

Resumen Ejecutivo

Nivel 2, Análisis de Riesgo.

“Planta productora de biodiesel”.



Presentado por:



Altamira, Tamaulipas.

Junio de 2010.



A continuación se presenta el resumen ejecutivo de la planta productora de biodiesel, el cual fue realizado por la empresa Geo Estratos Soluciones S.A. de C.V., lo anterior en cumplimiento a la conformidad de la normatividad oficial mexicana, lineamientos de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

La planta productora de biodiesel, se encuentra ubicada dentro del municipio de Altamira en el estado de Tamaulipas, teniendo como actividad principal la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales no comestibles.

La zona del proyecto se localiza a la altura del km 05 + 600 de la carretera “El Chocolate”, sobre las coordenadas 22° 28' 06” latitud norte y 97° 55' 37” longitud oeste. Presentándose en el **Anexo “D”** de este documento el “croquis de localización del sitio del proyecto”, en donde se señalan las características de ubicación del proyecto, las localidades próximas, rasgos fisiográficos e hidrológicos sobresalientes y próximos y vías de comunicación entre otros.

Sustancias manejadas en la instalación.

En la planta productora de biodiesel, se lleva a cabo la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales no comestibles, es por ellos que en el **anexo “I”** de este documento, se presentan las hojas de seguridad de cada una de las sustancias manejadas y/o con características de peligrosidad, como el metanol, es por ello que se consideró conveniente incluir dicha información en el presente análisis de riesgo, lo anterior, considerando el formato establecido en la NOM-018-STPS-2000.

La principales sustancias en la planta productora de biodiesel son; aceite vegetal, metanol, silicato de magnesio, sosa cáustica, así como el biodiesel.

Metodología HazOp.

En el presente análisis de riesgo se utilizó la metodología “HazOp”, llevándose a cabo dicho análisis mediante sesiones “HazOp”.

Actividades realizadas.

Para la identificación de los riesgos asociados a los procesos y actividades en estudio, se siguieron las etapas que se indican a continuación:

- ❖ Estudio y análisis de información proporcionada relativa a la instalación, como son diagramas de tubería e instrumentación, planos, especificaciones de materiales, características de las sustancias manejadas, identificación de la existencia de población aledaña a las instalaciones y revisión de estudio de riesgo existente de competencia estatal de la instalación “centro de almacenamiento y manejo de soluciones y compuestos orgánicos e inorgánicos”.
- ❖ Reunión de apertura de análisis “HazOp” y creación del grupo multidisciplinario los días 27 y 28 de abril de 2010.
- ❖ Recorrido de campo a las instalaciones los días 29 y 30 de abril de 2010.
- ❖ Aplicación de la metodología de identificación de riesgos “HazOp”, los días 04 al 07 de mayo del 2010.
- ❖ Jerarquización de riesgos de acuerdo a la NRF-018-PEMEX-2007 “Estudios de Riesgo”.
- ❖ Análisis de consecuencias mediante la aplicación del software Phast versión 6.54.

Cabe señalar, que en el presente análisis, el nivel de consecuencia, frecuencia de ocurrencia y matriz de riesgos, se realizaron de conformidad con los lineamientos establecidos por la NRF-018-PEMEX-2007 “Estudios de Riesgo”, documento que establece los lineamientos para el análisis y evaluación de riesgos (ver **tablas 1, 2 y 3**).

Tabla 1. Tipo de evento y categoría de la consecuencia.

Afectación	Menor C1	Moderado C2	Grave C3	Catastrófico C4
A las personas				
Seguridad y salud de los vecinos.	Sin afectación a la seguridad y la salud pública.	Alerta vecinal; afectación potencial a la seguridad y la salud pública.	Evacuación; sesiones menores o afectación a la seguridad y salud pública moderada; costos por afectaciones y daños entre 5 y 10 millones de pesos.	Evacuación; lesionados; una o más fatalidades; afectación a la seguridad y salud pública; costos por lesiones y daños mayores a 10 millones de pesos.
Seguridad y salud del personal y contratistas.	Sin lesiones; primeros auxilios.	Atención Médica; Lesiones menores sin incapacidad; efectos a la salud reversibles.	Hospitalización; múltiples lesionados, incapacidad parcial o total temporal; efectos moderados a la salud.	Una o más fatalidades; Lesionados graves con daños irreversibles; Incapacidad parcial o total permanentes.
Al ambiente				
Efectos en el centro de trabajo.	Olores desagradables; ruidos continuos; emisiones en los límites de reporte; polvos y partículas en el aire.	Condiciones peligrosas; informe a las autoridades; emisiones mayores a las permitidas; polvos, humos, olores significantes.	Preocupación en el sitio por: fuego y llamaradas; ondas de sobre presión; fuga de sustancias tóxicas.	Continuidad de la operación amenazada; incendios, explosiones o nubes tóxicas; evacuación del personal.
Efectos fuera del centro de trabajo.	Operación corta de quemadores; olores y ruidos que provocan pocas quejas de vecinos.	Molestias severas por presencia intensa de humos, partículas suspendidas y olores; quemadores operando continuamente; ruidos persistentes y presencia de humos.	Remediación requerida; fuego y humo que afectan áreas fuera del centro de trabajo; Explosión que tiene efectos fuera del centro de trabajo; presencia de contaminantes significativa.	Descargas mayores de gas o humos. Evacuación de vecinos, escape significativo de agentes tóxicos; daño significativo a largo plazo de la flora y fauna ó repetición de eventos mayores.

Tabla 1. Tipo de evento y categoría de la consecuencia.

Afectación	Menor C1	Moderado C2	Grave C3	Catastrófico C4
Descargas y derrames.	Derrames y/o descarga dentro de los límites de reporte; contingencia controlable.	Informe a las autoridades. Derrame significativo en tierra hacia ríos o cuerpos de agua. Efecto local. Bajo potencial para provocar la muerte de peces.	Contaminación de un gran volumen de agua. Efectos severos en cuerpos de agua; mortandad significativa de peces; incumplimiento de condiciones de descarga permitidas; reacción de grupos ambientalistas.	Daño mayor a cuerpos de agua; se requiere un gran esfuerzo para remediación. Efecto sobre la flora y fauna. Contaminación en forma permanente del suelo o del agua.
Al negocio				
Pérdida de producción, daños a las instalaciones.	Menos de una semana de paro. Daños a las instalaciones y pérdida de la producción, menor a 5 millones de pesos.	De 1 a 2 semanas de paro. Daños a las instalaciones y pérdida de la producción, hasta 10 millones de pesos.	De 2 a 4 semanas de paro. Daños a las instalaciones y pérdida de la producción de hasta 20 millones de pesos.	Más de un mes de paro. Daños a propiedades o a las instalaciones; pérdida mayor a 20 millones de pesos.
Efecto legal.	Incidente reportable.	Se da una alerta por parte de las autoridades.	Multas significativas; suspensión de actividades.	Multa mayor, proceso judicial.
Daños en propiedad de terceros.	Las construcciones son reutilizables, con reparaciones menores. Poco riesgo para los ocupantes.	Las reparaciones son mayores, con costos similares a edificaciones nuevas. Riesgo de alguna lesión a ocupantes.	Pérdida total de los bienes o de la funcionalidad de los bienes; posibilidad de lesiones o fatalidades.	Demolición y reedificación de inmuebles; sustitución del edificio. Posible lesión fatal a algún ocupante.
A la imagen				
Atención de los medios al evento.	Difusión menor del evento, prensa y radio locales.	Difusión local significativa; entrevistas, TV local.	Atención de medios a nivel nacional.	Cobertura nacional. Protestas públicas. Corresponsales extranjeros.

Fuente: NRF-018-PEMEX-2007 "Estudios de Riesgo".

Tabla 2. Niveles de frecuencia de ocurrencia.

Frecuencia		Criterios de ocurrencia		
Categoría	Tipo	Cuantitativo		Cualitativo
Alta	F4	>10 ⁻¹	>1 en 10 años	El evento se ha presentado o puede presentarse en los próximos 10 años.

Tabla 2. Niveles de frecuencia de ocurrencia.

Frecuencia		Criterios de ocurrencia		
Categoría	Tipo	Cuantitativo		Cualitativo
Media	F3	10^{-1} - 10^{-2}	1 en 10 años a 1 en 100 años	Puede ocurrir al menos una vez en la vida de las instalaciones.
Baja	F2	10^{-2} - 10^{-3}	1 en 100 años a 1 en 1000 años	Concebible: nunca ha sucedido en el centro de trabajo, pero probablemente ha ocurrido en alguna instalación similar.
Remota	F1	< 10^{-3}	<1 en 1000 años	Esencialmente imposible. No es realista que ocurra.

Fuente: NRF-018-PEMEX-2007 "Estudios de Riesgo".

Tabla 3. Criterios de estimación de frecuencia de eventos.

Factores	Remota	F1	Baja	F2	Media	C3	Alta	F4
Controles de ingeniería								
Barreras de protección(a)	Dos o más sistemas pasivos de seguridad independientes entre sí. Los sistemas son confiables; no requieren intervención del personal o de fuentes de energía.		Dos o más sistemas, al menos uno de ellos pasivo. Todos son confiables.		Uno o dos sistemas activos y complejos. La confiabilidad de los sistemas, pueden tener fallas de causa común; que de ocurrir puede afectar a los sistemas		Ningún sistema o uno activo y complejo; poco confiable.	
Pruebas (Interruptor, integridad mecánica y sistemas de emergencia)	Protocolos de prueba bien documentados; función verificada completamente; buenos resultados; fallas raras.		Pruebas regulares; la verificación de funcionamiento puede estar incompleta; los problemas no son comunes.		No se prueban a menudo; se registran problemas, algunas pruebas programadas no son realizadas.		No están definidas; no se realizan ó no se aprecia su importancia.	
Antecedentes de accidentes e incidentes	No se registran accidentes graves, muy pocos incidentes y todos menores. Cuando se presentan, la respuesta es con acciones correctivas rápidas.		No se presentan accidentes o incidentes graves. Se dan algunos accidentes / incidentes menores. Las causas raíz han sido identificadas y las lecciones son capitalizadas.		Un accidente o incidente menor. Sus causas no fueron totalmente entendidas. Hay dudas de si las medidas correctivas fueron las correctas.		Muchos incidentes y/o accidentes. No se investigan y registran. Las lecciones no son aprendidas.	
Experiencia operacional	Los procesos son bien entendidos. Rara vez se rebasan los límites de operación y cuando esto ocurre, se toman acciones inmediatas para volver a condiciones normales.		Rara vez se rebasan los límites de operación. Cuando esto ocurre, las causas son entendidas. Las acciones correctivas resultan efectivas.		Transitorios operacionales menores, no son analizados o no se toman acciones para su control. Transitorios serios, son atendidos y eventualmente resueltos.		Transitorios rutinarios, no son analizados ni explicados. Sus causas no son bien entendidas.	

Tabla 3. Criterios de estimación de frecuencia de eventos.

Factores	Remota F1	Baja F2	Media C3	Alta F4
Administración de cambios	En cuanto a cambios, el proceso es estable; Los peligros potenciales asociados son bien entendidos. La información para operar dentro de los límites y condiciones seguras, siempre está disponible.	El número de cambios es razonable. Puede haber nuevas tecnologías, sobre las que se tenga alguna incertidumbre. Buenos análisis de riesgos de los procesos.	Cambios rápidos ó aparición de nuevas tecnologías. Los análisis de riesgos de los procesos son superficiales. Incertidumbre sobre los límites de operación.	Cambios frecuentes. Tecnología cambiante. Análisis de riesgos incompletos o de pobre contenido técnico. Se aprende sobre la marcha.
Factores humanos				
Entrenamiento y procedimientos	Instrucciones operativas claras y precisas. Disciplina para cumplirlas. Los errores son señalados y corregidos en forma inmediata. Reentrenamiento rutinario, incluye operaciones normales, transitorios operacionales y de respuesta a emergencias. Todas las contingencias consideradas.	Las instrucciones operativas críticas son adecuadas. Otras instrucciones operativas, tienen errores o debilidades menores. Auditorias y revisiones rutinarias. El personal está familiarizado con la aplicación de los procedimientos.	Existen instrucciones operativas. Estas instrucciones no son revisadas ni actualizadas de forma regular. Entrenamiento deficiente sobre los procedimientos para la respuesta a emergencias.	Las instrucciones operativas se consideran innecesarias; el “entrenamiento” se da por transmisión oral; los manuales de operación sin control; demasiadas instrucciones verbales en la operación; sin entrenar para la respuesta a emergencias.
Habilidades y desempeño de operadores, personal de mantenimiento, supervisores y contratistas	Múltiples operadores con experiencia en todos los turnos. El trabajo o aburrimiento no son excesivos. Nivel de estrés óptimo. Personal bien calificado. Clara dedicación y compromiso con su trabajo. Personal sin capacidades disminuidas. Los riesgos son claramente comprendidos y evaluados.	El personal nuevo nunca está solo en cualquier turno. Fatiga ocasional. Algo de aburrimiento. El personal sabe que hacer de acuerdo a sus calificaciones y sus limitaciones. Respeto por los riesgos identificados en los procesos.	Posible turno donde el personal es novato o sin mucha experiencia., pero no es muy común que esto ocurra. Períodos cortos de fatiga y aburrimiento para el personal. No se espera que el personal razona. El personal asume ideas más allá de sus conocimientos. Nadie comprende los riesgos.	Alta rotación de personal. Uno o más turnos con personal sin experiencia. Exceso de horas de trabajo, la fatiga es común. Programas de trabajo agobiantes. Moral baja. Trabajos realizados por personal con poca habilidad. Los alcances del trabajo no están definidos. No existe conciencia de los riesgos.

(a) Pasivas: No requieren acciones del personal ni dependen para su operación de alguna fuente de energía.

(b) Activas: Involucran la intervención del personal o dependen de alguna fuente de energía.

Fuente: NRF-018-PEMEX-2007 “Estudios de Riesgo”.

Clasificación de las recomendaciones.

Las recomendaciones se clasifican de acuerdo al nivel de riesgo encontrado y basado en la matriz de riesgos (ver **figura 1**), y se efectúa de acuerdo con lo siguiente:

Tipo “A” (riesgo intolerable).

El riesgo requiere acción inmediata; el costo no debe ser una limitación y el no hacer nada no es una opción aceptable. Un riesgo tipo “A” representa una situación de emergencia y deben establecerse **controles**

temporales inmediatos. La mitigación debe hacerse por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a tipo “C” o de preferencia a tipo “D”, en un lapso de tiempo menor a 90 días.

Tipo “B” (riesgo indeseable).

Riesgo Indeseable: El riesgo debe ser reducido y hay margen para investigar y analizar a más detalle. No obstante, la acción correctiva debe darse en los próximos 90 días. Si la solución se demora más tiempo, deben establecerse **controles temporales inmediatos** en sitio, para reducir el riesgo.

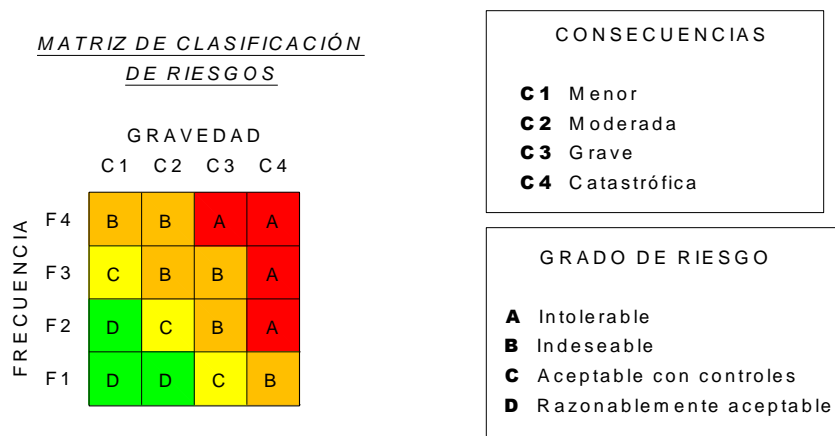
Tipo “C” (riesgo aceptable con controles).

El riesgo es significativo, pero se pueden acompañar las acciones correctivas con el paro de instalaciones programado, para no presionar programas de trabajo y costos. Las medidas de solución para atender los hallazgos deben darse en los próximos 18 meses. La mitigación debe enfocarse en la disciplina operativa y en la confiabilidad de los sistemas de protección.

Tipo “D” (riesgo razonablemente aceptable).

El riesgo requiere acción, pero es de bajo impacto y puede programarse su atención y reducción conjuntamente con otras mejoras operativas.

Figura 1. Matriz de clasificación de riesgos.



Fuente: NRF-018-PEMEX-2007 “Estudios de Riesgo”.

Análisis “HazOp” selección de nodos.

Para el análisis “HazOp”, realizado en el presente análisis de riesgo, se definieron conjuntamente con el grupo multidisciplinario, un total de nueve nodos, considerándose en el establecimiento de los mismos la totalidad del proceso en las instalaciones, presentándose en la **tabla 4**, el listado de los nodos analizados. Cabe señalar que el análisis se aplicó a un total de 58 desviaciones y eventos causales o precursores de riesgo que involucran alguna recomendación técnica u operativa. Estos eventos son los que finalmente fueron jerarquizados.

Tabla 4. Relación de nodos analizados.

Nodo	Descripción	Intención de diseño	Parámetros analizados
1	De BA-8 a TV-01	Recepción y almacenamiento de aceite vegetal.	1.1 Menor flujo de producto de autotanque a tanque de almacenamiento (TV-01) durante la descarga. 1.2 No flujo de producto de autotanque a tanque de almacenamiento (TV-01) durante la descarga. 1.3 Menor nivel de aceite vegetal en tanque TV-01. 1.4 Mayor nivel de aceite vegetal en tanque TV-01. 1.5 Mayor temperatura a la ambiente en tanque TV-01. 1.6 Menor temperatura a la ambiente en tanque TV-01.
2	De B19 a TV-14	Recepción y almacenamiento de metanol	2.1 Menor flujo de producto de autotanque a tanque de almacenamiento durante la descarga. 2.2 No flujo de producto de autotanque a tanque de almacenamiento durante la descarga. 2.3 Menor presión en la descarga de la bomba B19 de metanol de autotanque a tanque de almacenamiento. 2.4 Mayor presión en la descarga de la bomba B19 de metanol de autotanque a tanque de almacenamiento. 2.5 Mayor nivel en el tanque de almacenamiento de metanol TV-14. 2.6 Menor nivel en el tanque de almacenamiento de metanol TV-14.
3	Reactor R-5	Preparación de metóxido	3.1 Menor nivel en reactor R5 de mezcla de metóxido. 3.2 Mayor nivel en reactor R5 de mezcla de metóxido. 3.3 Mayor temperatura en reactor R5 de mezcla de metóxido. 3.4 Menor temperatura en reactor R5 de mezcla de metóxido. 3.5 En vez de descargar sosa cáustica en la proporción adecuada se agrega un exceso de producto. 3.6 Mayor presión en R5.

Tabla 4. Relación de nodos analizados.

Nodo	Descripción	Intención de diseño	Parámetros analizados
4	Reactor R-1	Producción de transesterificado.	4.1 Menor nivel en reactor R1 de producción de transesterificado. 4.2 Mayor nivel en reactor R1 de producción de transesterificado. 4.3 Mayor temperatura en reactor R1 de producción de transesterificado. 4.4 Menor temperatura en reactor R1 de producción de transesterificado. 4.5 En vez de descargar metóxido o aceite vegetal a R1, en la proporción adecuada, se realiza incorrectamente. 4.6 Mayor presión en R1.
5	Presa metálica PM-1	Recepción y almacenamiento de transesterificado	5.1 Mayor nivel de transesterificado en PM-1. 5.2 Menor nivel de transesterificado en PM-1. 5.3 Menor flujo de transesterificado de PM-1 hacia TV-11. 5.4 No flujo de transesterificado de PM-1 hacia TV-11. 5.5 Menor flujo de transesterificado de PM-1 hacia R6. 5.6 No flujo de transesterificado de PM-1 hacia R6. 5.7 En vez de descargar transesterificado de R1 con la densidad adecuada hacia PM-1 se realiza la apertura errónea de las válvulas 12A/B o 12C.
6	TV-11	Recuperación de metanol	6.1 Menor nivel en tanque TV-11. 6.2 Mayor nivel en tanque TV-11. 6.3 Mayor temperatura en el sistema de calentamiento de TV-11. 6.4 Menor temperatura en el sistema de calentamiento de TV-11.
7	Reactor R-3	Producción de transesterificado.	7.1 Menor nivel en reactor R3 de mezcla de metóxido. 7.2 Mayor nivel en reactor R3 de mezcla de metóxido. 7.3 Mayor temperatura en reactor secundario R3. 7.4 Menor temperatura en reactor secundario R3. 7.5 En vez de descargar sosa cáustica, aceite vegetal o metanol en la proporción adecuada se agrega un exceso de producto. 7.6 Mayor presión en R3. 7.7 No flujo en la tubería de descarga de R3.
8	Reactor R-6	Lavado de biodiesel	8.1 Menor nivel en reactor R6 de limpieza de biodiesel. 8.2 Mayor nivel en reactor R6 de limpieza de biodiesel. 8.3 Mayor temperatura en reactor R6 de limpieza de biodiesel. 8.4 Menor temperatura en reactor R6 de limpieza de biodiesel. 8.5 En vez de descargar silicato de magnesio en la proporción adecuada se agrega un exceso de producto. 8.6 Mayor presión en R6.

Tabla 4. Relación de nodos analizados.

Nodo	Descripción	Intención de diseño	Parámetros analizados
9	De B22 a TV-12 pasando por TV-13 y R7.	Filtrado y almacenamiento de biodiesel	9.1 Menor flujo a la entrada de sistema de filtrado en TV-13 o R7. 9.2 Mayor presión en la descarga de la bomba B22. 9.3 Menor flujo de producto de sistema de filtrado a tanque de almacenamiento (TV-12). 9.4 Menor nivel de biodiesel en tanque TV-12. 9.5 Mayor nivel de biodiesel en tanque TV-12. 9.6 Mayor temperatura a la ambiente en tanque TV-12. 9.7 Menor temperatura a la ambiente en tanque TV-12.
10	De TV-12 a vehículo de transporte de biodiesel	Despacho de biodiesel.	10.1 Menor flujo de producto en la garza de llenado durante la operación de BA-24. 10.2 No flujo de producto en la garza de llenado durante la operación de B24. 10.3 Mayor nivel en vehículo de transporte durante el despacho de producto final.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la aplicación de la metodología “HazOp”.

Aplicando la metodología descrita, se realizó la categorización presentada en la **tabla 5** en la cual se muestra la jerarquización correspondiente a los eventos de riesgo con probabilidad de ocurrencia, para lo cual se utilizaron las matrices y criterios descritos en el presente documento.

Tabla 5. Jerarquización de riesgos de las desviaciones detectadas.

Nodo	Desviación	Grado de riesgo por desviación
1 De BA-8 a TV-01	1.1 Menor flujo de producto de autotanque a tanque de almacenamiento (TV-01) durante la descarga.	C
	1.2 No flujo de producto de autotanque a tanque de almacenamiento (TV-01) durante la descarga.	C
	1.3 Menor nivel de aceite vegetal en tanque TV-01.	C
	1.4 Mayor nivel de aceite vegetal en tanque TV-01.	C
	1.5 Mayor temperatura a la ambiente en tanque TV-01.	C
	1.6 Menor temperatura a la ambiente en tanque TV-01.	*

Tabla 5. Jerarquización de riesgos de las desviaciones detectadas.

Nodo	Desviación	Grado de riesgo por desviación
2 De B19 a TV-14	2.1 Menor flujo de producto de autotanque a tanque de almacenamiento durante la descarga.	D
	2.2 No flujo de producto de autotanque a tanque de almacenamiento durante la descarga.	B
	2.3 Menor presión en la descarga de la bomba B19 de metanol de autotanque a tanque de almacenamiento.	C
	2.4 Mayor presión en la descarga de la bomba B19 de metanol de autotanque a tanque de almacenamiento.	C
	2.5 Mayor nivel en el tanque de almacenamiento de metanol TV-14.	B
	2.6 Menor nivel en el tanque de almacenamiento de metanol TV-14.	B
3 Reactor R-5	3.1 Menor nivel en reactor R5 de mezcla de metóxido.	C
	3.2 Mayor nivel en reactor R5 de mezcla de metóxido.	C
	3.3 Mayor temperatura en reactor R5 de mezcla de metóxido.	C
	3.4 Menor temperatura en reactor R5 de mezcla de metóxido.	*
	3.5 En vez de descargar sosa cáustica en la proporción adecuada se agrega un exceso de producto.	D
	3.6 Mayor presión en R5.	*
4 Reactor R1	4.1 Menor nivel en reactor R1 de producción de transesterificado.	C
	4.2 Mayor nivel en reactor R1 de producción de transesterificado.	C
	4.3 Mayor temperatura en reactor R1 de producción de transesterificado.	C
	4.4 Menor temperatura en reactor R1 de producción de transesterificado.	*
	4.5 En vez de descargar metóxido o aceite vegetal a R1, en la proporción adecuada, se realiza incorrectamente.	D
	4.6 Mayor presión en R1.	*
5 PM-1	5.1 Mayor nivel de transesterificado en PM-1.	C
	5.2 Menor nivel de transesterificado en PM-1.	C
	5.3 Menor flujo de transesterificado de PM-1 hacia TV-11.	C
	5.4 No flujo de transesterificado de PM-1 hacia TV-11.	C
	5.5 Menor flujo de transesterificado de PM-1 hacia R6.	D
	5.6 No flujo de transesterificado de PM-1 hacia R6.	C
	5.7 En vez de descargar transesterificado de R1 con la densidad adecuada hacia PM-1 se realiza la apertura errónea de las válvulas 12A/B o 12C.	D
6 TV-11	6.1 Menor nivel en tanque TV-11.	C
	6.2 Mayor nivel en tanque TV-11.	C
	6.3 Mayor temperatura en el sistema de calentamiento de TV-11	C
	6.4 Menor temperatura en el sistema de calentamiento de TV-11	D

Tabla 5. Jerarquización de riesgos de las desviaciones detectadas.

Nodo	Desviación	Grado de riesgo por desviación
7 Reactor R3	7.1 Menor nivel en reactor R3 de mezcla de metóxido.	C
	7.2 Mayor nivel en reactor R3 de mezcla de metóxido.	C
	7.3 Mayor temperatura en reactor secundario R3.	C
	7.4 Menor temperatura en reactor secundario R3.	*
	7.5 En vez de descargar sosa cáustica, aceite vegeta o metanol en la proporción adecuada se agrega un exceso de producto.	D
	7.6 Mayor presión en R3.	*
	7.7 No flujo en la tubería de descarga de R3.	D
8 Reactor R6	8.1 Menor nivel en reactor R6 de limpieza de biodiesel.	C
	8.2 Mayor nivel en reactor R6 de limpieza de biodiesel.	C
	8.3 Mayor temperatura en reactor R6 de limpieza de biodiesel.	C
	8.4 Menor temperatura en reactor R6 de limpieza de biodiesel.	*
	8.5 En vez de descargar silicato de magnesio en la proporción adecuada se agrega un exceso de producto.	D
	8.6 Mayor presión en R6.	*
9 De B22 a TV-12 pasando por TV-13 y R7	9.1 Menor flujo a la entrada de sistema de filtrado en TV-13 o R7.	D
	9.2 Mayor presión en la descarga de la bomba B22.	C
	9.3 Menor flujo de producto de sistema de filtrado a tanque de almacenamiento (TV-12).	C
	9.4 Menor nivel de biodiesel en tanque TV-12.	C
	9.5 Mayor nivel de biodiesel en tanque TV-12.	B
	9.6 Mayor temperatura a la ambiente en tanque TV-12.	C
	9.7 Menor temperatura a la ambiente en tanque TV-12.	*
10 De TV-12 a vehículo de transporte de biodiesel	10.1 Menor flujo de producto en la garza de llenado durante la operación de BA-24.	D
	10.2 No flujo de producto en la garza de llenado durante la operación de B24.	D
	10.3 Mayor nivel en vehículo de transporte durante el despacho de producto final.	D

Fuente: Elaboración propia.

* De acuerdo al grupo multidisciplinario no hay causas probables que originen la presente desviación

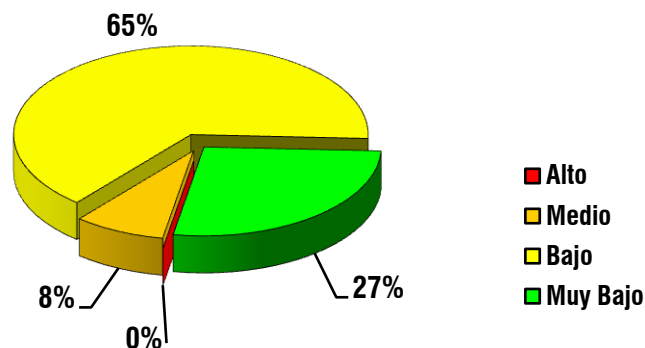
Durante el análisis “HazOp” se evaluaron 58 desviaciones. La jerarquía de riesgo de estas desviaciones se muestra en la **tabla 6**.

Tabla 6. Número de desviaciones de acuerdo al grado de riesgo.

Jerarquía de riesgo	Categoría del riesgo (numero de desviaciones)
Alto Tipo “A”	0
Medio Tipo “B”	4
Bajo Tipo “C”	31
Muy bajo Tipo “D”	13

Durante las sesiones de análisis “HazOp”, se analizaron un total de 58 desviaciones, de las cuales, de acuerdo al grupo de análisis, para tres desviaciones se determinó la no existencia de causas probables que originaran dicha desviación o que la desviación no presentará consecuencias de interés, derivado de lo anterior, 13 desviaciones se clasificaron en un riesgo “muy bajo” (27%), 31 con categoría de “riesgo bajo” (65%), 4 en categoría de riesgo medio (8%), sin jerarquizarse desviaciones en riesgo alto Tipo “A” (0%). La información al respecto es presentada en la **figura 2.**, en la cual se muestran los porcentajes del grado de riesgo por desviaciones.

Figura 2. Representación grafica del grado de riesgo por desviaciones.



Una vez identificados y jerarquizados los riesgos de la instalación, los riesgos de mayor grado fueron considerados para la evaluación de consecuencias, dicho análisis se realizó con los modelos de simulación descritos anteriormente, presentándose a continuación en la **tabla 7** la selección de hipótesis, de acuerdo a los eventos de máximo riesgo resultantes de la aplicación de la metodología “HazOp”.

Tabla 7. Hipótesis seleccionadas.

Hipótesis	Descripción
1	Incendio por fuga de metanol al desacoplarse la conexión rápida de autotanque a tubería de succión de B19 durante el almacenamiento de metanol en TV-14, con un diámetro equivalente de fuga de 2”.
2	Derrame e incendio de metanol por un alto nivel en tanque de almacenamiento TV-14, con un diámetro equivalente de fuga de 2”.
3	Derrame e incendio de metanol por fuga en unión bridada de tanque de almacenamiento TV-14, con un diámetro equivalente de fuga de 0,5”.
4	Derrame e incendio de biodiesel por un alto nivel en tanque de almacenamiento TV-12, con un diámetro equivalente de fuga de 2”.

Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de consecuencias.

La evaluación de escenarios, se realizó con la aplicación del software Phast V 6,54, con funciones de la base de datos, la cual es relacionada con la correspondiente al DIPPR® (Design Institute for Physical Property Data), mismo que es mantenido y registrado por el National Institute of Standards and Technology (NIST) for the US Department of Commerce.

Adicionalmente se tomaron las siguientes consideraciones para la simulación Phast:

- ❖ El orificio formado por corrosión en las bridas, sellos de las válvulas y en las líneas analizadas es de forma regular, de un diámetro determinado.
- ❖ Las características físicas y químicas de los fluidos permanecen constantes respecto al tiempo.
- ❖ Por lo que para el desarrollo de la evaluación de consecuencias del presente análisis de riesgo de la instalación, se utilizaron las siguientes condiciones atmosféricas: por referencia de SEMARNAT, 3,5 m/s estabilidad “E” como menos probable, y 5,5 m/s estabilidad “D” como más probable. Para los resultados se utilizará las condiciones menos probables ya que se obtendrían los radios de efectos mayores y quedarían cubiertos los más probables.

Parámetros considerados y resultados del modelo de simulación.

Cálculo de consecuencias.

A continuación se presentan las **tablas 8, 10, 12 y 14** en las cuales se presentan los parámetros utilizados en la determinación del análisis de consecuencias, de igual manera las **tablas 9, 11, 13 y 15** los resultados de dichos eventos, y finalmente en la **tabla 16**, el resumen de resultados de áreas de afectación del presente análisis de consecuencias.

Tabla 8. Parámetros utilizados hipótesis número 1.

Hipótesis	Datos para simulación	Ubicación del escenario
Hipótesis 1 Incendio por fuga de metanol al desacoplarse la conexión rápida de autotanque a tubería de succión de B19 durante el almacenamiento de metanol en TV-14, con un diámetro equivalente de fuga de 2".	Condiciones de operación. Temperatura: 28 °C. Presión de operación en la descarga: 2 kg/cm ² (succión de B19, flujo de 7 lpm)	Proceso Área de carga y descarga.
	Material fugado. Metanol	
	Diámetro equivalente de fuga: 2" . Altura de la fuga: 1,5 m.	
	Tiempos de respuesta: 2 minutos (120 segundos).	
	Condiciones climatológicas: Por referencia de SEMARNAT: 1,5 m/s estabilidad "F", 3,5 m/s estabilidad "E", y 5,5 m/s estabilidad "D".	
Parámetros de interés: Radiación térmica: 1,4; 5,0; 12,5 y 37,5 kW/m ² . Sobrepresión: 0,5; 1,0; 3,0 y 29,0 psi.		

Tabla 9. Resultados del modelo de simulación hipótesis número 1.

Incendio por fuga de metanol al desacoplarse la conexión rápida de autotanque a tubería de succión de B19 durante el almacenamiento de metanol en TV-14, con un diámetro equivalente de fuga de 2".	
Resultados	
Material	Metanol
Flujo de fuga (kg/s)	1.45459E+001
Tiempo de fuga (seg)	120
Cantidad fugada en (kg)	1 746
Velocidad final de descarga (m/s)	49,23
Dardo de fuego ó Jet Fire	
37,5 kW/m ²	No detectado
12,5 kW/m ²	14,8914
5,0 kW/m ²	18,4757
1,4 kW/m ²	25,1413
Early pool fire	
37,5 kW/m ²	No detectado
12,5 kW/m ²	21,9901
5,0 kW/m ²	30,5796
1,4 kW/m ²	48,8611

Tabla 9. Resultados del modelo de simulación hipótesis número 1.

Incendio por fuga de metanol al desacoplarse la conexión rápida de autotank a tubería de succión de B19 durante el almacenamiento de metanol en TV-14, con un diámetro equivalente de fuga de 2".	
Late pool fire (n/a)	
Flamazo ó flash fire	
36 500 ppm	36 500 ppm
73 000 ppm	73 000 ppm
Late ignition (n/a)	

Tabla 10. Parámetros utilizados hipótesis número 2.

Hipótesis	Datos para simulación	Ubicación del escenario
Hipótesis 2 Derrame de incendio de metanol por un alto nivel en tanque de almacenamiento TV-14, con un diámetro equivalente de fuga de 2".	Condiciones de operación. Temperatura: 28 °C. Presión atmosférica.	Área de almacenamiento.
	Material fugado. Metanol.	
	Diámetro equivalente de fuga: 2". Altura de la fuga: 4,5 m.	
	Tiempos de respuesta: 5 minutos (300 segundos).	
	Condiciones climatológicas: Por referencia de SEMARNAT: 1,5 m/s estabilidad "F", 3,5 m/s estabilidad "E", y 5,5 m/s estabilidad "D".	
	Parámetros de interés: Radiación térmica: 1,4; 5,0; 12,5 y 37,5 kW/m ² . Sobrepresión: 0,5; 1,0; 3,0 y 29,0 psi.	

Tabla 11. Resultados del modelo de simulación hipótesis número 2.

Derrame de incendio de metanol por un alto nivel en tanque de almacenamiento TV-14, con un diámetro equivalente de fuga de 2".	
Resultados	
Material	Metanol
Flujo de fuga (kg/s)	8,35601E - 002
Tiempo de fuga (seg)	300
Cantidad fugada en (kg)	25,07
Velocidad final de descarga (m/s)	101,50

Tabla 11. Resultados del modelo de simulación hipótesis número 2.

Derrame de incendio de metanol por un alto nivel en tanque de almacenamiento TV-14, con un diámetro equivalente de fuga de 2".	
Dardo de fuego ó Jet Fire (n/a)	
Early pool fire	
37,5 kW/m ²	No detectado
12,5 kW/m ²	2,2622
5,0 kW/m ²	4,3306
1,4 kW/m ²	6,7602
Late pool fire	
37,5 kW/m ²	No detectado
12,5 kW/m ²	2,2639
5,0 kW/m ²	4,3361
1,4 kW/m ²	6,7688
Flamazo ó flash fire	
36 500 ppm	6,7310
73 000 ppm	4,5977
Late ignition (n/a)	

Tabla 12. Parámetros utilizados hipótesis número 3.

Hipótesis	Datos para simulación	Ubicación del escenario
Hipótesis 3 Derrame e incendio de metanol por fuga en unión bridada de tanque de almacenamiento TV-14, con un diámetro equivalente de fuga de 0,5".	Condiciones de operación. Temperatura: 28 °C. Presión de operación en la descarga: 0,5 kg/cm ² .	Área de almacenamiento.
	Material fugado. Metanol.	
	Diámetro equivalente de fuga: 0,5". Altura de la fuga: 0,5 m.	
	Tiempos de respuesta: 10 minutos (600 segundos).	
	Condiciones climatológicas: Por referencia de SEMARNAT: 1,5 m/s estabilidad "F", 3,5 m/s estabilidad "E", y 5,5 m/s estabilidad "D".	
	Parámetros de interés: Radiación térmica: 1,4; 5,0; 12,5 y 37,5 kW/m ² . Sobrepresión: 0,5; 1,0; 3,0 y 29,0 psi.	

Tabla 13. Resultados del modelo de simulación hipótesis número 3.

Resultados	
Material	Metanol
Flujo de fuga (kg/s)	6,09001 E-001
Tiempo de fuga (seg)	600
Cantidad fugada en (kg)	365,40
Velocidad final de descarga (m/s)	10,18
Dardo de fuego ó Jet Fire (n/a)	
Early pool fire	
37,5 kW/m ²	No detectado
12,5 kW/m ²	6,8512
5,0 kW/m ²	10,9662
1,4 kW/m ²	17,3480
Late pool fire	
37,5 kW/m ²	No detectado
12,5 kW/m ²	10,0523
5,0 kW/m ²	14,7791
1,4 kW/m ²	23,5090
Flamazo ó flash fire	
36500 ppm	7,0186
73000 ppm	4,0009
Late ignition (n/a)	

Tabla 14. Parámetros utilizados hipótesis número 4.

Hipótesis	Datos para simulación	Ubicación del escenario
Hipótesis 4 Derrame e incendio de biodiesel por un alto nivel en tanque de almacenamiento TV-12, con un diámetro equivalente de fuga de 2".	Condiciones de operación. Temperatura: 28°C. Presión atmosférica, con un flujo de fuga de 7 lpm.	Área de almacenamiento.
	Material fugado. Metanol.	
	Diámetro equivalente de fuga: 2". Altura de la fuga: 5,3 m.	
	Tiempos de respuesta: 5 minutos (300 segundos).	

Tabla 14. Parámetros utilizados hipótesis número 4.

Hipótesis	Datos para simulación	Ubicación del escenario
	<p>Condiciones climatológicas: Por referencia de SEMARNAT: 1,5 m/s estabilidad "F", 3,5 m/s estabilidad "E", y 5,5 m/s estabilidad "D".</p> <p>Parámetros de interés: Radiación térmica: 1,4; 5,0; 12,5 y 37,5 kW/m². Sobrepresión: 0,5; 1,0; 3,0 y 29,0 psi.</p>	

Tabla 15. Resultados del modelo de simulación hipótesis número 4.

Derrame e incendio de biodiesel por un alto nivel en tanque de almacenamiento TV-12, con un diámetro equivalente de fuga de 2".	
Resultados	
Material	Biodiesel
Flujo de fuga (kg/s)	n/a
Tiempo de fuga (seg)	300
Cantidad fugada en (kg)	25,5
Velocidad final de descarga (m/s)	n/a
Dardo de fuego ó Jet Fire (n/a)	
Early pool fire	
37,5 kW/m ²	1,5485
12,5 kW/m ²	4,7779
5,0 kW/m ²	6,7022
1,4 kW/m ²	10,5197
Late pool fire	
37,5 kW/m ²	3,9539
12,5 kW/m ²	10,1379
5,0 kW/m ²	14,2362
1,4 kW/m ²	22,8205
Flamazo ó flash fire	
3439,15 ppm	1,9224
6878,3 ppm	1,3714
Late ignition (n/a)	

Tabla 16. Resumen de resultados de los eventos simulados.

Escenario	Evento	Tiempo de respuesta (min)	Efecto Domino (m)	Zona 100 % Letal (m)	Zona de Alto Riesgo (m)	Zona de Amortiguamiento (m)
1	Jet fire	2	No detectado	14,8914	18,4757	25,1413
	Early pool fire		No detectado	21,9901	30,5796	48,8611
	Flash fire		-	-	27,4369	42,5679
2	Early pool fire	5	No detectado	2,2622	4,3306	6,7602
	Late pool fire		No detectado	2,2639	4,3361	6,7688
	Flash fire		-	-	4,5977	6,7310
3	Early pool fire	10	No detectado	6,8512	10,9662	17,3480
	Late pool fire		No detectado	10,0523	14,7791	23,5090
	Flash fire		-	-	4,0009	7,0186
4	Early pool fire	5	1,5485	4,7779	6,7022	10,5197
	Late pool fire		3,9539	10,1379	14,2362	22,8205
	Flash fire		-	-	1,3714	1,9224

Recomendaciones resultantes del análisis de riesgo.

Las recomendaciones técnico operativas resultantes de la aplicación de la metodología HazOp, así como del análisis de consecuencias, son enlistadas a continuación:

1. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de equipo de bombeo alternativo a BA-8.
2. Instalar transmisor de flujo en la línea de abastecimiento de aceite vegetal.
3. Elaborar procedimiento de recuperación y neutralización de derrames de aceite vegetal.
4. Elaborar e implantar un plan de contingencias de conformidad con el artículo 46 de la Ley de Protección Civil del Estado de Tamaulipas.
5. Contar con generador eléctrico de emergencia en caso de falla del generador principal.
6. Realizar la conexión a tierra de equipo dinámico previo a su puesta en operación.
7. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de dobles sellos en equipos de bombeo de acuerdo a requerimientos de seguridad.
8. Realizar análisis de factibilidad para la realización de pruebas de hermeticidad en recipientes de almacenamiento.
9. Realizar e implantar procedimiento de inspección y limpieza de cárcamos y diques de contención.
10. Realizar la rotulación de tuberías y tanques de almacenamiento de conformidad con el inciso 9.1 de la NFPA 704 Ed. 2007 y NOM-026-STPS-1998.
11. Incluir dentro del manual de operación el llenado hasta el 90 % del volumen de tanques de almacenamiento de conformidad con el inciso 9.2 de la NOM-005-STPS-1998.

12. Elaborar y mantener actualizados los manuales y procedimientos de operación de conformidad con lo establecido en el inciso 5.3 de la NOM-005-STPS-1998.
13. Considerar en el diseño de proceso la instalación de indicador local de nivel en TV-01.
14. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de red de contra incendio en el área de producción de biodiesel.
15. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de equipo de bombeo alterno a B19.
16. Instalar transmisor de flujo en la línea de abastecimiento de metanol.
17. Implantar procedimiento de carga y descarga de metanol.
18. Realizar análisis de riesgo para determinar el equipo de protección personal de conformidad con los incisos 5.2 y 5.3 de la NOM-017-STPS-2008.
19. Instalar tierra física en la posición de descarga de metanol.
20. Instalar instalación eléctrica a prueba de explosión en áreas con posibilidad de formación de atmosferas explosivas.
21. Considerar en el diseño la colocación de indicadores de presión en la descarga de la bomba B19.
22. Realizar la identificación de tuberías de conformidad con el inciso 9.1.4. de la NOM-026-STPS-2008.
23. Instalar y conectar a tierra física el TV-14 previo a la operación de la instalación.
24. Instalar arrestador de flama y válvula de presión vacío en tanque de almacenamiento de metanol TV-14.
25. Delimitar el dique en tanque TV-14 de metanol para seccionar y controlar posibles contingencias en caso de derrames.
26. Elaborar e implantar procedimiento de control y neutralización de derrames de sosa cáustica y metanol.
27. Instalar regaderas, lavajos elaborar y difundir procedimientos de neutralización de derrames de sosa cáustica.
28. Realizar análisis de riesgos potenciales de sustancias químicas de conformidad con el inciso 5.2 de la NOM-005-STPS-1998.
29. Considerar en el diseño de proceso la instalación de indicador local de nivel en R5.
30. Establecer un programa de capacitación en materia de seguridad y operación al personal de la instalación.
31. Elaborar e implantar procedimiento de control de derrames de transesterificado.
32. Considerar en el diseño de proceso la instalación de indicador local de nivel en R1.
33. Considerar en el diseño de proceso la instalación de indicador local de nivel en PM-1.
34. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de equipo de bombeo alterno a B27.
35. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de indicador de presión en la descarga de B27.
36. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de equipo de bombeo alterno a B26.
37. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de indicador de presión en la descarga de B26.

38. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de disparo por alta temperatura en TV-11.
39. Instalar arrestador de flama en TV-11.
40. Incluir dentro del programa de mantenimiento el sistema de calentamiento de TV-11.
41. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de sistema de bombeo alterno a B12.
42. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de sistema de bombeo alterno a B25.
43. Instalar indicador de presión en la descarga de la bomba B25.
44. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de equipo de bombeo alterno a B22.
45. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de indicador de presión en sistema de filtrado en TV-13.
46. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de sistema de presión diferencial en TV-13 (filtro de arena).
47. Instalar indicador de presión en la descarga de la bomba B22.
48. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de equipo de bombeo alterno a B21.
49. Realizar análisis de factibilidad para la instalación de equipo de bombeo alterno a B24.
50. Instalar transmisor de flujo en la línea despacho de biodiesel.
51. Instalar Indicador de presión en la descarga de B24.
52. Realizar estudio de grado de riesgo de incendio de conformidad con la NOM-002-STPS-2000.
53. Implementar y difundir procedimiento de carga y descarga de productos inflamables incluyendo la colocación de calzas en vehículos y tierra física.
54. Realizar análisis de factibilidad para la colocación de detectores de mezclas explosivas en el área de almacenamiento y recuperación de metanol, incluyendo equipos de bombeo, con señalización en semáforo(s) de alarma audible y visible localizados estratégicamente, habilitadas con botoneras de accionamiento manual y sistema de aborto.
55. Instalar equipos, dispositivos de control e iluminación intrínsecamente seguros en las áreas susceptibles de presentar atmósferas explosivas.
56. Elaborar el programa de prevención de accidentes de conformidad con el Artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).
57. Instalar sistemas de inyección de espuma superficial y subsuperficial en TV-12 y TV-14 de almacenamiento de aceite vegetal y metanol.
58. Instalar anillos de agua de enfriamiento en tanques de almacenamiento de sustancias inflamables.
59. Habilitar cobertizo de contra incendio de forma estratégica considerando la colocación de equipo de bombeo eléctrico y de combustión interna a base de diesel.
60. Colocar señalización de prohibición, obligación y precaución en el área de producción de biodiesel de conformidad con la NOM-026-STPS-2008.