



Secadero Petróleo  
y Gas S.A. de C.V.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

# **ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO**



**CONTENIDO:**

- 1. ESCENARIOS DE LOS RIESGOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON  
LOS PROYECTOS**
- 2. SUSTANCIAS MANEJADAS**
- 3. SUSTANCIAS TRANSPORTADAS**
- 4. ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES**
- 5. METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN**
- 6. RESULTADOS**
- 7. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS  
INSTALACIONES**
- 8. CONCLUSIONES EN MATERIA DE RIESGO**



**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO**

Tabla 2. Sustancias manejadas en ductos

<b>DUCTOS</b>													
<b>DUCTOS</b>	<b>Nombre químico de la Sustancia (IUPAC)</b>	<b>No. CAS</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Características</b>						<b>Capacidad Total</b>		<b>Capacidad de la Mayor Unidad de Almacenamiento (MMPCD)</b>	
				<b>C</b>	<b>R</b>	<b>E</b>	<b>T</b>	<b>I</b>	<b>B</b>	<b>Almacenamiento (MMPCD)</b>	<b>Producción</b>		
Línea de descarga	Gas de Hidrocarburo (CH <sub>4</sub> )	74-82-8	-								PROCESO CONTINUO	4.26 <b>MMPCD</b>	NO SE ALMACENA
Ducto a estación de recolección	Gas de Hidrocarburo (CH <sub>4</sub> )					X	X				PROCESO CONTINUO		NO SE ALMACENA
	Aceite Crudo										PROCESO CONTINUO		55932 BPD

### 3. SUSTANCIAS TRANSPORTADAS.

Las sustancias transportadas se desglosan en los resultados de la cromatografía realizada, señalados a continuación.

Tabla 4. Análisis porcentual del gas

<b>Análisis porcentual del gas</b>	
<b>Componentes</b>	<b>% Mol</b>
Nitrógeno	
Bióxido de carbono	
Ácido sulfhídrico	
Metano	
Etano	
Propano	
Isobutano	
Butano normal	
Isopentano	
Pentano normal	
Hexano y materiales más pesados	

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Tabla 5. Caracterización de aceite crudo

Caracterización de aceite crudo					
PROPIEDADES FISICAS		CANTIDAD	DESTILACIONES		
PESO ESPECIFICO (60/60°F)	ASTM-D-1298	0.8			
PESO ESPECIFICO (20/4°C)	ASTM-D-1298	0.798	TEMPERATURA °C		
GRAVEDAD API (60/60°F)	ASTM-D-287	45.1	DESTILADO	HEMPELL	ENGLER
VISCOSIDAD S.S.U. (21.1°C)69.9°F	ASTM-D-88	38.0	% VOLUMEN	(ASTM-D-285)	(ASTM-D-86)
VISCOSIDAD S.S.U.(37.8°C) 100°F	ASTM-D-445-53T	37.2			
VISCOSIDAD CINEMATICA (37.8°C CTS)	ASTM-D-445-43T	2.13	TIE	47	57
VISCOSIDAD DINAMICA (37.8°C CP.)	ASTM-D-445-43T	1.67	5%	85	96
TEMPERATURA DE INFLAMACIÓN (°C)	ASTM-D-92	N/D	10%	112	115
TEMPERATURA DE ESCURRIMIENTO (°C)	ASTM-D-97	N/D	20%	145	145
AGUA & (CENTRIFUGACIÓN)	ASTM-D-4007	6.5	30%	178	182
SEDIMENO & (CENTRIFUGACIÓN)	ASTM-D-4007	TRAZAS	40%	218	222
AGUA POR DESTILACIÓN	ASTM-D-4006	N/D	50%	266	268
SALINIDAD (L/MB.)	U.O.P.-22	3145	60%	290	310
PRESIÓN DE VAPOR RAID (LB/PULG2)	ASTM-D-323	N/D	70%	312	354
ASFALTENOS EN HEPTANOS	IP-143/57	N/D	80%	334	392

El metano es el componente que se encuentra en mayor proporción en los diferentes gases a transportar y es considerado como peligroso de acuerdo al segundo listado de sustancias y materiales peligrosos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 4 de mayo de 1992 para sustancias inflamables y explosivas, considerando la cantidad de reporte (a partir de 500 Kg). Para este estudio en campo Secadero, se considera como prevención ya que se desconoce que se vaya a tener la cantidad de reporte mencionada anteriormente.

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO**

Tabla 6. Gas metano a transportar

Nombre químico de la Sustancia (IUPAC)	No. CAS	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Flujo (l/seg)	Longitud de la tubería (Km)	Diámetro de la tubería	Presión de operación máxima (kg/cm <sup>2</sup> )	Espesor (mm)	Descripción de la trayectoria
Gas de Hidrocarburo (CH <sub>4</sub> )	74-82-8	0.000558	3277.4	Variable	Variable	Variable	0.312	Variable

**4. ANTECEDENTES DE ACCIDENTES E INCIDENTES.**

De acuerdo a la información estadística que se tiene referente, incidentes y/o accidentes que se han presentado durante los años 1958 y 2002 en instalaciones pertenecientes a PEMEX Exploración y Producción, relacionados con la perforación y explotación de hidrocarburos a través de pozos petroleros los cuales se mencionan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 7. Historial de Accidentes e Incidentes en Pozos.

Fecha (Año)	Evento	Causas	Sustancias Involucradas /tipo de hidrocarburo)	Nivel de afectación	Acciones realizadas para su atención
1958	Brote o reventón del Pozo Sarlat	Hundimiento de la torre de perforación en una caverna	Gas y aceite	Incendio y explosión	Aplicación del Plan general de emergencias en pozos
1962	Brote o explosión del pozo Hormiguero No. 2	Derrumbamiento de la torre de perforación	Gas y aceite	Incendio	Aplicación del Plan general de emergencias en pozos
1980	Brote o reventón en el pozo N�spero No.90	Falla en el sistema de presión	Gas y aceite	Incendio y explosión	Aplicación del Plan general de emergencias en pozos
1980	Brote o reventón en el pozo Agave	Falla en el sistema de presión	Gas y aceite	Incendio y explosión	Aplicación del Plan general de emergencias en pozos
1980	Brote o reventón en el pozo Puerto Ceiba No. 113 y 121	Falla en el sistema de presión	Gas y aceite	Incendio y explosión	Aplicación del Plan general de emergencias en pozos

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO**

2000	Brote o reventón en el pozo Lotatal No.1	Probable falla en el sistema de inyección de lodos	Aceite	Derrame	Aplicación del Plan general de emergencias en pozos
2002	Brote o reventón en el pozo Samaria No. 75	Falla en el sistema de bombeo de fluidos por error humano	Gas	Sin consecuencias	Aplicación del Plan general de emergencias en pozos

Tabla 8. Explosiones de PEMEX registradas en los años 1975 a 2005

<b>Fecha (año)</b>	<b>Contingencia</b>	<b>Lugar</b>	<b>Saldo</b>
	Explosión de gasoducto de 16 pulg.	Carretera federal Cárdenas- Agua dulce en la entrada a Sánchez Magañanes	50 muertos
	Explosión de gasoducto de 16 pulg.	Ranchería Acachapan y Colmena 1ª secc. Municipio del Centro	30 muertos, 13 heridos y u sin número de viviendas dañadas
	.		
	.		
	.		

En sus últimos reportes, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) ha manifestado que del total de emergencias ambientales que han ocurrido en el Estado de Tabasco y la región (el cual se toma como referencia), el 99%, se han debido a derrames de hidrocarburos, los cuales han sido ocasionados en un 75%, por corrosión del material y el 25%, por acciones de vandalismo como robo de válvulas, tuberías, cortes con segueta en las mismas, entre otros. Es importante señalar que en algunos casos que se han presentado fugas, no ha sido posible realizar las maniobras de control debido a los constantes bloqueos al acceso de las instalaciones donde se han presentado las fallas.

Las actividades petroleras como el transporte de sustancias a través de tuberías, como todo proceso industrial, tiene cierto margen de riesgo que puede estar vinculado a manifestaciones de eventos no deseados, como incendios o explosiones (derivados de fugas e ignición del componente transportado) y otros factores como el inadecuado control de calidad de los componentes mecánicos del sistema de operación, tales como bridas, empaques en válvulas y en el punto de origen y destino.



## Secadero Petróleo y Gas S.A. de C.V.

### ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

En cuanto al inadecuado control de calidad de los componentes mecánicos del sistema de operación, este representa para el proyecto en estudio un nivel de riesgo muy reducido debido a que la mayor parte de los materiales manejados en la industria petrolera, han demostrado cumplir con los estándares de calidad más importantes establecidos por la International Standard Organization (ISO), lo que generalmente repercute en mínimas fallas en materiales y equipos de operación. Basado en la política de modernización, certificación de los materiales utilizados para la construcción de la obra y aseguramiento de la calidad implementadas por las compañías petroleras, así como seguir manteniendo la frecuencia en los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, la eficiencia y rapidez de respuestas para el control de emergencias mediante la implementación de programas o con la adopción de estándares de calidad cada vez más exigentes, los riesgos permanecen latentes debido al transporte de hidrocarburos por medio de tuberías y las condiciones de operación que se manejan.

Sin embargo, de acuerdo a los registros estadísticos de incidentes industriales registrados por PEMEX, los eventos de mayor incidencia han sido las fugas reportadas en tuberías de transporte de hidrocarburos (67%, del total), de las cuales la Región Sur, ha presentado el 22%. En lo que corresponde a los agentes que dieron origen a las fugas, se reporta que el 92%, han sido originadas por la corrosión exterior e interior en las tuberías; así mismo, la vida útil de las tuberías y las presiones a las que son sometidas. Por otra parte, el 3.6%, de las causas se han debido al uso de materiales inapropiados, el 3.4%, por agentes externos como vandalismo y el 0.75% restante por golpes mecánicos a las tuberías. Estas estadísticas han registrado algunos incidentes industriales que han ocasionado accidentes mayores tales como explosiones en un 3% de los casos e incendios que han afectado en un 30%, a pastizales y en un 3%, a instalaciones.

Por su parte, los riesgos industriales y particularmente los propios de la industria petrolera, son motivos de evaluación de riesgos por la magnitud de las consecuencias que resultan de su manifestación. Por lo que en el presente estudio, se evaluó el riesgo ambiental por la probabilidad de causar alteraciones a hábitat y ecosistemas a partir de **hipotéticos** eventos de descontrol.

En las fugas de gas es bastante bien conocido que la combustión no puede tener lugar en ausencia de una cantidad mínima de oxígeno, ya sea que se encuentre disponible en el aire mezclado con los gases o vapores emanados de una sustancia combustible o de un componente interno del combustible, de la misma forma debe de haber suficientes vapores o gases combustibles en la mezcla aire-combustible para soportar y sostener la combustión, así existen límites inferiores y superiores asociados con las concentraciones del combustible en el aire que se incendian y permiten que las flamas se dispersen alejándose de la fuente de ignición (permiten que las flamas se propaguen).

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Las concentraciones de combustible por debajo del límite inferior contiene una cantidad insuficiente de combustible para encender y propagar su flama y se les conoce como demasiado ligera para arder, aquellas que se encuentran por el límite superior, son consideradas demasiado ricas para encender, esto es, contiene demasiado combustible y/o muy poco oxígeno.

Por otra parte, el gas al irse diluyendo con el aire, puede presentar una zona donde existen mezclas de combustible y aire en condiciones de inflamabilidad; (atmosfera inflamable) si en una de dichas zonas, la nube de gas encuentra un punto de ignición, puede ocurrir una deflagración.

Si el gas se halla en alta presión, se puede producir un dardo (jet) con un alcance limitado transversalmente, con concentraciones de la sustancia progresivamente decrecientes desde el origen de la fuga del jet, así mismo si se produce la ignición del gas se pueden formar llamas estacionarias (antorcha ó “jet fire”) o progresivas (incendio ó flash fire”); si este jet fire incide sobre un recipiente durante suficiente tiempo, puede producirse la explosión del mismo.

Cabe señalar, que de acuerdo a Estadísticas Nacionales e Internacionales, los casos de explosiones de nubes de gas no confinadas (UVCE) para el gas metano, solo se han presentado en una ocasión en los últimos ochenta y cuatro años; esto fue en Escombreras, Houston Texas en 1969 (**Ref:Loss Prevention in Process Industries, Vol 2, Fank P. Less, 1974**).

Esto posiblemente se debe a la baja reactividad del metano en función de la velocidad del frente de la llama (Ufl) y a la rápida dispersión por el peso molecular tan bajo con respecto al aire ( $16/28=0.57$ ). A continuación se lista una tabla con los valores del frente de flamas y reactividad para el Metano:

Tabla 9. Reactividad de Metano

Sustancia	Reactividad Categoría	Valor de Ufl (m/s)	Peso Molecular
Aire	-	-	28
Metano	Baja	0,4	16
Propano	Media	0,8	44
Acetileno	Alta	16,0	14

Ref: Loss Prevention in Process Industries, Vol 2, Fank P. Less, 1974.

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Dichos eventos se pueden presentar en caso de que existan algunos factores de riesgo, tales como: fugas en las instalaciones y los elementos necesarios y suficientes para la combustión, tales como: combustibles en las proporciones adecuadas con el oxígeno del aire y fuente de ignición (superficies calientes, llamas de quemadores, equipo eléctrico, chispas, quema de pastizales y el calor debido a fricción, entre otras). Asimismo, cuando se presentan fugas y no son controladas a tiempo, se pueden producir daños a las instalaciones, al personal cercano o al ambiente, debido a los efectos generados.

### 5. METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y JERARQUIZACIÓN

**1. Se considera una liberación en la atmosfera de un gas o vapor tóxicos provenientes de una fuga de hidrocarburos en estado gaseoso**

#### *Introducción a la identificación de riesgos.*

El propósito de la Identificación y Evaluación de riesgos es prevenir accidentes potenciales, determinar su causa y sus consecuencias, así como estimar los parámetros de frecuencia y severidad: accidente, es una secuencia de sucesos imprevistos que provoca consecuencias indeseadas.

De acuerdo a la actividad de perforación de pozos se propuso y desarrollo la metodología cualitativa conocida como “¿qué pasa si?”, la cual se acompaña con los resultados obtenidos en el software tales como el SCRI-WHAT IF? Versión 2.1 para cada caso simulado.

#### *Metodología de la evaluación:*

Para evaluar el riesgo en cualquier actividad o proceso industrial, primero se debe identificar el supuesto peligro e iniciar su jerarquización ya que toda evaluación inicia con este paso, es decir con la definición del problema.

EL PELIGRO, definido como “un agente químico, biológico o físico (incluyendo la radiación electromagnética) o una serie de condiciones que tiene el potencial de hacer daño”, puede ser la causa o contribuir a un riesgo, pero no es el riesgo en sí, ya que RIESGO, es “una función de probabilidad y consecuencia”, es decir, es la frecuencia con la cual un accidente puede ocurrir y sus consecuencias pueden ser cuantificables y de manera particular para el caso que nos ocupa, bajo la perspectiva de “posibles afectaciones al entorno natural del sitio o el área de influencia donde se desarrollará el proyecto de perforación de los pozos motivos de este estudio”.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

**Identificación del peligro en la perforación de pozos:**

Basados en la experiencia de grupos de trabajo que participo en la elaboración de este documento, se ha elaborado la tabla siguiente en la que destacan las principales emergencias que se presentan en las actividades de perforación, así, se discutió sobre cada caso y se otorgaron valores subjetivos ascendentes a cada caso, según se incrementó el peligro. Se otorgó así por lógica, el valor más alto a los problemas mayores.

Tabla 10. Relativa a principales emergencias en procesos de perforación de pozos

<b>Clasificación</b>	<b>Características de la clase</b>
<b>Caso 1</b>	Pozo manifestado con presión confinada y que permite liberación a la atmosfera de gas metano bajo control, con tubería dentro del pozo a una profundidad factible de control por circulación o bombeo, sin tener que modificar o adicionar preventores al arreglo existente.
<b>Caso 2</b>	Pozo manifestado con presión confinada y que permite liberación a la atmosfera de gas metano bajo control, con tubería insuficiente o sin tubería dentro del pozo; eventualmente pudiera originar problemas de contaminación de agua y suelo y para su control se requiere modificar el arreglo de preventores existentes y emplear a la vez equipo especializado.
<b>Caso 3</b>	Pozo descontrolado que permite liberación a la atmosfera de gas metano sin control; con o sin incendio, originando problemas de contaminación de la atmosfera, agua o suelo y en donde el acceso al cabezal puede o no ser accesible; alto riesgo de pérdida de equipo, daño a las instalaciones y al entorno.

A partir del análisis de la tabla es obvio que el caso No. 3 es aquel donde el peligro aumenta y por ende aumenta la probabilidad de una posible afectación a los recursos naturales donde se llevarán a cabo las obras.

**Descripción de las técnicas metodológicas:**

Metodología cualitativa.

- a) La Técnica o metodología What if (¿Qué pasa Si?).- consiste en definir tendencias, formular preguntas, desarrollar respuestas y evaluarlas, incluyendo la más amplia gama de consecuencias posibles.

Metodología What IF (¿Qué pasa Sí?)

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Es un método inductivo que utiliza información específica de un proceso para generar una serie de preguntas que son pertinentes durante el tiempo de vida de una instalación, así como cuando se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación. Esta técnica no requiere métodos cuantitativos especiales o una planeación extensiva. El método utiliza información específica de un proceso para generar una especie de pregunta de lista de verificación.

Cuando se aplica en la forma apropiada, el método ¿Qué pasa Sí? Resulta muy poderoso, ya que permite lograr:

- La cobertura completa de una amplia gama de riesgos.
- El consenso para una amplia gama de disciplinas: producción, mecánica, técnica, seguridad y personal de planta y temporal.

Así mismo, el utilizar la metodología What If ofrece ventajas y desventajas; dentro de las cuales pueden mencionarse las siguientes:

### **Ventajas**

- Cubre un rango amplio de riesgos
- Requiere de poca capacitación y es fácil de usar
- Resulta eficaz como herramienta de aprendizaje
- Cuestiona el diseño
- Reconoce los efectos de procesos adyacentes
- Compara el proceso contra experiencias anteriores

### **Desventajas**

- Los atajos dan lugar a una revisión débil
- Profundidad de análisis limitada
- Solo funciona si se plantean las preguntas precisas
- Fácilmente pasa por alto los riesgos potenciales, ya que carece de estructura, su efectividad depende de la experiencia del coordinador, requiere de un entendimiento básico de las operaciones de proceso y de los procedimientos correspondientes, entre otros aspectos.

En general, esta técnica es ampliamente utilizada durante las etapas de diseño del proceso, durante el tiempo de vida o de operación de una instalación, así como cuando se introducen cambios al proceso o a los procedimientos de operación. De conformidad con la naturaleza del proyecto de estudio, y a través del análisis What If, se seleccionó como punto de estudio la salida de los aparejos portadores de la barrena y lastrabarrena, incluyéndose también la tubería de revestimiento (TR). Al respecto, en el apartado del anexo RESULTADOS DEL WHAT IF se muestran los resultados y las recomendaciones obtenidas con la aplicación de esta metodología.

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO**

Con base en estos resultados, se alimentó las matrices del módulo de SCRI What if/Checklist, con base en una calificación asignada para la SEVERIDAD (SEV) y OCURRENCIA (OCU), se obtienen los valores de Riesgo (RPV) con base en la siguiente tabla de prioridades:

Tabla 11. Prioridades

	A	Prioridad Baja
	B	Prioridad Moderada
	C	Prioridad Alta

Tabla 12. Los criterios de SEVERIDAD (SEV)

N	RIESGO	CRITERIO
1	Ninguno	No hay efectos perceptibles
2	Muy Menor	Equipo fuera de especificación en Ajuste y Acabado/Chillido y Zumbido. Defecto notado por el cliente selectivo (menos del 25%).
3	Menor	Equipo fuera de especificación en Ajuste y Acabado/Chillido y Zumbido. Defecto notado por el 50% de los clientes.
4	Muy Bajo	Equipo fuera de especificación en Ajuste y Acabado/Chillido y Zumbido. Defecto notado por la mayoría de los clientes (más del 75%).
5	Bajo	Vehículo/artículo operable, pero a un nivel de rendimiento reducido en comodidad/conveniencia. Cliente algo insatisfecho.
6	Moderado	Vehículo/artículo operable, pero los elementos de comodidad/conveniencia inoperables. Cliente insatisfecho.
7	Alto	Vehículo/artículo operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente muy insatisfecho.
8	Muy Alto	Vehículo/artículo inoperable, pérdida de la función primaria.
9	Peligroso con Advertencia	Clasificación de severidad muy alto, cuando un modo de falla potencial afecta la seguridad del cliente y/o involucra el no cumplimiento con las regulaciones oficiales. La falla ocurre con advertencia.
10	Peligroso con Advertencia	Clasificación de severidad muy alto, cuando un modo de falla potencial afecta la seguridad del cliente y/o involucra el no cumplimiento con las regulaciones oficiales. La falla ocurre sin advertencia.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Tabla 13. Los criterios de OCURRENCIA (OCU):

<b>N</b>	<b>RIESGO</b>	<b>CRITERIO</b>
1	Remoto: Falla improbable	Menor o igual a 0.01 por ciento
2	Remoto: Falla improbable	0.1 por ciento
3	Bajo: Relativamente pocas fallas	0.5 por ciento
4	Bajo: Relativamente pocas fallas	1 por ciento
5	Moderado: Fallas ocasionales	2 por ciento
6	Moderado: Fallas ocasionales	5 por ciento
7	Moderado: Fallas ocasionales	10por ciento
8	Alto: Fallas frecuentes	20 por ciento
9	Alto: Fallas frecuentes	50 por ciento
10	Muy alto: Fallas persistentes	Mayor o igual a 100 por ciento

Con base en los niveles de prioridad, se obtuvo la siguiente Matriz de Riesgos

	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>	<b>S6</b>	<b>S7</b>	<b>S8</b>	<b>S9</b>	<b>S10</b>
<b>O10</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
<b>O9</b>	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
<b>O8</b>	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C
<b>O7</b>	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C
<b>O6</b>	B	B	B	B	C	C	C	C	C	C
<b>O5</b>	B	B	B	B	B	C	C	C	C	C
<b>O4</b>	A	B	B	B	B	B	C	C	C	C
<b>O3</b>	A	A	B	B	B	B	B	C	C	C
<b>O2</b>	A	A	A	B	B	B	B	B	C	C
<b>O1</b>	A	A	A	A	B	B	B	B	B	C

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

6. RESULTADOS

**Sistema** Perforación de un pozo para la extracción de hidrocarburos

Sistema	Subsistema	Pregunta	Respuesta	Riesgo	Consecuencia	S E V	O C U	R P V
Perforación de un pozo para la extracción de hidrocarburos	Formaciones de presiones normales	Durante la perforación aumenta el volumen de las presas metálicas	El pozo incrementa la presión en comparación a las propiedades fluido de control	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B
		Durante la perforación hay pérdida de circulación	Probable existencia de caverna	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	5	C
		Durante la perforación hay lodo contaminado con gas, petróleo o agua salada	Durante la circulación hay una bolsa de gas que sale a la superficie	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	4	C
		Durante la perforación aumenta la velocidad de la bomba o disminución de la presión de la bomba	Se obtiene una mayor presión en el agujero y fractura del mismo En caso menor no levanta el corte y atrapa la tubería flujo de fluido	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B
		Durante un viaje de tubería aumenta el volumen de lodo en las presas metálicas o flujo del pozo a través de la tubería de perforación	Probable incremento en la presión del yacimiento	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B
		Durante un viaje de tubería el pozo no recibe la cantidad de lodo para el llenado apropiado	Probable descontrol del agujero	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B
		Durante un viaje de tubería hay pérdida de circulación, incapacidad de llenar el pozo	Fluido de control es muy pesado, supera la presión del agujero	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B
		Cuando sé esta fuera del pozo, hay aumento en el nivel de lodo de las presas metálicas	Movimientos no estimados del yacimiento	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	4	C

**Subsistema [1.1]** Formaciones de presiones normales

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

**Sistema**  
**Subsistema [1.2]**

**Perforación de un pozo para la extracción de hidrocarburos**  
**Formaciones de presiones anormales**

Sistema	Subsistema	Pregunta	Respuesta	Riesgo	Consecuencia	S E V	O C U	R P V
<b>Perforación de un pozo para la extracción de hidrocarburos</b>	<b>2] Formaciones de presiones anormales</b>	Durante la perforación aumenta la densidad de lodo en las presas metálicas	El pozo incrementa la presión en comparación a las propiedades fluido de control	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B
		Durante la perforación, hay lodo contaminado con gas, petróleo o agua salada	Durante la circulación hay una bolsa de gas que sale a la superficie	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B
		Durante la perforación hay pérdida de circulación	Probable existencia de caverna	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	4	C
		Durante la perforación aumenta la velocidad de la bomba o disminuye la presión de la bomba	Se obtiene una mayor presión en el agujero y fractura del mismo. En caso menor no levanta el corte y atrapa la tubería flujo de fluido	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B
		Durante la perforación hay aumento repentino en la velocidad de penetración.(drilling break)	Hay un cambio en la capa de roca del subsuelo	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	4	C
		Durante un viaje de tubería el pozo no recibe la cantidad de lodo para el llenado apropiado	Probable descontrol del yacimiento	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B
		Durante un viaje de tubería el pozo empieza a fujir a través de la tubería de perforación; aumento en el volumen de las presas metálicas	Probablemente descompensación, debido a que la tubería esta vacía	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B

**Sistema**  
**Subsistema [1.3]**

**Perforación de un pozo para la extracción de hidrocarburos**  
**Terminación**

Sistema	Subsistema	Pregunta	Respuesta	Riesgo	Consecuencia	S E V	O C U	R P V
<b>Perforación de un pozo para la extracción de hidrocarburos</b>	<b>1.3] Terminación</b>	Cuando se esta introduciendo la tubería de revestimiento, Hay pérdida de circulación	Se obtiene una mayor presión en el agujero y fractura del mismo. En caso menor no levanta el corte y atrapa la tubería flujo de fluido	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B
		Cuando se esta introduciendo la tubería de revestimiento, el pozo empieza a devolver fluido	Mal diseño del trabajo de perforación	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	4	C
		Cuando se esta probando el pozo, empieza a devolver fluido; aumento del nivel de lodo en las presas metálicas	Probable existencia de bolsa de gas o presión del yacimiento	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B
		Cuando se esta instalando el árbol de valvulas	Esta el pozo libre	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	3	B
		Después de la terminación, hay presión excesiva en el espacio	Empacador o camisa con descompensación	Brote o Reventón	Fuga, fuego y explosión	7	4	C

Los resultados presentados en la tabla anterior fueron obtenidos en base a datos estadísticos que indican la ocurrencia de brotes en un 70% durante la instalación de la tubería de perforación y la tubería de producción, el 25% durante la perforación y el 5% sin tubería dentro del pozo.

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Los datos estadísticos demuestran que donde la tubería de revestimiento está a menos de 600 m y la presión máxima permisible a la fractura se rebasa al producirse un brote, se ocasionara un reventón subterráneo, pudiendo alcanzar la superficie fluyendo por fuera de la tubería de revestimiento y paredes del pozo. La probabilidad de ocurrencia se puede incrementar cuando han existido problemas durante la cementación de las tuberías de revestimiento como canalización del cemento, pérdida de circulación y falla del equipo de bombeo, entre otros. Una vez jerarquizadas las fallas, se procedió de la misma manera y con la misma escala de valores de cada uno de los casos para los eventos de incendio y/o explosión:

En la tabla anterior se puede observar que este evento representa un alto grado de riesgo debido a que las consecuencias que pueden llegar a originarse pueden ser catastróficas, ya que pueden ocasionar daños irreversibles al personal y grandes pérdidas de producción, el índice de riesgo para este evento es considerado como severo debido a las consecuencias que este puede presentar, debiendo revisar procedimientos de ingeniería, de operación y administrativos en periodos de 3 a 12 meses. El nivel de riesgo que presentaría un incendio puede ser severo ya que de acuerdo a las estadísticas de los accidentes que se han presentado en las últimas décadas, el incendio es el fenómeno físico que se ha presentado con mayor frecuencia, ocasionando graves daños al entorno.

### **Identificación del peligro en Ductos:**

Para la identificación y jerarquización de riesgos en las **líneas de descarga y los ductos** se empleó la metodología HAZOP (análisis de peligros y operabilidad), la cual es una técnica desarrollada por la Imperial Chemical Industries (ICI) Industria Química Imperial y aceptada por el American Institute of Chemical Engineer (AIChE) Instituto Americano de Ingenieros Químicos, Environmental Protection Agency (EPA) Agencia de Protección Ambiental y la Occupational Safety and Health Administration (OSHA) Administración de la Seguridad y Salud Ocupacional, para la evaluación de riesgos en los términos de identificación de riesgos. Esta metodología se utilizó con la finalidad de tener una imagen clara de los riesgos que puedan presentarse en los ductos de estudio.

El análisis HAZOP se enfoca en puntos específicos del proceso u operación llamados secciono paso con respecto a los peligros o desviaciones del proceso. Después de haber seleccionados los "nodos", se emplean palabras guías las cuales se combinan con los parámetros seleccionados y de esta manera asegurar que toda las posibles desviaciones de los parámetros de proceso seanevaluadas, logrando con esto, mostrar la posible presencia de un riesgo ambiental (como una fuga o emisión de hidrocarburos, un incendio, o dispersión de gas toxico, que puedan afectar al personal, al ambiente o a las instalaciones).

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO**

Con el fin de tener una mayor sensibilidad de los riesgos de los ductos en estudio, como ya se señaló, se empleo el metodo de identificación de peligros: Analisis de Operabilidad y Riesgos (HAZOP), el cual fue desarrollado mediante un grupo interdisciplinario.

En el análisis HAZOP para los ductos de este estudio de riesgo ambiental, se consideraron los siguientes nodos de estudio:

<b>NODO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Línea de descarga
2	Ducto de 24" ø de diámetro

A continuación se mencionan las palabras guias seleccionadas con relación al gas que transportaran los ductos:

<b>PALABRA GUÍA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Más	Aumento
Menos	Disminución

Los parámetros que se relacionan con los hidrocarburos y los cuales fueron seleccionados, son los siguientes:

<b>PARÁMETROS</b>
Presión
Corrosión

Los demás parámetros y palabras guías de la metodología HAZOP, no son aplicables para transporte a través de ductos.

Como resultado de la aplicación del análisis HAZOP en los ductos, se identificaron los riesgos potenciales que se pueden dar de forma aislada o secuencial en función de su probabilidad de ocurrencia, de la magnitud y las condiciones atmosféricas imperantes en el momento en que estos pueden ocurrir; tales eventos se indican más adelante en este capítulo, en la matriz de jerarquización, con su nivel de riesgo.

Después de la identificación de riesgo se empleó la metodología de matriz para su jerarquización y obtener los índices de riesgo, la aplicación de dicha metodología, se realizó considerando la cantidad de material que puede ser liberado, los daños al proceso y sobre todo al ambiente.

Para la jerarquización de dichos nodos de estudio se utilizó la metodología de matriz de riesgo, en base a las siguientes tablas:

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Tabla 14. ÍNDICE DE CONSECUENCIA

RANGO	CONSECUENCIA	DESCRIPCIÓN
1	<i>Ligera</i>	Personal de operación: sin lesiones, daño que no resulta en pérdida de tiempo o inhabilitación. Ambiental: pequeña fuga de hidrocarburos, daños mínimos a propiedades y pérdidas de producción menores a USD \$10 000,00
2	<i>Moderada</i>	Personal de operación: lesión única o heridas ligeras, daño que no resulta en inhabilitación. Ambiental: considerable fuga de hidrocarburos, daños menores a propiedades que resulta en tiempo perdido de 1 a 10 días y perdidas de producción de USD \$10 000,00 y USD \$ 100 000,00
3	<i>Severa</i>	Personal de operación: extremadamente grave, daño severo, inhabilitación, lesiones múltiples o muertes. Ambiental: una gran fuga de hidrocarburos, daños mayores a propiedades que resulta en tiempo perdido de 90 días o más pérdidas de producción entre USD \$100 000,00 y USD \$ 1 000 000,00
4	<i>Catastrófica</i>	Muertes, daños irreversibles que resultan en tiempo perdido de más de 90 días y perdidas de producción mayores a USD \$ 1 000 000,00

Tabla 15. ÍNDICE DE FRECUENCIA

RANGO	CONSECUENCIA	DESCRIPCIÓN
1	<i>Extremadamente raro</i>	Es probable que ocurra una vez en más de 30 años.
2	<i>Raro</i>	Es probable que ocurra una vez en más de 15 y hasta 30 años o durante la vida útil de la instalación.
3	<i>Poco frecuente</i>	Es probable que ocurra una vez entre 1 y 15 años.
4	<i>frecuente</i>	Es probable que ocurra una vez al año o menos.

MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN DE RIESGO  
INDICE DE FRECUENCIA -VS- INDICE DE CONSECUENCIA

FRECUENCIA		CONSECUENCIA			
		LIGERA	MODERADA	SEVERA	CATASTRÓFE
		1	2	3	4
Frecuente	4	4	8	12	16
Poco frecuente	3	3	6	9	12
Raro	2	2	4	6	8
Extremadamente raro	1	1	2	3	4

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Tabla 16. ÍNDICE DE RIESGO

	NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN
1,2,3 4, 6	<i>Bajo</i>	Riesgo mínimo; no se requiere medidas de mitigación y batimiento.
	<i>Ligero</i>	Se debe revisar que los procedimientos de ingeniería y control se estén llevando a cabo en forma correcta.
8, 9 12, 16	<i>Moderado</i>	Se debe revisar tanto procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar en un periodo de 3 a 12 meses.
	<i>Grave</i>	Se deben revisar tanto procedimientos de ingeniería como administrativos y en su caso modificar en un periodo de 3 a 6 meses.

De la metodología anterior (Hazop) se obtuvieron los siguientes índices de riesgo:

MATRIZ DE RIESGO

DUCTOS					
NODO	EVENTO	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	INDICE DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO
1	Fuga de gas por orificio, originado por corrosión externa.	2	3	6	Ligero
2	Fuga de gas por orificio, originado por corrosión interna, en Oleogasoducto 24"Ø de cabezal a Estación de Recolección	2	3	6	Ligero

La descripción detallada de estos eventos se localiza en anexos de este mismo estudio

### ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

De dichos nodos, se simularon los correspondientes a un DUCTO de manera genérica, encontrándose este, del pozo al cabezal, del cabezal al ducto y del ducto a la Estación de Recolección. (Todos del mismo yacimiento, se utiliza la misma cromatografía y las condiciones de operación más altas para la simulación).

Se tomaron orificios de 0.275", 0.375", 1"Ø, ya que son los tamaños que en la mayoría de los casos de fuga, se han presentado con base en la información proporcionada por el Activo Integral, por corrosión externa, y el tamaño de 1.5"Ø, como representativo de una rotura por falla de material o por corrosión interna severa.

Asimismo se seleccionaron aquellos eventos que representan un mayor riesgo de acuerdo con la metodología y la experiencia, que puede ocurrir en la vida útil de los ductos, estos eventos se describen a continuación:

#### **Evento Ductos 1**

Fuga de gas en la línea de descarga 8"Ø del pozo al cabezal, a través de un orificio de 0.375"Ø, ocasionado por corrosión externa.

#### **Evento Ducto 2**

Fuga de gas en la línea de descarga de 8"Ø del pozo al cabezal, a través de un orificio de 1"Ø, ocasionado por golpes de agentes externos, represionamientos o vandalismo.

#### **Evento Ducto 3**

Fuga de gas a través de un orificio de ¼"Ø en el cuerpo del ducto de 24"Ø, ocasionado por corrosión externa.

#### **Evento Ducto 4**

Fuga de gas a través de un orificio de 1.5"Ø en el cuerpo del ducto de 24"Ø, ocasionado por corrosión externa.

#### **Evento Ducto 5**

Formación de una nube toxica de ácido sulfhídrico (0.806%) en una mezcla de hidrocarburos gaseosos por una fuga de la tubería de una línea de descarga de 8"Ø.

Para todos los eventos, se considera que la fuente de ignición, se origina debido a algún punto caliente, derivado de trabajos adyacentes que se encuentran realizando en ese momento o por quema de pastizales.

**2. Se considera un derrame de un hidrocarburo fase aceite en cuerpos de agua**

Las situaciones de riesgo analizado consisten en estimar la extensión de la mancha de hidrocarburo fase aceite en los cuerpos de agua, provenientes de una fuga de alguno de los ductos.

Dado que existen ductos que cruzan por los cuerpos de agua la estimación de la mancha de aceite se realizó para cauces y lagunas.

**Modelo empleado**

Se emplea para determinar la extensión de la mancha de aceite, el modelo de Fay (1971), el cual considera la extensión del derrame como resultado de un movimiento inercial, viscoso y de tensión superficial que se presenta en el fluido de un volumen de aceite. Las ecuaciones que describen cada uno de estos componentes son:

	<b>Unidimensional</b>	<b>Bidimensional</b>
<b>Inercial</b>	$L = K_i (\Delta g A t^2)^{1/3}$	$R = K_{2i} (\Delta g V t^2)^{1/4}$
<b>Viscoso</b>	$L = K_v \left( \frac{\Delta g A^2 t^{3/2}}{\mu^{1/2}} \right)^{1/4}$	$R = K_{2v} \left( \frac{\Delta g V^2 t^{3/2}}{\mu^{1/2}} \right)^{1/6}$
<b>Tensión superficial</b>	$L = K_t \left( \frac{\sigma^2 A^3}{\rho^2 \mu} \right)^{1/4}$	$R = K_{2t} \left( \frac{\sigma^2 t^3}{\rho^2 \mu} \right)^{1/4}$

Donde:

- Ki, Kv, Kt: coeficiente de escurrimiento:
- i: inercial; v; viscoso; t de tensión superficial
- L, R: longitud, radio de la mancha (m)
- g: aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)
- A: volumen de hidrocarburo por unidad de longitud normal al flujo (m<sup>3</sup>)
- V: volumen inicial del petróleo (m<sup>3</sup>)
- μ: viscosidad dinámica del agua (m<sup>2</sup>/s)
- σ: tensión superficial, (dyna/cm)
- ρ: densidad del agua (kg/m<sup>3</sup>.)

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Para la estimación de la mancha de aceite sobre una laguna, se determinó el diámetro máximo como:

$$R_{\max} = 72.5V^{3/8}$$

Donde:

$R_{\max}$ : radio máximo de la macha de aceite (ft)  
V: Volumen derramado (galones)

El tiempo (t) para alcanzar este diámetro es:

$$t = \frac{34}{u^{2/3}} V^{1/2}$$

Donde:

V: Volumen derramado (galones)  
u: coeficiente de dispersión (dynas/cm)

**Tabla 17.** Valores empleados

a) Coeficiente de escurrimiento

	1D	2D
Ki	1.5	1.14
Kv	1.5	1.45
Kt	1.3	2.3

b) Parámetros de fluido

$\mu$ (m <sup>2</sup> /s)	$\sigma$ (dyna/cm)	u (dyna/cm)
1.12E-06	0.367	35

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

**Volumen derramado**

El volumen derramado se estimó como el producto de: a) flujo a descarga completa de una tubería de 8 in y b) descarga de un orificio de 0.5 in de diámetro.

La duración del derrame se estimó en una hora, intervalo de tiempo en que se revisan los registradores de flujo, como procedimiento de PEP, lo cual permite detectar una caída de presión o alteración en la producción y por tanto detectar una fuga.

**Escenarios simulados**

Se simuló el avance de una mancha de hidrocarburo fase líquida (aceite) en cuerpos lóticos y lenticos.

Para el caso del derrame en un cauce (río) es importante el ancho del cauce, mientras que para una laguna, se considera que este no es limitante por lo que el aceite puede escurrir y extenderse sobre la superficie de la misma.

Para conocer la extensión de la mancha de aceite en un cuerpo de agua, se seleccionaron dos anchos (ancho máximo y ancho mínimo) de cauce, y se ubicaron los cuerpos lenticos (lagunas) y la cantidad de ellos por donde cruzan los ductos.

La tabla siguiente muestra los volúmenes esperados para los escenarios considerados.

Tabla 18. Escenarios simulados para el derrame de hidrocarburo en cuerpos de agua dentro del área de estudio.

Escenario	Fuga (Ø de fuga, in)	Tiempo de fuga (min)	Volumen derramado (bls)	Lugar	Ancho de Cauce (m)
1	8	60	76.188	Cauce de ancho máximo	150
2	0.5	60	4.96	Cauce de ancho máximo	150
3	8	60	76.188	Cauce de ancho mínimo	42
4	0.5	60	4.96	Cauce de ancho mínimo	42
5	8	60	76.188	Laguna	
6	0.5	60	4.96	laguna	

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Se simularon seis escenarios que resultan de las combinaciones de los anchos de cauces por donde cruzan los ductos con el volumen derramado, así como el volumen derramado para las lagunas.

Para considerar el transporte advectivo, se propusieron dos valores de velocidad del agua 0.1 m/s y 0.2 m/s.

**Resultados**

Los escenarios simulados corresponden a los indicados en la Tabla 18.

Los resultados se presentan por escenario simulado, en la Tabla 19. Para los cauces se consideró el avance productivo de la velocidad del agua, para lo cual se consideraron dos casos para los escenarios 1 a 4.

Los escenarios 5 y 6 (derrame en lagunas) se presentan en la Tabla 20.

Tabla 19. Longitud de la mancha de aceite para los diferentes escenarios propuestos (en metros)

		V=0.1 m/s				V=0.2 m/s			
		Escenarios							
Tiempo		1	2	3	4	1	2	3	4
(h)	(min)	Cauce ancho máximo	Cauce ancho máximo	Cauce ancho mínimo	Cauce ancho mínimo	Cauce ancho máximo	Cauce ancho máximo	Cauce ancho mínimo	Cauce ancho mínimo
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	45	22	66	30	51	28	72	36
0	5	145	76	206	101	175	106	236	131
.									
.									
.									

**Ríos.**

De acuerdo con la tabla anterior, para una fuga de 76.288 m<sup>3</sup> de aceite, la extensión de la mancha de aceite para una velocidad superficial del agua de 0.1 m/s, se estima que alcance 559 m en el máximo ancho del cauce considerado y 760 m para el cauce de ancho menor, (escenarios 1 y 3), dentro de los primeros 30 min. De presentada la fuga. De mantenerse en movimiento en aceite sobre el cuerpo de agua, esta macha se extendería hasta 1619 m y 2109 m para un tiempo de dos horas de transcurrida la fuga, respectivamente.

Estas extensiones se incrementaría si el aceite continuara en movimiento o si la velocidad del agua en el cauce fuese mayor (Tabla 19, V=0.2 m/s).

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Las afectaciones en caso de presentarse un derrame, se presentarían principalmente en tramos de cauce con asentamientos de comunidades ribereñas.

En todos los casos, es importante que los tiempos de respuesta para atender una fuga, cierre de válvulas y aislamiento del aceite para impedir que se extienda, sean mínimos para reducir la extensión de la afectación.

**Lagunas**

Tabla 20. Radio de la mancha de aceite

Escenario		Laguna	Laguna
(h)	(min)	5	6
0	0	0	0
0	1	46	23
0	5	52	52
0	10	146	74
0	30	253	128
1	60	358	181
1.9	115	495	250

La mancha de aceite se espera que sea de forma circular, deformándose en función de las dimensiones de la forma de la laguna.

Los radios máximos que alcanzarían las manchas de aceite serían de 981 m para un volumen derramado de 76.188 m<sup>3</sup> (escenario 5) y 250 m para un volumen derramado de 4.96 m<sup>3</sup> (escenario 6). Los tiempos para alcanzar esta distancia son de 451 min y 115 min, respectivamente.

El derrame de aceite en una laguna afectara principalmente a comunidades de asentamientos humanos asentadas en las márgenes del cuerpo de agua.

Es importante señalar que solo se está evaluando la extensión de la mancha de aceite, y asociado a esto las áreas potenciales afectadas.

**Conclusiones y recomendaciones.**

Las distancias estimadas a alcanzar por un derrame de 76.188 m<sup>3</sup> de aceite en ríos con una velocidad de 0.1 m/s, sería de:

- a) 242 m para los primeros 10 min. De fuga (ancho máximo).
- b) 559 m para los primeros 30 min. De fuga en el (ancho máximo).
- c) 962 m para los primeros 60 min. de fuga en el (ancho máximo).
- d) 339 m para los primeros 10 min. De fuga en el (ancho mínimo).
- e) 760 m para los primeros 30 min. De fuga en el (ancho mínimo).
- f) 1280 m para los primeros 60 min. De fuga en el (ancho mínimo).

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

En los ríos, la extensión de la mancha de aceite será mayor para una mayor velocidad del agua.

Los radios máximos que alcanzarían las manchas de aceite en las lagunas serían de 981 m para un volumen derramado de 76.188 m<sup>3</sup> y 250 m para un volumen derramado de 4.96 m<sup>3</sup>. Los tiempos para alcanzar estas distancias son de 451 min y 115 min, respectivamente.

En las lagunas, la extensión de la mancha variará también de acuerdo con la forma y tamaño de la laguna en el punto de derrame.

En ambos casos, ríos y lagunas, las manchas podrán extenderse aun más, debido a la presencia de vientos y velocidad de los mismos.

En cualquiera de los escenarios simulados, se recomienda una respuesta inmediata para el control y recuperación, para minimizar la dispersión del hidrocarburo y una mayor afectación a la vida acuática.

**3. Un derrame de un líquido que se evapora o penetración a las capas de suelo, en caso de hidrocarburos en estado líquido.**

***El simulados de flujo y transporte de hidrocarburos fase aceite en un medio poroso no saturado (zona vadosa).***

Se simula el proceso de flujo y transporte de hidrocarburo fase aceite en un medio poroso no saturado (zona vadosa).

Para un supuesto de referencia, la fuente de hidrocarburo en una tubería por la cual circulan 14 000 BPD. Este volumen de aceite diario es el equivalente al deshidrato por la planta "Planta Deshidratadora Samaria II", información proporcionada por PEP.

El programa para simular el flujo y transporte empleado en el HSSM (Hydrocarbon Spill Screening Model), el cual simula el flujo de líquidos en fase no acuosa (DNAPL's). estos líquidos pueden ser menos densos que el agua (LNAPL's) o más densos que ella (DNAPL's), Weaver et al. 1997

En el caso del presente análisis, se trabajó como un LNAPL, debido a que la caracterización de aceite crudo correspondiente a los campos SEN, LUNA y PJIJE, presentan densidades de 0.819, 0.786 y 0.82, respectivamente.

Con base la información proporcionada, se estima un derrame de un volumen de 4,293m<sup>3</sup> (1134094 gal), que conduce al aceite, de acuerdo con la guía propuesta por SEMARNAT, de riesgo novel 0 (cero).

El programa HSSM se basa en una conceptualización simplificada de un derrame LNAPL. En la siguiente figura se muestra la geometría supuesta para el escenario evaluado por el programa HSSM.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

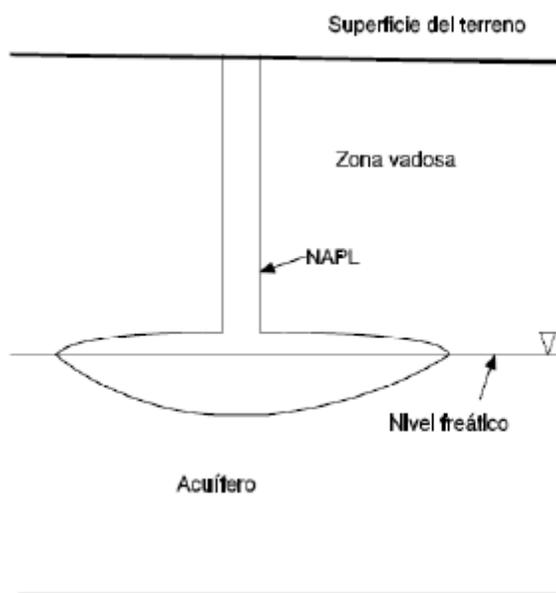


Figura 1. Supuesto para escenario evaluado

Dentro del modelo HSSM, el LNAPL sigue una trayectoria unidimensional desde la superficie hasta el nivel freático. Las propiedades del subsuelo se consideran como uniformes. El LNAPL está formado por dos componentes: uno es la fase LNAPL y la otra es el compuesto químico de interés, que en este caso no se evaluó debido a la falta de información. En el nivel freático el LNAPL se esparce radialmente, lo que implica que el gradiente regional no tiene ningún efecto sobre el flujo del LNAPL. La disolución del compuesto químico obedece a la participación por equilibrio local, pero es movido por el flujo del agua subterránea y el agua de recarga que alcanza el nivel freático.

### Escenarios Simulados.

Se simulan dos escenarios, correspondientes a dos tipos de suelos: Arenosoles y Gleysoles. En ambos casos se plantea la presencia de un nivel saturado a 2m de profundidad.

Para cada uno de estos suelos se simula como condición crítica, la presencia de un charco de aceite (petróleo crudo), derivado de la fuga de una tubería. El aceite se infiltra a través de la superficie del terreno, alcanzando una profundidad máxima en el punto del derrame, de acuerdo con el esquema mostrado anteriormente.



ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

1.b) Propiedades físicas del aceite.

**Parámetros de la Fase de Hidrocarburos**

**PROPIEDADES DE LA FASE DE HIDROCARBUROS**

Densidad del NAPL (g/cm <sup>3</sup> )	.8190
Viscosidad din. NAPL (cp)	2.13
Solubilidad del Hidrocarburo (mg/l)	65
Sat. res. NAPL en Acuífero	0.33
Sat. res. NAPL en Zona vadosa	0.15
Coef. part. suelo/agua (l/kg)	.8300E-01
Tens. superf. NAPL (dina/cm)	35.00

**PROPIEDADES DE COMPUESTOS DISUELTOS**

Existe Compuesto Disuelto

Conc. inic. comp. en NAPL (mg/l)	.8208
Coef. partición NAPL/agua	.311.0
Coef. partición suelo/agua (l/kg)	.8300E-01
Solubilidad compuesto (mg/l)	1750.
<input type="checkbox"/> Vida med. Compuesto en acuíf.	0.0

Archivo: D:\HSSM\ARENOSOL\ARENOSOL.D. **ACEPTAR**  
 Activar comprobación de rango **CANCELAR**

**DERRAME DE HIDROCARBUROS**

Flujo especificado  
 Volumen/Área especificado  
 Encharcamiento de carga const.  
 Encharc. var. desp. carga const.

Flujo de NAPL (m/d)	0
Tiempo de inicio (d)	0
Tiempo de terminación (d)	25
Profundidad encharcamiento (m)	0.5
Volumen/Área del NAPL (m)	0
Prof. inf. zona NAPL (m)	0

1.c) Parámetros de la simulación.

**Parámetros de Simulación**

**PARAMETROS DE CONTROL DE SIMULACION**

Radio fuente de la lente NAPL (m)	3
Factor de multiplicación del radio	1.001
Sat. máx. NAPL en lente NAPL	.3236
Tiempo term. simulación (d)	2000
Interv. máx. tiempo solución (d)	10
Tiempo mínimo entre intervalos de tiempo impresos (d)	.1000

Archivo: D:\HSSM\ARENOSOL\ARENOSOL.D. **ACEPTAR**  
 Activar comprobación de rango **CANCELAR**

**PERFILES DE LA LENTE NAPL**

Introduzca tiempo (d) para cada uno de hasta 10 perfiles

1	100.0
2	500.0
3	3.000
4	5.000
5	10.00
6	20.00
7	500.0
8	
9	
10	

Número de perfiles:

**Criterio de terminación de Simulación OILENS**

Tiempo especificado por usuario  
 Esparcido de la lente NAPL se para  
 Flujo máx. masa contaminante al acuífero  
 Contaminante lixiviado de la lente

Fracción de masa remanente:

**PARAMETROS DEL MODELO HSSM-T**

Porc. máx. radio contam. (%)	101.0
Concentración min. de salida (mg/l)	.1000E-02
Tiempo de inicio (d)	10.0
Tiempo de terminación (d)	5000.
Incremento de tiempo (d)	50.00

**LOCALIZACION POZOS RECEPTORES**

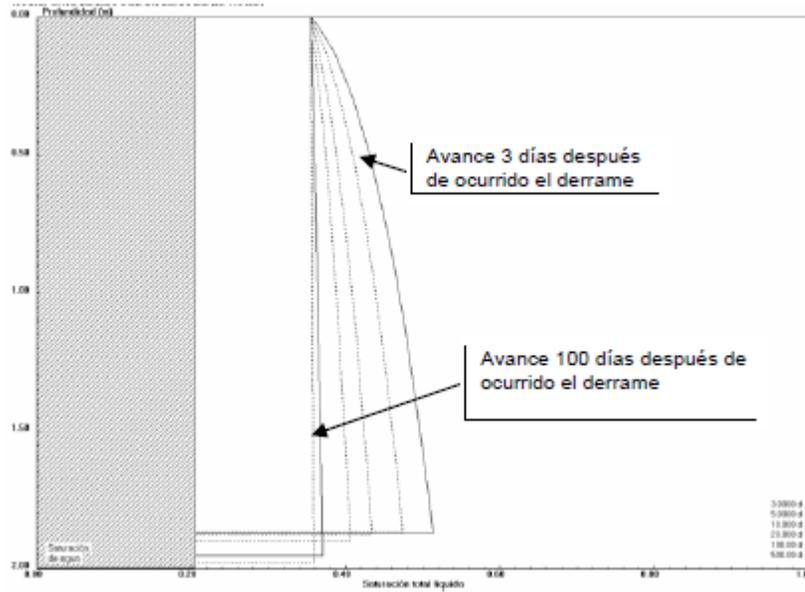
Introduzca coordenadas para cada uno de hasta 6 pozos

Número de pozos:

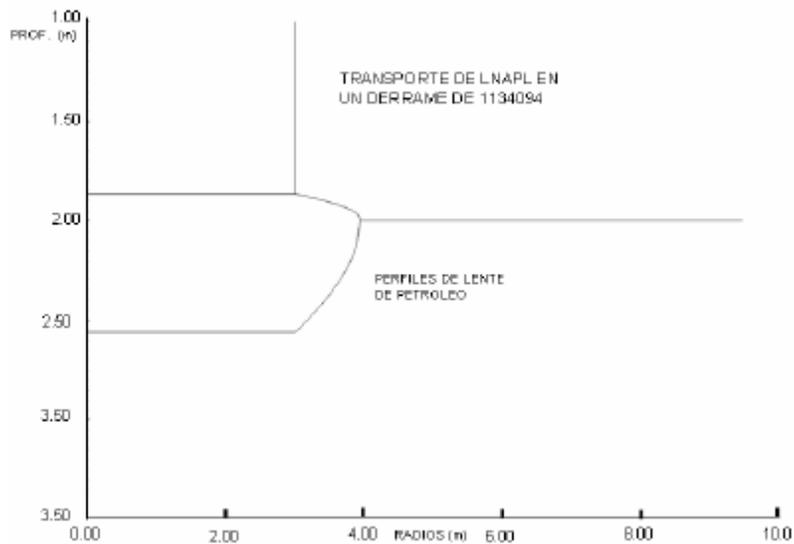
	X (m)	Y (m)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

1.d) Resultado del avance a saturación del hidrocarburo para un suelo arenoso.



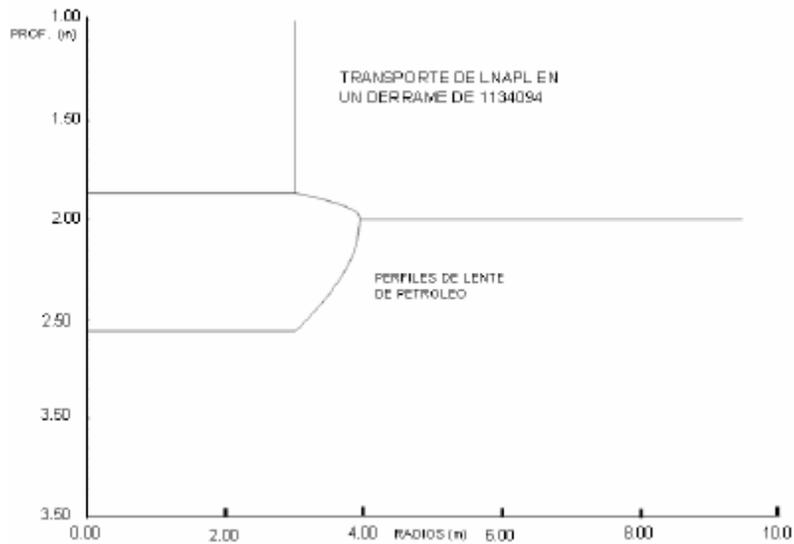
1.e) Resultado del lente de aceite formado sobre el acuífero a tres y cien días de ocurrido el derrame.



ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

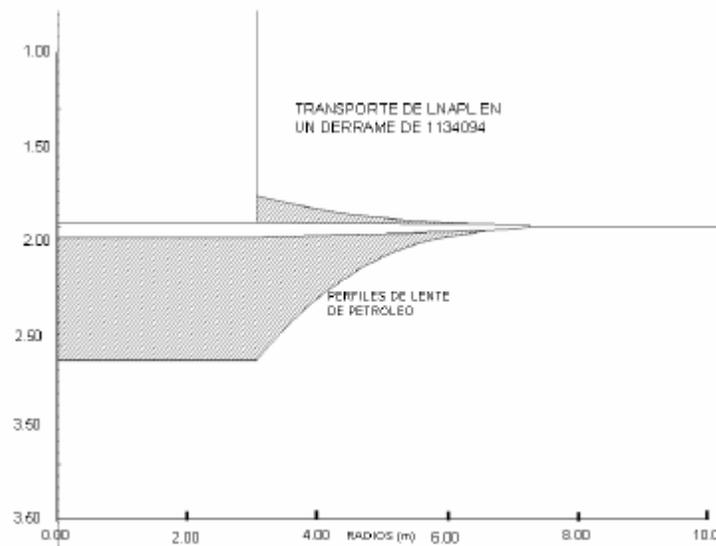
1.f) Resultado del lente de aceite formado sobre el acuífero a 10 días de ocurrido el derrame.

El lente de aceite ya comenzó a desplazarse horizontalmente.



1.g) Resultado del lente de aceite formado sobre el acuífero a 500 días de ocurrido el derrame.

El lente se ha desplazado horizontalmente, dejando impregnado con aceite parte del acuífero.

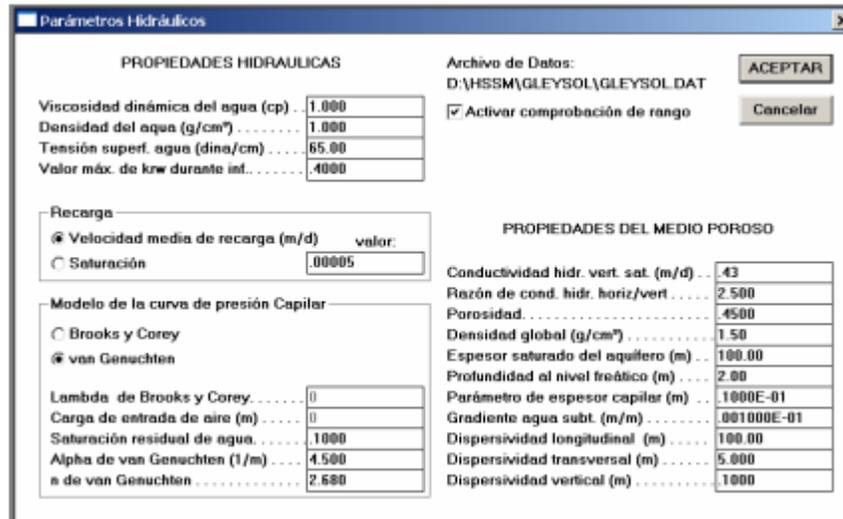


ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

ESCENARIO 2

Se simula el proceso de flujo y transporte en un suelo Gleysol

2.a) Parámetros hidráulicos empleados en el programa HSSM.



**Parámetros Hidráulicos**

Archivo de Datos: D:\HSSM\GLEYSOL\GLEYSOL.DAT

Activar comprobación de rango

**PROPIEDADES HIDRAULICAS**

Viscosidad dinámica del agua (cp)	1.000
Densidad del agua (g/cm³)	1.000
Tensión superf. agua (dina/cm)	65.00
Valor máx. de k <sub>rw</sub> durante int.	.4000

Recarga:

Velocidad media de recarga (m/d) valor: .00005

Saturación

Modelo de la curva de presión Capilar:

Brooks y Corey

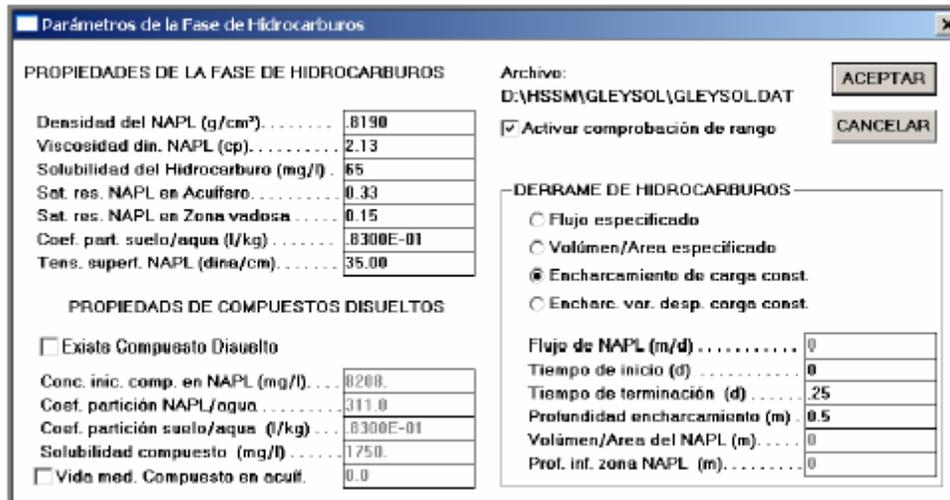
van Genuchten

Lambda de Brooks y Corey	0
Carga de entrada de aire (m)	0
Saturación residual de agua	.1000
Alpha de van Genuchten (1/m)	4.500
n de van Genuchten	2.600

**PROPIEDADES DEL MEDIO POROSO**

Conductividad hidr. vert. sat. (m/d)	.43
Razón de cond. hidr. horiz/vert	2.500
Porosidad	.4500
Densidad global (g/cm³)	1.50
Espesor saturado del acuífero (m)	100.00
Profundidad al nivel freático (m)	2.00
Parámetro de espesor capilar (m)	1000E-01
Gradiente agua subt. (m/m)	.001000E-01
Dispersividad longitudinal (m)	100.00
Dispersividad transversal (m)	5.000
Dispersividad vertical (m)	1000

2.b) propiedades físicas del aceite.



**Parámetros de la Fase de Hidrocarburos**

Archivo: D:\HSSM\GLEYSOL\GLEYSOL.DAT

Activar comprobación de rango

**PROPIEDADES DE LA FASE DE HIDROCARBUROS**

Densidad del NAPL (g/cm³)	.8190
Viscosidad din. NAPL (cp)	2.13
Solubilidad del Hidrocarburo (mg/l)	65
Sat. res. NAPL en Acuífero	0.33
Sat. res. NAPL en Zona vadosa	0.15
Coef. part. suelo/agua (l/kg)	.8300E-01
Tens. superf. NAPL (dina/cm)	35.00

**PROPIEDADES DE COMPUESTOS DISUELTOS**

Existe Compuesto Disuelto

Conc. inic. comp. en NAPL (mg/l)	0.200
Coef. partición NAPL/agua	0.110
Coef. partición suelo/agua (l/kg)	0.300E-01
Solubilidad compuesto (mg/l)	1.750
Vida med. Compuesto en acuíf.	0.0

**DERRAME DE HIDROCARBUROS**

Flujo especificado

Volumen/Área especificado

Encharcamiento de carga const.

Encharc. var. desp. carga const.

Flujo de NAPL (m/d)	0
Tiempo de inicio (d)	0
Tiempo de terminación (d)	25
Profundidad encharcamiento (m)	0.5
Volumen/Área del NAPL (m)	0
Prof. inf. zona NAPL (m)	0

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

2.c) Parámetros de la simulación.

**Parámetros de Simulación**

**PARAMETROS DE CONTROL DE SIMULACION**

Radio fuente de la lente NAPL (m) ... 3  
 Factor de multiplicación del radio. ... 1.001  
 Sat. máx. NAPL en lente NAPL. .... .3236  
 Tiempo term. simulación (d) ..... 2000  
 Interv. máx. tiempo solución (d) ..... 10  
 Tiempo mínimo entre intervalos de tiempo impresos (d) ..... 1.000

Criterio de terminación de Simulación OILENS

Tiempo especificado por usuario  
 Esparcido de la lente NAPL se para  
 Flujo máx. masa contaminante al acuífero  
 Contaminante lixiviado de la lente

Fracción de masa remanente. ... 1.000E-01

Archivo: D:\HSSM\GLEYSOL\GLEYSOLDAT **ACEPTAR**  
 Activar comprobación de rango **CANCELAR**

**PERFILES DE LA LENTE NAPL**

Introduzca tiempo (d) para cada uno de hasta 10 perfiles

1	100.0
2	1000.0
3	3.000
4	5.000
5	10.00
6	20.00
7	500.0
8	
9	
10	

Número de perfiles 7

**PARAMETROS DEL MODELO HSSM-T**

Porc. máx. radio contam. (%) ..... 101.0  
 Concentración min. de salida (mg/l) ... 1.000E-02  
 Tiempo de inicio (d) ..... 10.0  
 Tiempo de terminación (d) ..... 5000.  
 Incremento de tiempo (d) ..... 50.00

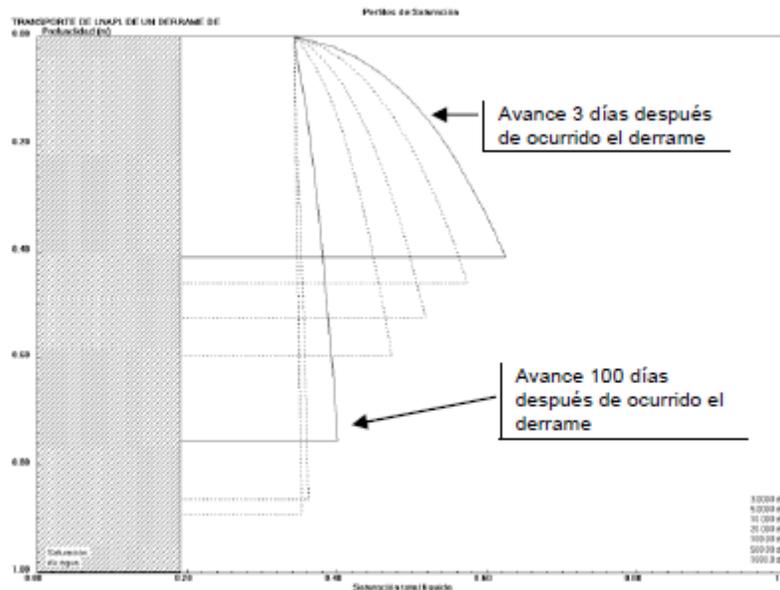
**LOCALIZACION POZOS RECEPTORES**

Introduzca coordenadas para cada uno de hasta 6 pozos

	X (m)	Y (m)
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Número de pozos

2.d) Resultado del avance a saturación del hidrocarburo para un suelo Gleysol.



2.e) Resultado del lente de aceite formado sobre el acuífero a tres y cien días de ocurrido el derrame.

## **DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARA EL PROGRAMA HSSM.**

Los suelos arenosos representan áreas de riesgo alto para el derrame de hidrocarburos líquidos (aceites), debido a su alta permeabilidad. En el escenario evaluado, se propuso una profundidad al nivel freático (acuífero) de 2m, el cual se alcanzó en menos de tres días.

Para el caso de los suelos Gleysols, menos permeable que las arenas, con las condiciones impuestas, muestran que a los tres días de ocurrido el derrame de aceite, se ha saturado hasta 40cm de profundidad, las mismas propiedades de estos suelos, hacen que aun después de 100 días, la zona saturada con aceite aun no pasaría los 80 cm de profundidad. En este caso, el acuífero aun no presentaría una acumulación de aceite en su superficie, lo cual ya habría ocurrido en las arenas.

En el caso de presente algún descontrol, o desastre, en alguna instalación, estas son atendidas de manera inmediata.

**El simulador empleado para el evento de la instalación del Tanque de almacenamiento es el software SCRI-FIRE Versión 1.0 para cada escenario planteado.**

Los riesgos de fuego y explosión en áreas con infraestructura bien definidas de procesos, como son las de almacenamiento de materiales flamables o explosivos, como es el caso de los tanques de almacenamiento, emplea el software SCRI-FIRE Versión 1.0 para cada caso simulado.

Por el tipo de estructura y almacenamiento se pueden presentar cuatro tipos esenciales de fuero.

- Chorro de fuego (Jet Fire)
- Bolas de fuego como resultado de las explosiones de vapor por expansión de líquidos en ebullición (BIEVES)
- Fuegos resultados de explosión
- Fuegos en derrames de líquidos Pool FIRE

### **Fuego en Derrames o Pool Fire.**

Los fuegos en derrames tienden a ser bien localizados y la preocupación principal es definir el potencial de efectos domino y las zonas de seguridad para los empleados, más que por riesgos a la comunidad. Los efectos primarios de tales de fuegos son debido a la radiación termina de la fuente.

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Los temas de espaciamiento entre tanque y entre plantas, aislantes térmicos y especificaciones de paredes contra fuego se pueden dirigir sobre la base de análisis de consecuencias específicas para un rango de escenarios posibles de fuego en derrames.

### **Fuegos en encharcamientos de líquidos (BLEVE).**

Un fuego en encharcamiento de líquido se define como un fuego que involucra una cantidad de combustible líquido tal y como la gasolina derramada sobre la superficie del terreno o sobre el agua. Como en los casos anteriores, los peligros principales para las personas o propiedades incluyen la exposición a la radiación térmica y/o los productos tóxicos o corrosivos de la combustión. Una complicación adicional es que el combustible líquido puede fluir, dependiendo del terreno, de manera descendente hacia las alcantarillas, drenajes, aguas superficiales y otros recipientes. Han existido casos en los que tales fuegos han encendido otros materiales combustibles en el área o han causado BLEVEs de contenedores sometidos al fuego. En ocasiones, los charcos de líquido encendido flotando sobre el agua, han entrado a través de las tomas de agua de instalaciones industriales y ocasionando fuegos y explosiones internos.

Es importante señalar que cualquier tipo de instalación en donde se concentren o distribuyan inflamables o materiales peligrosos puedan presentar riesgos de incendio, están sujetos a las siguientes características.

### **Medidas de potencial de inflamabilidad.**

Sin necesidad de mencionarlo, es bien sabido que algunos materiales son mucho más fáciles de encender que otros. Algunos solamente requieren de una chispa, como el combustible de gas propano o LP de una estufa, mientras que otros, como un pedazo de granito, no se enciende ni, aunque se coloque bajo un soplete de soldar. Las medidas más comunes del potencial de inflamabilidad de los materiales que son inflamables o combustibles son:

- 1) Puntos de ignición o “flash points”
- 2) Límites inferiores de inflamabilidad o de explosión;
- 3) Límites superiores de inflamabilidad o de explosión; y
- 4) Temperaturas de autoignición.

Estos datos se encuentran disponibles en diversos manuales y bases de datos de materiales peligrosos si se conocen y se listan normalmente en las hojas de seguridad de materiales (HSM) de compañías químicas.

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Los expertos en seguridad contra incendios y combustión pueden también considerar los requerimientos de energía para la combustión, punto de incendio, todas de dispersión de flama, y tasas de generación de calor y humo de los materiales, al evaluar sus características de inflamabilidad, pero para el propósito de este documento no se requiere conocer estos atributos y las fuentes de información apropiada no se encuentran fácilmente disponibles al público en general para una gran cantidad de sustancias.

### **Límites de inflamabilidad y explosividad.**

Es bastante bien conocido que la combustión no puede tener lugar en ausencia de una cantidad mínima de oxígeno, ya que se encuentre disponible en el aire mezclado con los gases o vapores emanados de una sustancia combustible o de un componente interno del combustible. De la misma forma, debe haber suficientes vapores o gases combustibles disponibles en la mezcla aire-combustible para soportar y sostener la combustión. Así. Existen límites inferiores y superiores asociados con las concentraciones del combustible en el aire que se incendian y permiten que las flamas se dispersen alejándose de la fuente de ignición (permiten que las flamas se propaguen). Las concentraciones de combustible por debajo del límite inferior, contienen una cantidad insuficiente de combustible para encender y propagar su flama y se les conoce como demasiado ligeras para arder. Aquellas que se encuentran por encima del límite superior son consideradas demasiado ricas para encender, esto es, contiene demasiado combustible y/o muy poco oxígeno, como es el caso de un motor de automóvil que se encuentra "ahogado".

La concentración mínima de un vapor o gas en el aire que puede incendiarse y propagar flama se conoce como su concentración límite inferior de inflamabilidad (LII) o su concentración límite inferior de explosividad (LIE) y usualmente se expresa como un porcentaje por volumen de los vapores combustibles en el aire. Las palabras inflamabilidad y explosividad se utilizan de manera intercambiable, de tal forma que los valores LII son típicamente iguales a los valores LIE en la literatura. La razón de esto es que la concentración de un combustible que arde en el aire también es de esperarse que explote bajo condiciones apropiadas. Esta suposición es aproximadamente verdadera para algunos combustibles (donde los valores LIE precisos pueden ser ligeramente verdadera para algunos combustibles (donde los valores Lie precisos pueden ser ligeramente mayores que los valores LII), pero se ha vuelto ampliamente aceptada a través de décadas de uso.

De manera similar el caso anterior, la concentración máxima de un gas o vapor en el aire que puede incendiarse y propagar flama se conoce como límite superior de inflamabilidad (LIS) o límite superior de explosividad (LSE) del combustible. De nuevo, las palabras inflamabilidad y explosividad se usan comúnmente de forma intercambiable.

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Los valores de LII o LIE se relacionan con los puntos de ignición de las sustancias combustibles en que el punto de ignición es en teoría la temperatura a presión atmosférica a la que una sustancia debe elevarse para producir una concentración de gas o vapor sobre su superficie equivalente a su concentración LII o LIE. Esta relación no siempre se observa en la práctica, sin embargo, a causa de que el equipo y procedimiento de medio del punto de ignición, como se mencionaba anteriormente, no siempre predicen valores precisos.

Los límites de inflamabilidad o explosividad que se encuentran en la literatura son usualmente mediciones hechas a temperaturas y presiones atmosféricas normales, a menos que se indique de otra forma. Tome nota que puede haber una variación considerable en estos límites a presiones o temperaturas por arriba o por debajo de las normales.

El efecto de un incremento en la temperatura o presión es el reducir el límite inferior e incrementar el límite superior. Las disminuciones en la temperatura o presión tienen el efecto opuesto.

Como una nota final, es también importante la apreciación de que ciertos sólidos, cuando se dispersan en el aire como polvos finos, también pueden ser capaces de arder o explotar al encontrar una fuente de ignición adecuada. Algunos ejemplos incluyen el polvo de carbón que se produce en operaciones mineras, el polvo del grano que se produce en los silos durante las operaciones de almacenamiento o transferencia y la harina producida en la operación de un molino. Los límites inflamabilidad o explosividad para materiales sólidos se expresan usualmente en unidades de sólido presente en un volumen específico de aire.

### **Temperaturas de autoignición.**

La temperatura de ignición o autoignición (TAI) de una sustancia, ya sea sólida, líquida o gaseosa, es la temperatura mínima para iniciar o causar una combustión autosostenida en ausencia de chispa o flama. Estas temperaturas deben ser vistas como aproximaciones, aún más que los puntos de ignición o límites de inflamabilidad, debido a los muchos factores que pueden afectar el resultado de las pruebas. De hecho, debemos notar que muchos de los valores que se encuentran actualmente en la literatura fueron determinados utilizando métodos de prueba que ahora se consideran obsoletos. Los nuevos métodos adoptados por la ASTM demuestran frecuentemente temperaturas sustancialmente menores para el inicio de la combustión que métodos anteriores.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

**Medidas de los efectos de inflamabilidad.**

Es obvio que el contacto directo con una flama de cualquier tipo no es una buena idea durante cualquier periodo de tiempo prolongado debido a que el calor extremo puede incendiar los materiales combustibles o quemar severamente y destruir el tejido vivo. Lo que puede no entenderse completamente es que el fuego también puede causar daños o lesiones a distancia a través de la transmisión de la radiación térmica, de forma no muy distinta a como el sol caliente la tierra. Tal radiación, la cual es completamente distinta a la radiación nuclear, es más potente sobre la superficie de la flama y se debilita rápidamente al alejarse en cualquier dirección. En consecuencia, durante una fuga mayor de material peligroso en donde se involucren el fuego, los daños a la propiedad y las lesiones a las personas pueden ocurrir no solo en las áreas donde se encuentra el fuego, sino también en la zona que rodea el incendio.

SCRI FUEGO – Modelos de simulación para análisis de consecuencias por fuego y explosiones

Tabla 21. Criterios de lesiones por quemadura debido a la radiación térmica

kW/m <sup>2</sup>	BTU/hr-ft <sup>2</sup>	Tiempo para dolor severo (seg)	Tiempo para quemadura de 2° grado (seg)
1	300	115	663
2	600	45	187
3	1000	27	92
4	1300	18	57
5	1600	13	40
6	1900	11	30
8	2500	7	20
10	3200	5	14
12	3800	4	11

Fuentes:

- Buettner, K., "Efectos del frío y calor extremos sobre la piel humana, II. Temperatura superficial, dolor y conductividad de calor en experimentos con calor radiante", Fis: Ap. Vol. 3. P. 703, 1951.
- Metha, A.K., et al., "Medición de la inflamabilidad y potencial de combustión de tejidos", Reporte sumario a la Fundación Nacional de la Ciencia bajo concesión #GI-31881, Laboratorio de investigación de combustibles, MIT, Cambridge, Mass., 1973.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

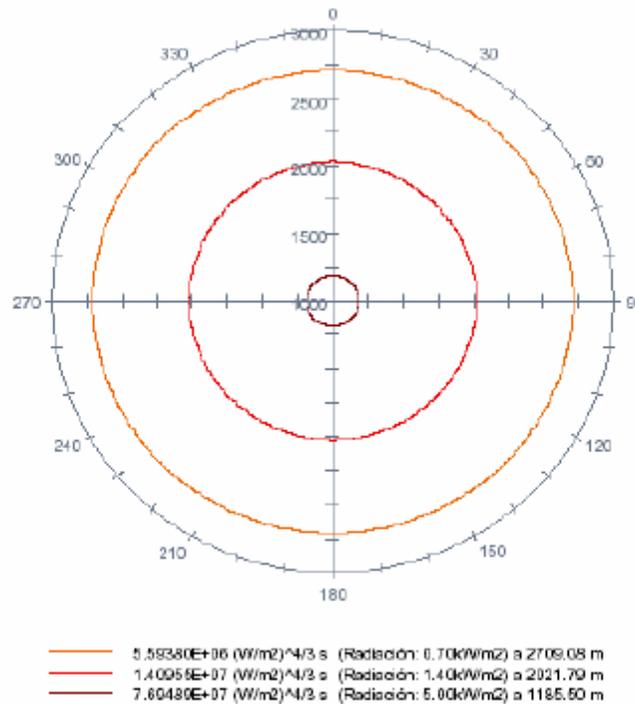
Simulación de los diferentes escenarios de condiciones de fuego que se pueden presentar dentro de las instalaciones que cuenten con infraestructura de tanque de almacenamiento de mezclas de hidrocarburo (50% Metano y 50% Naphtas).

ESCENARIO 1

**SIMULACIÓN DE LA FORMACIÓN DE UN BLEVE POR LA RUPTURA DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS.**

En el supuesto, se simula la formación de un BLEVE por la ruptura y fuga de un tanque de almacenamiento de MEZCLA de HIDROCARBUROS, considerando 50% metano y 50% naphtas. El volumen estimado almacenado es de 55,000 barriles de hidrocarburo, las dimensiones del tanque es un diámetro de 30m y una altura de 12.3m, localizado dentro del campo Secadero. El tiempo estimado de la fuga es de 15min. Las condiciones ambientales son: Estabilidad tipo D, 5 m/s de velocidad de viento, 25 C de temperatura ambiental, 80% de humedad y escenario industrial.

SIMULACION DE LA FORMACION DE UN BLEVE POR LA RUPTURA DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE METANO



Masa de la nube 3974500.00 kg Diámetro de Bola de Fuego: 916.73 m Tiempo de duración de Bola de Fuego: 32.72 s  
Datos calculados tomando en cuenta un tiempo de exposición de 900.00 s

---

ESCENARIO 2

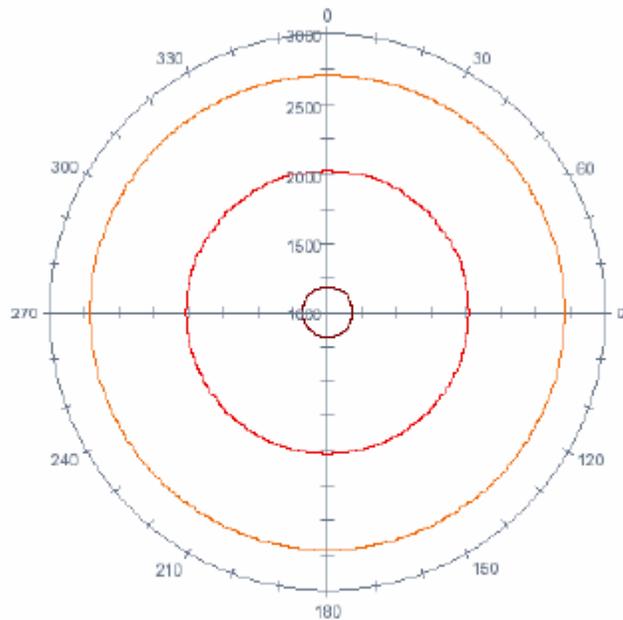
---

**SIMULACIÓN DE LA EXPLOSIÓN DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUOS.**

En el supuesto, se simula la formación de un tanque de almacenamiento de MEZCLA DE HIDROCARBUOS, considerando 50% metano y 50% naphas. El volumen estimado almacenado es de 55,000 barriles de hidrocarburo, las dimensiones del tanque es un diámetro de 30m y una altura de 12.3m, localizado dentro del campo Secadero. Las condiciones ambientales son: Estabilidad tipo D, 5 m/s de velocidad de viento, 25 C de temperatura ambiental, 80% de humedad y escenario industrial.

Se considera que todo el volumen almacenado va a formar una nube explosiva.

**SIMULACION DE LA EXPLOSION DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUOS**



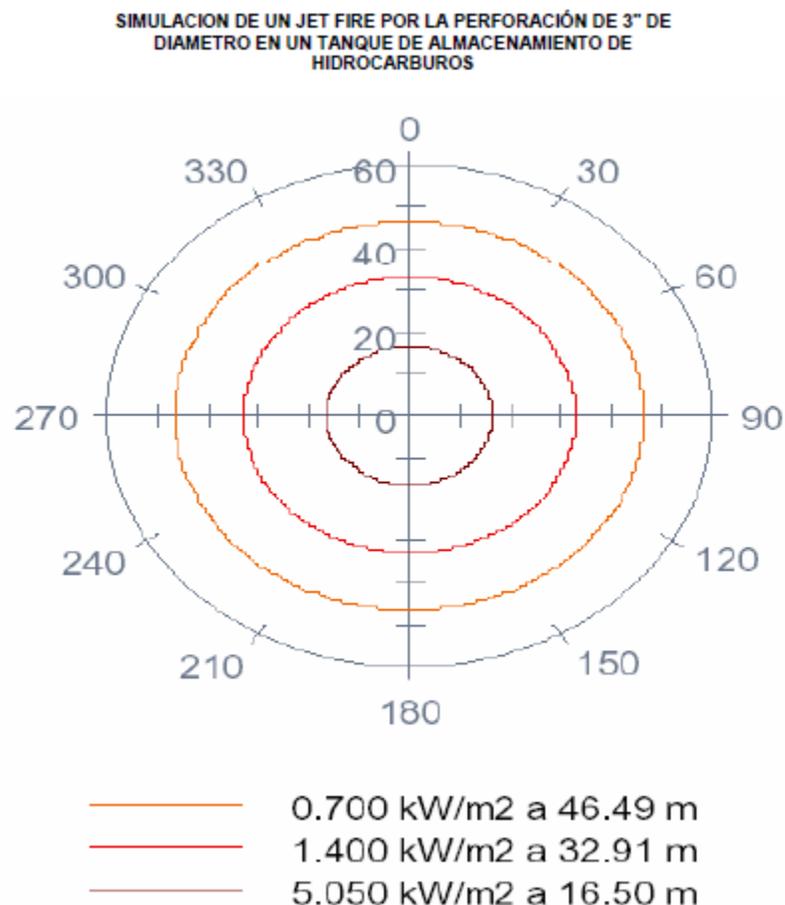
- 5.59380E+06 (W/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup> s (Radiación: 0.70kW/m<sup>2</sup>) a 2709.08 m
- 1.40955E+07 (W/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup> s (Radiación: 1.40kW/m<sup>2</sup>) a 2021.79 m
- 7.69489E+07 (W/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup> s (Radiación: 5.00kW/m<sup>2</sup>) a 1185.50 m

Masa de la nube 3974500.00 kg Diámetro de Bola de Fuego: 918.73 m Tiempo de duración de Bola de Fuego: 32.72 s  
Dosis calculadas tomando en cuenta un tiempo de exposición de 900.00 s

ESCENARIO 3

**SIMULACIÓN DE UN EVENTO JET FIRE CAUSADO POR UNA PERFORACIÓN DE 3" DE DIÁMETRO EN UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS.**

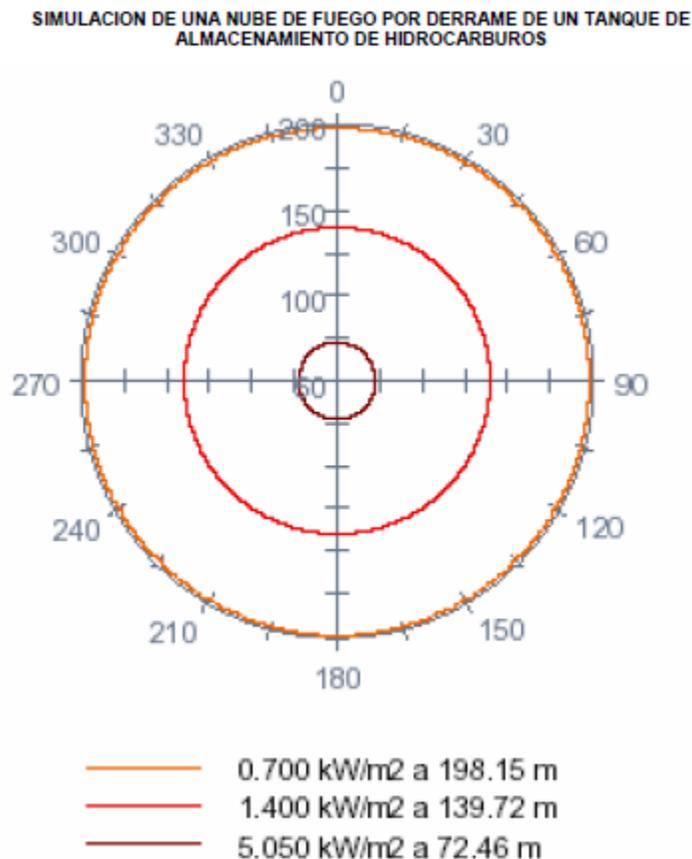
Si simula la formación de un JET por la ruptura de un tanque de almacenamiento de MEZCLA DE HIDROCARBUROS, considerando 50% metano y 50%naphtas. El volumen estimado almacenado es de 55,000 barriles de hidrocarburo, las dimensiones del tanque es un diámetro de 30m y una altura de 12.3m, localizado dentro del campo Secadero. El tiempo estimado de la fuga es de 15min. Las condiciones ambientales son: Estabilidad tipo D, 5m/s de velocidad de viento, 25°C de temperatura ambiental, 80% de humedad y un escenario industrial. Con una tasa de descarga de 0.63 y 1.38 kg/s.



ESCENARIO 4

### SIMULACIÓN DE UNA NUBE DE FUEGO POR DERRAME DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS

Si simula la formación de un POOL por la ruptura y fuga de un tanque de almacenamiento de MEZCLA DE HIDROCARBUROS, considerando 50% metano y 50% naptas. El volumen estimado almacenado es de 55,000 barriles de hidrocarburo, las dimensiones del tanque es un diámetro de 30m y una altura de 12.3m, localizado dentro del campo Secadero. Las condiciones ambientales son: Estabilidad tipo D, 5m/s de velocidad de viento, 25°C de temperatura ambiental, 80% de humedad y un escenario industrial.





## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La simulación de los cuatro escenarios planteados en el supuesto de un derrame de hidrocarburos para el tanque de almacenamiento, ocasionado por la fractura o corrosión interna, para el primer escenario identificado como el siniestro mayor afectación para este caso presenta, un radio de acción de 1074.20m con un nivel de 0.700 KW/m<sup>2</sup> para la clasificada como de baja intensidad

Para el resto de los escenarios planteados los radios de afectación se encuentran confinados dentro de las mismas instalaciones en donde los impactos provocados solo serán a la infraestructura donde se encuentre almacenado el hidrocarburo.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

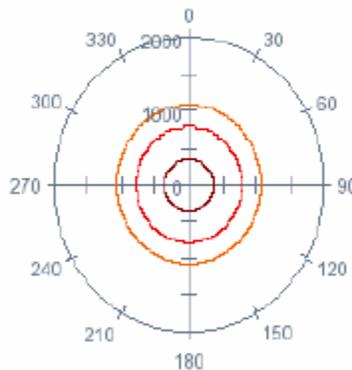
Simulación de los diferentes escenarios de condiciones de fuego que se pueden presentar dentro de las instalaciones que cuenten con infraestructura de tanque de almacenamiento de aceite.

ESCENARIO 1

**SIMULACIÓN DE LA FORMACIÓN DE UN BLEVE POR LA ROPTURA DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE.**

Se simula la formación de un BLEVE por la ruptura y fuga de un tanque de almacenamiento de ACEITE. El volumen estimado almacenado es de 55,000 barriles de hidrocarburo, las dimensiones del tanque es un diámetro de 30m y una altura de 12.3m, localizado dentro del campo Secadero. El tiempo estimado de la fuga es de 15min. Las condiciones ambientales son: Estabilidad tipo D, 5 m/s de velocidad de viento, 25°C de temperatura ambiental, 80% de humedad y un escenario industrial.

SIMULACION DE LA FORMACION DE UN BLEVE POR LA RUPTURA DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE



- 5.59380E+06 (W/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup> s (Radiación: 0.70kW/m<sup>2</sup>) a 1074.20 m
- 1.40955E+07 (W/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup> s (Radiación: 1.40kW/m<sup>2</sup>) a 786.50 m
- 7.69489E+07 (W/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup> s (Radiación: 5.00kW/m<sup>2</sup>) a 361.71 m

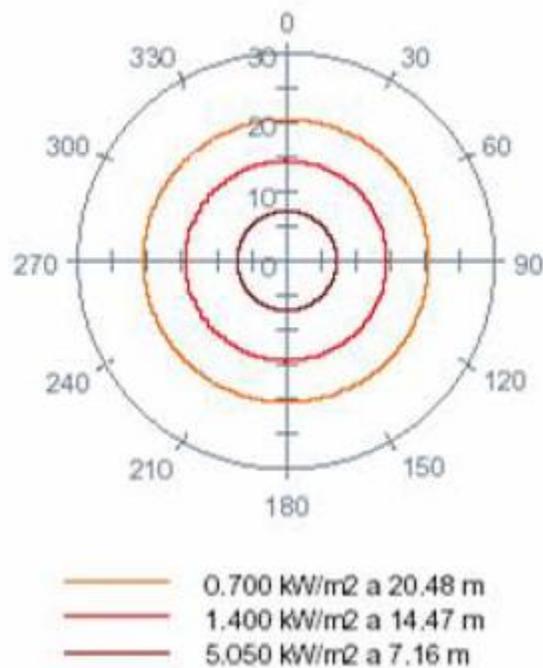


ESCENARIO 3

**SIMULACIÓN DE UN AVENTO JET FIRE CAUSADO POR LA PERFORACIÓN DE 3" DE DIAMETRO EN UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE.**

Se simula la formación de un JET por la ruptura de un tanque de almacenamiento de ACEITE. El volumen estimado almacenado es de 55,000 barriles de hidrocarburo, las dimensiones del tanque es un diámetro de 30m y una altura de 12.3m, localizado dentro del campo Secadero. El tiempo estimado de la fuga es de 15min. Las condiciones ambientales son: Estabilidad tipo D, 5 m/s de velocidad de viento, 25°C de temperatura ambiental, 80% de humedad y un escenario industrial. Con una tasa de descarga de 0.63 y 1.38

SIMULACION DE UN JET FIRE POR LA PERFORACIÓN DE 3" DE DIAMETRO EN UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE



ESCENARIO 4

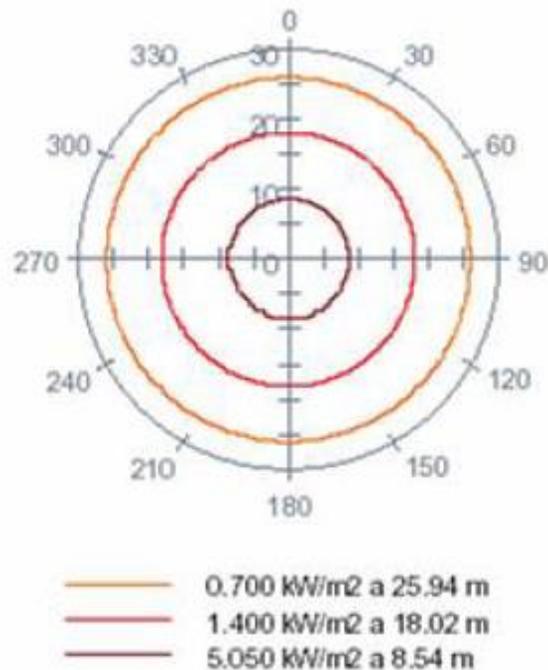
---

**SIMULACIÓN DE UNA NUBE DE FUEGO POR DERRAME DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE.**

Se simula la formación de un POOL por la ruptura y fuga de un tanque de almacenamiento de ACEITE. El volumen estimado almacenado es de 55,000 barriles de hidrocarburo, las dimensiones del tanque es un diámetro de 30m y una altura de 12.3m, localizado dentro del campo Secadero. El tiempo estimado de la fuga es de 15min. Las condiciones ambientales son: Estabilidad tipo D, 5 m/s de velocidad de viento, 25°C de temperatura ambiental, 80% de humedad y un escenario industrial.

Se considera que todo el volumen almacenado va a formar una nube explosiva.

SIMULACION DE UNA NUBE DE FUEGO POR DERRAME DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE



ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Los resultados planteados para el primer escenario determinado por las propiedades fisicoquímicas de la sustancia simulada indican que el radio de mayor afectación es 1,074.20m con una radiación de 0.70 KW/m<sup>2</sup> con un tipo de residencia para la bola de fuego de 32.72s, así mismo para la zona clasificada como de bajo riesgo presenta un área de afectación de 361.71m y un nivel de radiación de 5.00 KW/m<sup>2</sup> indicando que este tipo de evento pone en peligro la integridad del escenario ambiental que se proponga, **NO** así para los escenarios simulados restantes en donde estos al momento de ocurrir el incidente quedan confinados dentro de las instalaciones en donde los impactos provocados solo serán la infraestructura donde se encuentre el tanque que contenga almacenado de aceite.

7. DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN EN TORNO A LAS INSTALACIONES.

Tabla 22. ESTIMACIÓN DE CONSECUENCIAS.

PERFORACION DE POZOS													
No. De falla	No. De evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado físico	Efectos potenciales					Programa de simulación empleado	Zona de Alto Riesgo
		Masiva	Continua	cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		
1	1		X	19.52	Kg/min.	Gas	2	3	/	6	ligero	SCRI-Fuego, Ver. 1,0	1.17

DUCTOS													
No. De falla	No. De evento	Tipo de liberación		Cantidad hipotética liberada		Estado físico	Efectos potenciales					Programa de simulación empleado	Zona de Alto Riesgo
		Masiva	Continua	cantidad	Unidad		C	G	S	R	N		
1	1		X	0.0007	Kg/min.	Gas	2	3	/	6	ligero	SCRI-Fuego.	12.10
1	2		X	0.0221	Kg/min.	Gas	2	3	/	6	ligero		71.37
1	3		X	0.0002	Kg/min.	Gas	2	3	/	6	ligero		3.63
1	4		X	0.0069	Kg/min.	Gas	2	3	/	6	ligero		39.67
1	5		x	3.99	Kg/min.	Gas	2	3	/	6	ligero		84.08

### ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Para los efectos potenciales se utilizaron matrices de jerarquización y tablas referenciadas en el capítulo anterior, sintetizando: Consecuencia =2 Frecuencia =3, Nivel de riesgo =6, Riesgo ligero.

Una vez identificados los eventos de riesgo con mayor probabilidad de ocurrencia, en el capítulo anterior, se evaluó el alcance de las consecuencias en forma sistemática por medio del siguiente software:

**SCRI – Fuego, Ver 1.0.** El propósito fundamental del simulador es suministrar al personal de planeación y seguridad industrial, métodos integrados para evaluar el impacto de la dispersión de gas, incendio y explosión relacionados con la descarga de materiales peligrosos en el ambiente. El programa no solo aumenta el conocimiento de las características de eventos y riesgos de accidentes potenciales, sino que proporciona las bases para la planeación de atención de emergencias, lo eventos simulados fueron los siguientes:

#### **Evento Perforación 1**

Fuga de Gas a través de la TP de 7" Ø, por descontrol del pozo, producida por una mayor presión de formación, debida a baja densidad de lodos.

#### **Eventos Ductos 1**

Fuga de Gas en la línea de descarga de 8" Ø del pozo al cabezal, a través de un orificio de 0.25" Ø ocasionado por corrosión externa.

#### **Evento Ducto 2**

Fuga de Gas en la línea de descarga de 8" Ø del pozo al cabezal, a través de un orificio de 1" Ø, ocasionado por golpes de agentes externos, represionamientos o vandalismo.

#### **Evento Ducto 3**

Fuga de Gas a través de un orificio de 0.25" Ø en el cuerpo del ducto de 16" Ø, ocasionado por corrosión externa.

#### **Evento Ducto 4**

Fuga de Gas a través de un orificio de 1.5" Ø en el cuerpo del ducto de 16" Ø, ocasionado por corrosión externa.

#### **Evento Ducto 5**

Formación de una nube toxica de ácido sulfúrico (0.806%) en una mezcla de hidrocarburos gaseosos por una fuga de la tubería de una línea de descarga de 8" Ø

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Para todos los eventos se considera que la fuente de ignición, se origina debido a algún punto caliente, derivado de trabajos adyacentes que se encuentren realizando en ese momento o por quema de pastizales.

Con la aplicación del programa SCRI – FUEGO, VER 1.0, se simularon todos los eventos señalados, simulándose para cada uno de ellos toxicidad, límite inferior de inflamabilidad. Se anexa memoria de cálculo (Ver anexo Simulación SCRI).

**Tabla 23. RADIOS POTENCIALES DE AFECTACIÓN**

### Criterios utilizados

<b>PERFORACIÓN</b>										
No. De Falla	No. De Evento	Toxicidad				Explosividad		Radiación Térmica		Otros Criterios
		IDH L	TLVs	Velocidad del Viento (m/seg)	Estabilidad Atmosférica	No se ha presentado a la fecha.	Solo deflagración y se simuló			Concentración de gas asfixiante
1	1	N/a	N/a	5	D	N/a	N/a	1,4 kw/m <sup>2</sup>	5,0 kx/m <sup>2</sup>	-

<b>DUCTOS</b>										
No. De Falla	No. De Evento	Toxicidad				Explosividad		Radiación Térmica		Otros Criterios
		IDH L	TLVs	Velocidad del Viento (m/seg)	Estabilidad Atmosférica	No se ha presentado a la fecha.	Solo deflagración y se simuló			Concentración de gas asfixiante
1	1	N/a	N/a	5	D	N/a	N/a	1,4 kw/m <sup>2</sup>	5,0 kx/m <sup>2</sup>	-
1	2	N/a	N/a	5	D	N/a	N/a	1,4 kw/m <sup>2</sup>	5,0 kx/m <sup>2</sup>	-
1	3	N/a	N/a	5	D	N/a	N/a	1,4 kw/m <sup>2</sup>	5,0 kx/m <sup>2</sup>	-
1	4	N/a	N/a	5	D	N/a	N/a	1,4 kw/m <sup>2</sup>	5,0 kx/m <sup>2</sup>	-
1	5	N/a	N/a	5	D	N/a	N/a	1,4 kw/m <sup>2</sup>	5,0 kx/m <sup>2</sup>	300 ppm

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

**Características climáticas del área con base en el comportamiento histórico de los últimos 10 años.**

De acuerdo con la clasificación climática de Koppen, modificada por Enrique García (1988) el clima predominante en la zona de estudio es: del tipo **Am**, subtipo **Am(f)**. En la zona sur de la Cuenca el clima representativo es el tipo **Af(m)** cálido húmedo con lluvias todo el año. Para el clima **Am(f)** que corresponde a cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (al menos diez veces más lluvia en el mes más húmedo que en el más seco), el promedio de temperatura media anual oscila entre los 26° y los 28° C, con una marcha anual de la temperatura de tipo Ganges, debido a que la máxima de temperatura se registra antes de la estación lluviosa y el solsticio de verano en mayo, con valor promedio de 33° a 34° C.

La temperatura más baja se presenta entre los meses de noviembre y abril oscilando entre los 12° y los 15° C en el mes más frío.

Para el caso del tipo de clima **Af(m)**, presenta una temperatura media anual que alcanza los 28° C con un rango de máximas promedio de 35.7° C y mínimas promedio de 17°C. la marcha anual de la temperatura salvo excepciones alcanza un mínimo en enero y el máximo en los meses de abril y mayo. En mayo la temperatura desciende hacia mínimo secundario en julio, y se mantiene con pequeños altibajos hasta que el mes de octubre presenta un descenso franco.

**Temperaturas promedio**

Las estaciones climatológicas más cercanas al área del proyecto de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (C.N.A), son Reforma (estación 07-192), Huimanguillo (estación No. 27-009), Pichucalco (estación 07-065) y Teapa (estación No. 019), con un periodo de observación de año y medio (1996-1998) y 40 años respectivamente.

A continuación se presenta la temperatura promedio mensual y la promedio anual en grados Celsius, colectadas por la estación antes mencionada:

MES	TEMPERATURA Media (°C)			
	Am(f)		Af(m)	
Enero	22.4	22.6	23	22
Febrero	22.9	23.8	23.9	22.9
Marzo	25	25.9	26.2	24.8
Abril	27.7	27.8	27.8	26.4
Mayo	28.1	28.9	28.7	27.7
Junio	28	28.8	28.5	27.4

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Julio	27.4	27.8	27.7	26.9
Agosto	27.4	28	28.1	26.9
Septiembre	27.6	27.5	27.8	26.5
Octubre	26.3	26.6	26.6	25.4
Noviembre	25.1	24.7	24.9	23.8
Diciembre	22.9	22.3	23.2	22.5
<b>Promedio Anual</b>	26.1(1)	26.2(2)	26.4(3)	25.2(4)

(1) Estación Reforma 17° 52', 93° 8', 25msnm

(2) Estación Huimanguillo 17° 51', 93° 24', 25 msnm

(3) Estación Pichucalco 17° 31', 93° 7', 107 msnm

(4) Estación Teapa 17° 33', 92° 57', 320 msnm

La velocidad promedio del viento para la zona donde se ubica el derecho de vía es de 5 m/s (12,3 millas por hora).

**Precipitación pluvial promedio anual (en milímetros).**

La precipitación media anual, para el clima **Am(f)**, se ubica entre los 1500 y 3000 mm, con variaciones a lo largo del año especialmente entre la época fría y la cálida. Durante la época de mayo-octubre la precipitación se encuentra entre los 1200 a 1400 mm y durante los meses de abril a noviembre disminuye gradualmente hasta 500 a 600 mm.

El clima **Af(m)** observa una precipitación media anual superior a los 2000 mm. Este tipo de clima, presenta lluvias todo el año que decrecen ligeramente en el mes de diciembre, ya que el porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual es menor de 18%. Los meses de sequía (relativa) no tienen menos de 60 mm de precipitación mensual y estos son febrero, marzo y abril. En los meses de julio-agosto se presenta una sequía relativa intra estival o "canicular".

Los datos relativos a la precipitación promedio mensual (en milímetros) se reportan en la tabla que se muestra a continuación:

MES	PRECIPITACIÓN Promedio (°C)			
	Am(f)		Af(m)	
Enero	218.9	87.5	291	321.3
Febrero	78.9	97.2	201.5	218.2
Marzo	79.5	59.7	169.6	179.6
Abril	42.7	69	160.7	148.6
Mayo	81.6	119.5	227.5	210.7
Junio	266.8	233.8	377	355.6
Julio	275	289	421.4	355.6

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Agosto	338.6	254	375	397.8
Septiembre	370.2	373.6	591.8	594.2
Octubre	382.2	326.6	517.2	477.7
Noviembre	146.4	186.7	408.7	324.7
Diciembre	165.5	202.7	295.8	303.3
<b>Promedio Anual</b>	2,447(1)	2,290.3(2)	4,037.2(3)	3,889(4)

(1) Estación Reforma 17° 52', 93° 8', 25msnm

(2) Estación Huimanguillo 17° 51', 93° 24', 25 msnm

(3) Estación Pichucalco 17° 31', 93° 7', 107 msnm

(4) Estación Teapa 17° 33', 92° 57', 320 msnm

La información que fue considerada para aplicar la simulación de los ductos y las perforaciones es la siguiente:

Las estadísticas de acciones industriales ocurridos en instalaciones de P.E.P. las características del gas fueron tomadas de la columna de cromatografía del gas de interés y se señalan a continuación:

GAS HIDROCARBURO	
Propiedad	Valor
Punto de ebullición	-258.7 F
Peso molecular	16.16
Presión de fondo (Perforación)	Presión de operación del sistema 100 kg/cm <sup>2</sup>
Presión de operación máxima. (Ductos)	Presión de operación del sistema 10y 3.5 kg/cm <sup>2</sup>
Límite inferior de inflamabilidad (L.I.I.)	5% en volumen
Temp. Del fluido, fondo. (Perforación)	Temperatura de operación del sistema 150 °C
Temp. Del fluido (ductos)	Temperatura mínima de operación del sistema 45 y 32 °C
Temperatura Ambiental	25 °C
Color de combustión	967.81 BTU/ft <sup>3</sup>
% del Metano	99.64
% mol H <sub>2</sub> S	0 %
Relación de colores específicos	1.3
Coefficiente de descarga	0.62

Las variables atmosféricas, de acuerdo a los valores establecidos por el programa son:



## Secadero Petróleo y Gas S.A. de C.V.

### ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Estabilidades atmosféricas tipo D (para condiciones nocturnas y diurnas), con una velocidad del viento de 5.5 m/s a mediados del año, de acuerdo a la velocidad media del viento con mayor probabilidad de presentarse en la zona de estudio.

PARAMETRO	VALOR
Temperatura atmosférica (°C)	25
Humedad relativa	0.83
Presión atmosférica (kg/cm <sup>2</sup> )	1.033

La zona de seguridad y de alto riesgo en caso de que se presente un evento de incendio, se evaluó con los siguientes valores:

NIVEL DE RADIACIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>1,4 kw/m<sup>2</sup> (440 BTU/h/pie<sup>2</sup>)</b>	Es el flujo termino equivalente al del sol en verano y al medio día, este límite se considera como la <b>zona de seguridad</b> .
<b>5,0 kw/m<sup>2</sup> (1500 BTU/h/pie<sup>2</sup>)</b>	Es el límite de radiación térmica suficiente para causar daño al personal si no se protege adecuadamente en 20 segundos, sufriendo quemaduras de hasta 2do. Grado sin una protección adecuada, se considera como <b>zona de alto riesgo</b> .

La zona de seguridad en caso de que se presente un evento de dispersión de fuga de gas toxico, se puede evaluar con los siguientes índices:

TOXICIDAD	DESCRIPCIÓN
TLV-TWA (8) 10ppm de H <sub>2</sub> S	Concentración media ponderada de sustancia en aire para una jornada laboral de ocho horas, a la cual la mayoría de los trabajadores pueden ser expuestos durante toda su vida laboral sin sufrir efectos adversos, este límite se considera como la zona de seguridad.
TLV-STEL (15) 15 ppm de H <sub>2</sub> S	Concentración máxima de sustancia en aire en que un trabajador puede exponerse por un periodo continuado de hasta quince minutos, sin sufrir irritaciones, cambios crónicos o irreversibles con los tejidos, o narcosis que reduzca su eficacia, les predisponga al ACCIDENTE o dificulte las reacciones de defensa. Las explosiones no deben superar los quince minutos, no deben repetirse más de cuatro veces diarias y deben producirse con al menos una hora de intervalo, todo ello sin superar el valor TLV-TWA (8), para jornada laboral, este límite se considera como la zona de amortiguamiento.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

IDLH 300 ppm de H <sub>2</sub> S	Concentración máxima de sustancia en aire en que una persona puede soportar durante treinta minutos sin desarrollar síntomas (como irritación severa ocular o respiratoria), que disminuyan su capacidad de realizar una evacuación de emergencia y sin sufrir daños irreversibles (daños a tejidos o muerte), este límite se considera como la zona de alto riesgo.
-------------------------------------	--

**IDLH: Índice inmediatamente peligroso para la vida y la salud. TLV: valor límite umbral.**

Para nuestro caso y de acuerdo al análisis cromatográfico el gas es considerado como gas dulce, debido a lo anterior no se determinó los TLV, así como el IDLH.

Se llevó a cabo la simulación tomando en cuenta el gas metano como asfixiante, para determinar si se alcanza la concentración que pueda provocar muerte por asfixia, aun que de antemano se sabe que por la volatilidad de este gas, que pesa menos que el aire, al momento de estar en la atmosfera se dispersa con una alta velocidad, como se señala y profundiza en párrafos posteriores, a continuación se muestran los resultados de las simulaciones tanto para la perforación de los pozos y Ductos así como Cabezales.

**Resultados de las simulaciones**

A continuación se presentan los resultados de los eventos de riesgo anteriormente señalados obtenidos con simulador SCRI/FUEGO para los diversos escenarios contemplados, jet Fire, límite inferior de inflamabilidad y toxicidad:

**Evento Pozo 1.**

**Suposición:** Fuga de Gas a través de la TP de 7" ø por descontrol del pozo

**Localización:** Tubería de Producción

**Causas:** Producida por una mayor presión de formación, debida a baja densidad de lodos

EVENTOS	INFLAMABILIDAD (LII)
Zona de Alto Riesgo	5.0 kw/m <sup>2</sup> 1.17 metros
Zona de Seguridad	1.30 metros

**Fuente: resultado simulaciones (anexo Simulación SCRI)**

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

**Evento Ducto 1.**

**Suposición:** Fuga de Gas por orificio de 0.25"  $\varnothing$ , originado por corrosión interna en el Ducto

**Localización:** En cualquier punto de la línea de descarga de 8"  $\varnothing$

**Causas:** Corrosión interna  
Se considera que la fuente de ignición se origina debido a algún punto caliente derivado de trabajos adyacentes que se encuentren realizando en ese momento o por quema de pastizales

EVENTOS	INFLAMABILIDAD (LII)
Zona de Alto Riesgo	5.0 kw/m <sup>2</sup> 12.10 metros
Zona de Seguridad	24.07 metros

**Fuente: resultado simulaciones (anexo Simulación SCRI)**

**Evento Ducto 2.**

**Suposición:** Fuga de Gas por orificio de 1"  $\varnothing$ , originado por corrosión interna en el Ducto

**Localización:** En cualquier punto la línea de descarga de 8"  $\varnothing$

**Causas:** Golpes de agentes externos, represionamiento.  
Se considera que la fuente de ignición se origina debido a algún punto caliente derivado de trabajos adyacentes que se encuentren realizando en ese momento por quema de pastizales

EVENTOS	INFLAMABILIDAD (LII)
Zona de Alto Riesgo	5.0 kw/m <sup>2</sup> 71.37 metros
Zona de Seguridad	137.63 metros

**Fuente: resultado simulaciones (anexo Simulación SCRI)**

**Evento Ducto 3.**

**Suposición:** Fuga de Gas a través de un orificio de 0.25"  $\varnothing$ .

**Localización:** En cualquier punto del Ducto.

**Causas:** Corrosión interna.  
Se considera que la fuente de ignición se origina debido a algún punto caliente derivado de trabajos adyacentes que se encuentren realizando en ese momento por quema de pastizales

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

EVENTOS	INFLAMABILIDAD (LII)
Zona de Alto Riesgo	5.0 kw/m <sup>2</sup> 3.63 metros
Zona de Seguridad	1.4 kw/m <sup>2</sup> 13.40 metros

Fuente: resultado simulaciones (anexo Simulación SCRI)

**Evento Ducto 4.**

**Suposición:** Fuga de Gas a través de un orificio de 1.5" ø.

**Localización:** En cualquier punto del Ducto.

**Causas:** Corrosión interna.

Se considera que la fuente de ignición se origina debido a algún punto caliente derivado de trabajos adyacentes que se encuentren realizando en ese momento por quema de pastizales

EVENTOS	INFLAMABILIDAD (LII)
Zona de Alto Riesgo	5.0 kw/m <sup>2</sup> 39.67 metros
Zona de Seguridad	1.4 kw/m <sup>2</sup> 77.01 metros

Fuente: resultado simulaciones (anexo Simulación SCRI)

**Evento Ducto 6.**

**Suposición:** Fuga de Gas a través de una línea de descarga de 8" ø.

**Localización:** En cualquier punto del Ducto.

**Causas:** Corrosión interna.

Se considera que la fuente de ignición se origina debido a algún punto caliente derivado de trabajos adyacentes que se encuentren realizando en ese momento por quema de pastizales

EVENTOS	DISPERSIÓN DE GAS TÓXICO
Zona de Alto Riesgo	IDLH 84.08
Zona de Seguridad	TLV-TWA (8) 175.13

Fuente: resultado simulaciones (anexo Simulación SCRI)

De los resultados de las simulaciones se encontró lo siguiente para los diferentes eventos:



## Secadero Petróleo y Gas S.A. de C.V.

### ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

**Evento Perforación 1.-** Fuga de gas a través de la TP de 7"Ø, por descontrol del pozo, producida por una mayor presión de formación, debida a baja densidad de lodos.

La zona de alto riesgo para el evento de inflamabilidad sería de **1.17** metros y presentaría una zona de amortiguamiento de **1.30** metros.

En lo que corresponde a los resultados de las simulaciones de las líneas de descarga de 8"Ø se encontró que para el **Evento Ducto 1** "Fuga de gas a través de un orificio de 0.25"Ø, por corrosión interna en la línea de descarga, presentando una zona de alto riesgo para el evento de inflamabilidad sería de **12.10** metros y presentaría una zona de amortiguamiento de **24.07** metros.

Para el **Evento Ducto 4** "Fuga de gas a través de un orificio de 1.5"Ø por corrosión interna en el gasoducto de 16"Ø, que representa el 28.5% de diámetro total de la línea de descarga, y presentando una zona de alto riesgo para el evento de inflamabilidad sería de **39.67** metros y presentaría una zona de amortiguamiento de **77.01** metros.

Para el **Evento Ducto 5** "Formación de una nube toxica de ácido sulfhídrico (0.806%) en una mezcla de hidrocarburos gaseosos por una fuga de la tubería de una línea de descarga de 8"Ø, presentando una zona de alto riesgo para el evento de toxicidad sería de **84.08** metros y presentaría una zona de amortiguamiento de **175.13** metros.

De acuerdo con los radios de afectación, podemos señalar que en caso de una contingencia se dañaría la vegetación aledaña a la localización de Derechos de Vía.

Mayores datos sobre las características ambientales del sitio, se indican en el manifiesto de impacto ambiental.

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

## 7. SEÑALAMIENTO DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE SEGURIDAD EN MATERIA AMBIENTAL.

### INTERACCIONES DE RIESGO.

En las áreas en donde se propondrán las obras es en donde existan asentamientos humanos estas se realizarán **FUERA** de los radios de afectación para cada tipo de instalación que se requiera evitando así cualquier posible contingencia. La afectación en un momento dado sería la flora aledaña a la localización o Derecho de Vías de los ductos, en caso de presentarse los eventos simulados, ya que las distancias de afectación obtenidas por medio del simulados SCRI/FUEGO, abarcan más allá del trazo de los ductos.

Con la finalidad de reducir riesgos, durante la operación de las líneas de descarga y del gasoducto se promoverán actividades de seguridad industrial, cuya misión será la de promover que toda las actividades que se realicen durante su funcionamiento se desarrollen dentro de un marco de seguridad y respeto al medio ambiente y entre estas se mencionan las siguientes:

- Difusión normativa.
- Elaboración de auditorías internas de seguridad industrial.
- Supervisión de trabajos con riesgo.
- Elaboración de estadísticas de accidentes personales e industriales.

### RECOMENDACIONES TÉCNICO-OPERATIVAS

#### Recomendaciones Técnico-Operativas Pozos:

De la metodología aplicada para la identificación de riesgos, se mencionan las siguientes recomendaciones:

- Disponer con un procedimiento para atacar las sobrepresiones durante la perforación de los pozos.
- Dar a conocer al personal que se encuentra laborando durante la perforación, la probabilidad de este proceso para que tomen conocimiento de las actividades que deben realizar en estos casos.
- Tener comunicación entre el personal de operación sobre las variantes que presenten los pozos, con referencia a las variables involucradas durante la perforación.
- Continuar con las pláticas de protección personal.
- Disponer de un procedimiento de perforación.
- Realizar la supervisión de las actividades de perforación.
- Realizar un procedimiento de calidad para los lodos de perforación.

**ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO**

- Supervisar los análisis que se realizan a los lodos de perforación para que se encuentren dentro de los estándares.
- Elaborar un procedimiento de maniobras de operación de pozos.
- Tener un sistema de protección contra la corrosión.
- Mantener supervisiones constantes para detectar anomalías.
- Instalar señalamientos restrictivos a la plataforma de perforación.
- Delimitar el sitio donde se realicen las actividades de perforación.
- Proporcionar pláticas de seguridad a los trabajadores y a la población cercana.

**Recomendaciones Técnico-Operativas Ductos:**

De la metodología Hazop realizada a los Ductos, se derivan las siguientes recomendaciones técnico – operativas:

- Conocer y aplicar los procedimientos operativos del plan de contingencia.
- Aplicar los programas de mantenimiento preventivo de acuerdo a los procedimientos establecidos, según la frecuencia de datos estadísticos y normas.
- Verificar con equipo de inspección, si la tubería presenta problemas de integridad mecánica.
- Cumplir con los programas de celaje terrestre.
- Realizar los procedimientos para el cierre de válvulas en caso de presentarse fugas, dando a conocer el evento a los departamentos operativos y de mantenimiento.
- Reemplazar los tramos de tuberías cuando estas se encuentren con espesores menores a la especificación.
- Capacitar al personal de operación y mantenimiento con respecto a seguridad industrial.
- Dar a conocer a los habitantes de poblaciones aledañas sobre los riesgos a los que exponen en caso de invadir o realizar actividades sobre el derecho de vía.
- Instalar señalamientos preventivos y restrictivos en el derecho de vía, haciendo énfasis particular en instalaciones de origen y destino.
- Realizar campañas de orientación al personal operativo y de mantenimiento sobre las causas que se tendrían por el abandono de sus actividades durante la jornada laboral.

**Recomendaciones generales, para ductos.**

Con la finalidad de evitar o mitigar eventos de riesgo durante las etapas de operación y mantenimiento de los ductos, a continuación se mencionaran las recomendaciones derivadas del presente estudio:

ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

**Etapas de operación.**

1. No exceder la presión de operación establecida en las tuberías, para evitar fracturas que conduzcan a situaciones de peligro al ambiente o a la infraestructura.
2. Capacitar al personal de operación para evitar errores humanos.
3. No poner en funcionamiento la tubería cuando se encuentre dañada por corrosión o fin de vida útil.
4. Efectuar los celajes terrestres en forma periódica con la finalidad detectar condiciones anormales de operación o invasión al derecho de vía.
5. Avisar de manera inmediata a la persona responsable de la operación de la tubería sobre la presencia de posibles fugas, para realizar los procedimientos de seguridad pertinentes.

**Etapas de mantenimiento preventivo**

1. Cumplir en forma estricta con el programa de mantenimiento preventivo, para tomar acciones inmediatas cuando se presenten desviaciones a las condiciones normales de operación.
2. Para prevenir la corrosión exterior (principalmente en zonas bajas), se recomienda cumplir con el mantenimiento programado a las tuberías y a las instalaciones superficiales (puntos de origen y destino).
3. Capacitar periódicamente al personal que opera las instalaciones de origen y destino, así como a los que realizan los celajes terrestres del derecho de vía, para la identificación de los posibles puntos de fuga.
4. Restablecer los señalamientos preventivos, restrictivos e informativos al derecho de vía, cuando estos se encuentren deteriorados.

**Etapas de mantenimiento correctivo**

1. Efectuar inmediatamente las reparaciones en los tramos dañados.
2. Detener de forma inmediata el funcionamiento de los ductos cuando se presenten fugas, para proceder a su reparación.
3. Continuar de manera periódica con la capacitación del personal que realiza los cortes y soldado de tuberías en caso de realizar alguna reparación.
4. El personal que intervenga en los eventos de fugas o en posibles incendios, deberá estar capacitado con la finalidad de controlar de manera inmediata la emergencia.

**Revaloración del riesgo ambiental.**

De acuerdo con los resultados obtenidos en las simulaciones y analizando los sistemas y dispositivos de seguridad a emplearse durante la perforación de los pozos, la construcción de los cabezales y durante la construcción de los ductos, se determina que no se requiere de una revaloración del riesgo ambiental.

## 8. CONCLUSIONES EN MATERIA DE RIESGO

### Conclusiones para Pozos.

El objetivo primordial de las perforaciones de los pozos, es la de recurrir a la explotación de reservas probables que quedaron inscritas en esta área propuesta, con el objetivo de fortalecer el crecimiento económico del País con la generación de fuentes de empleo directos e indirectos, tendientes a cubrir la creciente demanda de la sociedad.

Es por ello que Secadero Petróleo y Gas S.A. de C.V. establecerá la normatividad para aplicarse a los requisitos mínimos de seguridad industrial para las diferentes etapas que integran al proyecto, de tal manera que se desarrolle en forma apropiada en cada una de estas, evitando los riesgos al personal, al ambiente y a las instalaciones. Además, se cumplirán los ordenamientos contenidos en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), sus Reglamentos, Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y criterios ecológicos.

En la etapa de perforación de los pozos, se tiene considerado no alterar y modificar el ecosistema del área de influencia del proyecto.

Durante la ejecución del proyecto, Secadero Petróleo y Gas S.A. de C.V. seguirá las especificaciones generales de construcción y mantenimiento que en su caso apliquen.

Para la identificación de los riesgos que pueden presentarse durante la perforación de los pozos, se utilizó la metodología ¿Qué pasa sí?.

Los riesgos principales identificados como consecuencia del desarrollo del proyecto en estudio, serían fuga de gas metano ocasionadas principalmente por sobrepresión y descontrol durante la perforación de cada pozo, desgaste o mala calidad de materiales del equipo de perforación, es por ello que para llevar a cabo el proyecto, Secadero Petróleo y Gas S.A. de C.V. tiene contemplados planes de contingencia y Programas de capacitación y mantenimiento en caso de presentarse una contingencia mayor en los pozos o equipos de perforación y los que en un momento pudieran provocar un equilibrio ecológico en el área.

En los resultados obtenidos durante la simulación por inflamabilidad, se tomó como base la situación crítica donde el flujo fugado equivale al manejo en el brote o reventón por la tubería de producción.

De conformidad con los datos arrojados por el simulador, la zona de alto riesgo para el evento de inflamabilidad sería de **1.17 metros** y presentaría una zona de amortiguamiento de **1.30 metros**, los posibles radios de afectación reflejarían daños de leve a mínimos sobre los recursos de la zona afectándose principalmente el área de la Plataforma de perforación, quedando consignados.



## Secadero Petróleo y Gas S.A. de C.V.

### ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Es importante señalar que en los últimos años no se ha tenido accidentes graves con la ejecución de este tipo de actividades dentro del campo. También se vigilara que en la zona que se considere de alto riesgo no se establezcan instalaciones que puedan estar en peligro por la actividad de este proyecto, para ello se aplicaran las normas oficiales mexicanas y las especificaciones y reglamentos internos.

Se concluye que el proyecto, **“es Factible en Materia de Riesgo Ambiental,** ya que de acuerdo a la presente evaluación, tiene un **índice de Riesgo Aceptable** en las condiciones de operación con las que se pretenden explotar los yacimientos, debiendo proporcionar atención indicada y las medidas de seguridad que Secadero Petróleo y Gas S.A. de C.V. indica para estas instalaciones y/o controles, además de seguir y cumplir los lineamientos, procedimientos de perforación y recomendaciones descritas en el presente estudio de riesgo.

### **Conclusiones para ductos**

Secadero Petróleo y Gas S.A. de C.V., cumple en el diseño y cumplirá en la construcción de los diferentes ductos, con la normatividad en materia de seguridad industrial, diseño, construcción, operación, inspección y mantenimiento, con el objetivo de disminuir riesgos que puedan afectar al personal, a los ductos y al medio ambiente.

De acuerdo a las variables climatológicas para el área de proyecto, los efectos meteorológicos adversos no representan un factor determinante de riesgo para la operación y mantenimiento de líneas de descarga y ductos.

El proyecto contara con la infraestructura básica necesaria para operar con seguridad, incluyendo caminos de acceso, planes de emergencia, procedimientos de operación y programas de mantenimiento preventivo y correctivo, entre otros.

Para identificar los riesgos que pueden presentarse en el oleogasoducto, se utilizó la metodología Hazop (Hazard Operability), la cual es una técnica propuesta por el American Institute of Chemical Engineer (AIChE) Instituto Americano de Ingenieros Quimicos, Environmental Protection Agency (EPA) Agencia de Protección Ambiental y la Occupational Safety Health Agency (OSHA) Administración de Salud y Seguridad Ocupacional.

Se simularon los eventos que en la metodología Hazop presentaron el índice de riesgo más frecuente y el índice de riesgo más catastrófico.

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Los riesgos pueden ser provocados por fuga y/o derrames debido a la disminución del espesor en las paredes de líneas de descarga y ductos, posteriormente que el hidrocarburo alcance el límite inferior de inflamabilidad, se mezcle con el aire y entre en contacto con una fuente de ignición formando un evento de incendio.

Los eventos de riesgos más frecuentes pueden ser las fugas y/o derrames provocados por corrosión o desgaste del material en válvulas, juntas bridas, uniones soldadas y en las paredes de líneas de descarga y ductos.

El evento más catastrófico puede ser un incendio originado por golpes con agentes externos (actos de vandalismo, sabotaje y maquinaria pesada) o represionamiento y puede ser evitado mediante una supervisión adecuada al derecho de vía.

Para prevenir que suceda un evento de riesgo, se hará un “Programa anual de inspección y mantenimiento de ductos” y “Plan de contingencia y desastres en instalaciones”.

Debido a las características del transporte de sustancias por tuberías, durante la operación de los ductos se puede originar situaciones de riesgo que pongan en riesgo a la infraestructura que conforma a éste, pero cabe mencionar que si se lleva a cabo los programas de mantenimiento preventivo y correctivo correspondientes, las prácticas de seguridad por parte del personal operativo, se implementan los planes de emergencia establecidos, además de mantener en buen funcionamiento los equipos de seguridad, los riesgos pueden ser minimizados o mitigados, evitando de esta manera daños al personal, al medio ambiente y a las instalaciones.

En lo que corresponde a los resultados de la simulación de las líneas de descarga de 8"Ø se encontró que para el **Evento ducto 1** “Fuga de gas a través de un orificio de 0.25"Ø, por corrosión interna en la línea de descarga, presentando una zona de alto riesgo para el evento de inflamabilidad sería de **12.10** metros y presentaría una zona de amortiguamiento de **24.07** metros.

Para el **Evento ducto 2**, Fuga de gas a través de un orificio de 1"Ø por falla de material, en la línea de descarga de 8"Ø, presentando una zona de alto riesgo para el evento de inflamabilidad sería de **71.37** metros y presentaría una zona de amortiguamiento de **137.63** metros.

En lo que corresponde a los resultados de las simulaciones para el **Evento ducto 3** Fuga de gas a través de un orificio de 0.25"Ø por corrosión interna en el ducto de 24"Ø, presentando una zona de alto riesgo para el evento de inflamabilidad sería de **3.63** metros y presentaría una zona de amortiguamiento de **13.40** metros.

## ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Para el **Evento ducto 4** Fuga de gas a través de un orificio de 1.5"Ø por corrosión interna en el gasoducto de 16"Ø, que presenta el 28.5%, de diámetro total de la línea de descarga, presentando una zona de alto riesgo para el evento de inflamabilidad sería de **39.67** metros y presentando una zona de amortiguamiento de **77.01** metros.

Para el **Evento ducto 5** Formación de una nube toxica de ácido sulfhídrico (0.806%) en una mezcla de hidrocarburos gaseosos por una fuga de la tubería de una línea de descarga de 8"Ø, presentando una zona de alto riesgo para el evento de toxicidad sería de **84.08** metros y presentando una zona de amortiguamiento de **175.13** metros.

De la simulación en medios acuosos afectadas con el modelo de Fay (1971), para una duración del derrame estimada en una hora (lo cual permite detectar una caída de presión o alteración en la producción y por tanto detectar una fuga), y un volumen derramado de una tubería de 8in y descarga de un orificio de 0.5Ø, se obtuvo que para una fuga de 76.288 m<sup>3</sup> de aceite en ríos, la extensión de la mancha de aceite con una velocidad superficial del agua de 0.1 m/s, se estima que alcance 559m en el máximo ancho del cauce considerado y 760m para el cauce de ancho menor, dentro de los primeros 30 min de presentada la fuga. De mantenerse en movimiento el aceite sobre el cuerpo de agua, esta mancha se extendería hasta 962m y 1280m para un tiempo de una hora de transcurrida la fuga, respectivamente. Por otro lado, los radios máximos que alcanzarían las manchas de aceite en las lagunas (considerando estas de forma circular) sería de 981m para un volumen derramado de 76.188m<sup>3</sup> y 250m para un volumen derramado de 4.96 m<sup>3</sup>. Los tiempos para alcanzar estas distancias son de 451 min y 115 min, respectivamente.

De los resultados para la simulación en medios porosos a través del simulados HSSM, en el cual se plantearon dos escenarios que corresponden a dos tipos de suelos: Arenosoles y Gleysoles, con un nivel saturado a 2m de profundidad. En los cuales los suelos arenosos representan áreas de riesgo alto por el derrame de hidrocarburos líquidos (aceites), debido a su alta permeabilidad alcanzándose el nivel freático con menos de tres días. A contraparte para los suelos Gleysoles, con las condiciones impuestas, mostraron que a los tres días de ocurrido el derrame, se ha saturado hasta 40 cm de profundidad, las mismas propiedades de estos suelos, hacen que aun después de 100 días, la zona saturada con aceite aun no pasaría a los 80 cm de profundidad. En este caso, el acuífero aun no presentaría una acumulación de aceite en su superficie, lo cual ya habría ocurrido en las arenas.



## Secadero Petróleo y Gas S.A. de C.V.

### ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL CAMPO SECADERO

Por lo anterior expuesto, **se concluye que los ductos, son factibles, desde el punto de vista de riesgo ambiental, de construirse y operar, de manera segura para las condiciones actuales**, con un nivel de “Riesgo ligero”, por lo que se requiere que los procedimientos de ingeniería y control, así como las recomendaciones de este estudio y del manifiesto de impacto ambiental, se lleven a cabo en forma correcta.