesionales, y fue adoptada en 1977. La literatura internacional mientras tanto, menciona varios términos tales como :

MAC. Maximum allowable concentration

TLV. Threshold limit value

PEL Permissible exposure limit y algunos otros.

Los criterios y los métodos utilizados para determinar los límites de exposición no son los mismos en los diferentes países, aún así, varían desde el más exigente, utilizado en la URSS, MAC, donde no se permite que ocurran alteraciones biológicas ó funcionales y el más elástico propuesto por la ACGIH (EUA), donde el TLV permite compensaciones. Los límites de exposición se expresan para gases y vapores en partes por millón (ppm) ó en miligramos por metro cúbico (mg/m³). Ambas unidades son válidas en la mayoría de los países europeos a 20°C y 760 mmHg de presión y a 25°C y 760 mmHg en EUA. Los TLV se refieren a las concentraciones de sustancias dispersas en el aire y representan condiciones bajo las cuales se cree que casi todos los trabajadores puedan estar repetidamente expuestos, día tras día, sin presentar efectos adversos. El TLV-TWA (TLV-Time Weighted Average), valor umbral límite media ponderada en función del tiempo ; corresponde a un valor medio de concentración aplicado al ambiente de trabajo, para el día de trabajo de 8 horas y 40 horas semanales, al cual casi todos los trabajadores pueden estar repetidamente expuestos día tras día sin efectos adversos. El TLV-STEL (TLV-Short Term Exposure Limit), valor umbral límite de exposición de corta duración ; es la concentración a la cuál los trabajadores podrán permanecer expuestos continuamente por un periodo de corto tiempo sin sufrir irritación, narcosis de grado suficiente que pueda provocar aumento de predisposición a accidentes. El TLV-STEL se define como una exposición media ponderada en un tiempo de 15 minutos, que no deberá exceder en ningún momento, durante el día de trabajo, aunque el valor del TWA esté dentro del valor de TLV. Las exposiciones STEL no podrán ocurrir por más de 15 minutos y no se podrán repetir más de cuatro veces al día, con intervalos de 60 minutos como mínimo. El “MAC”. En la URSS las normas se expresan en la forma de “concentración máxima aceptable” (MAC), y se entiende como la concentración máxima de una sustancia dañina presente en el aire, en el área de trabajo, cuyo efecto sobre los trabajadores, durante ocho horas diarias por toda la vida profesional no causa alguna enfermedad ó desviación del estado normal de salud

Cuadro 25. Comparación entre los valores MAC (1977), TLV-TWA y TLV-S

Agente químico	TLV TWA ppm (EUA)	TLV mg/m ³ (EUA)	TLV STEL mg/m ³ (EUA)	MAC mg/m ³ (URSS)
Acetona	1000	2400	3000	200
Acetaldehído	100	180	270	5
Mercurio		0.05	0.15	0.01
Ozono		0.2	0.6	0.1
Tricloroetileno	99.51	535	800	10

Fuente: Dow Chemical Company

3.2.2 Riesgos para la salud.

3.2.2.1 Ingestión accidental.

Cuando una sustancia química es ingerida, puede absorberse por medio del estómago hacia la circulación sanguínea, originando síntomas en todo el organismo, como irregularidad en el ritmo cardiaco, náusea, vómito, depresión del sistema nervioso central, dolor de cabeza, coma e irritación pulmonar. También puede actuar como corrosivo, produciendo quemaduras en la boca, garganta, esófago y estómago.

Cuadro 26

Riesgos para la salud en caso de ingestión accidental de las sustancias involucradas en el proceso de reciclado.

Producto	Efectos de exposición aguda
Acetona	Irritación leve, náusea, vómito
Solvente SM Cloroetano	Irritación gastrointestinal grave
Tetracloroetileno	Irritación gastrointestinal grave, puede dañar otros sistemas del organismo y causar la muerte.
Tricloroetileno	Irritación gastrointestinal grave, puede dañar otros sistemas del organismo y causar la muerte.
669 Nafta	Irritación leve, náusea y vómito
Alcohol isopropílico	Molestia abdominal, náusea, vómito, diarrea, pérdida de la conciencia.
Solvente 140-66 Nafta	Irritación gastrointestinal grave, dolor de cabeza, náusea y desvanecimiento.
Alcohol metílico	Dolor abdominal, náusea, vómito, pérdida de la conciencia.
Cloruro de Metileno	Irritación gastrointestinal grave, puede dañar otros sistemas del organismo y causar la muerte.
Gas licuado propano	Irritación leve, náusea, vómito

Fuente: Dow Chemical Company

3.2.2.2 Contacto con los ojos.

El ojo es una estructura muy delicada, y las sustancias químicas corrosivas pueden destruir los tejidos oculares al contacto, causan desde irritación hasta quemaduras severas en los ojos y ceguera.

Cuadro 27

Riesgos para la salud en caso de contacto de los ojos con las sustancias usadas en el proceso

Producto	Efectos de exposición aguda.
Acetona	Irritación moderada en los ojos y daño moderado a la cornea.
Solvente SM Cloroetano	Irritación leve temporal en ojos y cornea, puede causar dolor en los ojos.
Tetracloroetileno	Irritación leve temporal en ojos y cornea, puede causar dolor en los ojos.
Tricloroetileno	Irritación leve en los ojos, puede causar dolor.
669 Nafta	Irritación moderada en los ojos.
Alcohol isopropílico	Irritación con ardor y dolor, causa daño a la cornea.
Solvente 140-66 Nafta	No irritante.
Alcohol metílico	Irritación con ardor y dolor, causa daño a la cornea.
Cloruro de Metileno	Irritación leve temporal en ojos y cornea, puede causar dolor en los ojos.
Gas licuado propano	Irritación moderada en los ojos.

Fuente: Dow Chemical Company

3.2.2.3 Contacto con la piel.

El derrame de sustancias químicas sobre la piel puede causar irritación ó quemaduras químicas por corrosión con formación de ampollas.

Las quemaduras químicas pueden ocurrir después de la exposición a sólidos, líquidos ó vapores. Son similares a las causadas por fuego ó electricidad.

En caso de derrame se recomienda quitar la ropa contaminada y lavar el área afectada con agua y jabón suave.

Si la irritación persiste consultar al médico.

Cuadro 28

Riesgos para la salud en caso de contacto de la piel con las sustancias involucradas en el proceso.

Producto	Efectos de exposición aguda.
Acetona	No irritante, puede deshidratar y producir escamas en la piel.
Solvente SM Cloroetano	Irritación leve, puede deshidratar y producir escamas en la piel.
Tetracloroetileno	Irritación leve hasta quemaduras, puede deshidratar y producir escamas en la piel.
Tricloroetileno	Irritación leve hasta quemaduras, puede deshidratar y producir escamas en la piel.
669 Nafta	Irritación moderada y dermatitis.
Alcohol isopropílico	Irritación leve, puede deshidratar y producir escamas en la piel.
Solvente 140-66 Nafta	Irritación moderada y dermatitis.
Alcohol metílico	Irritación leve, puede deshidratar y producir escamas en la piel.
Cloruro de Metileno	Irritación leve hasta quemaduras, puede deshidratar y producir escamas en la piel.
Gas licuado propano	Irritación moderada y dermatitis, puede causar quemaduras debido a las bajas temperaturas que alcanza.

Fuente: Dow Chemical Company

3.2.2.4 Absorción

Algunas sustancias químicas pueden absorberse por medio de la piel causando síntomas generalizados de envenenamiento como son : náusea, vómito, dificultad para respirar ó inconsciencia.

Cuadro 29

Riesgo de absorción para las sustancias utilizadas en el proceso.

Producto	Efectos de exposición aguda.
Acetona	No se absorbe en cantidades dañinas.
Solvente SM Cloroetano	No se absorbe en cantidades dañinas.
Tetracloroetileno	Puede absorberse en cantidades dañinas y causar vómito, náusea, diarrea y somnolencia.
Tricloroetileno	Puede causar entumecimiento en la parte expuesta.
669 Nafta	No se absorbe en cantidades dañinas.
Alcohol isopropílico	Puede absorberse en cantidades dañinas y causar vómito, náusea, diarrea y somnolencia.
Solvente 140-66 Nafta	No se absorbe en cantidades dañinas.
Alcohol metílico	Puede absorberse en cantidades dañinas y causar vómito, náusea, diarrea y somnolencia.
Cloruro de Metileno	Puede absorberse en cantidades dañinas y causar vómito, náusea, diarrea y somnolencia.
Gas licuado propano	No se absorbe en cantidades dañinas.

Fuente: Dow Chemical Company

3.2.2.5 Inhalación.

Esta es una forma común de envenenamiento ya que se desprenden gases vapores ó humos peligrosos que pueden ser absorbidos rápidamente por los pulmones hacia la circulación sanguínea, causando síntomas en todo el organismo como bronquitis laríngea y edema pulmonar.

Cuadro 30

Riesgos para la salud en caso de inhalación de las sustancias involucradas

Producto	Efectos de exposición aguda.
Acetona	Causa irritación la tracto respiratorio superior, puede causar efectos narcóticos y anestésicos.
Solvente SM Cloroetano	Puede causar arritmia cardiaca, inconsciencia y muerte
Tetracloroetileno	Puede causar arritmia cardiaca, inconsciencia y muerte
Tricloroetileno	Causa irritación la tracto respiratorio superior, puede causar arritmia cardiaca, inconsciencia y muerte.
669 Nafta	Causa irritación la tracto respiratorio superior, puede causar efectos narcóticos y anestésicos, dolor de cabeza
Alcohol isopropílico	Causa dolor de cabeza y somnolencia.
Solvente 140-66 Nafta	Causa irritación a la nariz, garganta y tracto respiratorio, puede causar depresión del sistema nervioso central
Alcohol metílico	Causa dolor de cabeza y somnolencia.
Cloruro de Metileno	Puede causar arritmia cardiaca, inconsciencia y muerte
Gas licuado propano	Puede causar arritmia cardiaca, inconsciencia y muerte

Fuente: Dow Chemical Company

3.2.2.6 Toxicidad

Cuadro 31

Producto	TLV-TWA CPT (8 Hrs.) ppm	TLV-STEL CCT , ppm
Acetona	1,000	1,260
Solvente SM Cloroetano	350	1,000
Tetracloroetileno	50	200
Tricloroetileno	350	1,000
669 Nafta	100	200
Alcohol isopropílico	400	500
Solvente 140-66 Nafta	100	200
Alcohol metílico	200	250
Cloruro de Metileno	100	500
Gas licuado propano	1,000	1,250

CPT : Concentración promedio ponderada

CCT : Concentración para exposición a corto tiempo.

Cuadro 32

Nombre del fabricante ó Generador principal.

Producto	Nombre del Fabricante ó generador.
Acetona	The Dow Chemical Co.
Solvente SM Cloroetano	The Dow Chemical Co.
Tetracloroetileno	Van Waters & Rogers Inc.
Tricloroetileno	Van Waters & Rogers Inc.
669 Nafta	Van Waters & Rogers Inc.
Alcohol isopropílico	Van Waters & Rogers Inc.
Solvente 140-66 Nafta	Van Waters & Rogers Inc.
Alcohol metílico	Van Waters & Rogers Inc.
Cloruro de Metileno	Van Waters & Rogers Inc.
Gas licuado propano	PEMEX

Fuente Dow Chemical Company

En Caso de emergencia comunicarse a :

The Dow Chemical Co. Tel. 95-517-636-4400

Van Waters & Rogers Inc. Tel. 95-800-424-9300

Compañía de Gas de Tecate Tel. 91-665-41480

3.2.2.7 Daño Genético.

Cuadro 33

Riesgo por Daño Genético para las sustancias utilizadas en el proceso.

Producto	Efectos de exposición aguda.
Acetona	No cancerígeno.
Solvente SM Cloroetano	No cancerígeno
Tetracloroetileno	Cancerígeno potencial
Tricloroetileno	Cancerígeno potencial
669 Nafta	No cancerígeno
Alcohol isopropílico	No cancerígeno
Solvente 140-66 Nafta	No cancerígeno
Alcohol metílico	No cancerígeno
Cloruro de Metileno	Cancerígeno potencial
Gas licuado propano	No cancerígeno

Fuente: Dow Chemical Company

3.3 Riesgo en el proceso.

Los riesgos industriales graves suelen estar relacionados con la posibilidad de incendio, explosión ó dispersión de sustancias químicas tóxicas, y por lo general entrañan el escape de material de un recipiente, seguido, en el caso de sustancias volátiles de su evaporación y su dispersión. En éste tipo de proceso los riesgos más comunes son los relacionados con el manejo de solventes, los cuales pueden ser de dos tipos: a) Los que afectan directamente a los trabajadores y, b) Los que ponen en peligro las instalaciones. Dentro de la primera categoría se encuentra la *inhalación* de vapores, que cuando llega a ser excesiva puede causar irritación al tracto respiratorio superior, así como crear efectos narcóticos. El *contacto* de solventes ó sus vapores con los ojos puede ocasionar tanto irritación como daño moderado a las córneas. La *absorción* del líquido ó vapores a través de la piel y membranas mucosas puede causar irritación, resequedad y escamación. Otro riesgo inherente al manejo de solventes es el escape de material inflamable, mezcla del material con aire, formación de una nube de vapor inflamable y el contacto de la nube con una fuente de ignición, lo que provocaría un incendio ó una explosión que afectará al lugar y posiblemente a zonas aledañas.(*). Por otro lado, el uso de gas licuado ya sea en la industria ó para fines domésticos, involucra una fuente de riesgo. El gas propano es incoloro y su densidad como líquido se aproxima a la mitad de la del agua, el gas ó vapor es por lo menos 1½ veces tan denso como el aire y no se dispersa fácilmente, y, tenderá a hundirse en el nivel más bajo posible, pudiéndose acumular en pozos, sumideros ú otras depresiones. El gas LP forma mezclas inflamables con el aire en concentraciones que oscilan aproximadamente entre el 2 y el 10%. Por consiguiente puede constituir un riesgo de incendio y explosión, si se almacena ó utiliza incorrectamente. Si el gas LP se escapa en un espacio cerrado y se flama, se puede producir una explosión. Si un recipiente de gas LP está en medio de un incendio, puede calentarse excesivamente y romperse con violencia.

3.3.1 Determinación y jerarquización de los riesgos en áreas de: proceso, almacenamiento y transporte.

Se aplicó un análisis preliminar de riesgos mediante el cual se llevó a cabo una revisión orientada a identificar y examinar los riesgos de explosión, inflamabilidad, toxicidad ó reactividad que presenta los componentes del proceso, las posibles fallas de los equipos y de sus materiales, de los sistemas de control y los sistemas de seguridad.

La identificación preliminar fue guiada por tres criterios generales: 1) Cantidades y propiedades fisico-químicas de las sustancias involucradas; 2) Temperaturas y presiones extremas en el proceso; y 3) distribución espacial de los elementos operativos. Los eventos de riesgo potencial identificados para la fase de operación de la planta fueron: 1) incendios asociados a derrames de materia prima, productos y subproductos; 2) incendio asociado a fugas de vapores de solventes ocurridas durante el transporte, recepción, almacenamiento ó reciclamiento de solventes.

Otro de los riesgos asociados a la operación de la planta es el de incendio y explosión por fuga de gas propano, que se usará para el funcionamiento de la caldera.

Como se verá mas adelante en la evaluación de riesgos, los eventos de derrame ó fugas de vapores de solventes ó gas propano no conducen por si mismo a la ocurrencia de incendio y/o explosión, en todos los casos se requiere simultáneamente la presencia de una fuente de ignición y condiciones atmosféricas específicas.

Area de proceso:

Se considera dentro de ésta área al volumen de solventes contenido dentro de la maquinaria de separación (tanque receptor, destilador, columna fraccionadora y condensador). Esta área cubre una superficie de 100 m², y es considerada de riesgo por el manejo de sustancias inflamables. El volumen máximo instantáneo de solventes que estarán en proceso será de 12,480 litros.

Area de solventes usados (Area almacén 1):

Se considera dentro de ésta área al volumen de solventes “sucios” contenido dentro de tambos de 208 litros, el cual será reciclado. Esta área cubre una superficie de 70 m² y es considerada de riesgo por la inflamabilidad del material almacenado. El volumen máximo en ésta área será de 8,320 litros ó 40 tambos.

Area de almacenamiento (áreas almacén 2 y 3):

Se considera dentro de ésta área al volumen de solventes ya reciclados (sin impurezas) contenido en tambos de 208 litros, así como el volumen de residuos ó impurezas contenidos también en tambos de 208 litros

Esta área cubre una superficie total de 70 m².

La cantidad máxima de tambos que se almacenarán será de 40, lo que equivale a 8,320 lts.

Area de tanque de gas:

Se considera dentro de ésta área al volumen de gas propano contenido en el tanque estacionario. El volumen máximo dentro del tanque será de 1,428 Kg. La capacidad nominal del tanque es de 3,500 litros (1,785 Kg.), por seguridad será llenado al 80%. Esta área ocupará una superficie de 35 m² y es considerada de riesgo por la inflamabilidad y explosividad del gas propano.

Area de carga y descarga:

Cada una de éstas áreas ocupa un área de 100 m², éstas no son consideradas como peligrosas ya que el material inflamable que se cargará y descargará de los vehículos de transporte permanecerá ahí por tiempo limitado.

Area de reciclamiento in situ:

Deberá tener al menos un área de 16 m². Se considerará el volumen que podrá recciclar en un día (1,664 litros ó 1,311 Kg.) y se identifica como área de riesgo menor por el bajo volumen manejado y las condiciones de seguridad en las que trabajará.

Oficinas, taller, cuarto de calderas y aireación:

Estas áreas no son consideradas de riesgo potencial.

3.4 Selección y desarrollo de los métodos de evaluación de riesgos.

3.4.1 Indice Dow

Para el análisis de riesgos generados por fugas ó derrames de materiales inflamables y/o explosivos, existen diversos métodos. Para éste proyecto se seleccionó el método del índice DOW de fuego y explosión, que permite determinar el área de exposición alrededor de una unidad de proceso que se vería afectada ante la presencia de una situación de fuego y/o explosión .(8)

Los objetivos de ésta técnica son:

- 1.- Cuantificar anticipadamente el daño potencial en términos reales.
- 2.- Identificar los posibles elementos contribuyentes para desarrollar fuego ó explosión.
- 3.- Determinar el impacto que los elementos de seguridad aportan en la disminución y/o mitigación de las consecuencias del evento de riesgo analizado.

Ya que el 90% de los solventes que se reciclarán será acetona, el método del índice DOW se aplicó para esa sustancia, el reciclamiento de los solventes que forman el 10% restante, será esporádico ó nulo, y los volúmenes que se manejarían serían muy bajos. Este método se aplicó también al gas l.p.

A continuación en la cuadro tal se presentan los volúmenes máximos de cada sustancia que serán manejados, así como la clasificación de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios de los E.U.A. (NFPA)

Cuadro 34 Volúmenes máximos y clasificación NFPA de cada una de las sustancias manejadas en el proceso de reciclaje.

Sustancias	Clasificación		NFPA Reactividad	Factor Material	Volumen Máximo manejado por día.	Cantidad límite de Reporte
	Salud	Incendio				
Acetona	1	3	0	16	20,800 lts. 16,390 Kg.	20,000 Kg.
1,1,1Tricloroetano	3	1	0	4	297 lts 392 Kg.	NR
Tricloroetileno	2	1	0	4	297 lts. 433 Kg.	10,000 Kg.
Mineral Spirits	1	2	0	10	297 Kg. 228 Kg.	10,000 Barriles
Nafta Petroleum	2	2	0	10	297 lts. 232 Kg.	10,000 Barriles
Isopropanol	1	3	0	16	297 lts. 234 Kg.	100,000 Kg
Metanol	1	3	0	16	297 lts. 236 Kg.	10,000 Kg.
Cloruro de Metileno	2	0	0	0	208 lts. 270 Kg.	NR
Tetracloroetileno	2	0	0	0	297 lts. 480 Kg.	10,000 Kg.
Propano	1	4	0	21	2,800 lts. 1,428 Kg.	50,000 Kg

NR: No incluidas en los dos listados de actividades altamente riesgosas (DOF 28/03/90 y 04/05/92).

Fuente: The Dow Chemical Company 1994

El método DOW se aplicó para la acetona en las siguientes áreas consideradas como peligrosas: área de almacén de solventes sucios; área de almacén de productos reciclados; y área de proceso; para el gas lp se aplicó al área donde se localizará el tanque estacionario.

Por otro lado, para determinar las posibilidades de ocurrencia de los eventos de riesgo identificados, se seleccionó conducir el método de Arbol de Fallas en las áreas de almacenamiento y proceso.

Este análisis permite evaluar la posibilidad de pérdida, identificar fallas en los equipos y errores humanos que pudieran resultar en accidentes.

Cuadro 35 Índice DOW de fuego y explosión para la acetona y el gas propano

1.Factor Material (FM)	A. Almacén 1	A. Almacén 2	A. Almacén 3	A. Tanque gas
1.1 FM Acetona	16	16	16	0

1.2 FM Propano	0	0	0	21
----------------	---	---	---	----

2. Riesgos Generales del Proceso (F1)	A. Almacén 1	A. Almacén 2	A. Almacén 3	A. Tanque gas
2.1 Reacciones exotérmicas	0.00	0.00	0.30	0.00
2.2 Reacciones endotérmicas	0.00	0.00	0.00	0.00
2.3 Manejo y transferencia de materiales				
2.3.1 Carga y descarga	0.50	0.50	0.50	0.50
2.3.2 Centrífuga, reacciones batch.	0.00	0.00	0.00	0.00
2.3.3 Bodegas y patios almacenamiento	0.85	0.85	0.00	0.85
2.4 Unidades de proceso cerradas	0.00	0.00	0.00	0.00
2.5 Acceso con equipo de emergencia al área de proceso	0.00	0.00	0.00	0.00
2.6 Drenaje	0.25	0.25	0.25	0.00

3. Riesgos especiales de proceso (F2)	A. Almacén 1	A. Almacén 2	A. Almacén 3	A. Tanque gas
3.1 Temperatura del proceso				
3.1.1 Mayor que el punto de flama	0.30	0.30	0.30	0.00
3.1.2 Mayor que el punto de ebullición	0.00	0.00	0.60	0.00
3.1.3 Punto de autoignición	0.00	0.00	0.00	0.00
3.2 Baja presión	0.00	0.00	0.00	0.00
3.3 Operación en ó cerca del rango inflamable				
3.3.1 Tanques de almacenamiento	0.50	0.50	0.00	0.00
3.3.2 Instrumento ó falla de purga	0.00	0.00	0.30	0.00
3.3.3 Proceso ó diseño	0.00	0.00	0.80	0.00
3.3.4 Descarga de pipas ó carrostanque	0.00	0.00	0.00	0.40
3.4 Presión	0.00	0.00	0.15	0.40
3.5 Baja temperatura	0.00	0.00	0.00	0.00
3.6 Cantidad de material flamable				
3.6.1 Líquidos inflamables en el proceso	0.00	0.00	0.50	0.00
3.6.2 Líquidos ó gases en almacenamiento	0.38	0.38	0.00	0.10
3.6.3 Sólidos combustibles en almacenamiento	0.00	0.00	0.00	0.00
3.7 Corrosión ó erosión	0.00	0.00	0.10	0.10
3.8 Fugas de juntas ó empaques	0.10	0.10	0.10	0.00
3.9 Equipo calentado a fuego directo	0.00	0.00	0.00	0.00
3.10 Intercambio de calor con aceite	0.00	0.00	0.00	0.00
3.11 Equipo rotatorio - bombas y compresores	0.00	0.00	0.00	0.00

Resumen	Area Almacén 1	Area Almacén 2	Area Almacén 3	Area Tanque gas
Riesgos Generales del Proceso (F1) ¹	2.60	2.60	2.05	2.35
Riesgos especiales del proceso (F2)	2.28	2.28	3.85	2.00
Factor de Riesgo de la Unidad (F3=F1*F2)	5.93	5.93	7.89	4.70
Factor de Daño (según FM correspondiente)	0.56	0.56	0.67	0.72
Indice DOW de fuego y explosión ² (IFE= FM*F3) ²	94.88	94.88	126.2	98.7
Tipo de Riesgo	Moderado	Moderado	Intermedio	Intermedio
Radio de exposición (m)	25.00	25.00	32.30	25.60

Fuente: Dow Chemical Company

¹ Tanto el factor F1 como el F2 se obtienen sumando los factores individuales considerados, mas una unidad (1.00) que es la base del factor.

² El IFE es la probabilidad de daño de fuego ó explosión al área determinada por el radio de exposición, y se calcula multiplicando el factor material (FM) por el factor de riesgo de la unidad (F3).

³ Clasificación de Riesgo: IFE y Tipo de riesgo: 1-60, Ligero; 61-96, Moderado; 97-127, Intermedio; 128-158, Grave; más de 158, Severo (Castro-Ramos y León-Diez, 1994).

Factores de corrección por medidas de control de pérdidas.

C1 Control de Proceso	A. Almacén 1	A. Almacén 2	A. Almacén 3	A. Tanque gas
1. Energía de emergencia para los servicios esenciales	0.97	0.97	0.97	0.97

2. Sistema de enfriamiento	1.00	1.00	0.96	1.00
3. Control de explosiones	1.00	1.00	0.75	0.96
4. Paro de emergencia	1.00	1.00	0.94	1.00
5. Control por computadora	1.00	1.00	0.98	1.00
6. Gas inerte	1.00	1.00	0.90	1.00
7. Instrucciones de operación	1.00	1.00	0.86	1.00
8. Area de productos químicos	0.85	0.85	0.85	1.00
PRODUCTO (C1)	0.82	0.82	0.42	0.93

C2. Aislamiento de material	A. Almacén 1	A. Almacén 2	A. Almacén 3	A. Tanque gas
1. Válvulas de control remoto	1.00	1.00	1.00	1.00
2. Descarga de vertederos	0.96	0.96	0.96	1.00
3. Drenaje	0.85	0.85	0.85	1.00
4. Interlock	0.96	0.96	0.96	1.00
PRODUCTO	0.78	0.78	0.78	1.00

C3. Protección contra incendio	A. Almacén 1	A. Almacén 2	A. Almacén 3	A. Tanque gas
1. Detección de fugas	0.97	0.97	0.97	0.97
2. Acero estructural	1.00	1.00	1.00	0.97
3. Tanques recubiertos	1.00	1.00	1.00	1.00
4. Suministros de agua	0.95	0.95	0.95	0.95
5. Sistemas especiales	0.85	0.85	0.85	0.85
6. Sistemas rociadores	0.95	0.95	0.95	0.95
7. Cortinas de agua	1.00	1.00	1.00	1.00
8. Espuma	1.00	1.00	1.00	1.00
9. Extinguidores portátiles	0.97	0.97	0.97	0.97
10. Protección de cables	0.90	0.90	0.90	0.92
PRODUCTO	0.65	0.65	0.65	0.64

<i>Resumen</i>	A. Almacén 1	A. Almacén 2	A. Almacén 3	A. Tanque gas
Producto de factores (C1*C2*C3)	0.41	0.41	0.21	0.59
Factor de Seguridad Actual ó Definitivo (factor de crédito)	0.56	0.56	0.40	0.74
Radio de exposición considerando medidas de control de pérdidas y de seguridad (m)	14.00	14.00	12.92	18.94

Fuente : Dow Chemical Company

Los resultados gráficos del análisis del índice DOW de fuego y explosión se muestran en las figuras 14,15,16 y 17

3.4.2 Arbol de fallas.

El árbol de fallas es un diagrama lógico en el cual, cada evento ó condición se muestra como una consecuencia lógica de la combinación de otros eventos ó condiciones, y en el que se indican sus relaciones causales mediante símbolos

llamados *puertas*. En la figura 18 se muestra la simbología usada en el presente análisis. El criterio utilizado en éste estudio para evaluar la probabilidad de ocurrencia, es el que se indica en la tabla 15. En ella se describe la probabilidad de que ocurra un evento en forma numérica y su equivalencia en un lenguaje simple, a fin de favorecer la interpretación de los valores numéricos antes indicados. En el análisis de árbol de fallas se utilizaron las probabilidades ó tasas de falla en los equipos y materiales compilados por la World Environment Center, en su Manual de Administración de Riesgos de Proceso (1993). Los tipos de errores humanos considerados en éste análisis son los siguientes:

- Error Humano Tipo 1: Falla en el manejo de tambos durante su llenado ó vaciado. Se aplicó una probabilidad de magnitud 10^{-4} considerando que el personal que laborará en la empresa, estará capacitado en el manejo y seguridad de los materiales a utilizar en la planta y, existirá un estricto control en la entrada de personas ajenas a la empresa. El valor aplicado se considera alto en base a la descripción que sobre el proceso hiciera el personal técnico con mas de 20 años de experiencia en operación de maquinaria similar. Esta situación permite asegurar que se está trabajando dentro de los límites confiables.(9)

-Error Humano Tipo 2 : Falla al tapar algún tambo después de haberlo llenado. Se aplicó una probabilidad de 10^{-4} considerando que los empleados estarán capacitados adecuadamente. Los tambos serán cerrados herméticamente, con dos orificios en su parte superior de 5 cm. de diámetro cada uno, en los cuales se utiliza tapones de rosca que son mas seguros y prácticos.(9)

- Error Humano Tipo 3 : Falla en los procedimientos de control de sobrepresión del equipo de proceso. Por razones de seguridad se aplicó un valor de 10^{-4} . La probabilidad real de ocurrencia de éste evento debe ser por lo menos un orden de magnitud menor considerando que la persona responsable estará ampliamente capacitada específicamente en el monitoreo de las variables críticas del proceso (flujo, temperatura y presión). La aplicación del árbol de fallas permite evaluar la probabilidad de pérdida y compararla con la magnitud de la pérdida. Un incidente de pérdida ó accidente tiene siempre una ó mas causas, esto es, eventos ó condiciones que son desviaciones del estado normal ó planeado de un sistema. Si solo uno de éstos eventos ó condiciones es suficiente para causar el accidente, entonces su probabilidad de ocurrencia es igual a la probabilidad de que ocurra éste evento ó condición.

Si se requieren dos ó mas eventos y éstos son independientes entre sí, entonces la probabilidad de que ocurra el accidente será igual al producto de las probabilidades de ése evento. (9⁷)

Cuadro 36. Criterios utilizados en la evaluación de la probabilidad de un evento mayor en el análisis de árbol de fallas.

Probabilidad	Equivalencia de la probabilidad
--------------	---------------------------------

⁷ (9) Idem.Safety Essentials Manual de Seguridad esencial. 1997. Janesville Wisconsin.

10 ⁰	Inminente (puede ocurrir en cualquier momento)
10 ⁻¹	Muy probable (ha ocurrido ó puede ocurrir varias veces al año)
10 ⁻³	Probable (ha ocurrido ó puede ocurrir en un año)
10 ⁻⁵	Poco probable (no se ha presentado en 5 años)
10 ⁻⁷	Muy poco probable (No se ha presentado en 10 años)
10 ⁻⁹	No hay posibilidad de que ocurra el riesgo.

Fuente: Dow Chemical Company

3.4.2.1 Resultado del análisis de Arbol de fallas,

Area de almacenamiento de solventes reciclados (A. almacén 1).

En la figura 19 se muestra el árbol resultante del análisis de ésta área. El evento máximo por analizar es explosión e incendio en el área de almacenamiento de solventes reciclados y residuos provenientes del proceso de separación de solventes. La probabilidad resultante del análisis es de 10⁻⁸, que corresponde a un evento *Muy poco probable*.

Los factores que deben ocurrir simultáneamente para que se produzca el evento máximo son: la presencia de acetona, ya sea en forma de vapor dentro de los límites de concentración de inflamabilidad ó bien, en su estado líquido, y simultáneamente la presencia de una fuente de ignición.

Con respecto al primer evento, las condiciones necesarias son: fuga de vapores de acetona ó acetona líquida de tambos, y condiciones atmosféricas de alta estabilidad, de tal manera que la dispersión por viento de la fuga fuera mínima ó nula.

Un derrame de acetona líquida está determinado por la presencia de un orificio en alguno de los tambos, debido al desgaste del material por uso y oxidación, por defecto del fabricante ó provocado por un error humano de tipo 1 (llenado y vaciado de tambos).

El segundo factor indispensable para que se produzca el evento máximo, es la presencia de una fuente de ignición, que puede deberse a: un corto circuito en la instalación eléctrica, descarga eléctrica no conducida adecuadamente, ó por fuego provocado accidentalmente por el personal.

Area de almacenamiento temporal de solventes para reciclar (A. almacén 2).

Puesto que las condiciones de almacenamiento y manejo de los solventes sin reciclar serían las mismas que las de los solventes ya reciclados, y que se manejarán los mismos volúmenes, no se consideró un análisis de árbol de fallas por separado. Por lo tanto, los resultados obtenidos para el área de almacenamiento 1 (área de almacenamiento de solventes reciclados y residuos) son equivalentes para ambas áreas de almacenamiento.

Area de proceso de reciclamiento de solventes (A. proceso).

En la figura 20 se muestra el árbol resultante del análisis de ésta área. El evento máximo por analizar es explosión e incendio en el área de proceso. La probabilidad obtenida en el análisis fue de 10^{-8} , que corresponde a un evento *Muy Poco Probable*.

Los eventos simultáneos que conducirán a un evento de éste tipo son: presencia de acetona líquida ó nube de vapores dentro de los límites de inflamabilidad y presencia de una fuente de ignición.

Las condiciones necesarias para que se produzca el primer evento son: presencia de acetona líquida ó sus vapores, falla en el equipo de detección de fugas y baja ó nula velocidad del viento.

El derrame de acetona líquida puede ser provocado por la falla de una válvula, la ruptura de una conexión en la tubería ó la presencia de un orificio en la maquinaria debido al desgaste del material ó a un defecto de fabricación.

El derrame de acetona podría deberse a condiciones poco probables como: un error humano de tipo 1, desgaste ó defecto de fabricación de la maquinaria, ó un evento sísmico de alta magnitud que lograra voltear y abrir alguno de los tambos.

La fuga de vapores de acetona está condicionada a la presencia de alguno de los siguientes factores: ruptura en la conexión de la tubería, falla en una válvula ó aumento excesivo de la presión debido a falla del equipo de medición ó a un error humano tipo 3.

El segundo evento indispensable para que se produzca un accidente mayor, la presencia de una fuente de ignición, puede deberse a: un corto circuito en la instalación eléctrica, descarga eléctrica no conducida adecuadamente, ó fuego provocado accidentalmente por el personal.

Area de procesamiento in situ

El evento máximo analizado es explosión e incendio en el área de proceso en las instalaciones del generador (cliente). Dado que las condiciones de manejo y seguridad de ésta área serán similares a las del proceso de la planta, se estima que sus probabilidades de ocurrencia serían las mismas. El riesgo asociado tendría una magnitud de 10^{-8} , que corresponde a un evento *Muy Poco Probable*.

De igual modo los eventos simultáneos que conducirán a un accidente de éste tipo son: presencia de acetona líquida ó nube de vapores dentro de los límites de inflamabilidad y presencia de una fuente de ignición

Area de almacenamiento de gas propano (A Gas).

La estructura del árbol resultante del análisis en ésta área se muestra en la figura 21. El evento máximo por analizar es la explosión é incendio del tanque de almacenamiento de gas l.p. La probabilidad obtenida en el análisis fue de 10^{-13} .

Los subeventos indispensables para que ocurra éste evento son: presencia de una mezcla de gas/aire dentro del rango de inflamabilidad y presencia de una fuente de ignición. Para que se presente el primer subevento deben ocurrir simultáneamente las siguientes condiciones: falla en el equipo de detección de fugas, presencia de una fuga de gas l.p. y baja ó nula velocidad del viento.

Una fuga de gas puede deberse a alguna de las siguientes causas: falla en alguna conexión de la tubería, presencia de un orificio en el tanque ó falla en una válvula del tanque.

El segundo subevento indispensable para que se produzca una explosión en el tanque de gas, la presencia de una fuente de ignición, puede deberse a: un corto circuito en la instalación eléctrica, descarga eléctrica no conducida adecuadamente, ó fuego provocado accidentalmente por el personal.

3.4.2.2 Determinación del potencial razonable de pérdida.

La probabilidad de ocurrencia de los eventos máximos en los árboles de falla no nos dirán nada si no los comparamos con la magnitud del potencial de pérdidas que representan tales incidentes. Esto nos permitirá decidir si dicha probabilidad del evento máximo puede ser aceptable. Por ello se determinará un potencial de pérdida razonable. Para calcular la pérdida probable total, se incluyen tanto las pérdida probables por daños directos estimados, como las pérdidas por interrupción parcial ó total de operaciones. Para el caso de la planta que aquí proponemos, la pérdida probable total se situaría en el rango de entre \$800, 000 y \$8,000,000, y se le dará valor potencial de pérdida de acuerdo con el cuadro 37

Cuadro 37. Potencial razonable de pérdida.

Potencial de pérdida	Pérdida probable Total (\$ pesos)
10 ⁰	hasta 80
10 ⁻¹	80 a 800
10 ⁻²	800 a 8,000
10 ⁻³	8,000 a 80,000
10 ⁻⁴	80,000 a 800,000
10 ⁻⁵	800,000 a 8,000,000
10 ⁻⁶	8,000,000 a 80,000,000
10 ⁻⁷	80,000,000 a 800,000,000
10 ⁻⁸	mas de 800,000,000.

Fuente: Dow Chemical Company

Para que la probabilidad de ocurrencia del evento máximo sea aceptable, deberá estar en equilibrio con el Potencial de Pérdida; es decir, la probabilidad encontrada en el análisis nunca debe ser mayor al potencial de pérdida.

3.5 Riesgos potenciales de accidentes ambientales.

3.5.1 Riesgos que tengan afectación potencial al entorno de la planta, señalando el área de afectación en un plano de localización a escala 1:5000

Como ya se ha mencionado, los riesgos identificados en la operación de la planta recicladora de solventes usados son incendio y explosión, ambos asociados a eventos como derrames y fuga de vapores accidentales durante el almacenamiento y proceso de solventes usados y reciclados; o a la fuga de gas l.p.

En las figuras 14,15,16 y 17 se muestran gráficamente las áreas de exposición alrededor de las unidades de análisis definidas, que se encontraron mediante la aplicación del Índice DOW de fuego y explosión.

Gracias a este análisis se ha logrado cuantificar anticipadamente el daño potencial de fuego o explosión en términos del radio de exposición en las cuatro posibles áreas de riesgo detectadas de la planta recicladora .

También se ha analizado la implementación de una serie de dispositivos y medidas de seguridad en dichas áreas de riesgo, teniendo como resultado una drástica disminución en las áreas de afectación por un evento de incendio o explosión (cuadro 38).

Cuadro 38. Resumen de resultados del análisis del índice DOW de fuego y explosión.

Area de análisis	Índice de Fuego y Explosión	Exposición		Exposición después de aplicar medidas de seguridad		Porcentaje de reducción del área de exposición.
		Radio	Area	Radio	Area	
Almacén 1	94.88	25.00 m	1,964 m ²	14.00 m	616 m ²	69%
Almacén 2	83.2	25.00 m	1,964 m ²	14.00 m	616 m ²	69%
Proceso	113.12	32.30 m	3,278 m ²	12.92 m	524 m ²	84%
Tanque de gas l.p.	98.70	25.60 m	2,059 m ²	18.94 m	1,127 m ²	45%

Fuente: Dow Chemical Company

El radio de exposición por fuego y explosión de los sitios analizados en todos los casos se circunscriben al área del predio que ocupará la recicladora de solventes, asegurando de éste modo la no afectación a los predios vecinos en caso de un evento como los analizados.

3.5.2 Definición y justificación de las zonas de protección alrededor de la instalación.

Las áreas de exposición calculadas mediante el índice DOW de fuego y explosión no exceden los límites del predio donde se pretende instalar la planta recicladora. Un criterio para determinar las zonas de protección alrededor de la instalación es establecer una franja de amortiguamiento que circunde las áreas de exposición

calculada. El radio de ésta área de amortiguamiento sería el que se calcula sin aplicar las medidas de seguridad en el índice DOW.

En los análisis conducidos en éste estudio se encontró que la franja de amortiguamiento, según el criterio mencionado, tiene casi el doble de radio que el área de exposición obtenida sin considerar medidas de seguridad. Esto último se aplica tanto a las áreas de almacenamiento como al área de proceso. Las zonas de seguridad se pueden establecer después de traslapar las áreas de amortiguamiento de las cuatro áreas de riesgo analizadas.

El análisis de consecuencias (Riesgo por Radiación Térmica de Fuego en Derrames de Acetona, RTFD) realizado, arrojó zonas de fatalidad y daño mayores que las obtenidas mediante el Índice DOW de fuego y explosión. Esta situación se explica por el hecho de que ése modelo no considera la implementación de medidas de seguridad. Por ejemplo, los diámetros estimados del derrame excederían las áreas demarcadas por los muros de contención y las fosas de recuperación. Aún así, el modelo de RTFD para acetona se aproxima en cuanto a zonas de fatalidad al considerar fugas limitadas.

3.5.3 Fugas de productos tóxicos ó carcinogénicos y medidas de seguridad.

Aunque poco probable, las fugas y derrames de acetona u otros solventes se localizan en tres de las cuatro áreas definidas como peligrosas ó de riesgo: el área de almacenamiento, área de solventes usados y el área de proceso. Como se mencionó anteriormente, para evitar fugas ó derrames de solventes y la contaminación del subsuelo, así como la libre emisión de vapores tóxicos a la atmósfera, se instalarán los siguientes accesorios de seguridad complementarios:

- Se implementará el monitoreo electrónico de detección de fugas mediante sensores de líquidos y vapores, localizados en diversos puntos de la planta y que formaran parte del sistema general de seguridad.
- Las áreas donde se manejarán los solventes contarán con fosas de captación de líquidos construidas con materiales y recubrimientos impermeables, lo que evitará la infiltración de solventes al subsuelo.
- Para evitar la fuga de gas l.p. se contará también con detectores de gases en el área del tanque estacionario.

El tanque de gas estará localizado en un área bien ventilada para evitar la acumulación de gas en caso de fuga.

3.5.4 Derrame de productos tóxicos y medidas de seguridad.

Las áreas donde se manejarán solventes contarán con fosas de retención y captación de derrames, construidas con materiales y recubrimientos impermeables, lo que evitará la infiltración de solventes al subsuelo.

Cuando se presente un derrame en la planta recicladora de solventes, se conducirán las siguientes acciones: - Se eliminarán todas las fuentes de ignición cercanas al área

de derrame, si es que hubiese alguna. - Se recogerán los excesos de líquido derramado y se eliminarán los vapores de acetona mediante el lavado abundante del piso, utilizando productos absorbentes de solventes. - Se reportará el incidente a la SEMARNAP/PROFEPA. Cuando las características del derrame llegasen a rebasar la capacidad de control por parte de los trabajadores de la planta recicladora, se procederá a reportar de inmediato el hecho al centro de operaciones de protección civil mas cercano.

3.5.5 Explosión

Los factores de riesgo de explosión son explorados y evaluados mediante el método de árbol de fallas (probabilidad de ocurrencia) y a través del índice DOW de fuego y explosión (análisis de áreas de exposición y de seguridad)

Adicionalmente, para el análisis de las *consecuencias* de una explosión, se utilizó el programa de modelación por computadora CHEMPLUS.(*)

Para la acetona se aplicó el análisis de “Riesgo por radiación Térmica de Fuego en Derrames” Los análisis para el gas l.p. fueron los siguientes:

- Riesgo por Explosión de una Nube de Vapor Liberada
- Riesgo por Fuego a Chorro

A continuación se resumen los principales resultados de ésta evaluaciones.

Sustancia analizada: **ACETONA**

Cuadro 39 Tipo de análisis: Riesgo por Radiación Térmica de Fuego en Derrames.

Area de análisis	Volumen total del derrame (m ³)	Tiempo de duración de la fuga (min)	Diámetro del derrame (m)	Altura de la flama (m)	Radio de la zona de fatalidad (m)	Radio de la zona de daño (m)
Area de proceso	12.5	10	20.10	24.70	35.70	50.90
		20	14.30	19.50	25.00	36.00
		30	11.60	16.80	20.40	29.30
Almacén 1	8.3	10	16.50	21.30	29.00	41.80
		20	11.60	16.80	20.40	29.60
		30	9.40	14.60	16.80	24.10
Almacén 2	8.3	10	16.50	21.30	29.00	41.80
		20	11.60	16.80	20.40	29.60
		30	9.40	14.60	16.80	24.10
Area de reciclamiento in situ	1.6	10	7.30	12.20	12.80	18.60
		20	5.20	9.40	9.10	13.10
		30	4.30	8.20	7.30	10.70

Fuente: Van Waters and Rogers, Inc.

Sustancia analizada : **Gas propano**

Tipo de análisis: Riesgo por Explosión de una Nube de Vapor Liberada

Condiciones:

TNT Equivalente: 5.21 Kg.

Calor de combustión: 19,933 BTU/lb

Masa de explosivo: 1,430 Kg

Factor de rendimiento: 0.05

<u>Distancia en metros.</u>	<u>Daño esperado</u>
760	- Daño aislado de ventanas.
294	- Algún daño a techos de casas; 10% de daño a vidrios de ventanas
195 a 760	- Ventanas comúnmente estrelladas; algún daño a marcos de ventanas.
151	- Daño menor a estructura de casas.
116	- Demolición parcial de casas, se hacen inhabitables.
63 a 24	- 1-99% de ruptura del tímpano en la población expuesta.
33 a 40	- Destrucción casi completa de casas.
27	- Probablemente destrucción total de edificios.
22 a 15	- 1-99% de fatalidad en la población expuesta.

Fuente: Van Waters and Rogers, Inc

Sustancia analizada: **Gas propano**
 Tipo de análisis: Riesgo por fuego a chorro (flama jet)

Condiciones: Temperatura : 20°C
 Presión: 14.22 Kg/cm²
 Límite inf. Infl.: 2.6%
 Cp/Cv: 1.129

CUADRO 40 RIESGO POR RADIACIÓN

Diámetro del orificio (cm)	Longitud de la flama (m)	Radio de riesgo por flama (m)
2.54	29.3	58.2
1.27	14.6	29.3
0.635	7.3	14.6
0.254	3.0	6.0

Fuente: Van Waters and Rogers Inc

3.6 Medidas de seguridad.

3.6.1 Descripción de Medidas de seguridad y operación para abatir el riesgo.

Personal

- Se capacitará al personal para que realice un manejo adecuado y seguro de las sustancias que se manejarán.
- Se acondicionará un centro de control de contingencias en el que habrá el equipo necesario para el combate de incendios y derrames.
- El personal encargado del manejo de las sustancias que se vayan a reciclar deberán usar mascarillas que cubran tanto boca como la nariz, guantes, goggles y ropa adecuada.
- Se contará con regaderas de presión ubicadas cerca de la zona de proceso y almacenamiento, para que en caso de derrame accidental y contacto con la piel, el trabajador pueda inmediatamente enjuagarse el área afectada.
- Se contará con un botiquín de primeros auxilios con todo lo necesario para atender emergencias inmediatas.
- Se instalarán hojas de seguridad en español y en lugares accesibles.
- Se impartirá entrenamiento de primeros auxilios a todo el personal para que, en caso de contingencia, cualquiera de los elementos pueda brindar ayuda a sus compañeros.
- Se prohibirá la entrada a la planta a toda persona ajena a la misma.

Areas de almacenamiento y proceso.

- Contarán con muros de contención de derrames de 60 cm de altura, de tal manera que se pueda contener el volumen total de solventes almacenados para evitar la dispersión de los líquidos por toda la planta en caso de derrame.
- Los pisos contarán con trincheras y canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención, con capacidad para contener por lo menos la quinta parte del volumen almacenado.
- Contarán con fosas de recuperación líquidos para que en caso de derrames la recuperación sea fácil y rápida.
- Tanto el piso como los muros de contención y las fosas de recuperación estarán construidas y recubiertas con materiales impermeables para evitar la infiltración al subsuelo.
- Contarán con detectores de fugas de vapores.

Equipo contra incendio

- La planta recicladora contará con extinguidores distribuidos estratégicamente en toda la planta - La capacidad de cada extinguidor será de 9 Kg. y estará dotado de polvo químico seco para sofocar incendios clase A, B, C, de casco de acero para ser montados en la pared.- Se efectuará una revisión mensual a los extinguidores para

verificar su estado general. Dicha revisión quedará registrada en bitácora con la firma del encargado.

- Dos veces al año una compañía especializada proporcionará mantenimiento integral a los extinguidores. La operación que se efectúe estará certificada por una etiqueta adherida a cada extinguidor, donde se indicará el nombre de la empresa, fecha de la última recarga y el agente extinguidor que contiene.

- Cada cinco años una compañía especializada efectuará las pruebas de presión hidrostática a los extinguidores, certificando por escrito su estado de operación.

- Cuando un extinguidor sea removido de su lugar para su recarga y/o reparación, se reemplazará por otro de las mismas características durante el tiempo que el primero esté fuera de servicio.- Se contará con aspersores de agua (hidrantes) distribuidos en toda la planta los cuales se accionarán en caso de contingencia.

- Las áreas de almacenamiento contarán con pararrayos.

- Se contará con una manguera contra incendios de 40 m. de longitud.

Instalación Eléctrica.

La instalación eléctrica se revisará mensualmente, vigilando que se cumplan las especificaciones técnicas conforme a la clasificación de áreas peligrosas. De esta revisión se elaborará un acta que contendrá el listado de puntos revisados y la firma autógrafa del encargado, manteniéndola a disposición de la autoridad correspondiente.

Anualmente, una empresa especializada cuyo responsable cuente con registro profesional y sea perito en la materia, proporcionará el mantenimiento preventivo a todo el sistema eléctrico de la planta recicladora.

Señalización.

Tanto fuera como dentro de la planta se contará con señalamientos preventivos diversos, por ejemplo: “PROHIBIDO FUMAR”, “ZONA DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS”, “PELIGRO”, “SOLO PERSONAL AUTORIZADO”, entre otros, los cuales estarán ubicados en lugares estratégicos para tener la seguridad de que éstos sean vistos. En la figura 22 se muestran algunos de los señalamientos que se instalarán en la planta.

Estarán perfectamente señalizadas las áreas donde se localizarán los extinguidores, regaderas de presión, aspersores y mangueras de bombeo

3.6.2 Posibles accidentes y planes de emergencia.

Los procesos de reciclaje en la planta se llevarán a cabo bajo estricta supervisión de personal entrenado y capacitado para el manejo de la maquinaria así como del manejo de sustancias peligrosas, por lo que la posibilidad de accidentes será mínima.

Derrames:

Aunque el manejo de los tibores se realizará cumpliendo estrictas medidas de seguridad, siempre existe la posibilidad de un derrame accidental. Para prevenir el esparcimiento de estas sustancias y facilitar la recolección de ellas, todas las áreas de manejo de los tibores estarán construidas con materiales impermeables, lo que evitará la infiltración al subsuelo, además de que se contará con muros o barreras de contención de derrames y fosas de recuperación de derrames o trincheras.

Personales:

Los accidentes personales que pueden presentarse son: contacto directo de la piel con las sustancias que se manejarán, e inhalación de vapores. Para prevenir el contacto directo el personal vestirá con ropa especial y equipo protector como guantes, casco, lentes y botas. Si se presentara contacto con la piel se dispondrá de regaderas de presión ubicadas en puntos estratégicos dentro de la planta (Figura 23), además se contará con un botiquín de primeros auxilios para atender lesiones leves. Para prevenir inhalación de vapores en el momento de llenado y vaciado de tanques el personal encargado contará con maskarillas especiales que cubrirán tanto la nariz como la boca. Además se contará con filtros de carbón activado para evitar fuga de vapores. Todo el personal deberá conocer el procedimiento de atención de contingencias para cada una de las sustancias que se manejen.

Incendio:

La planta contará con un sistema de irrigación por aspersores (con capacidad de mantener una presión mínima de 6 Kg/cm² durante 15 minutos) que se activarán en caso de incendio, así mismo se contará con extintores tanto fijos como portátiles distribuidos en toda la planta, los cuales estarán bien señalizados para facilitar su ubicación. También se contará con una manguera tipo bombero para facilitar la extinción del fuego. En la Figura 23 se muestra la distribución tanto de extinguidores como de aspersores en toda la planta. Así mismo, se instalará una alarma de detección de vapores o fugas de sustancias que pudieran provocar algún siniestro. En toda la planta se contará con señalización precautoria en la que se hará énfasis en las medidas preventivas de accidentes. Se contará con dos trajes completos tipo bombero. En el área de oficinas y sanitarios se contará con un listado tipo poster en el que se hará mención de los pasos a seguir en caso de accidente por incendio, así como la ruta de evacuación de la planta (Figura 24) y la ubicación de los extintores.

3.6.3 Dispositivos de seguridad con que se contará para el control de eventos extraordinarios.

Los eventos extraordinarios que pudieran presentarse en la planta recicladora han quedado definidos como incendio, explosión, fuga y derrames. Las consecuencias de los eventos extraordinarios han sido evaluados mediante el Índice DOW de Fuego y Explosión, el análisis de probabilidad de ocurrencia fue conducido mediante la técnica del árbol de fallas.

Los medios que se utilizarán para combatir incendio y explosión serán los siguientes:

- Niebla de Agua
- CO₂
- Químico seco

3.6.4 Procedimiento especial de combate de incendio.

La primera persona que se percatará de un incendio ó inicio de éste, deberá avisar inmediatamente al coordinador ó auxiliar para que éste a su vez decida y coordine las acciones a tomar para controlar el incidente. En caso de que el coordinador ó el auxiliar no se encuentren en la empresa, la persona que se percate del incendio asumirá el mando de las acciones.

Una vez notificado el coordinador ó auxiliar, éste deberá dar los siguientes pasos:

1.- Avisará de viva voz siguiendo las indicaciones generales al personal, para que a su vez estos acudan a ayudar a sofocar el incendio, y el personal que no participe, evacúe las instalaciones.

2.- El personal que participe en el combate del incendio, utilizará el equipo de protección personal el cual consistirá como mínimo en:

- Mascarilla contra gases ácidos y vapores orgánicos.
- Lentes de seguridad.
- Ropa protectora con casco.
- boquillas, cascos, chalecos, botas, llaves, martillos, hachas y palas.

3.- El coordinador indicará a alguna persona ó por su propio impulso cerrará la válvula de paso de gas l.p.

4.- El resto del personal que se quede, auxiliará con un extinguidor.

5.- Los extinguidores se descargarán sobre el incendio al momento y en el orden en el que el coordinador indique. La persona encargada de cerrar la válvula de paso del gas l.p., posteriormente al cierre de ésta, deberá tomar la manguera de agua y mojar las áreas contiguas para evitar que el fuego se extienda.

6.- En caso de que el incendio quede fuera del control del personal, el coordinador inmediatamente ordenará de viva voz la evacuación de la empresa, accionará la alarma y acudirá al teléfono para pedir la ayuda de las corporaciones de auxilio (se anexa plan de contingencias y plano con rutas de evacuación)

7.- Una vez que el coordinador pida ayuda a las corporaciones de auxilio, saldrá de las instalaciones de la empresa y se asegurará que todo el personal se encuentre a salvo.

8.- Al momento de llegar las corporaciones de auxilio, deberá ceder el mando al primer oficial que llegue a la empresa y le informará de las condiciones del siniestro.

9.- Ninguna persona empleada por la empresa participará en el control de incendio a menos que la persona que está al mando por las corporaciones de auxilio así lo solicite.

Si los detectores de vapores orgánicos accionan la alarma, el coordinador ó el auxiliar indicará al personal capacitado para la atención de contingencias que deberá de abrir puertas y accionar ventiladores adicionales para ayudar a disipar los vapores orgánicos, el personal que no intervenga en el control, evacuará inmediatamente las instalaciones de la empresa hasta que el coordinador avise que se ha controlado el incidente y que pueden regresar a sus labores.

En caso de que el incendio sea provocado por gas l.p. proveniente de una fuga en la tubería de conducción, el coordinador ó el auxiliar ordenará la evacuación inmediata de las instalaciones de la empresa y procederá a cerrar la válvula de paso del gas l.p..

Posteriormente procederá a avisar a las corporaciones de auxilio y a la compañía de gas, y accionará la alarma en caso de que no se hubiese activado.

En ningún caso el personal de la planta participará en la sofocación de un incendio que sea provocado por gas l.p.

3.6.5 Plan preliminar de atención de contingencias.

La planta recicladora contará con los medios necesarios para advertir a todos los trabajadores cuando exista una fuga de solventes ó gas l.p., se darán instrucciones por escrito en donde determinen las medida apropiadas que se han de adoptar al advertirse un evento de ésta naturaleza.

La planta estará dotada en lugares estratégicos con detectores de vapores y alarmas audibles y visibles con luces de aviso fuera y dentro de las oficinas y demás instalaciones. Al accionarse éstas alarmas dará comienzo el plan de contingencias.

Las primeras acciones a realizar por parte del encargado de coordinar el plan de emergencia, el cuál previamente ha sido designado y capacitado, serán la confirmación y aviso del evento por el altavoz de la planta a todo el personal y dar aviso a los servicios de emergencia (Bomberos, Cruz Roja y Seguridad Pública).

Todos los trabajadores que no participen en la mitigación del evento deberán evacuar la planta por las vías de escape que designen. Los trabajadores que participen en el plan de emergencia deberán eliminar inmediatamente todas las fuentes de ignición.

Para el control de derrame ó fuga, el coordinador y sus auxiliares se dirigirán al centro de control de emergencias en donde encontrarán el equipo necesario:

- Botas de nitrilo
- Guantes de Neopreno
- Overol de PVC
- Lentes de seguridad
- Mascarilla con filtros contra gases ácidos y vapores orgánicos.
- Material absorbente de fibra de polipropileno.

En caso de fuga de vapores de acetona ó gas l.p., el coordinador y sus auxiliares deberán todas las puertas de la planta y si es posible colocar ventiladores adicionales para promover la circulación eficiente de aire, y hacer que la nube de vapor se disipe.

En tal caso el coordinador avisará que la fuga ha sido controlada y esperar la llegada de las autoridades para que efectúen una inspección detallada de la planta.

Si existe un derrame accidental de acetona, el equipo de contingencias vigilará que el líquido sea captado adecuadamente en la fosa de recuperación, utilizando el material absorbente de polipropileno para limpiar el remanente del líquido que quede en el piso.

Aún cuando se tenga controlado el derrame se esperará la llegada de las autoridades para que revisen el sitio.

3.6.6 Normas de seguridad y operación para captación y traslado de: materias primas, productos y subproductos utilizados que se consideran tóxicos, inflamables, explosivos, etc.

Las normas de seguridad que serán adoptadas serán las siguientes:

- Se llevará una bitácora mensual sobre la recepción, proceso y envío de residuos peligrosos y en general de todas las sustancias manejadas durante el proceso.
- En las maniobras de llenado de tanques, el operador deberá usar una mascarilla que tape tanto la nariz como la boca para impedir la inhalación de vapores tóxicos.
- En el proceso de llenado y vaciado de tambos se usarán filtros de carbón activado para evitar la emisión de vapores tóxicos.-

- Se envasarán los residuos peligrosos en recipientes que reúnan las condiciones de seguridad previstas en el reglamento en materia de residuos peligrosos.-
- Se identificarán los residuos peligrosos con las indicaciones previstas en el reglamento en materia de Residuos Peligroso y en las normas oficiales respectivas.
- Se transportarán los residuos peligrosos en vehículos que cumplan con los requisitos fijados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y bajo las siguientes condiciones:
- Se dará cumplimiento a los programas de mantenimiento de la maquinaria y se contará con el equipo de protección personal para los operadores de los vehículos. Los encargados del manejo de los vehículos
- Se sujetarán a las disposiciones sobre seguridad e higiene correspondientes, así como las que resulten aplicables en materia de tránsito y de comunicaciones y transportes.
- Se verificará que los residuos peligrosos que les sean entregados, se encuentren correctamente envasados e identificados en los términos de las normas oficiales correspondientes.

El entrenamiento y capacitación de los operarios de transporte, ya fue mencionado en el capítulo 1. (Capacitación para los operarios del transporte).

3.6.7 Lista de comprobaciones detallada de seguridad.

La lista de verificaciones es uno de los instrumentos mas útiles para determinar riesgos. Al igual que un código de prácticas, es un medio de transmitir una experiencia esforzadamente adquirida a usuarios menos experimentados.

Estas listas deben utilizarse como comprobación final de que no se ha cometido ningún descuido y para que éstas sean eficaces deben ser actualizadas y mantenidas al día.

La siguiente es una lista de verificación para identificar los riesgos comunes y asegurar el cumplimiento de los estándares y procedimientos internos de la planta de solventes usados.

El responsable del establecimiento deberá determinar la frecuencia de su aplicación, así como la evaluación y medidas a tomar. La lista está contestada parcialmente por no encontrarse en operación la planta.

CUADRO 41. Lista de comprobaciones detallada de seguridad

Administración de la operación de la planta recicladora de solventes			
Descripción	si	no	Comentarios
¿Se encuentran los procedimientos de operación disponibles?	X		
¿Se encuentran los planes de emergencia disponibles?	X		
¿Los operadores son evaluados periódicamente en sus conocimientos acerca de la operación?	X		
¿Los operadores son periódicamente capacitados?	X		
¿Se tiene un programa de entrenamiento debidamente formalizado?	X		
¿Los operadores son sometidos durante las evaluaciones en respuestas de emergencia simuladas?			
Mantenimiento			
Descripción	si	no	Comentarios
¿Son de fácil acceso los manuales de mantenimiento, operación del equipo, listado de partes, bitácoras de operación y mantenimiento del equipo?	X		
¿Se encuentran los manuales del vendedor disponibles para referencias?	X		
¿Existe un programa de mantenimiento preventivo y predictivo?	X		
¿Se encuentran las actividades de mantenimiento identificadas para su evaluación?	X		
¿Se encuentran las funciones y responsabilidades de seguridad bien definidas?	X		

Fuente. Van Waters and Rogers Inc

Area de almacenamiento de solventes			
Descripción	si	no	Comentarios
¿Se encuentran los solventes almacenados en áreas alejadas a las áreas de operación y administración?	X		
¿Se cuenta con inventario de solventes almacenados?			
¿Se encuentran instalados y funcionando detectores ó alarmas para la detección de fugas ó derrames?	X		
¿Se encuentra el área de almacenamiento de acuerdo con la normatividad para sustancias peligrosas?	X		

Seguridad dentro de la planta recicladora			
Descripción	si	no	Comentarios

¿El equipo de protección personal de emergencia es revisado regularmente por el responsable de seguridad?			
¿Se encuentra el personal entrenado para responder en caso de emergencia?	X		
¿Existen grupos de personas que se encuentren debidamente capacitados para la respuesta de emergencias en caso de:			
incendio?	X		
primeros auxilios?	X		
rescate de lesionados?	X		
fugas ó derrames de solventes?	X		
fugas de gas?			
evacuación de personal?			
¿Existe servicio médico disponible todo el tiempo?			
¿Existe un programa periódico de revisión del sistema contra incendio?	X		
¿Existe el equipo y los materiales requeridos para el control de fugas y derrames?	X		

Fuente: Van Waters and Rogers, Inc.

Una vez instalada y operando la planta recicladora de solventes usados, ésta lista podrá ser contestada, ampliada y detallada en función del conocimiento a fondo de los equipos, su localización exacta y definitiva, así como de rotación del personal y nuevas asignaciones de responsabilidad.

3.6.8 Descripción de auditorías de seguridad.

El programa básico de auditoría de seguridad contemplará al menos las siguientes etapas:

A. Revisión de documentación técnica sobre el diseño y especificaciones de los equipos y maquinaria, dando prioridad a los que se localizan en áreas de riesgo como: área de proceso (destilador, columna fraccionadora, condensador, caldera), tuberías de conducción de solventes, área de almacenamiento de solventes usados y reciclados, área de tanque de gas. Se revisarán y compararán físicamente los planos, los diagramas y especificaciones de los equipos de la planta en general.

B. Se revisará el estado físico de los sistemas de seguridad y equipo de protección personal, y equipo contra incendio.

C. Se revisarán todos los elementos mecánicos, eléctricos, hidráulicos y neumáticos de la planta identificando los riesgos potenciales que pudieran presentarse en caso de fallas en las líneas de conducción, válvulas, fallas de suministro de energía eléctrica, entre otros. Se evaluará el potencial de daño sobre el personal que labora en la planta.

Este tipo de auditorías tiene la desventaja de no ser un estudio sistemático como otras técnicas de análisis de riesgo, sin embargo, tiene la enorme ventaja de que puede ser adaptado y conducido por el personal que opera en la planta recicladora aprovechando sus conocimientos y experiencia.

Es conveniente diseñar un formato simple tipo lista de verificación cuando la planta inicie sus operaciones.

3.6.9 Atención de contingencia en los sistemas de tubería e instrumentación del equipo de reciclamiento de solventes.

En el diagrama general de distribución de componentes e instrumentación de la planta recicladora (Fig. 25) se ha detectado que los elementos que tienen riesgos asociados son los siguientes:

- Las tuberías y líneas de conducción de solventes, vapor, agua y gas lp.
- El equipo de producción de la caldera, destilador, columna fraccionadora y condensador.
- La bomba de reflujo de solvente.
- Las válvulas de desahogo del destilador y la columna fraccionadora.

Los procedimientos de atención en caso de falla ó ruptura en dichos componentes se describen a continuación:

Línea de conducción de gas lp (1A)

En caso de ruptura de la línea de tubería que conducirá gas lp hacia la caldera, el procedimiento de atención será el siguiente:

- a) Cerrar la válvula del tanque de almacenamiento de gas lp.
- b) Cerrar la válvula de la caldera.
- c) Al cerrar la válvula de la caldera, la presión disminuirá drásticamente. Todas las líneas de conducción y los equipos de destilación dejan de funcionar con la subsecuente pérdida de presión en un periodo máximo de 5 minutos.

Caldera (2)

En la caldera pueden ocurrir eventos que producirán fugas de vapor de agua, estas pueden ser:

- Falla en la válvula de desahogo.
- Ruptura en las líneas de calentamiento de las calderas.
- Falla en el termostato de la caldera.

El procedimiento de atención en contingencias, será el siguiente:

- a) Cerrar la válvula del tanque de almacenamiento de gas lp.
- b) Al detectar la fuga, los sensores apagarán la caldera automáticamente.
- c) Al apagar la caldera, la presión disminuirá drásticamente. Todas las líneas de conducción y los equipos de destilación dejan de funcionar con la subsecuente pérdida de presión en un periodo máximo de 5 minutos.

Línea de conducción de agua (2A), línea de conducción de vapor de agua (2B) y la línea de vapor de agua condensada. (2C).

En caso de ruptura de esas líneas de conducción, el procedimiento de atención será el siguiente:

- a) Cerrar la válvula del depósito de agua.
- b) Apagar la caldera.
- c) Cerrar la válvula del tanque de almacenamiento de gas lp.
- d) El resto de la maquinaria y equipo, parará automáticamente en 5 minutos.

Equipo de producción:

Destilador (3), columna fraccionadora (4) y condensador (5).

Existen 6 puntos para detectar fugas ó derrame de solventes en el equipo de reciclado de solventes:

- Se instalarán sensores eléctricos para la detección de vapores de solventes. Los límites de detección son ajustables, por lo que es posible regular el volumen de solvente presente en el aire que accionará las alarmas.
- El solvente en fase de vapor al salir por algún orificio y enfriarse produce una nube que puede ser detectada visualmente por el operador.
- Algunos solventes pueden ser detectados por su olor característico a distancias cortas.
- Las fugas de vapor son fácilmente perceptibles al oído, debido al ruido que generan.

- Al producirse una fuga de vapor, el volumen de producto en el condensador disminuirá rápidamente. Este evento sería detectado por el operador.
- Las fugas pequeñas de sustancias en fase líquida, serían detectadas por el operador durante su rutina de verificación normal.

En caso de fuga en el destilador, en la columna fraccionadora ó en el condensador, el procedimiento de atención será el siguiente:

- a) Cerrar la válvula del tanque de almacenamiento de gas lp.
- b) Apagar la caldera.
- c) Al apagar la caldera, la presión disminuirá drásticamente. Todas las líneas de conducción y los equipos de destilación dejan de funcionar con la subsecuente pérdida de presión en un periodo máximo de 5 minutos.
- d) El líquido derramado será contenido por las paredes de concreto de 20 cm. de altura que abarca toda el área de operación y así evitar derrame exterior.
- e) Una vez contenido el derrame, el solvente será bombeado a tambos de 208 lts; para su posterior reciclado.

Línea de conducción de solventes de vapor (3A, 3B y 4A)

En caso de ruptura en alguna de las líneas que conducirán solvente en vapor, el procedimiento de atención será el siguiente:

- a) Cerrar la válvula del tanque de almacenamiento de gas lp.
- b) Apagar la caldera.
- c) Cerrar las válvulas del destilador y la columna fraccionadora.
- d) Al cerrar las válvulas, la presión disminuirá drásticamente. Todas las líneas de conducción y los equipos de destilación dejan de funcionar con la subsecuente pérdida de presión en un periodo máximo de 5 minutos.
- e) El líquido derramado será contenido por las paredes de concreto de 20 cm. de altura que abarca toda el área de operación y así evitar derrame exterior

.Bomba de reflujo de solventes (3C).

En caso de ruptura ó derrame de la bomba de reflujo de solventes, el procedimiento de atención será el siguiente:

- a) Cerrar la válvula del tanque de almacenamiento de gas lp.
- b) Apagar la caldera.
- c) Cerrar las válvulas de reflujo del destilador y de la columna fraccionadora (3D y 3E en el diagrama de instrumentación)
- d) Al cerrar las válvulas 3D y 3E de la caldera, la presión disminuirá drásticamente. Todas las líneas de conducción y los equipos de destilación dejan de funcionar con la subsecuente pérdida de presión en un periodo máximo de 5 minutos.
- e) El líquido derramado será contenido por las paredes de concreto de 20 cm. de altura que abarca toda el área de operación y así evitar derrame exterior.

f)Una vez contenido el derrame, el solvente será bombeado a tambos de 208 lts; para su posterior reciclado.

Válvula de desahogo del destilador y columna fraccionadora (3F y 4B).

En caso de ruptura ó falla de la válvula de desahogo del destilador, el procedimiento de atención será el siguiente:

- a)Cerrar la válvula del tanque de almacenamiento de gas lp.
- b)Apagar la caldera.
- c)Cerrar las válvulas del destilador y de la columna fraccionadora.
- d)El líquido derramado será contenido por las paredes de concreto de 20 cm. de altura que abarca toda el área de operación y así evitar derrame exterior.
- e)Una vez contenido el derrame, el solvente será bombeado a tambos de 208 lts; para su posterior reciclado.

Línea de conducción de solvente líquido (5A y 6A)

En caso de ruptura de las líneas que conducirán solvente líquido, el procedimiento de atención será el siguiente:

- a)Cerrar la válvula del tanque de almacenamiento de gas lp.
- b)Apagar la caldera.
- c)Al apagar la caldera, la presión disminuirá drásticamente. Todas las líneas de conducción y los equipos de destilación dejan de funcionar con la subsecuente pérdida de presión en un periodo máximo de 5 minutos.
- d)El líquido derramado será contenido por las paredes de concreto que abarca 20 cm. de altura que abarca toda el área de operación y así evitar derrame exterior.
- e)Una vez contenido el derrame, el solvente será bombeado a tambos de 208 lts; para su posterior reciclado.

Tanque de almacenamiento de solvente líquido (6).

Para detectar una fuga ó derrame de almacenamiento de solvente líquido se pueden utilizar los siguientes pasos:

- a)El solvente puede ser detectado por su olor característico.
- b)Se utilizan sensores que detectan la presencia de vapor de solventes, al detectar una fuga el sensor activa una alarma.
- c)Una fuga puede detectarse observando simplemente una gotera en el destilador.

En caso de ruptura ó derrame en el tanque de almacenamiento de solvente líquido a reciclar, el procedimiento de atención será el siguiente:

a) Cerrar la válvula del tanque de almacenamiento de gas lp.

b) Apagar la caldera.

c) Al apagar la caldera, la presión disminuirá drásticamente.

Todas las líneas de conducción y los equipos de destilación dejan de funcionar con la subsecuente pérdida de presión en un periodo máximo de 5 minutos.

d) El líquido derramado será contenido por las paredes de concreto que abarca 20 cm. de altura que abarca toda el área de operación y así evitar derrame exterior.

e) Una vez contenido el derrame, el solvente será bombeado a tambos de 208 lts; para su almacenamiento.

f) El solvente podrá ser bombeado al destilador para almacenarlo temporalmente y después de darle su proceso correspondiente.

3.6.10 Características de los equipos de seguridad.

Debido a que el equipo de seguridad es parte primordial de éste proyecto, se hará mención de los equipos con que se contará y mencionaremos algunas de sus características principales .

- a) Lentes policarbonizados
 - Resistentes al impacto
 - Flexibles
 - Provistos para protección contra rayos UV
 - Cubre y resiste la niebla, vapores y rasguños

b) Casco

- Hecho de polietileno dieléctrico
 - Cuenta con sistema de suspensión
 - De alta resistencia
 - Ajustable
- c) Tapones auriculares
- Nivel de 33 db
 - Ajustables
- d) Mascarillas
- Material: silicón suave policarbonizado
 - Uso a temperaturas extremas
 - Visión de 200°
 - Resistentes al impacto
 - Filtros intercambiables
- e) Filtros para las mascarillas
- Filtros para prevenir el paso de vapores orgánicos y vapores ácidos
 - Intercambiables
- f) Filtros de carbón activado
- Absorventes de vapores orgánicos
 - Fácil instalación
- g) Aspersores contra incendio
- Ligeros
 - Presión mínima de 6 Kg/cm² durante 15 minutos
- h) Regaderas
- i) Botas
- Hechas de PVC resistente
 - Rango de resistencia alto a productos químicos, aceites y grasas
 - Alta tracción y confort
- j) Guantes
- Material : Piel de equino
 - Resistentes
 - Flexible
- k) Trajes tipo bombero
- Reistentes al fuego
 - Flexibles
- l) Mangueras
- De alta resistencia a los solventes
 - Flexibles

- m) Extinguidores tipo A-B-C
 - Cilindros de acero resistente
 - Resistentes a la corrosión y al impacto
 - Capacidad de 10 Kg de polvo químico

- n) Sistema analizador de gases ó vapores
 - Portátil
 - Grado de veracidad 99%
 - Tubo de ensayo para cada ocasión

- o) Letreros de seguridad
 - Tamaño indicado por las normas oficiales
 - Colores firmes y normalizados

- p) Pedestal con grifos para la limpieza de ojos
 - Uso sencillo
 - Fácil instalación
 - Válvula de irrigación con dirección a los ojos

- q) Censores de gases ó vapores con alarma auditiva y visual
 - Alta sensibilidad a los vapores orgánicos
 - Fácil instalación
 - Alarma auditiva
 - Alarma visual

- r) Rótulos de seguridad para identificación del producto
 - Colores normalizados
 - Espacios para incluir las características del solvente
 - Adherible a cualquier tipo de material