



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

“ACTUALIZACION DEL ESTUDIO DE RIESGO  
DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
RESIDUOS PELIGROSOS”

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**  
**INGENIERO QUIMICO**  
**P R E S E N T A**  
**JUAN CARLOS HERNÁNDEZ CHÁVEZ**

*Asesora: I. Q. Maria Eugenia Velázquez Espinosa*



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
 UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U.N.A.M.  
 ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO  
 DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN  
 PRESENTE



ATN:L.A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ  
 Jefa del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis:

Actualización del Estudio de Riesgo de una Planta de Tratamiento de Residuos Peligrosos.

Que presenta al pasante Juan Carlos Hernández Chávez

Con número de cuenta: 08701379-5 para obtener el título de:

Ingeniero Químico

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
 Cuautitlán Izcalli, Mex. a 10 DE ENERO 2011.

PRESIDENTE I.Q. Maria Eugenia Velázquez Espinosa

VOCAL MC. Gilberto Atilano Amaya Ventura

SECRETARIO IQ. María Elena Quiroz Macias

1er SUPLENTE MI. Abigail Martínez Estrada

2º SUPLENTE MI. Julio Cesar Morales Mejia

## *DEDICATORIAS*

### **A Mis Padres Eulalio Y Sara**

Les dedico esta tesis de manera muy especial ya que durante mucho tiempo se esforzaron en brindarme todo su apoyo para hacer de mí un hombre con principios y responsable.

**¡MUCHAS GRACIAS POR SU APOYO!**

### **A Mi Esposa Rosalba Y Mis Hijos Mariana, Karla Viridiana, Adriana Y Juan Carlos**

Les dedico esta tesis con todo mi amor porque ustedes fueron mi inspiración para el término de este trabajo. Gracias por darme su amor, fuerza, confianza y sobre todo su comprensión.

**LOS AMO.**

### **A Mi Primo Alejandro**

*Con especial admiración le dedico este trabajo por ser el ejemplo a seguir en este camino de la Ingeniería Química, por darme recomendaciones y sobre todo por impulsarme y orientarme en los temas ecológicos como es el caso del tema de este trabajo.*

**GRACIAS.**

## *AGRADECIMIENTOS*

### **A la Universidad Nacional Autónoma de México**

Gracias por permitirme ser parte de sus egresados, me siento muy orgulloso de pertenecer a esta maravillosa casa de estudios que me ha formado como una persona crítica, analítica y con poder de decisión.

### **A mis profesores**

Gracias a todos ellos porque tuvieron la paciencia para transmitir en mí los conocimientos que dieron como resultado la culminación de mi carrera y por darme las herramientas que me han permitido desarrollarme en el campo laboral. Estoy muy agradecido con los profesores que se preocuparon en mí de manera personal al impulsarme a seguir cuando me enfrentaba a momentos difíciles de mi carrera.

### **A José Juan Monarca Rodríguez.**

Un especial agradecimiento a mi amigo que siempre me ha acompañado durante toda mi carrera, en las buenas y en las malas y sobre todo por apoyarme en el desarrollo de esta tesis.

---

---

# INDICE

Índice de tablas	3
Índice de figuras	4
Índice de gráficas	5
Objetivos generales.	6
Objetivos particulares.	6
Alcances.	6
Sinopsis por capítulo.	7
Introducción.	8

## Capítulo 1. Generalidades.

1.1	Antecedentes históricos.	9
1.2.	Definición de Estudio de Riesgo Ambiental.	9
1.2.1.	Descripción del documento de Estudio de Riesgo Ambiental.	10
1.2.2.	Datos relevantes que proporciona el Estudio de Riesgo Ambiental.	20
1.2.2.1.	Requisitos solicitados por SEMARNAT para elaborar el Estudio de Riesgo Ambiental.	20
1.2.2.2.	Descripción de los métodos más comunes empleados para elaborar Estudios de Riesgo	22
1.2.2.2.1.	Índice Dow.	22
1.2.2.2.2.	Índice Mond	22
1.2.2.2.3.	Árbol de fallas.	23
1.2.2.2.4.	Análisis “¿Qué pasa sí?”	24
1.2.2.2.5.	Estudio de Riesgo y Operabilidad (HAZOP)	25
1.2.2.3.	Estadística del uso y distribución del Estudio de Riesgo Ambiental a nivel nacional.	28
1.3.	Aplicaciones del Estudio de Riesgo Ambiental.	35
1.3.1.	En obras y actividades industriales.	35
1.3.2.	En obras y actividades comerciales.	35
1.3.3.	En obras y actividades de servicios.	36
	Referencia	37

## Capítulo 2. Legislación

2.1.	Nacional	38
2.1.1.	LGEEPA	38
2.1.2.	Reglamento del Libro Cuarto del Código Administrativo del Estado de México.	39
2.1.3.	Código Administrativo del Estado de México del Libro Cuarto.	41
2.1.4.	Ley de protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México.	41
2.1.5.	Subsecretaría del Trabajo, Seguridad y Previsión Social: Dirección General de Seguridad y Salud en el Trabajo.	42
2.1.6.	Ley Federal sobre Metrología y Normalización.	43
2.1.7.	Normas Oficiales Mexicanas sobre Seguridad e Higiene	44
2.2.	Internacional.	44
2.2.1.	Legislaciones Federales sobre la prevención de la contaminación ambiental (EUA)	45
2.2.2.	Legislación de prevención de la contaminación ambiental de la UE.	45
	Referencia	47

---

---

### **Capítulo 3. Descripción del sitio.**

3.1.	Selección de la planta.	48
3.2.	Características y actividades principales de la planta.	48
3.3.	Condiciones iniciales y actuales que se consideran en la actualización del Estudio de Riesgo.	49
3.3.1.	Localización geográfica y División política.	49
3.3.2.	Flora y fauna de la zona.	50
3.3.3.	Condiciones climatológicas.	51
3.4	Vías de comunicación.	52
3.5	Descripción de los posibles escenarios de riesgo.	52
3.6	Análisis del radio de afectación.	52
	Referencias	55

### **Capítulo 4. Modelaciones.**

4.1.	Modelo de dispersión.	56
4.1.1.	Modelaciones con Gas Natural.	64
4.1.2.	Modelaciones con Gas de Percloroetileno.	66
	Referencia	68

### **Capítulo 5. Discusión de resultados.**

5.1.	Modelos de dispersión.	69
5.2.	Sitios y escenarios de riesgo.	69

### **Capítulo 6. Aportaciones.**

### **Capítulo 7. Conclusiones.**

### **Anexos**

1	Sistema automatizado de trámites	81
2	Datos que aporta el paquete comercial ALOHA	82
3	Formato de datos de seguridad de materiales	138
4	Hojas de seguridad de substancias	141
5	Datos de registro de la empresa	158

---

---

## INDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>I.1.</b> Ejemplo que describe equipos de proceso y auxiliares especificando sus características	16
<b>I.2.</b> Criterios para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de una instalación	18
<b>I.3.</b> Distribución estatal en la regulación de actividades altamente riesgosas (1992-junio 2006)	32
<b>I.4.</b> Distribución geográfica de las empresas que han realizado estudios de riesgo de nuevos proyectos periodo 1988 – septiembre 2001	33
<b>I.5.</b> Distribución geográfica de las empresas que han realizado estudios de riesgo ambiental de plantas en operación periodo 1992 – abril 2003	34
<b>III.1.</b> Condiciones climatológicas en el municipio de Tultitlán de 2004 a 2009	51
<b>III.2.</b> Percloroetileno líquido, ruptura en el fondo del tanque	52
<b>III.3.</b> Zona de riesgo general	53
<b>III.4.</b> Zonas de riesgo del estudio de riesgo anterior	53
<b>III.5.</b> Zonas de riesgo de sobre presión del estudio anterior	54
<b>IV.1.</b> Valores de $\Delta h$	60
<b>IV.2.</b> Condiciones de estabilidad meteorológica de Pasquill	60
<b>IV.3.</b> Coeficientes de corrección de la velocidad del viento	61
<b>IV.4.</b> Gas Natural, ruptura 20 % del área transversal del tubo	65
<b>IV.5.</b> Gas Natural, ruptura 50 % del área transversal del tubo	65
<b>IV.6.</b> Gas Natural, ruptura total del área transversal del tubo	65
<b>IV.7.</b> Presiones de vapor y concentraciones de saturación ruptura en el fondo del tanque	66
<b>IV.8.</b> Percloroetileno líquido, ruptura en el fondo del tanque	66
<b>IV.9.</b> Percloroetileno fase vapor, ruptura 20% del área transversal del tubo	67
<b>IV.10</b> Percloroetileno fase vapor, ruptura 50% del área transversal del tubo	67
<b>IV.11</b> Percloroetileno fase vapor, ruptura total del área transversal del tubo	67

---

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>I.1.A.</b> Diagrama que define el nivel de estudio de riesgo parte 1	11
<b>I.1.B.</b> Diagrama que define el nivel de estudio de riesgo parte 2	12
<b>I.2.</b> Etapas de desarrollo empleadas en el análisis del árbol de fallas	24
<b>I.3.</b> Sistema de análisis HAZOP	26
<b>I.4.</b> Distribución estatal en la regulación de actividades altamente riesgosas (1992-junio 2006)	32
<b>I.5.</b> Distribución geográfica de las empresas que han realizado estudios de riesgo de nuevos proyectos	33
<b>I.6.</b> Distribución geográfica de las empresas que han realizado estudios de riesgo ambiental de plantas en operación.	34
<b>III.1.</b> Proceso de descontaminación de BPC's	49
<b>IV.1.</b> Desarrollo y dispersión de una nube de gas pesado	57
<b>IV.2.</b> Sistema de coordenadas y geometría básica de la ecuación gaussiana del penacho	58
<b>IV.3.</b> Los tres términos de la ecuación gaussiana del penacho: concentración en el eje central y términos vertical y lateral	59
<b>IV.4.</b> Coeficiente de dispersión lateral $\sigma_y$ según distancia y categoría de estabilidad Atmosférica	62
<b>IV.5.</b> Coeficiente de dispersión vertical $\sigma_z$ según distancia y categoría de estabilidad Atmosférica	63
<b>V.1.</b> Nube de vapor de percloroetileno a condiciones máximas en invierno	70
<b>V.2.</b> Nube de vapor de percloroetileno a condiciones mínimas en invierno	71
<b>V.3.</b> Nube de vapor de percloroetileno a condiciones máximas en otoño	71
<b>V.4.</b> Nube de vapor de percloroetileno a condiciones mínimas en otoño	72
<b>V.5.</b> Nube de vapor de percloroetileno a condiciones máximas en primavera	72
<b>V.6.</b> Nube de vapor de percloroetileno a condiciones mínimas en primavera	72
<b>V.7.</b> Nube de vapor de percloroetileno a condiciones máximas en verano	73
<b>V.8.</b> Nube de vapor de percloroetileno a condiciones mínimas en verano	73
<b>V.9.</b> Nube de gas metano a condiciones máximas en el invierno	74
<b>V.10.</b> Nube de gas metano a condiciones mínimas en el invierno	74
<b>V.11.</b> Nube de gas metano a condiciones máximas en otoño	75

---

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
V.12. Nube de gas metano a condiciones mínimas en otoño	75
V.13. Nube de gas metano a condiciones máximas en primavera	75
V.14. Nube de gas metano a condiciones mínimas en primavera	76
V.15. Nube de gas metano a condiciones máximas en verano	76
V.16. Nube de gas metano a condiciones mínimas en verano	76

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

I.1. Evolución del desarrollo de estudios de riesgo en nuevos proyectos ingreso anual periodo 1988 – 2000	28
I.2. Evolución del ingreso de estudios de riesgo ambiental de plantas en operación	29
I.3. Resolución de estudios de riesgo ambiental de plantas en operación periodo 1992-junio 2006	29
I.4. Resoluciones de estudios de riesgo ambiental de plantas en operación por sector periodo 1992-mayo 2006	30
I.5. Distribución de los estudios de riesgo de nuevos proyectos por tipo de sector industrial o de servicio 1988 – 2001	31
I.6. Situación por giro industrial de los estudios de riesgo de plantas en operación	31
V.1. Cantidad de solvente derramado a condiciones máximas en invierno	70

---

---

## **Objetivos:**

### **Generales:**

- Actualización del estudio de riesgo de una planta de tratamiento de residuos peligrosos, mediante la revisión, análisis y reajuste de las características poblacionales, industriales y económicas de la zona.
- Identificar y analizar circunstancias de riesgo posibles que modifican el estudio de riesgo para con ello señalar precauciones y respuestas inmediatas en caso de emergencia por el uso de gas natural y percloroetileno en una planta de tratamiento de residuos peligrosos, con base en las normas vigentes nacionales e internacionales para la revisión y comparación del estudio de riesgo realizado en el año 2001, y con el empleo de un programa de simulación de dispersión de gases explosivos y nubes tóxicas (ALOHA).

### **Particulares:**

- Investigar las transformaciones cuantitativas de los factores externos: climatológicos y demográficos consideraron en el estudio de riesgo actual de la planta en estudio.
- Comparar los distintos factores geográficos considerados en el estudio de 2001 con los de hoy día para señalar las rutas de evacuación posibles durante un siniestro en la zona de impacto.
- Proponer estrategias de atención en caso de siniestro.
- Comparar el radio de afectación inicial (mostrado en el estudio del año 2001) con el radio de afectación actual obtenido con ayuda del modelo de dispersión de gases.
- Investigar la normatividad nacional e internacional vigente que rige el estudio de riesgo y de uso de gas natural y percloroetileno.

### **Alcances:**

El presente trabajo sólo abarca sustancias peligrosas de almacenamiento y no de transformación, crecimiento de la planta al 50 %, no se elabora el árbol de causas, ni diagrama de pétalos.

---

---

## Sinopsis por capítulo.

El presente trabajo manifiesta la importancia de actualizar los Estudios de Riesgo de plantas en operación ya que muchas veces las plantas sufren modificaciones o el mismo entorno ambiental y demográfico van cambiando por lo que estos suelen ser obsoletos y para ello se hace la propuesta de actualizar el estudio de una planta en operación con nombre ficticio REPESA por motivos de confidencialidad y esta tesis se desarrollará con base en seis capítulos y a continuación se describe brevemente cada uno de ellos:

**Capítulo 1:** se refiere a las consideraciones generales donde se define el significado del estudio de riesgo, en los que se desglosa los antecedentes históricos, definición y descripción de la documentación relevante así como todos los componentes que los integran. Además se abordan análisis y estadísticas que exponen la necesidad de uso de los estudios de riesgo

**Capítulo 2:** Da a conocer la legislación (leyes, normas y reglamentos relevantes) que dan las pautas para la generación e implementación de los estudios de riesgo. Todas las que se exponen en este capítulo son las que la SEMARNAT establece como necesarias.

**Capítulo 3:** Describe las características y actividades de la planta REPESA que su principal actividad es la descontaminación de bifenilos policlorados que tienen equipos como sistema de enfriamiento. Se hace referencia a las condiciones climatológicas, demográficas iniciales y actuales sobre las que se hace el estudio de riesgo. También se hace una descripción de Tultitlán municipio donde se encuentra la planta REPESA.

**Capítulo 4:** Se hace una descripción sobre los modelos de dispersión para gases y líquidos utilizados en el proceso, principalmente gas natural y percloroetileno.

**Capítulo 5:** Se refiere a los resultados obtenidos después de las corridas realizadas con el modelo haciendo comparación con base en las condiciones del clima y condiciones del equipo. Así como de las condiciones del estudio inicial.

**Capítulo 6:** Son las aportaciones y recomendación que se hacen para el caso en que se presente una contingencia de acuerdo a los radios de afectación obtenidos en la modelación.

---

---

## INTRODUCCIÓN.

Debido que en nuestro país existe una creciente demanda de seguridad ya que en los últimos años los cambios demográficos e industriales con actividades altamente peligrosas en México han propiciado desastres ambientales. Ejemplo de ello son los ocurridos en Guadalajara (1992)<sup>1</sup>, que obligó al gobierno a solicitar a las empresas apegarse a las guías existentes para la elaboración de los estudios de riesgo emitidos por la Secretaría de Ecología [1]. En dicho estudio se manifiesta las acciones preventivas [2]. Cabe mencionar que hoy día las empresas cuentan con este estudio de riesgo siendo obligatorio a partir del 16 de julio de 1999 [5] (solicitados por LGEEPA), debiendo ser revisado y actualizado periódicamente en intervalos de 3 a 10 años [6].

Muestra de lo anterior es que en Ecatepec, Naucalpan, Tlalnepantla, y Tultitlán<sup>2</sup> se concentra más del 50 % de las plantas industriales de la zona Metropolitana [3]. Por lo que el presente trabajo se enfocará en Tultitlán, ya que en el municipio y las empresas no se cuenta con la información, procedimientos y equipamientos suficientes para controlar los accidentes que pudieran presentarse por alguna contingencia derivada de la actividad industrial como lo demuestran los constantes accidentes como por ejemplo la fuga de etanol que ocurrió en abril de 1992, o el incendio en una empresa que almacenaba desechos ocurrido en julio de 2002, la explosión de una planta clandestina de la localidad, ocurrida en octubre de 2005 [4]. Dichas explosiones también pueden darse en una empresa de tratamiento de residuos peligrosos por el uso de gas natural [7] y para el caso de percloroetileno que se utiliza como solvente de bifenilos policlorados que producen nubes tóxicas.

Toda la información anterior hace notar la importancia de estudio de riesgo y que no se le ha dado el impulso necesario para responder adecuadamente aún cuando existen diferentes leyes y organizaciones que velan por la seguridad poblacional e industrial, muestra de ello es el riesgo que se tiene por el consumo de gas natural equivalente a 383.849 petajoules<sup>3</sup> (que es indispensable para el proceso de destilación) y por el uso de percloroetileno en una planta de tratamientos de sustancias peligrosas. Por lo que se tiene la obligación de evaluar y actualizar el estudio de riesgo para que se atiendan correctamente los peligros que representan estas sustancias y que pueden convertirse en incidentes de gran importancia para la zona en que se encuentre por el mal manejo y desconocimiento de los procedimientos de seguridad y prevención cuando se utilicen gases tóxicos y explosivos [9].

Esta tesis tiene como finalidad actualizar y comparar el estudio de riesgo de una planta de tratamiento de residuos peligrosos (ubicada en Tultitlán, Edo. de Méx.), la cual usa gas natural y percloroetileno. Esto se llevará a cabo mediante la suposición de fugas en tuberías y tanques de almacenamiento, además de la consideración de un crecimiento del 50 % en la operación de la planta, cambios poblacionales, industriales y meteorológicos, durante el estudio con el modelo matemático de dispersión de gases (ALOHA) [11 y 10] con el objetivo de comparar los resultados para poder orientar, identificar riesgos, y evaluar las medidas correctivas indispensables que permitan seleccionar las estrategias óptimas para tener un área segura de trabajo y de protección civil. [8] Cabe mencionar que por motivos de confidencialidad no se proporciona el nombre de la empresa, por lo que para efectos propios del presente trabajo se le denominará a la empresa como REPESA.

---

<sup>1</sup> Colonia Analco perteneciente al Sector Reforma en la capital de Guadalajara.

<sup>2</sup> Ubicados en el Estado de México.

<sup>3</sup> 1 Petajoule equivale a 10<sup>15</sup> joules tomado de la página de Internet de INEGI el 25-marzo-2006

---

---

# Capítulo 1. Generalidades.

## 1.1. Antecedentes históricos.

En 1983, la Ley Federal de Protección al Ambiente introduce por primera vez los Estudios de Riesgo Ambiental, como parte del procedimiento de evaluación del impacto ambiental en proyectos industriales. Conjuntamente con ello la LGEEPA,<sup>4</sup> amplía el concepto para incorporar la obligación de elaborar e instrumentar programas a empresas para que incluyan planes externos de respuesta en caso de emergencias, con lo que se pueda prevenir accidentes. [1]

Ejemplo de la aplicación de estos programas es cuando existen accidentes que son provocados por el aumento en la producción, en el almacenamiento y en el empleo de sustancias peligrosas, que generalmente suelen ser relacionados con incendios, explosiones o dispersión de sustancias químicas tóxicas debido a que escapan de los recipientes o fugas al perforarse la tubería que los transporta y que muchas veces es seguido por evaporación y dispersión.<sup>5</sup> [8]

Cabe señalar que debido a la fuga de gasolina acumulada en los drenajes de una comunidad de Guadalajara<sup>6</sup> (que desencadenó una explosión con consecuencias mortales y ambientales), se creó el PRONAPAARA<sup>7</sup>, que entre los años 1992 y 1999 logró avances en el seguimiento y en el cumplimiento de las recomendaciones derivadas en los Estudios de Riesgo Ambiental que realizaban empresas voluntarias. Con lo anterior se logró mayor comunicación entre las fuentes generadoras con las instancias reguladoras ambientales. [1]

Todo lo anterior propicio el fortalecimiento, organización y uso de las capacidades para atender las emergencias ambientales e incrementar los mecanismos de coordinación y concertación gubernamental para evaluar los Estudios de Riesgo Ambiental en su modalidad de análisis preliminares de riesgos.

## 1.2 Definición de Estudio de Riesgo Ambiental.

La definición típica del estudio de riesgo está dada como la evaluación de los alcances de los accidentes propios por la exposición al percloroetileno, gas natural y bifenilos policlorados y la intensidad de los efectos posibles en diferentes radios de afectación. Debido a que la planta maneja sustancias peligrosas se considera que realiza actividades altamente riesgosas, por lo que debe formular y presentar a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) un estudio de riesgo ambiental.

En este documento se da a conocer el análisis que consta de métodos para identificar y evaluar efectos adversos que puedan ocasionar un daño al equilibrio ecológico durante la ejecución y operación normal de la planta, tomando las medidas técnicas preventivas y correctivas que permitan controlar, eliminar y remediar los efectos a la exposición del gas natural, percloroetileno y los bifenilos policlorados. Se aplica también en casos de accidente, mediante un análisis que pueda emitir un dictamen respecto al grado de seguridad que guarda la empresa REPESA por las actividades que desarrolla y que básicamente consiste en la descontaminación de transformadores con bifenilos policlorados. [1, 2, 8,11]

---

<sup>4</sup> Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Publicada en 1988.

<sup>5</sup> Es el caso de sustancias volátiles.

<sup>6</sup> Colonia Analco del Sector Reforma de la Capital de Guadalajara.

<sup>7</sup> Programa Nacional para la Prevención de Accidentes de Alto Riesgo Ambiental.

---

### 1.2.1 Descripción del documento de Estudio de Riesgo Ambiental.

En la conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo se adoptó la Agenda 21, la cual cubre el aspecto de sustancias químicas dentro del capítulo 19 que incluye la evaluación del riesgo. Esta actividad se puso en práctica con la participación de distintas organizaciones de las Naciones Unidas, además de organizaciones clave como la OCDE<sup>8</sup>, la Industria y la ONG<sup>9</sup>. A estas organizaciones se incluyen también el PNUMA<sup>10</sup>, la OIT<sup>11</sup>, la OMS<sup>12</sup>, el PISQ<sup>13</sup>, la FAO<sup>14</sup> y el UNITAR<sup>15</sup>, que tienen la finalidad básica de dar los instrumentos de regulación directa obligatoria, a través de las cuales el gobierno induce el manejo seguro de las sustancias de Alto Riesgo. [9] Actualmente en muchos países la Evaluación del Riesgo Ambiental es considerado como parte importante de las tareas de planeación.

En México los primeros intentos por evaluar el riesgo ambiental surgen en 1983, año en el que la Ley Federal de Protección al Ambiente introduce por primera vez los Estudios de Riesgo Ambiental, como parte del procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental de los proyectos industriales. En tanto que la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) publicada en 1988 y sus modificaciones publicadas en 1996 y 2001 amplían el concepto para incorporar la obligación por parte de las Actividades Altamente Riesgosas que se proyecten, de elaborar e instrumentar programas para la prevención de accidentes que incluyan planes externos para la respuesta de emergencias.

De acuerdo con el Artículo 147 de la LGEEPA<sup>1</sup>, la realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se registrarán con apego a lo dispuesto por esta Ley, las propias disposiciones reglamentarias que de ella emanen así como por las normas oficiales mexicanas correspondientes. [10]

Debido a que la empresa REPESA realiza actividades altamente riesgosas, debe formular y presentar a la Secretaría un Estudio de Riesgo Ambiental además de ser una empresa en operación. [3,10]

La descripción del Estudio de Riesgo establece cuatro niveles diferentes de información, por lo que el siguiente procedimiento ilustrado en las figuras I.1.A y I.1.B, tienen la finalidad de establecer cuáles son los criterios que definirán el Estudio de Riesgo Ambiental a presentar por el particular.[20]

---

<sup>8</sup> Organización de Cooperación y Desarrollo Económico

<sup>9</sup> Organizaciones No Gubernamentales

<sup>10</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

<sup>11</sup> Organización Internacional del Trabajo

<sup>12</sup> Organización Mundial de la Salud

<sup>13</sup> Programa Internacional de Seguridad Química

<sup>14</sup> Organización para la Agricultura y la Alimentación

<sup>15</sup> Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional e Investigación

Figura I.1.A DIAGRAMA QUE DEFINE EL NIVEL DE ESTUDIO DE RIESGO PARTE 1 [20]

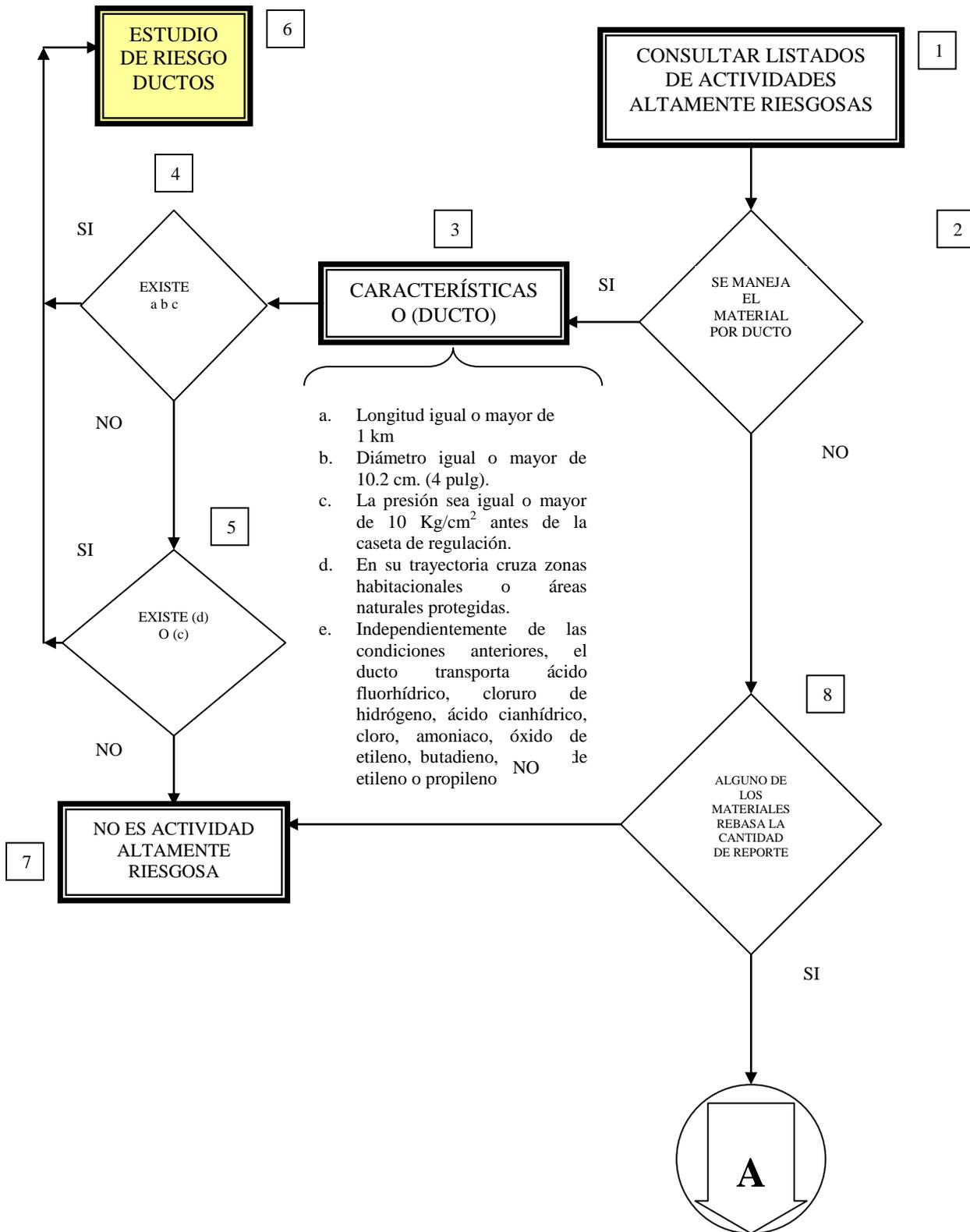
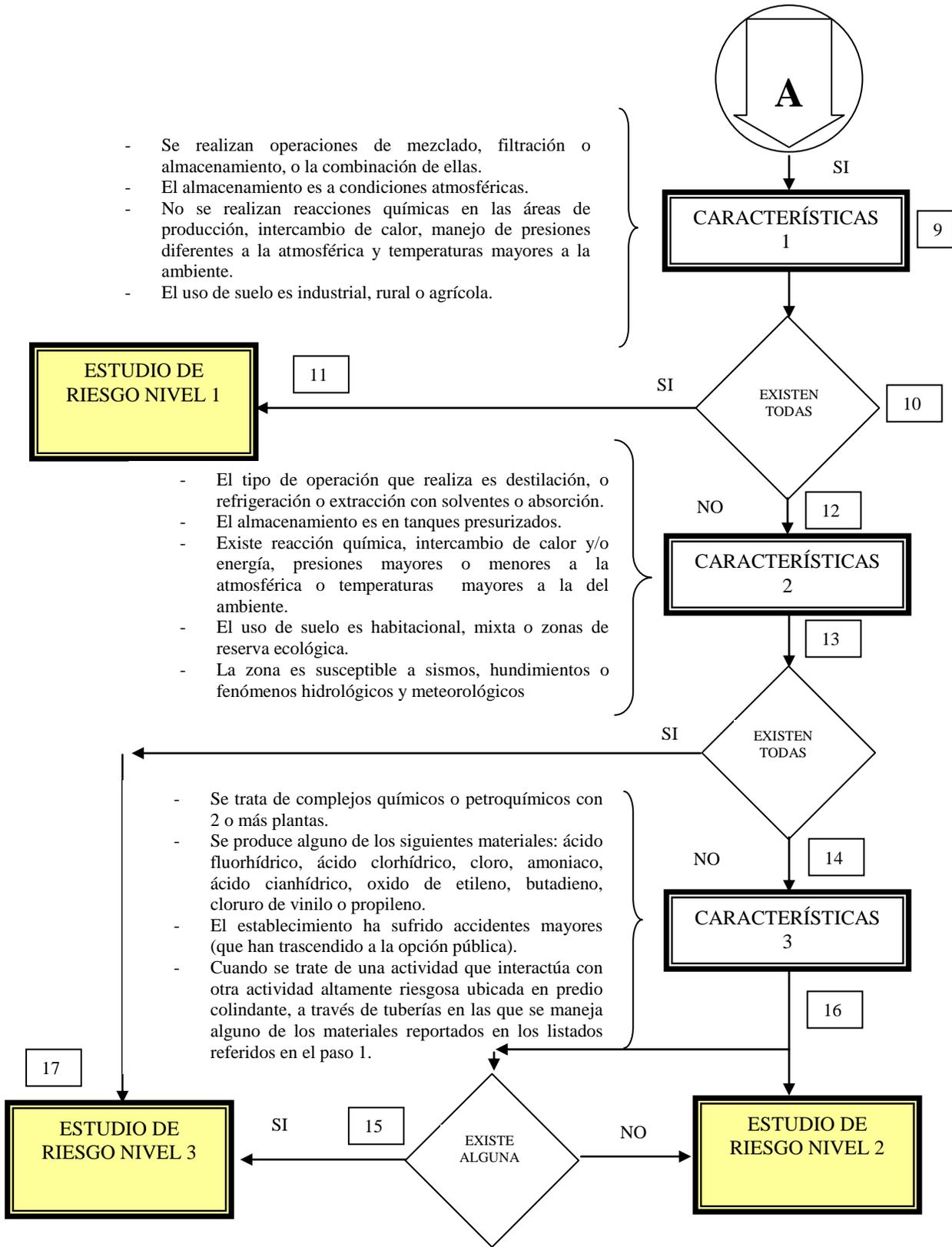


Figura I.1.B DIAGRAMA QUE DEFINE EL NIVEL DE ESTUDIO DE RIESGO PARTE 2 [20]



Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de manejo Integral de material y actividades riesgosas.

---

---

De acuerdo con el diagrama anterior se considera que la planta REPESA se encuentra en el nivel 3 debido a que se encarga de extraer los bifenilos policlorados a partir de un solvente llamado paradiclorobenceno.

Una vez que se ha determinado el nivel de Estudio de Riesgo Ambiental correspondiente, deberá presentarse de acuerdo a lo siguiente:

## **II. Datos generales.**

- I.1. Nombre o razón social de la empresa u organización
- I.2. Registro Federal de Contribuyentes de la empresa
- I.3. Número de registro del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) (opcional).
- I.4. Cámara o asociación a la que pertenece, indicando el número de registro y la fecha de afiliación (opcional).
- I.5. Actividad productiva principal del establecimiento.
- I.6. Clave del Catálogo.
- I.7. Código ambiental (C A)
- I.8. Domicilio del establecimiento (anexar croquis)
- I.9. Domicilio para oír y recibir notificaciones
- I.10. Fecha de inicio de operaciones.
- I.11. Número de trabajadores equivalentes (opcional)
- I.12. Total de horas
- I.13. Número de trabajadores promedio, por día y por turno laborado.
- I.14. ¿Es maquiladora de régimen de importación temporal? (opcional)
- I.15. ¿Pertenece a alguna corporación (opcional).
- I.16. Participación de capital.
- I.17. Número de empleos indirectos a generar.
- I.18. Inversión estimada (M.N)
- I.19. Nombre del gestor.
- I.20. Registro Federal de Contribuyentes del gestor.
- I.21. Departamento proponente del Estudio de Riesgo.
- I.22. Nombre completo, firma y puesto de la persona responsable de la instalación (Representante legal). Anexar comprobantes que identifiquen la capacidad jurídica del responsable de la empresa, suficientes para suscribir el presente documento.
- I.23. Nombre completo y firma del representante legal de la empresa, bajo protesta de decir la verdad.
- I.24. Nombre de la compañía encargada de la elaboración del Estudio de Riesgo (en su caso)
- I.25. Domicilio de la compañía encargada de la elaboración del Estudio de Riesgo (indicando calle, número interior y exterior, colonia, municipio o delegación, código postal, entidad federativa, teléfono, fax)
- I.26. Nombre completo, puesto y firma de la persona responsable de la elaboración del estudio.

---

---

## **II. Descripción general de la instalación**

- II.1. Nombre de la instalación, haciendo una breve descripción de la actividad.
  - II.1.1. Planes de crecimiento a futuro, señalando la fecha estimada de realización.
  - II.1.2. Fecha de inicio de operaciones.
- II.2. Ubicación de la instalación.
  - II.2.1. Planos de localización a escala adecuada y legible, marcando puntos importantes de interés cercanos a la instalación o proyecto en un radio de 500 m.
  - II.2.2. Coordenadas geográficas de la instalación (no aplica para zonas urbanas).
  - II.2.3. Describir y señalar en los planos de localización, las colindancias de la instalación y los usos del suelo en un radio de 500 metros en su entorno, así como la ubicación de zonas vulnerables, tales como: asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica, cuerpos de agua, etc.; señalando claramente los distanciamientos a las mismas.
  - II.2.4. Superficie total de la instalación y superficie requerida para el desarrollo de la actividad ( $m^2$  o Ha).
  - II.2.5. Descripción de accesos (marítimos, terrestres y/o aéreos).
  - II.2.6. Infraestructura necesaria. Para el caso de ampliaciones, deberá indicar en forma de lista, la infraestructura actual y la proyectada.
- II.3. Actividades que tengan vinculación con las que se pretendan desarrollar en la instalación (industriales, comerciales y/o de servicios).
- II.4. Número de personal necesario para la operación de la instalación.
- II.5. Especificar las autorizaciones oficiales con que cuentan para realizar la actividad en estudio (licencia de funcionamiento, permiso de uso del suelo, permiso de construcción, autorización en materia de Impacto Ambiental, etc.). Anexar comprobantes (opcional).

## **III. Aspectos del medio natural y socioeconómico.**

La información presentada en este capítulo, deberá estar referenciada y sustentada en fuentes confiables y actualizadas, debiéndose señalar en el estudio dicha referencia.

- III.1. Describir las características del entorno ambiental a la instalación en donde se contemple: Flora, fauna, suelo, aire y agua.
- III.2. Describir detalladamente las características climáticas entorno a la instalación, con base en el comportamiento histórico de los últimos 10 años (temperatura máxima, mínima y promedio; dirección y velocidad del viento; humedad relativa; precipitación pluvial).
- III.3. Indicar la densidad demográfica de la zona donde se ubica la instalación.
- III.4. Indicar los giros o actividades desarrolladas por terceros entorno a la instalación.
- III.5. Indicar el deterioro esperado en la flora y fauna por la realización de actividades de la instalación, principalmente en aquellas especies en peligro de extinción.

---

---

III.6. El sitio de la instalación de la planta, está ubicado en una zona susceptible a:

- Terremotos (sismicidad)
- Corrimientos de tierra
- Derrumbamientos o hundimientos
- Efectos meteorológicos adversos (inversión térmica, niebla, etc.)
- Inundaciones (historial de 10 años)
- Pérdidas de suelo debido a la erosión
- Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión
- Riesgos radiológicos
- Huracanes.

Los casos contestados afirmativamente, describirlos a detalle.

III.7. Sí es de su conocimiento que existe un historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área de las instalaciones, proporcione la información correspondiente.

#### **IV. Integración del proyecto a las políticas marcadas en el programa de desarrollo urbano local.**

Señalar si las actividades de la instalación se encuentran enmarcadas con las políticas del Programa de Desarrollo Urbano Local, que tengan vinculación directa con las mismas. Anexar el plano del referido Programa de Desarrollo Urbano de la zona donde se localiza la instalación.

#### **V. Descripción del proceso.**

- V.1. Mencionar los criterios de diseño de la instalación, con base a las características del sitio y a la susceptibilidad de la zona a fenómenos naturales y efectos meteorológicos adversos.
- V.2. Descripción detallada del proceso por líneas de producción, reacción principal y secundaria en donde intervienen materiales considerados de alto riesgo (debiendo anexar diagramas de bloques).
- V.3. Describir reacción principal y secundaria en donde intervienen sustancias o materiales considerados de alto riesgo, incluyendo la cinética de las mismas y mecanismos de reacción llevados a cabo en el proceso, bajo condiciones normales y anormales de operación.
- V.4. Listar todas las materias primas, productos y subproductos manejados en el proceso, señalando aquellas que se encuentren en los Listados de Actividades Altamente Riesgosas; especificando nombre de la sustancia, cantidad máxima de almacenamiento en kg, barriles, flujo en m<sup>3</sup>/h o millones de pies cúbicos estándar por día (MPCSD), concentración, capacidad máxima de producción, tipo de almacenamiento (granel, sacos, tanques, tambores, garrafones, barriles pequeños, etc.) y equipo de seguridad.
- V.5. Presentar las hojas de datos de seguridad, de acuerdo a la **NOM-114-STPS-1994, "Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo"** (formato Anexo No. 2), de aquellas sustancias consideradas peligrosas que presenten alguna característica **CRETIB**<sup>16</sup>.
- V.6. Equipos de proceso y auxiliares.

---

<sup>16</sup> Corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable, biológico infeccioso

V.6.1. Tipo de recipientes y/o envases de almacenamiento, especificando características, código o estándares de construcción, dimensiones, cantidad o volumen máximo de almacenamiento por recipiente, indicando la sustancia contenida, así como los dispositivos de seguridad instalados en los mismos.

V.6.2. Describir equipos de proceso y auxiliares, especificando características, tiempo estimado de uso y localización; asimismo, anexar plano a escala del arreglo general de la instalación. Como se puede ver en la tabla I.1

**Tabla I.1: EJEMPLO QUE DESCRIBE EQUIPOS DE PROCESO Y AUXILIARES ESPECIFICANDO SUS CARACTERÍSTICAS**

EQUIPO	NOMENCLATURA DEL EQUIPO	CARACTERÍSTICAS Y CAPACIDAD	ESPECIFICACIONES	VIDA ÚTIL (INDICADA POR EL FABRICANTE)	TIEMPO ESTIMADO DE USO	LOCALIZACION DENTRO DEL ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA
REACTOR	R-1	REACTOR CATALÍTICO CON SISTEMA DE CALENTAMIENTO, CON CAPACIDAD DE 12 m <sup>3</sup>	ACERO INOXIDABLE SA- 316 gr. B ESPESOR 1/4 " DIÁMETRO 2 m ALTURA 4 m	20 AÑOS	5 AÑOS	AREA DE PROCESO DE ETOXILADOS

V.6.3. Anexar planos de detalle del diseño mecánico de los principales equipos de proceso y sistemas de conducción, señalando las normas aplicadas.

V.6.4. Bases de diseño de los sistemas de desfogue existentes en la instalación.

V.7. Condiciones de operación. Anexar los diagramas de flujo, indicando la siguiente información:

V.7.1. Balance de materia y energía.

V.7.2. Temperaturas y Presiones de diseño y operación.

V.7.3. Estado físico de las diversas corrientes del proceso.

V.8. Características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes).

V.9. Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente; Incluir las bases de diseño de los sistemas de instrumentación, anexando las especificaciones de los principales elementos de medición y control.

V.10. Diseño de servicios.

V.10.1 Anexar planos generales del diseño de los sistemas de servicio.

V.10.2 Describir los servicios externos e internos necesarios y su importancia en la operación de sectores críticos.

V.10.3 Descripción y justificación de los sistemas redundantes de servicios.

V.11. Resumen Ejecutivo de las bases y criterios empleados para el diseño civil y estructural de las principales áreas de la instalación, así como de los equipos donde se manejan materiales considerados de alto riesgo.

- 
- 
- V.12. Especificar en forma detallada las bases de diseño para el cuarto de control.
  - V.12.1 Describir las bases de diseño de los sistemas de aislamiento de las diferentes áreas o equipos con riesgos potenciales de incendio, explosión, toxicidad y sistemas de contención para derrames, anexando planos de construcción de los mismos.
  - V.12.2 Anexar planos de la distribución del sistema contra-incendios.
  - V.13. Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad de la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

## **VI. Análisis y evaluación de riesgos**

- VI.1. Antecedentes de incidentes y accidentes ocurridos en la operación de las instalaciones o de procesos similares, describiendo brevemente el evento, las causas, sustancias involucradas, nivel de afectación y en su caso, acciones realizadas para su atención.
- VI.2. Con base en la ingeniería de detalle, identificar los riesgos en áreas de proceso, almacenamiento y transporte, mediante la utilización de alguna de las siguientes metodologías: Análisis de Riesgo y Operabilidad (HAZOP) y Árbol de Fallas, Análisis de Modo Falla y Efecto (FMEA) y Árbol de Fallas; o la combinación de dos metodologías con características similares a las anteriores, debiendo aplicar las metodologías de acuerdo a las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar dicha aplicación, deberá sustentarse técnicamente.

Bajo el mismo contexto, deberá indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación de riesgos; asimismo, anexar el o los procedimientos y la(s) memoria(s) descriptiva(s) de la(s) metodología(s) empleada(s).

En la aplicación de las metodologías utilizadas, deberán considerarse todos los aspectos de riesgo de cada una de las áreas que conforman la instalación.

Para la jerarquización de Riesgos se podrán utilizar: metodologías cuantitativas de identificación de riesgos, sustentadas en criterios de peligrosidad de los materiales, los volúmenes de manejo, las condiciones de operación y/o las características CRETIB de las mismas, o bien, mediante algún otro método que justifique técnicamente dicha jerarquización.

- VI.3. Determinar los radios potenciales de afectación, a través de aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo, identificados en el punto VI.2, e incluir la memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones, debiendo justificar y sustentar todos y cada uno de los datos empleados en dichas determinaciones.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, deberá utilizar los criterios que se indican a continuación en la tabla I.2:

**Tabla I.2. CRITERIOS PARA DEFINIR Y JUSTIFICAR LAS ZONAS DE SEGURIDAD AL ENTORNO DE UNA INSTALACIÓN**

	<b>TOXICIDAD</b> (CONCENTRACION)	<b>INFLAMABILIDAD</b> (RADIACION TERMICA)	<b>EXPLOSIVIDAD</b> (SOBREPRESION)
Zona de Alto Riesgo	IDLH <sup>17</sup>	5 Kw/m <sup>2</sup> o 1500 BTU/pie <sup>2</sup> h	1.0 lb/pulg <sup>2</sup>
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>8</sub> <sup>18</sup> o TLV <sub>15</sub> <sup>19</sup>	1.4 Kw/m <sup>2</sup> o 440 BTU/pie <sup>2</sup> h	0.5 lb/pulg <sup>2</sup>

**NOTAS:**

1) En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.

2) Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

- VI.4. Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano a escala adecuada donde se indiquen los puntos de interés que pudieran verse afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc.),
- VI.5. Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas.
- VI.6. Indicar claramente las recomendaciones técnico-operativas resultantes de la aplicación de las metodologías para la identificación de riesgos, así como de la evaluación de los mismos, señalados en los puntos VI.2 y VI.3.
- VI.7. Presentar reporte del resultado de la última auditoria de seguridad practicada a la instalación, anexando en su caso, el programa calendarizado para el cumplimiento de las recomendaciones resultantes de la misma.

Los aspectos que deberán considerarse en la Auditoria son, entre otros:

- La revisión de normas y especificaciones de diseño y construcción de los equipos e instalaciones (vías de acceso y maniobra, tanques de almacenamiento, capacidad de bombeo, etc.).
- La existencia y aplicación de procedimientos y programas, para garantizar la adecuada operación y mantenimiento de las instalaciones (Manuales con procedimientos de operación para cada área de la planta, paro, arranque y emergencias, mantenimiento preventivo, etc.).

<sup>17</sup> Es el valor máximo en ppm o mg/m<sup>3</sup> de concentración de una sustancia tóxica a la que una persona puede escapar sin daños reversibles a su salud, en un periodo hasta de 30 minutos de exposición), peligro inmediato a la vida o a la salud.

<sup>18</sup> Concentración promedio de tiempo ponderado, para una jornada de trabajo normal de 8 horas diarias durante 15 días

<sup>19</sup> Máxima concentración en aire al que las personas pueden ser expuestas, por un periodo de 15 minutos de manera continua, sin sufrir irritación, cambios crónicos o irreversibles en la piel, o bien sin sufrir un nivel de narcosis que pudiera aumentar la probabilidad de accidente o la imposibilidad de salvarse por sí mismo o reducir la eficiencia en el trabajo.

- 
- 
- La implementación de los sistemas de identificación y codificación de los equipos (Identificación de tuberías, tanques, unidades de transporte de la planta, etc.).
  - Los programas de verificación o pruebas, que certifiquen la calidad integral y resistencia mecánica de los equipos (Medición de espesores en tuberías y recipientes, radiografiado, certificación de accesorios y conexiones, pruebas hidrostáticas y neumáticas, etc.).
  - Programas de revisión de los diversos sistemas de seguridad, así como los programas de la calibración de la instrumentación y elementos de control (válvulas de seguridad, disparo y alarmas, etc.).
  - Disposición del equipo necesario de protección personal y de primeros auxilios.
  - Disposición de los residuos industriales generados dentro de sus instalaciones.

Cabe señalar, que deberá poner especial énfasis en aquellas áreas que resultaron ser las de mayor riesgo, de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo.

VI.8. Describir a detalle las medidas, equipos, dispositivos y sistemas de seguridad con que cuenta o contará la instalación, consideradas para la prevención, control y atención de eventos extraordinarios.

VI.9. Indicar las medidas preventivas o programas de contingencias que se aplicarán, durante la operación normal de la instalación, para evitar el deterioro del medio ambiente (sistemas anticontaminantes), incluidas aquellas orientadas a la restauración de la zona afectada en caso de accidente.

VI.10 Describir las rutas de traslado de los materiales involucrados que se consideran de alto riesgo.

## **VII. Conclusiones y recomendaciones.**

VII.1. Presentar un Resumen Ejecutivo del Estudio de Riesgo, que deberá incorporar los datos generales de la empresa (Anexo No. 1), y la relación de sustancias peligrosas manejadas, capacidad y tipo de almacenamiento.

VII.2. Presentar el Informe Técnico del Estudio de Riesgo (Anexo No. 3).

VII.3. Hacer un resumen de la situación general que presenta la instalación en materia de riesgo ambiental, señalando las desviaciones encontradas y posibles áreas de afectación.

VII.3.1 Con base en el punto anterior, señalar todas las recomendaciones derivadas del análisis de riesgo efectuado, incluidas aquellas determinadas en función de la identificación, evaluación e interacciones de riesgo y las medidas y equipos de seguridad y protección con que contará la instalación para mitigar, eliminar o reducir los riesgos identificados.

VII.4. Señalar las conclusiones del estudio de riesgo.

## **VIII. Anexo fotográfico.**

VIII.1. Presentar anexo fotográfico o video del sitio de ubicación de la instalación, en el que se muestren las colindancias y puntos de interés cercanos al mismo. Así como de las instalaciones, áreas o equipos críticos.

---

---

## 1.2.2 Datos relevantes que proporciona el Estudio de Riesgo Ambiental.

El objetivo principal del análisis de riesgo es proveer una estructura que ayude a tomar decisiones para mitigar los efectos que pongan en riesgo la salud y el medio ambiente.

Un Estudio de Riesgo Ambiental determina principalmente:

- La probabilidad de que ocurran accidentes por explosión, incendio, fuga o derrame que involucre materiales peligrosos;
- Los posibles radios de afectación fuera de las instalaciones correspondientes;
- La severidad de la afectación en los distintos radios;
- Las medidas de seguridad a implantar para prevenir que ocurran los accidentes;
- El Programa para la Prevención de Accidentes en caso de que ocurra un accidente.
- Comparar tecnologías para la remediación de sitios contaminados [20]

### 1.2.2.1 Requisitos para elaborar el Estudio de Riesgo Ambiental.

La elaboración de un Estudio de Riesgo Ambiental, en términos generales se constituye por un conjunto de documentos e información, que genéricamente se concretan en los siguientes rubros:

1. Presentar la solicitud del Estudio de Riesgo Ambiental y emisión del dictamen correspondiente, dirigido al titular de la Secretaría de Ecología, con atención al titular de la Dirección General de Ordenamiento e Impacto Ambiental, firmada por el representante legal o de la persona física responsable.
2. Transcribir y contestar las preguntas del instructivo y anexar el plano, croquis, diagramas y/o copia de los documentos oficiales que se solicitan.
3. Incluir carta responsiva de la empresa consultora que realizó el estudio con copia de su registro de Prestador de Servicio vigente autorizado por la Secretaría y todas las hojas del estudio deberán ser foliadas y firmadas o rubricadas en original por el responsable técnico acreditado y el representante legal de la empresa promotora, iniciando la numeración por la parte última del estudio.
4. El estudio se presentará en original y 2 copias.
5. Se entregará copia del estudio en CD, incluyendo planos y documentación legal y técnica escaneada.
6. Un ejemplar quedará a disposición de la consulta pública, por lo que se deberá especificar en ésta, lo que a su derecho convenga y la otra será su constancia de acuse.
7. El Estudio de Riesgo Ambiental deberá incluir los siguientes datos:
  - a) Nombre del promotor.
  - b) Dirección para oír y recibir notificaciones en el Estado de México.
  - c) Memoria descriptiva del proyecto o actividad que se pretende realizar.
  - d) Dirección del predio donde se pretende realizar el proyecto.
  - e) Ubicación física del predio donde se pretende desarrollar el proyecto.

- 
- 
- f) Vida útil del proyecto
  - g) Uso del suelo.
  - h) Constancia de alineamiento y número oficial.
  - i) Ubicación del proyecto con respecto a centros de concentración masiva.
  - j) Ubicar en una ortofoto la poligonal del predio y señalar en un radio de 500 metros en torno a este, causes y cuerpos de agua, permanentes o intermitentes, masas arbóreas, centros de población, conjuntos habitacionales, minas, tiraderos, rellenos sanitarios, zonas industriales, terminales aéreas o de autobuses, parques, zonas de reserva ecológica, áreas naturales protegidas, zonas arqueológicas y en general toda obra, actividad y elemento ambiental significativo existente dentro de este radio.
  - k) Plano de conjunto del proyecto señalando las superficies indicadas en inciso anterior, las restricciones por derecho de vía, tendidos eléctricos, ductos, cuerpos de agua, etc.; áreas de almacenamiento de combustible y de las sustancias riesgosas, la ubicación de la maquinaria y equipo empleado, tuberías, líneas de conducción, instalaciones e instrumentación requeridas para el mismo y señalar las obras y las actividades que se realizan en las colindancias.
  - l) Estudio de mecánica de suelos.
  - m) Lista de combustibles, sustancias riesgosas y materias primas requeridas para el proyecto señalando los volúmenes de manejo que se emplearán al mes, incluyendo las hojas de seguridad de las mismas.
  - n) Capacidad y características técnicas de los contenedores y tanques de almacenamiento de combustibles, sustancias riesgosas y materias primas riesgosas.
  - o) Listado de maquinaria y equipo requerido para el proyecto; características técnicas del mismo.
  - p) Características técnicas de las tuberías, bombas, válvulas, líneas de conducción, instalaciones, dispositivos de seguridad e instrumentación contempladas en el proyecto.
  - q) identificación de riesgos evaluando procesos y procedimientos de operación, áreas de almacenamiento, maquinaria, equipo, tuberías, líneas de conducción, instalaciones e instrumentación del proyecto y cálculo de probabilidad de ocurrencia empleando al menos dos metodologías.
  - r) Modelación de los eventos probables máximos de riesgo por derrame, fuga, incendio o explosión calculando daño máximo probable y daño catastrófico, presentando la memoria de cálculo respectiva en idioma español.
  - s) Presentar en plano de conjunto del proyecto a escala 1:200 los radios de afectación por eventos probables modelados en el inciso anterior (incluir diagrama de pétalos).
  - t) Definición y justificación de las zonas de protección alrededor de la instalación, en el que se incluyan: las medidas de seguridad y operación que se implementarán para abatir el riesgo, el equipo y los dispositivos de seguridad para controlar eventos inesperados, programa calendarizado de supervisión de equipos y revisión interna de seguridad y el programa de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y equipo. [6]

---

---

## 1.2.2.2 Metodologías utilizadas para elaborar el Estudio de Riesgo Ambiental

En México así como en otros países se emplean diversas metodologías y modelos para la evaluación, estimación, identificación y jerarquización de riesgos que recurre a los siguientes métodos que sirven para la verificación del nivel de Estudio de Riesgo Ambiental que corresponda a la actividad en particular: [4, 13]

### 1.2.2.2.1 Índice Dow<sup>20</sup>

Este indicador intenta cuantificar anticipadamente daños potenciales ocasionados por incendios y explosiones, identificando las causas y a los generadores, asignando a los riesgos potenciales una valoración económica que permite jerarquizar decisiones.

La cuarta edición publicada sobre el índice Dow contiene una evaluación del daño máximo probable a las propiedades (*Maximum Probable Property Damage*, (MPPD)), el cual es determinado de los **índices de incendio y explosión (I y E)**. Esta también introduce un **índice de toxicidad (IT)**, que se calcula en forma independiente. [13]

### 1.2.2.2.2 Índice Mond

Este método se basa en el cálculo de la peligrosidad de los productos involucrados y en el carácter crítico de los procesos en función de sus antecedentes de operación en instalaciones similares. Permite obtener índices numéricos de riesgo para cada sección de las instalaciones industriales, en función de las características de las sustancias manejadas, de su cantidad, del tipo de proceso, y de las condiciones específicas de operación.

El material sujeto a análisis se selecciona de acuerdo al de mayor riesgo de la unidad, dependiendo del grado de inflamabilidad o energía potencial explosiva y de la cantidad requerida para ser considerada como peligrosa. Si hay más de un material, se deben hacer cálculos separados basados en cada uno de ellos y considerar el que ocasione consecuencias más severas.

Los factores a determinar para este estudio son los siguientes:

- **Factor del material (B):** Es una medida del fuego, explosión o energía potencial liberada por el material, a una temperatura de 25° C a presión atmosférica, en estado sólido, líquido o gaseoso.
- **Riesgos especiales de la sustancia (M):** Su propósito es tomar en consideración las propiedades específicas del material o cuando se mezcle con otros materiales como son catalizadores. Los factores de riesgo se asignan en función de las circunstancias del uso del material y no se definen por las propiedades del material aislado.
- **Riesgo general del proceso (P):** Indica los cambios químicos que ocurren en el material así como el sitio en donde éstos suceden.
- **Riesgo especial del proceso (S):** Sirve para determinar las condiciones físicas a las cuáles se encuentra sujeto el material. En este apartado se debe indicar la temperatura a la cual se desarrolla el proceso (en grados Kelvin). [13]

---

<sup>20</sup> Dow Chemical Company's Fire and Explosion Index.

---

---

### 1.2.2.2.3 Árbol de fallas

Es una técnica deductiva enfocada hacia un evento o accidente en particular. Su desarrollo se lleva a cabo mediante un modelo gráfico que considera las distintas combinaciones de fallas en los equipos o procedimientos que pueden ocasionar el accidente. Permite descomponer a un accidente en las posibles fallas que puedan ocasionarse, además de considerar los errores humanos básicos. También se define como un proceso interactivo, documentado, con un carácter sistemático que se lleva a cabo para identificar las fallas o errores básicos que ocurren, así como las causas y efectos de ellas determinando las medidas preventivas para reducir así la probabilidad de que un evento suceda.

Entre sus limitaciones más importantes se encuentra que la determinación de las fallas depende de la experiencia del evaluador y del conocimiento de éste sobre el proceso que está sujeto a análisis.

En este método se involucra:

- Detectar combinaciones de eventos que produzcan uno indeseable.
- Representar en gráficas las combinaciones detectadas.
- Detectar el evento no deseado de interés llamado TOP EVENT.
- Determinar la confiabilidad, áreas críticas de seguridad y puntos de falla simple para realizar la revisión, mejoramiento y/o cambios de diseño, así como de la configuración de los sistemas de control.
- Evaluar la magnitud del potencial de fallas, particularmente las que afectan la seguridad,
- Identificar y establecer prioridades, de todos los posibles modos de falla y condiciones peligrosas, para formular e instituir medidas correctivas eficientes.
- Es necesario duplicar en el equipo de seguridad, diseñar con falla segura, simplificar el diseño, partes y materiales más confiables.

Este método por medio de diagramas permite desarrollar los siguientes elementos:

- La elaboración de un diagrama lógico muy detallado, que sirve para describir las fallas básicas y las condiciones que pueden ocasionar una avería del sistema así como también el riesgo al personal.
- Uso de técnicas para analizar fallas básicas, así como determinar y asignar la probabilidad de modo de fallas.
- La formulación de sugerencias correctivas, que puedan minimizar o inclusive eliminar fallas consideradas como críticas.

En forma práctica, el análisis se inicia con la detección de una consecuencia y se desarrolla buscando que lo ha provocado. Los eventos analizados se refieren, en muchos casos, a defectos relacionados con averías de equipos, errores humanos, problemas de software, etc., que conectados entre sí, pueden dar lugar a eventos indeseables. Las condiciones y las fallas básicas de un nivel dado se deben conectar, mediante operadores lógicos adecuados:

· “y” (AND), · “o exclusivo” (OR exclusivo), y · “o” (OR) para dar lugar a eventos sucesivos.

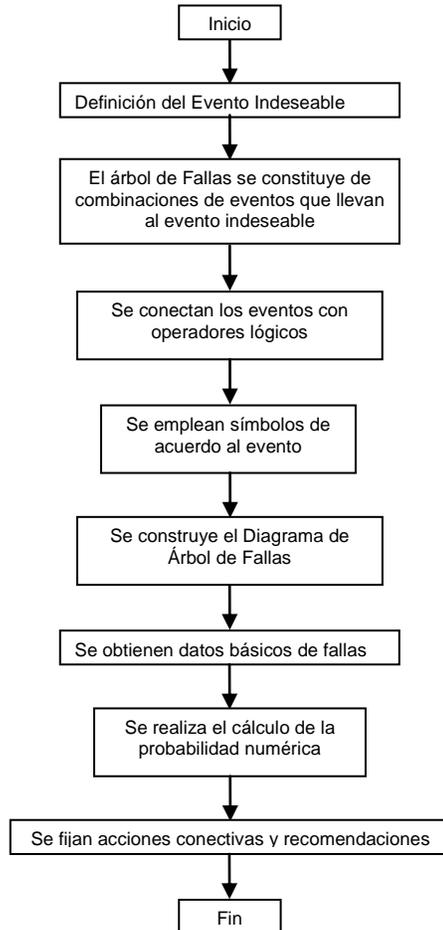
En el análisis se identifica el *evento básico* o *primario*. Los eventos generalmente son independientes entre sí, pero si existe alguna unión pueden ocasionar consecuencias de diferentes magnitudes. De los eventos más comunes se conoce su probabilidad, que sirve para determinar el riesgo asociado al evento total.

---

En este tipo de análisis sólo se estudian casos particulares de ocurrencia, por lo que es necesario determinar cuál o cuáles son los eventos de mayor importancia. [12,13]

La descripción de las etapas de este modelo se describe en la siguiente figura.

**Figura 1.2.** ETAPAS DE DESARROLLO EMPLEADAS EN EL ANÁLISIS DEL ÁRBOL DE FALLAS [13]



#### 1.2.2.2.4 Análisis “¿Qué pasa sí...?”

Este modelo no requiere de métodos cuantitativos especiales ni una planeación extensiva; solo utiliza información específica de un proceso para generar preguntas pertinentes durante el tiempo de vida de una instalación, en cambios al proceso o cambios a los procedimientos de operación. Este método cualitativo define tendencias, formula preguntas, desarrolla respuestas y las evalúa, incluyendo la más amplia gama de consecuencias posibles, con el objetivo primario de identificar posibles accidentes; como riesgos, consecuencias y posibles métodos para minimizarlos. Para su aplicación se requiere contar con documentación detallada de la planta, los procesos, procedimientos de operación y en ocasiones, de entrevistas directas con el personal.

---

---

Después del análisis se obtiene una lista de escenarios de accidentes potenciales, así como las formas de reducir las consecuencias de los mismos, sin establecer una escala cuantitativa de ellos.

El método aplicaba la pregunta ¿Qué pasa sí...? (What - if...?), en cada etapa del proceso, determinando el efecto de las fallas de los equipos o errores de operación. Se puede aplicar para examinar posibles desviaciones en el diseño, construcción, operación o modificaciones de la planta o de algún proceso.

Se hace mucho énfasis en la revisión de factores no detectables de forma visual, para identificar los riesgos potenciales a partir del conocimiento y experiencia, estableciendo las medidas de control que se consideren más adecuadas. Este es un método apropiado, únicamente, si el personal asignado es especializado ya que es una metodología basada en la experiencia donde no se tienen garantías de poder detectar todas las posibles fallas y suele darse el caso de que las medidas de corrección se tomen después de que ha ocurrido un evento indeseable. [13]

#### **1.2.2.2.5 Estudio de Riesgo y Operabilidad (HAZOP)<sup>21</sup>**

Este método tiene la finalidad de detectar situaciones de inseguridad donde los estudios deben ser llevados a cabo por un equipo multidisciplinario que revise cuidadosamente el proceso para detectar los riesgos potenciales y los problemas operacionales, logrando la identificación de eventos indeseables de alto riesgo a través del análisis de los mecanismos operativos de cada empresa, estimando la extensión, magnitud y probabilidad de los efectos.

El nivel de detalle y la composición del equipo de trabajo deben realizarse de acuerdo a las características particulares del proceso y la instalación analizada.

Como información inicial para este estudio se pueden utilizar listas de verificación. Sin embargo, hacer uso de métodos cuantitativos sofisticados presenta la desventaja de que los resultados involucren una incertidumbre considerable. El concepto básico del estudio HAZOP es realizar una descripción completa del proceso y analizar cada parte de éste para determinar las posibles desviaciones del proceso, las causas que los originan y las distintas consecuencias que pueden presentarse. Esto se realiza de forma sistemática aplicando una guía de palabras clave. Algunas de las más importantes son:

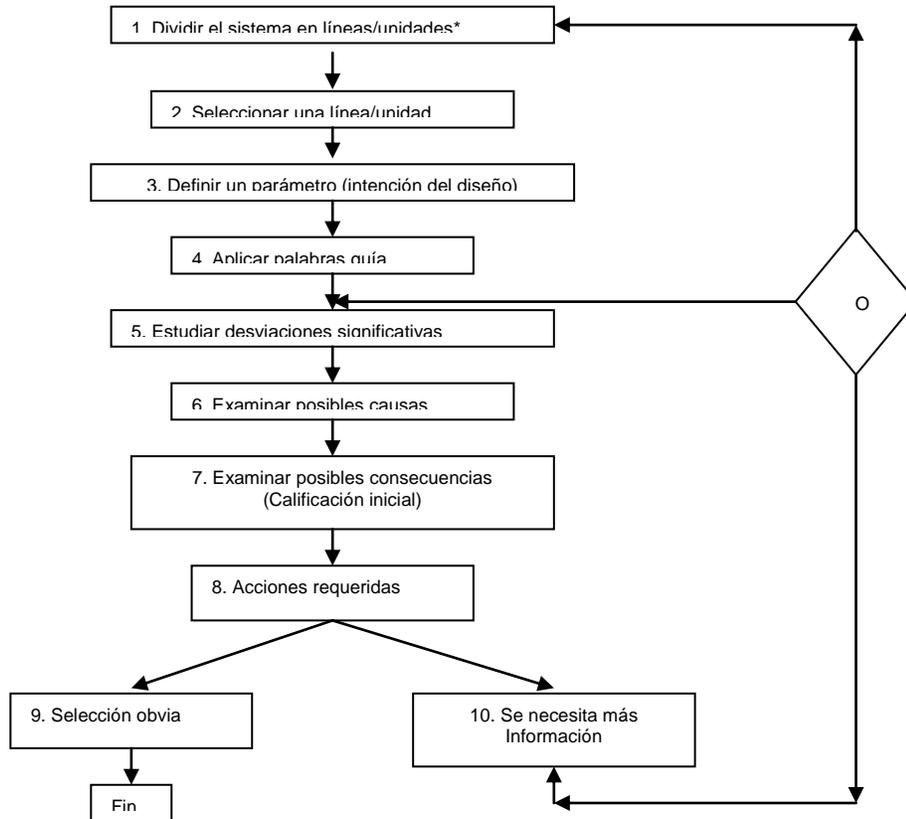
- 1) Intención
- 2) Desviaciones
- 3) Causas
- 4) Consecuencias
  - a) Riesgos
  - b) Dificultades de operación

---

<sup>21</sup> Hazard and Operability Studies

El análisis de un sistema en particular se puede llevar a cabo usando el procedimiento indicado en la figura 1.3.

**Figura I.3. SISTEMA DE ANÁLISIS HAZOP [13].**



\* Línea/unidad: equipo o proceso en particular sujeto a analizar

Parte de la información contenida en el Estudio de Riesgo Ambiental es la evaluación de riesgos o de consecuencias con los riesgos ya identificados y jerarquizados por las metodologías mencionadas anteriormente sin embargo es necesario determinar las áreas de afectación utilizando modelos matemáticos de simulación. Estos modelos se han realizado en programas de computadora que son de dominio público y que tienen una amplia aceptación, tanto por autoridades encargadas de administrar desastres de origen químico, como por usuarios interesados en implementarlos. A continuación se describen de forma breve las características de cada uno de ellos: [15]

**TSCREEN**<sup>22</sup>: fue desarrollado para Pacific Environmental Services, Inc para la EPA<sup>23</sup>, que hace el análisis en la atmósfera sobre sustancias tóxicas con un enfoque de primera aproximación conocida también como evaluación preliminar. Los métodos que utiliza tienen las siguientes características:

- Son rápidos y económicos
- Demandan relativamente poca información
- Proporcionan estimaciones simplificadas para situaciones generalmente complejas
- Tienden a sobreestimar el impacto generado

<sup>22</sup> A Model for Screening Toxic Air Pollutant Concentrations)

<sup>23</sup> Environmental Protection Agency

---

---

Por lo que estas técnicas deben utilizarse en la fase inicial del proyecto y ver si es significativo el impacto generado. Si el impacto no fue significativo no se lleva a cabo más estudios, pero si lo es, es necesario recurrir a procedimientos refinados que permitan evaluar el problema en forma más realista que lo que supone los métodos simplificados [16,17]

**ALOHA:** es un programa de computadora desarrollado por la EPA y la NOAA con técnicas refinadas, como un modelo para el manejo de gases densos denominado DEGADIS. Este programa es apto para evaluar el impacto que tienen derrames de materiales tóxicos procedentes tanto de tanques de almacenamiento y ductos así como fugas de gases tóxicos a la atmósfera, permitiendo definir zonas de afectación y de exclusión para diferentes escenarios. Sin embargo no tiene capacidad para evaluar el impacto generado por incendios y explosiones. Otras características importantes de señalar de ALOHA y que está ausente en otros programas similares como por ejemplo ARCHIE, es que cuenta con bases de datos de compuestos químicos y sus propiedades. Estas bases de datos pueden ser editadas y ampliadas de acuerdo a las necesidades del usuario. La predicción de descargas de materiales tóxicos en ALOHA se basa en información contenida en estas bases de datos y en datos suministrados por el usuario. Dicha información incluye las dimensiones de tanques de almacenamiento, ductos, diques y cantidades de materiales almacenados y sus características químicas y físicas, así como condiciones meteorológicas prevalecientes. Otras características importantes es que la estimación de emisiones a la atmósfera, las cuales abarcan un periodo máximo de una hora, pueden incluir cantidades variables en el tiempo, que son promediadas y alimentadas a uno de dos módulos con que cuenta el programa para hacer cálculos de dispersión. Uno de estos módulos, es un modelo gaussiano que permite predecir el campo de concentraciones en la atmósfera generado por materiales con densidades similares a las del aire y el otro, una versión simplificada de DEGADIS, permite modelar el comportamiento de gases de densidad mayor a la del aire. Ambos modelos generan gráficas de concentraciones y dosis en receptores que el usuario puede previamente definir. En el caso de gases densos, los algoritmos que contiene este programa manejan el campo cercano considerando esta propiedad explícitamente, y el campo lejano como un gas que se dispersa con una densidad similar a la del aire. En este segundo caso, los algoritmos toman en cuenta el posible atropamiento de vapores entre el suelo e inversiones térmicas elevadas presentes a baja altura. Este programa está inmerso en un entorno visual que facilita su uso y lo hace amigable. [18]

**ARCHIE:** es un programa de computadora desarrollado por el Departamento de Transporte de E.U. en asociación con FEMA y la EPA. El programa permite evaluar el impacto que tienen derrames de materiales tóxicos provenientes tanto de tanques de almacenamiento así como de ductos, y también fugas de gases tóxicos a la atmósfera, permitiendo definir zonas de impacto y de exclusión para diferentes escenarios. Sin embargo a diferencia de ALOHA no tiene capacidad para simular el comportamiento de gases densos. Muy importante de destacar es que permite también evaluar el impacto generado por incendios provenientes de líquidos derramados, chorros de hidrocarburos, bolas de fuego y explosiones provenientes de tanques sobre presurizados, nubes y condensados de vapor. A diferencia de ALOHA no cuenta con una base de datos con información respecto a las características fisicoquímicas de posibles sustancias involucradas en accidentes. Sin embargo, dicha base de datos puede ser generada por el usuario al elaborar los escenarios que se desea considerar. También es importante destacar, en contraste con ALOHA, que las emisiones de vapores tóxicos que simula ARCHIE son independientes del tiempo. El módulo de dispersión que contiene este programa considera que la emisión de vapores tóxicos a la atmósfera tiene una duración finita, permitiendo simular este tipo de emisiones de manera apropiada. Por otra parte, la información que proporciona el programa como datos de salida, consiste en una serie de tablas conteniendo concentraciones y puntos receptores, zonas de evacuación y tiempos de arribo y salidas de la nube tóxica. [18]

---

**DEGADIS Y SLAB:** Estos programas de computadora que permiten simular el comportamiento de gases densos. El primero como se mencionó anteriormente, está integrado a ALOHA. Ambos modelos pueden considerarse como herramientas refinadas. El primero simula la dispersión de nubes tóxicas originadas en fuentes puntuales y de área en las diferentes fases que caracterizan al proceso de flujo impulsado por gravedad. El segundo maneja escenarios típicos que incluyen descargas elevadas de chorros (jets) y a nivel de piso, evaporación de charcos de hidrocarburos y fuentes instantáneas volumétricas. [19]

Lo que se aprecia de la anterior descripción breve es que los programas que más se acercan a las necesidades de este trabajo son el ARCHIE y ALOHA, ya que las sustancias involucradas son principalmente sustancias tóxicas y explosivas o que pueden producir fuego.

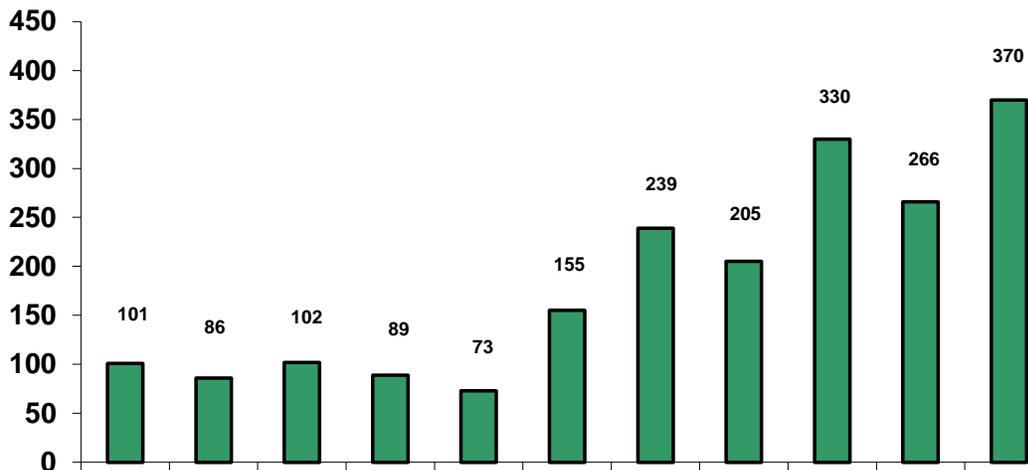
### 1.2.2.3 Datos estadísticos del uso y distribución del Estudio de Riesgo Ambiental a nivel Nacional.

Las siguientes gráficas describen cómo han evolucionado los Estudios de Riesgo Ambiental con base en las actividades que realiza la industria de acuerdo a las siguientes características:

1. En el caso de nuevos proyectos, gráfica I.1.
2. Los que se desarrollaron voluntariamente en plantas en operación, antes de que fuera obligatoria su realización y en el marco del Programa Nacional para la Prevención de Accidentes de Alto Riesgo Industrial establecido, gráficas I.2, 1.3, I.4, I.5 y I.6
3. En 1992, a raíz del accidente por explosión ocurrido en el drenaje en Guadalajara, Jalisco, y los que han efectuado las actividades altamente riesgosas en operación, después de 1996, en que fue reformada la ley y se creó esta obligación.

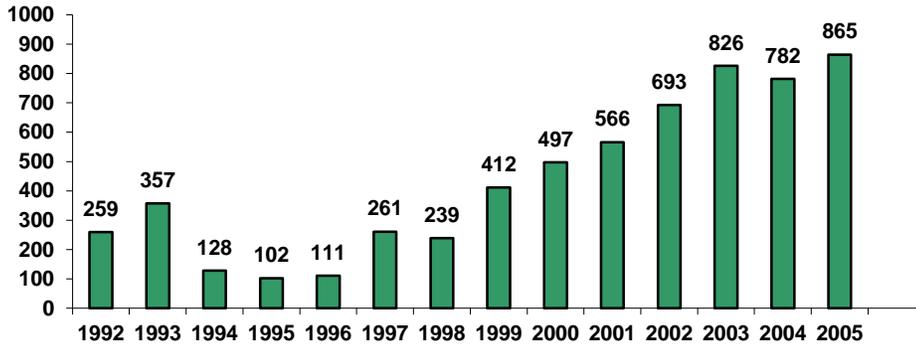
Se da la distribución en los Estados de la Republica con base en la cantidad de estudios realizados los cuales permiten visualizar el desarrollo como se ve en las figuras I.4, I.5 y I.6., así como los datos de los Estudios de Riesgo presentados en las tablas I.3, I.4 y I.5.

**Gráfica I.1. EVOLUCION DEL DESARROLLO DE ESTUDIOS DE RIE PROYECTOS INGRESO ANUAL PERIODO 1988 - 20**



En 1992 se tuvo el menor número de ingresos de estudios de riesgo para nuevos proyectos con tan solo 73 y a partir de 1993 se ve un claro incremento, esto debido a la presión ejercida por las autoridades federales, (aunque en 1996 se reforma la ley para pasar a ser una obligación) repuntando en el año de 1999 con 395 estudios ingresados

**Gráfica I.2. EVOLUCION DEL INGRESO DE ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL DE PLANTAS EN OPERACIÓN PERIODO PERIODO 1992 - 2005**

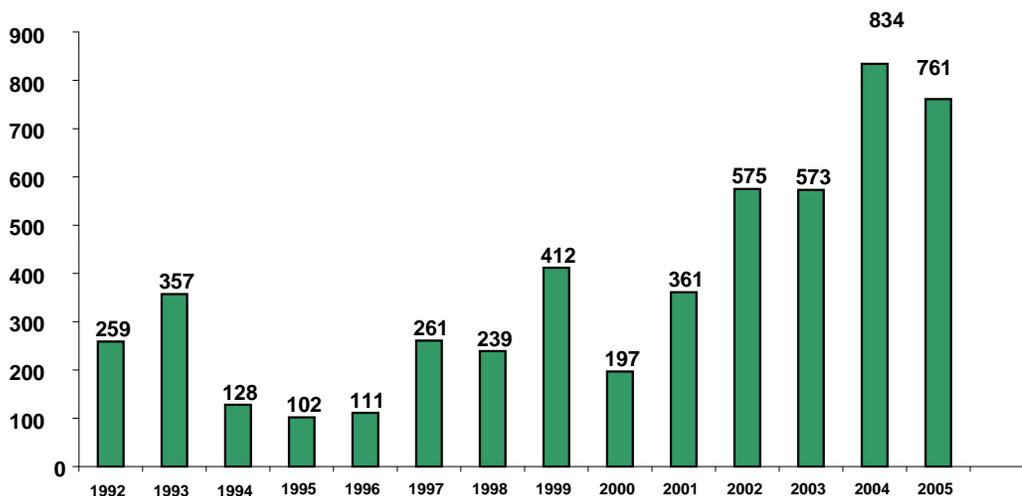


**TOTAL INGRESADOS = 6,346**

Nota: Hasta el mes de Septiembre de 2001, debido a la reestructuración de la SEMARNAT<sup>24</sup>, en donde se transfirió la función a la DGIRA, de acuerdo al Reglamento Interior publicado en el DOF<sup>25</sup> el 4 de junio de 2001.

El año de 1995 presenta solo 105 estudios para plantas en operación pero a partir de 1996 se ve un incremento debido a que es en este año que se reforma la ley y se crea la obligación de presentar los estudios; en el periodo comprendido de 1992 a 1995 los estudios presentados fueron de manera voluntaria. El año con mayor de estudios ingresados hasta el momento es 2005 con 865 estudios.

**Gráfica I.3. RESOLUCIÓN DE ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL DE PLANTAS EN OPERACIÓN 1992-2005**



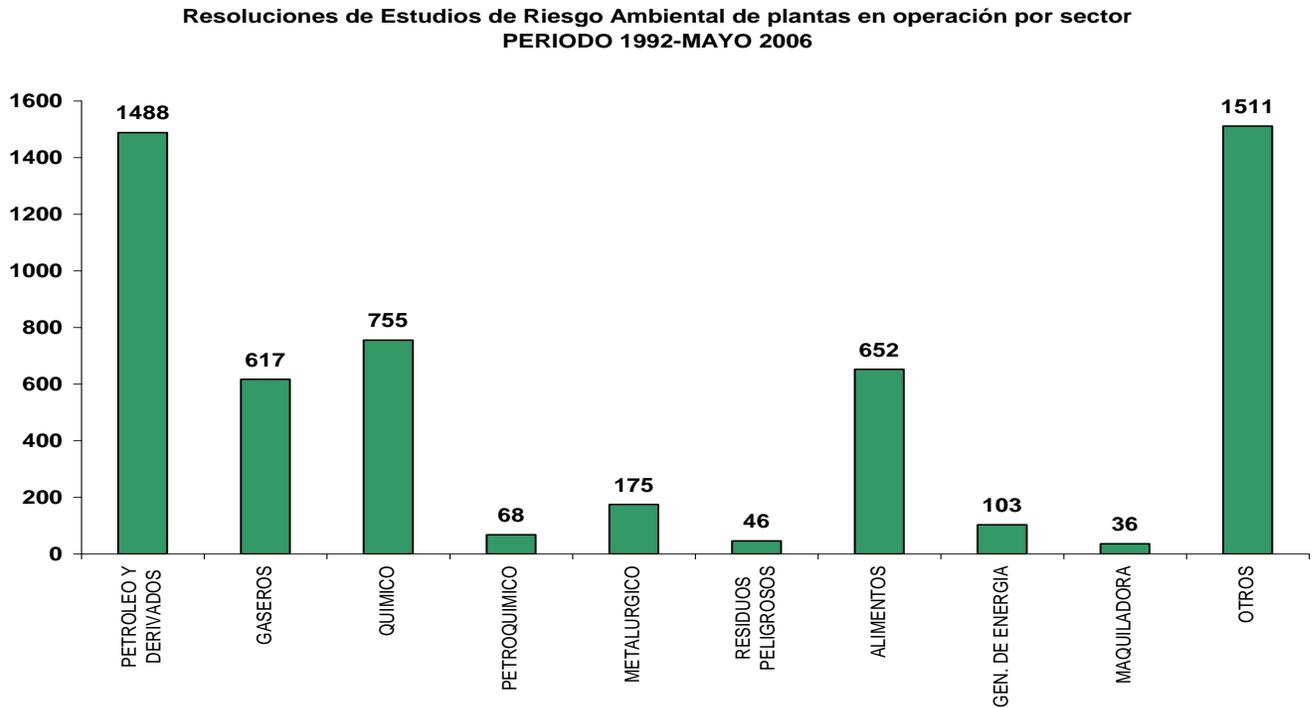
**TOTAL DE RESOLUCIONES = 5,452**

<sup>24</sup> Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

<sup>25</sup> Diario Oficial de la Federación

Los Estudios de Riesgo ya aceptados por las autoridades también tienen un gran incremento en los últimos años, como podemos ver en la gráfica en el 2004 se resuelven 834 estudio, mientras que en 1995 apenas se cuenta con 102 estudios. El valor que se observa en el año de 2006 corresponde solo al primer semestre con 282.

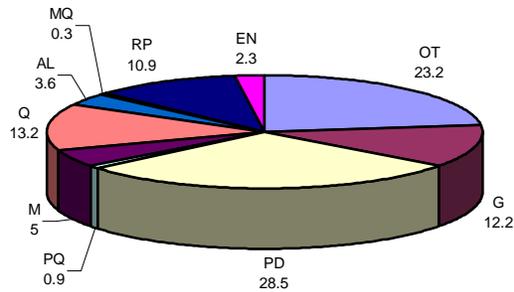
**Gráfica I.4. RESOLUCIONES DE ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL DE PLANTAS EN OPERACIÓN POR SECTOR PERIODO 1992-MAYO 2006**



**TOTAL DE RESOLUCIONES = 2,452**

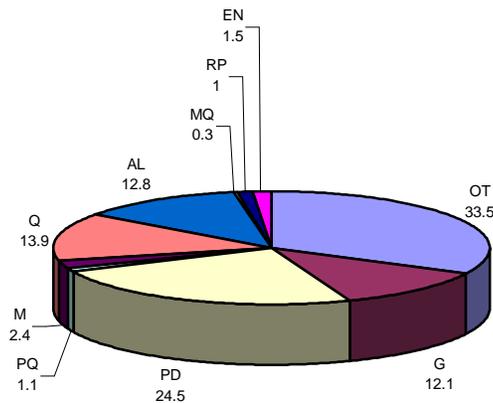
En este gráfico se puede ver que el sector petróleo y derivados cuenta con 1488 acompañado del sector otros con 1511, siendo estos sectores los más altos, debido a la gran cantidad de sustancias químicas que se manejan y que requieren de un control más estricto.

**Gráfica 1.5. DISTRIBUCION DE LOS ESTUDIOS DE RIESGO DE NUEVOS PROYECTOS POR TIPO DE SECTOR INDUSTRIAL O DE SERVICIO 1988 - 2001**



El sector de Maquiladoras es el que menos Estudios de Riesgo Ambiental a ingresado en el periodo que comprende del año 1988 al año 2001 con tan solo el 0.3 % del total analizado, seguido del sector petroquímico con tan solo el 0.9 %. A diferencia de estos, el sector Petróleo y derivados es el que más estudios a ingresado teniendo un 28.5 % del total analizadas

**Gráfica 1.6 SITUACIÓN POR GIRO INDUSTRIAL DE LOS ESTUDIOS DE RIESGO DE PLANTAS EN OPERACIÓN**



El sector Maquiladoras presenta el menor número de Estudios de Riesgo ambiental ingresados con tan solo el 0.3 % del total analizado seguido del sector de residuos peligrosos con el 1.0 % y contrario de ello, el sector otros presenta el 33.5 % seguido del sector petróleo y derivados que tiene el 24.5 %.

**Figura I.4. DISTRIBUCION ESTATAL EN LA REGULACIÓN DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS (1992-JUNIO 2006)**



**Tabla I.3. Distribución estatal en la regulación de actividades altamente riesgosas (1992-junio 2006)**

AGUASCALIENTES	87	MORELOS	85
BAJA C. NORTE	200	NAYARIT	57
BAJA C. SUR	90	NUEVO LEON	455
CAMPECHE	91	OAXACA	101
COAHUILA	179	PUEBLA	250
COLIMA	85	QUERETARO	182
CHIAPAS	136	QUINTANA ROO	96
CHIHUAHUA	239	S.L.P	107
D.F	205	SINALOA	249
DURANGO	138	SONORA	254
GUANAJUATO	259	TABASCO	326
GUERRERO	87	TAMAULIPAS	524
HIDALGO	142	TLAXCALA	107
JALISCO	282	VERACRUZ	565
MEXICO	523	YUCATAN	96
MICHUACAN	155	ZACATECAS	74

El estado con menor número de estudios presentados es Nayarit con tan solo 57 mientras que el estado que más estudios presenta es Veracruz con 565 seguido de Tamaulipas, Estado de México y Nuevo León con 524, 523 y 455 estudios respectivamente, debido a que son estados con un gran parque industrial.

<sup>26</sup> Estudio de Riesgo Ambiental

**Figura I.5. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS EMPRESAS QUE HAN REALIZADO ESTUDIOS DE RIESGO DE NUEVOS PROYECTOS**

SITUACION ESTATAL PERIODO 1988-SEPT 2001



**Tabla I.4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS EMPRESAS QUE HAN REALIZADO ESTUDIOS DE RIESGO DE NUEVOS PROYECTOS PERIODO 1988 – SEPTIEMBRE 2001**

AGUASCALIENTES	25	MORELOS	68
BAJA C. NORTE	99	NAYARIT	6
BAJA C. SUR	11	NUEVO LEON	192
CAMPECHE	62	AOXACA	41
COAHUILA	167	PUEBLA	86
COLIMA	7	QUERETARO	74
CHIAPAS	26	QUINTANA ROO	21
CHIHUAHUA	77	S.L.P	55
D.F.	86	SINALOA	83
DURANGO	37	SONORA	81
GUANAJUATO	100	TABASCO	254
GUERRERO	40	TAMAULIPAS	237
HIDALGO	73	TLAXCALA	57
JALISCO	87	VERACRUZ	237
MEXICO	308	YUCATAN	27
MICHOACAN	45	ZACATECAS	29

El estado que menos estudios presenta para nuevos proyectos es Nayarit con tan solo 6, indicando el poco crecimiento industrial, mientras que el estado que más estudios presenta es el Estado de México debido a la gran ampliación industrial que ha tenido por lo que es muy importante dar una revisión a los estudios ya existentes debido a que hay empresas que están en crecimiento y requiere de medidas diferentes a las establecidas antes de crecer. Fuente: Instituto Nacional de Ecología

**Figura I.6. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS EMPRESAS QUE HAN REALIZADO ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL DE PLANTAS EN OPERACIÓN**

SITUACION ESTATAL PERIODO 1992- ABRIL 2003



**Tabla I.5. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS EMPRESAS QUE HAN REALIZADO ESTUDIOS DE RIESGO AMBIENTAL DE PLANTAS EN OPERACIÓN PERIODO 1992 – ABRIL 2003**

ESTADO	No. ESTUDIOS	ESTADO	No. ESTUDIOS
AGUASCALIENTES	74	MORELOS	58
BAJA C. NORTE	110	NAYARIT	43
BAJA C. SUR	24	NUEVO LEON	286
CAMPECHE	51	AOXACA	65
COAHUILA	111	PUEBLA	200
COLIMA	58	QUERETARO	131
CHIAPAS	95	QUINTANA ROO	72
CHIHUAHUA	132	S.L.P	81
D.F.	150	SINALOA	160
DURANGO	94	SONORA	137
GUANAJUATO	158	TABASCO	189
GUERRERO	52	TAMAULIPAS	178
HIDALGO	91	TLAXCALA	91
JALISCO	150	VERACRUZ	227
MEXICO	374	YUCATAN	69
MICHOACAN	96	ZACATECAS	54

El Estado de México presenta el mayor número de estudios para plantas en operación con 374 documentos lo cual indica una gran cantidad de plantas que no estaban regularizadas. El crecimiento industrial que sigue teniendo el Estado de México requiere de mayor atención al seguir aplicando los estudios en los sectores que lo requieran, pero también es importante seguir regularizando las plantas que están en crecimiento y no actualizan su estudio.

---

---

## **1.3 Aplicaciones del Estudio de Riesgo Ambiental**

El listado de actividades que requieren de la aplicación del Estudio de Riesgo Ambiental en el Estado de México se describe a continuación:

### **1.3.1 En obras y actividades industriales**

Aplica cuando la actividad a realizar tenga lugar en instalaciones construidas o se ubiquen dentro de parques o zonas industriales.

Además del Estudio de Riesgo Ambiental junto con la manifestación de Impacto Ambiental cuando se contemple la construcción y operación de instalaciones fuera de parques o zonas industriales.

1. Fabricación de aceites y grasas comestibles cuando hay hidrogenación del producto.
2. Industrias donde se utilice o almacene gas L.P a partir de un volumen mínimo de 5000 litros.
3. Industrias donde se utilice o almacene gas natural a partir de un volumen mínimo de 5000 litros.
4. Industrias donde se utilicen o almacenen sustancias riesgosas en cantidades de reporte menores en las indicadas en los listados de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992.
5. Plantas portátiles de producción de asfalto que utilicen diesel.
6. Producción de hielo donde se maneje volúmenes de amoniaco en estado gaseoso menores a 10 kilogramos.
7. Producción de velas y veladoras.

### **1.3.2 En obras y actividades comerciales**

Aplica cuando la cantidad de almacenamiento sea hasta de 10000 litros de gas L.P.

Se presentará el Estudio de Riesgo Ambiental junto con la manifestación de Impacto Ambiental cuando la cantidad de almacenamiento sea mayor a 10000 litros de gas L.P.

1. Comercio de gas en tanques portátiles.
2. Estaciones de gas L.P. y natural de auto abasto.
3. Estaciones de gas L.P. y natural de tipo comercial.
4. Estaciones de servicio.
5. Estaciones de servicio de autoconsumo.
6. Plantas de almacenamiento y distribución de gas L.P. con una capacidad de almacenamiento menor a la cantidad de reporte a la indicada en los listados de actividades altamente riesgosas.

---

---

### 1.3.3 En obras y actividades de servicios.

Se presentará el Estudio de Riesgo Ambiental junto con el informe previo, en caso de modificaciones, ampliaciones u ocupaciones de instalaciones ya construidas.

Se presentará el Estudio de Riesgo Ambiental junto con la manifestación de Impacto Ambiental en el caso de construcciones e instalaciones nuevas.

1. Almacenamiento de combustibles, productos químicos y sustancias riesgosas en cantidades de reporte menores en las indicadas en los listados de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992.
2. Almacenamiento de fertilizantes químicos en cantidades de reporte menores en las indicadas en los listados de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación, el 28 de marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992.
3. Mega mercados e hipermercados que utilicen y almacenen gas L.P. a partir de un volumen mínimo de manejo 5000 litros de combustible.
4. Supermercados y autoservicios que utilicen y almacenen gas L.P. a partir de un volumen de manejo de 5000 litros de combustible.
5. Las demás que determine la secretaría. [6]

Este listado anterior de actividades industriales, comerciales y de servicio que requieren la presentación del Estudio de Riesgo es de acuerdo a los artículos 4.17, 4.18 y 4.61 del Libro Cuarto del Código Administrativo del Estado de México, así como los artículos 13, 14, 15, 16 y 18 del Reglamento del Libro Cuarto del Código Administrativo del Estado de México.

---

## Referencias.

1. Cortinas de Nava C. "Promoción de la Prevención de Accidentes Químicos", Instituto de Ecología/SEMARNAT; Diciembre 1999.
2. Cortés Díaz José María "Técnicas de prevención de riesgos laborales, Seguridad e higiene del trabajo"; 7ª edición Ed. Tébar, S.L Madrid 2004
3. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Diario Oficial de la Federación emitido el 30 de mayo de 2002.
4. <http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/aar/estudios/estudios.shtml> 28/05/06 16:39 hrs.
5. <http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/tramites/formatos/SEMARNAT-07-008/fo7-008a.zip> 17/06/06 13:26 hrs.
6. Gaceta del Gobierno, Periódico Oficial del Gobierno del Estado de México. Registro DGC Num. 001 1021 Características 113282801; 21 de septiembre del 2005, No. 58 Pág. 9-11.
7. <http://quinto.informe.presidencia.gob.mx/docs/escrito/doc/P242-245.doc>.
8. Manual de prevención de la contaminación industrial, 1ª ed. 1998 Harry M. Freeman, Ed. McGraw-Hill/Interamericana editores pag. 30,31,40,187
9. Gestión Ambiental racional de las sustancias químicas desde la perspectiva de la industria, 1ª ed. 1997 Arturo Cristian Frías, Instituto de Ecología pag. 24
10. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 8ª ed. 1993 Ed. Porrúa Mex pp. 577
11. Health and Enviromental Risck Análisis: Fundamentals with Applications. Joseph F. Louvar
12. Identificación de Peligros por Almacenamiento de Sustancias Químicas en Industrias de Alto Riesgo en México, 1ª ed. 2003 Ma Esther Arcos Serrano CENAPRED pag. 12, pp. 283
13. Modelación de Radios de Afectación para Explosiones en Instalaciones de Gas, 1ª ed. 2001 Mertha E. Alcantara Garduño CENAPRED pp. 32, 101
14. Riesgo Ambiental (Por accidentes tecnológicos graves). 1999, Aguilar M. División de Minería, Facultad de Ingeniería UNAM, México
15. Curso sobre Análisis de Riesgo 1995 Ed. MAPFRE Madrid, pp. 12
16. <http://www.epa.gov/scram001/mcbs/tscz7.txt>
17. User's Guide to TSCREEN A model for screening toxic air pollutant concentrations, Office or air quality planning and standards, office of air and radiation, U. S. Enviromental protection agency, Research Triangle Park, North Carolina 27711 julio 1994 EPA-454/B-94-023 (revisado EPA-450/4-90-013 JULIO 1994
18. Aloha and Archie a comparison, Mary Evans. Modeling and simulation studies branch hazardous materials response and assessment, division office of ocean resources conservation and assessment national oceanic and atmospheric administration, Seattle, Washington 98115, report No. HAZMAT 93-2, Abril 1993.
19. Summary Descriptions of Alternative Air Quality Models, Ermak, D.L. 1990. User's Manual for SLAB. An Atmospheric Dispersion Model for Denserthan Air Releases (UCRL-MA-105607), Lawrence Livermore National Laboratory
20. <http://www.semarnat.gob.mx/tramites/informaciondetramites/documents/fo7-008a.doc>.

---

---

## Capítulo 2. Legislación

### 2.1. Nacional

Debido a que la planta tratadora de residuos peligrosos usa gas natural como combustible y al percloroetileno como extractor de bifenilos policlorados, considerados como sustancias peligrosas, la empresa está obligada a presentar el Estudio de Riesgo por su manejo, como lo marca la LGEEPA y poder presentar la manifestación de impacto ambiental. El estudio de riesgo debe elaborarse con base en lo establecido por el reglamento del libro IV del código administrativo del Estado de México.

La planta debe considerar todas las medidas de seguridad pertinentes para la protección del medio ambiente y de los trabajadores que laboran dentro de la misma como lo marca la ley de protección ambiental para el desarrollo sustentable del Estado de México y la subsecretaría del trabajo, seguridad y previsión social. Como la planta es de tratamiento de residuos peligrosos debe apegarse a lo descrito en el código administrativo del Estado de México libro VI artículo 4.17 como se desglosa posteriormente.

Los bifenilos policlorados extraídos con el percloroetileno deben cubrir los requisitos para su disposición final que no afecten al medio ambiente y a la salud de personas y animales como lo dispone la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización. Todo lo anterior dicho está sujeto por las normas oficiales mexicanas con base en las características de la planta de tratamiento de residuos peligrosos, donde se manifiesta las características y los límites permisibles de exposición para minimizar riesgos así como elementos para la respuesta inmediata en caso de incidentes o accidentes

#### 2.1.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

Esta Ley fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 la cual define la participación de la federación, los estados y los municipios en las políticas generales en materia de preservación del equilibrio ecológico, la protección ambiental y el establecimiento de las bases para impulsar el desarrollo nacional sustentable.

Los puntos relacionados al control de sustancias químicas peligrosas aparecen descritos dentro de la Ley en los capítulos relativos a los materiales y residuos peligrosos, las actividades altamente riesgosas y la protección de los suelos respecto de la contaminación por plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, sin embargo, pueden encontrarse elementos que inciden en la gestión ambiental de estas sustancias en casi todo el cuerpo de la Ley. [7]

Por lo que se requiere considerar los siguientes artículos que solicitan el Estudio de Riesgo Ambiental:

**Artículo 30.** Establece que para tener la autorización de la manifestación de impacto ambiental, es necesario presentar el Estudio de Riesgo Ambiental cuando se trate de actividades altamente riesgosas.

**Artículo 147.** Establece que las actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas se deben apegar a lo dispuesto en esta Ley con la elaboración y presentación a la Secretaría el Estudio de Riesgo Ambiental así como someter a la aprobación de dicha dependencia y de las Secretarías de Gobernación, de Energía, de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, y del Trabajo y Previsión Social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades, que puedan causar graves desequilibrios ecológicos. [10]

---

---

## 2.1.2 Reglamento del Libro Cuarto del Código Administrativo del Estado de México.

En el presente ordenamiento se desarrollan disposiciones adjetivas relacionadas con la política ambiental y sus instrumentos, áreas naturales protegidas, aprovechamiento sustentable del agua, suelo y sus recursos, prevención y control de la contaminación atmosférica, medidas de seguridad, participación social, estímulos y reconocimientos, así como apoyo a proyectos ambientales donde se establecen los lineamientos y requerimientos para la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental fundamentado en los siguientes artículos:

**Artículo 13.** Para obtener la autorización, el interesado deberá presentar ante la Secretaría la solicitud correspondiente.

**Artículo 14.** Recibida la solicitud por la Secretaría, procederá a determinar, dentro del plazo de quince días hábiles, si la obra o actividad de que se trate requiere de la presentación de un informe previo, de una manifestación de impacto ambiental y en su caso, del Estudio de Riesgo Ambiental correspondiente lo que hará del conocimiento del interesado por vía de notificación personal.

**Artículo 15.** Las obras y actividades definidas como riesgosas en este reglamento, para su autorización, requerirán que previamente, la Secretaría evalúe el Estudio de Riesgo Ambiental correspondiente.

**Artículo 16.** Recibido el informe previo, la manifestación de impacto ambiental o el Estudio de Riesgo Ambiental, de ser procedente, la Secretaría realizará el análisis de la información proporcionada por el interesado y de ajustarse a los términos establecidos en la normatividad aplicable, la Secretaría procederá a dictar la resolución correspondiente en un plazo que no deberá exceder de treinta días hábiles.

**Artículo 18.** El informe previo, la manifestación de impacto ambiental y el Estudio de Riesgo Ambiental, se deberán elaborar conforme a los instructivos que para ese efecto expida y publique la Secretaría, debiendo contener como mínimo la siguiente información:

- I. Datos generales de quien pretenda realizar la obra o actividad proyectada o en su caso, de quien hubiere ejecutado los proyectos o estudios previos correspondientes;
- II. Descripción de la obra o actividad proyectada y del sitio en donde se pretende desarrollar;
- III. Descripción de las sustancias o productos que vayan a emplearse en la ejecución de la obra o actividad proyectada y los que en su caso, vayan a obtenerse o a generarse como resultado de dicha obra o actividad, incluyendo emisiones a la atmósfera, descargas de aguas residuales y tipo de residuos y procedimientos para su disposición final; y
- IV. Las demás que determine la Secretaría. [9]

## 2.1.3 Código Administrativo del Estado de México del Libro Cuarto

Se refiere a la conservación ecológica y protección al ambiente, que está compuesta principalmente por los siguientes artículos.

**Artículo 4.17** La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría de Ecología autoriza la procedencia ambiental de proyectos específicos, así como las condiciones a que se sujetarán los mismos para la realización de obras o actividades, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos en el equilibrio ecológico o el ambiente.

---

---

Están sujetos a evaluación del impacto ambiental los proyectos que impliquen la realización de las obras y actividades siguientes:

- I. Obra pública estatal y municipal;
- II. Procesadoras de alimentos, rastros y frigoríficos; procesadoras de bebidas, ladrilleras, textiles, maquiladoras y curtidurías;
- III. Corredores, parques y zonas industriales, a excepción de aquellas en las que se prevean la realización de actividades altamente riesgosas de competencia federal;
- IV. Exploración, explotación, extracción y procesamiento físico de sustancias minerales que constituyan depósitos de naturaleza semejante a los componentes de los terrenos, tales como la roca y demás materiales pétreos, o productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales, construcción u ornamento de obras;
- V. Sistemas de manejo y disposición de residuos sólidos e industriales no peligrosos;
- VI. Confinamientos, rellenos sanitarios, estaciones de transferencia, e instalaciones de tratamiento o de eliminación de residuos sólidos municipales e industriales no peligrosos;
- VII. Conjuntos urbanos, nuevos centros de población y los usos de suelo que requieran de dictamen de impacto regional en términos del Libro Quinto de este Código;
- VIII. Terminales de transporte para pasajeros y de carga, de carácter estatal o municipal;
- IX. Clínicas y hospitales;
- X. Plantas de tratamiento o eliminación de aguas residuales, sistemas de drenaje y alcantarillado, represamientos y plantas de potabilización de aguas;
- XI. Granjas agrícolas o pecuarias de explotación intensiva;
- XII. Obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia estatal o municipal;
- XIII. Centrales de abasto y mercados;
- XIV. Panteones y crematorios;
- XV. Estaciones de servicios o gasolineras y estaciones de carburación de gas, bodegas de almacenamiento de cilindros y contenedores de gas y actividades donde se manejen sustancias riesgosas, cuando no sean competencia del Gobierno Federal;
- XVI. Las demás que se establezcan en el reglamento de este Libro que puedan causar impactos ambientales significativos de carácter adverso y que, por razón de la obra o actividad de que se trate no sean de jurisdicción federal.

La reglamentación de este Libro podrá eximir de la evaluación del impacto ambiental a aquellos proyectos que, si bien se encuentren previstos en este artículo, no produzcan impactos ambientales significativos de carácter adverso o no causen desequilibrios ambientales debido a su ubicación, dimensiones o características.

**Artículo 4.18** Para obtener la autorización a que se refiere el artículo anterior, los interesados presentarán a la Secretaría de Ecología una manifestación de impacto ambiental, la cual será elaborada por un prestador de servicios ambientales. Dicha manifestación deberá contener, por lo menos, una descripción y evaluación de los efectos que previsiblemente podrán tener el proyecto específico en el o los ecosistemas, considerando el conjunto de los elementos que los conforman, así como las medidas preventivas, de mitigación y las necesarias para evitar y reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. En el caso de las actividades riesgosas a que se refiere el

---

---

artículo 4.59, la manifestación de impacto ambiental deberá de acompañarse de un Estudio de Riesgo Ambiental.

Una vez recibida la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría de Ecología la pondrá a disposición del público, en los términos que se establezcan en el reglamento correspondiente.

La Secretaría de Ecología, a solicitud del promovente, integrará en la resolución de la autorización en materia de impacto ambiental los demás permisos, licencias y autorizaciones de su competencia que se requieran para la realización del proyecto correspondiente.

**Artículo 4.59** La Secretaría de Ecología, mediante acuerdo publicado en la Gaceta del Gobierno, establecerá la clasificación de las actividades que deban considerarse riesgosas para el equilibrio ecológico o el ambiente, en virtud de las características de los materiales que se generen o manejen en establecimientos industriales, comerciales o de servicios, tomando en cuenta los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento.

**Artículo 4.61** Para la determinación de los usos del suelo en los planes de desarrollo urbano, la Secretaría de Ecología promoverá la especificación de las áreas en las que se permitirá el establecimiento de industrias o servicios considerados riesgosos, por los efectos que puedan generar en el ambiente, para lo cual se considerarán:

- I. Las condiciones geológicas y meteorológicas de las zonas, de manera que se facilite la rápida dispersión de contaminantes;
- II. Su proximidad a centros de población, previendo las tendencias de expansión o de creación de nuevos asentamientos;
- III. Los impactos que tendría un posible evento extraordinario de la industria, comercio o servicio de que se trate, sobre los centros de población y los recursos naturales;
- IV. La compatibilidad con otras actividades de las zonas;
- V. La infraestructura existente y necesaria para la atención de emergencias ambientales;
- VI. La infraestructura para la dotación de servicios básicos. [10]

#### **2.1.4. Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México**

**Artículo 27.** Para la evaluación del impacto ambiental los interesados deberán presentar a la autoridad competente una manifestación del impacto ambiental que previsiblemente pueda tener el proyecto específico de que se trate en la modalidad y términos que establezca el reglamento correspondiente.

En los casos que así lo determine el reglamento, la manifestación deberá ser acompañada de un Estudio de Riesgo Ambiental, en el que se deberán especificar las medidas preventivas y correctivas que conllevará el desarrollo de la obra o actividad desde su inicio y hasta su terminación, procurando precisar las condiciones adversas en condiciones normales de operación o en caso de accidentes, que la misma traerá a los ecosistemas, así como las medidas de mitigación que se estimen convenientes.

La manifestación de impacto ambiental podrá ser preparada y sometida a consideración de la autoridad por una persona prestadora de servicios ambientales, la cual deberá contar con registro ante la Secretaría, para que se le reconozca validez a los estudios, análisis y dictámenes que al efecto se formulen.

---

---

Dicha manifestación deberá incluir un informe específico acerca de los recursos involucrados, así como también la información adicional relacionada con la obra y un plan de acciones preventivas que permita determinar los efectos adversos de las mismas cuando se trate de obras o actividades que tengan como finalidad el aprovechamiento de recursos naturales renovables ubicados en el territorio del Estado de México.

**Artículo 129.** Se sancionará con multa por el equivalente de cuatrocientos a siete mil quinientos días de salario mínimo a la persona que:

I. Construya una obra nueva, amplíe una existente realizando actividades que puedan resultar riesgosas sin contar previamente con la autorización del estudio de riesgo en los casos en que éste se requiera o que contando con esa autorización incumpla los requisitos y condiciones establecidos en la misma.

**Artículo 151.** Procede la suspensión parcial o temporal y/o la clausura contra quienes:

IV. Realicen actividades u obras riesgosas sin presentar el estudio de riesgo ambiental y un programa que establezca las acciones de prevención y control en caso de emergencia o contingencias ambientales;[10]

### **2.1.5 Subsecretaría del Trabajo, Seguridad y Previsión Social: Dirección General de Seguridad y Salud en el Trabajo.**

**ARTICULO 26.** En los centros de trabajo se deberá contar con medidas de prevención y protección, así como con sistemas y equipos para el combate de incendios, en función al tipo y grado de riesgo que entrañe la naturaleza de la actividad, de acuerdo con las Normas respectivas.

**ARTICULO 27.** Los centros de trabajo en donde se realicen procesos, operaciones y actividades que impliquen un riesgo de incendio o explosión, como consecuencia de las materias primas, subproductos, productos, mercancías y desechos que se manejen, deberán estar diseñados, contruidos y controlados de acuerdo al tipo y grado de riesgo, de conformidad con las Normas aplicables.

**ARTICULO 28.** Para la prevención, protección y combate de incendios, el patrón está obligado a:

- I. Elaborar un estudio para determinar el grado de riesgo de incendio o explosión, de acuerdo a las materias primas, compuestos o mezclas, subproductos, productos, mercancías y desechos o residuos, así como las medidas preventivas y de combate pertinentes.
- II. Elaborar el programa y los procedimientos de seguridad para el uso, manejo, transporte y almacenamiento de los materiales con riesgo de incendio.
- III. Contar con sistemas para la detección y extinción de incendios, de acuerdo al tipo y grado de riesgo conforme a las Normas aplicables.
- IV. Contar con señalamientos visual y audible, de acuerdo al estudio a que se refiere la fracción I del presente artículo, para dar a conocer acciones y condiciones de prevención, protección y casos de emergencia.
- V. Organizar brigadas contra incendios en función al tipo y grado de riesgo del centro de trabajo para prevenirlos y combatirlos.
- VI. Practicar cuando menos una vez al año simulacros de incendio en el centro de trabajo. [27]

---

**ARTICULO 54.** El manejo, transporte y almacenamiento de materiales en general, materiales o sustancias químicas peligrosas, deberá realizarse en condiciones técnicas de seguridad para prevenir y evitar daños a la vida y salud de los trabajadores, así como al centro de trabajo, de acuerdo a las disposiciones del presente Capítulo.

**ARTICULO 55.** Los requerimientos de seguridad e higiene para el manejo, transporte, proceso y almacenamiento de materiales en general, materiales o sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo, deberán estar incluidos en el programa de seguridad e higiene y será responsabilidad del patrón hacerlos del conocimiento de los trabajadores por escrito.

**ARTICULO 60.** Cuando el manejo, transporte y almacenamiento de materiales en general, materiales o sustancias químicas peligrosas, se realice en forma manual, el patrón estará obligado a realizar un estudio de estas actividades, a fin de determinar el equipo de transporte y de protección personal adecuados que debe proporcionar a los trabajadores, de acuerdo a la Norma correspondiente.

**ARTICULO 62.** El patrón es responsable de que los materiales y sustancias químicas peligrosas se identifiquen en función al tipo y grado de riesgo, estando obligado a comunicar al trabajador las medidas preventivas y correctivas que deberá observar en su manejo, transporte y almacenamiento, de acuerdo a las Normas correspondientes.

**ARTICULO 63.** El patrón deberá elaborar y difundir entre los trabajadores, de acuerdo a la Norma correspondiente, las hojas de datos de seguridad de los materiales y sustancias químicas peligrosas que se manejen en el centro de trabajo.

**ARTICULO 66.** En los centros de trabajo se deberá contar con el programa de seguridad e higiene para el transporte de materiales y sustancias químicas peligrosas en equipos y sistemas, el cual contendrá los elementos señalados en las Normas aplicables, así como la señalización y limitación de las zonas para el tránsito de personas.

**ARTICULO 71.** Los sistemas y equipos que se utilicen para el manejo, transporte y almacenamiento de materiales y sustancias químicas peligrosas, deberán ser sometidos a control para su descontaminación y limpieza, cuando éstos vayan a ser utilizados para otros materiales. [28]

### **2.1.6 Ley Federal Sobre Metrología y Normalización.**

**ARTÍCULO 40.-** Las normas oficiales mexicanas tendrán como finalidad establecer:

- I. Las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales;
- II. Las características y/o especificaciones de los productos utilizados como materias primas o partes o materiales para la fabricación o ensamble de productos finales sujetos al cumplimiento de normas oficiales mexicanas, siempre que para cumplir las especificaciones de éstos sean indispensables las de dichas materias primas, partes o materiales;
- III. Las características y/o especificaciones que deban reunir los servicios cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal o el medio ambiente general y laboral o cuando se trate de la prestación de servicios de forma generalizada para el consumidor;
- IV. Las condiciones de salud, seguridad e higiene que deberán observarse en los centros de trabajo y otros centros públicos de reunión;

---

---

### 2.1.7 Normas Oficiales Mexicanas Sobre Seguridad e Higiene.

NOM-001-STPS-1999, edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-condiciones de seguridad e higiene.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-STPS-2000, condiciones de seguridad – prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-005-STPS-1998, condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

NOM-006-STPS-2000, manejo y almacenamiento de materiales- condiciones y procedimientos de seguridad.

NOM-010-STPS-1999, condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral. [20, 22, 23]

NOM-054-ECOL-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos para la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-052-ECOL-1993. [30]

NOM-052-ECOL-1993, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente (antes NOM-CRP-001-ECOL/93). Es importante citar que esta NOM fue revisada y aprobada por el Subcomité para Residuos Municipales, Peligrosos y Sustancias Químicas, para la Protección Ambiental, con el fin de que sea publicada en el Diario Oficial de la Federación.

## 2.2 Internacional

A partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en la que se adoptó la agenda 21, donde se menciona que debe haber una responsabilidad compartida entre el gobierno y la industria para lograr una gestión efectiva de las sustancias químicas.

Dentro de esta agenda en el capítulo 19 se incluye el área de la evaluación de riesgos, donde se resalta la importancia de la colaboración, en particular, entre las distintas organizaciones de las Naciones Unidas, además se ha involucrado otros actores importantes como la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), la industria, y las Organizaciones no Gubernamentales (ONG).

Algunas de estas organizaciones incluyen:

- El programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- La Organización Internacional del Trabajo (OIT).
- La Organización Mundial de la Salud (OMS)
- El Programa Internacional de Seguridad Química (PISQ).
- La Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO)
- El Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional e Investigación (UNITAR). [25]

---

---

A continuación se menciona algunas legislaciones internacionales importantes que aplican para el control de la contaminación del medio ambiente

### **2.2.1 Legislaciones Federales sobre la prevención de la contaminación ambiental (EUA<sup>27</sup>)**

Requisitos de minimización de los desechos en los permisos 42 U.S.C. 6925 (h): donde las instalaciones de tratamiento, almacenamiento y eliminación de desechos peligrosos están obligadas a demostrar que cuentan con un programa en operación para reducir el volumen, la cantidad y la toxicidad de los materiales que manejan.

Aviso sobre manufactura y procesamiento 15 U.S.C. 2604: confiere a la EPA<sup>28</sup> autoridad para emitir órdenes que prohíban o limiten la manufactura, procesamiento, distribución comercial y el uso o la eliminación de una sustancia química.

Elaboración de informes y registros 15 U.S.C. 2607: exige que se entregue información acerca de los riesgos relacionados con las sustancias químicas a fin de facilitar la actividad normativa y no normativa encaminada a mitigar los problemas conocidos. Asimismo, apoya las entregas voluntarias de datos sobre sustancias químicas. [8]

Ley sobre el Control de sustancias tóxicas (TSCA<sup>29</sup>).

En 1976 confiere autoridad a la EPA<sup>5</sup> para que las sustancias se prueben antes de introducirlas en el comercio a fin de conocer sus efectos y poder ejercer un control sobre aquellas que signifiquen una amenaza a la salud y el medio ambiente. También confiere autoridad para reglamentar la manufactura, el proceso, distribución, uso y eliminación de sustancias y mezclas químicas.

La sección 6 de la TSCA reglamenta a las sustancias y mezclas químicas peligrosas donde al procesar, manufacturar y eliminar a estas representa un riesgo a la salud y al medio ambiente.

La sección 6 (e) prohíbe la manufactura, procesamiento o distribución de los bifenilos policlorados (PCB<sup>30</sup>) excepto donde éstos estén encerrados por completo. [8]

### **2.2.2 Legislación de prevención de la contaminación ambiental de la UE<sup>31</sup>**

Artículo 130R del Tratado de la Política Medioambiental.

(Desarrollo del Plan de implantación del sistema de gestión medioambiental municipal)

Menciona que es importante realizar:

- Acción preventiva
- Planificación
- Desarrollo sostenible.

---

<sup>27</sup> Estados Unidos de América

<sup>28</sup> Environmental Protection Agency

<sup>29</sup> Toxic Substances Control Act

<sup>30</sup> Polychlorinated biphenyls

<sup>31</sup> Unidad Europea

---

---

Constitución en su artículo 149.1: el Estado tiene competencia exclusiva sobre las siguientes materias:

- Legislación y ejecución en evaluación de impacto ambiental Ley 7/85, de bases del régimen local:

La competencia que dicta esta ley en su artículo III en el artículo 25 dice:

- Protección civil, prevención y extinción de incendios.

El Reglamento de Actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas está regulado por el Decreto 2414/1961. La orden de 15 de marzo de 1963 aprueba una serie de normas complementarias. El R.D. 886/1985 hace referencia a la prevención de accidentes, dictado por la Ley 2/1985 de protección civil.

Existen determinadas actividades y proyectos que por ley necesitan la realización de una evaluación de impacto ambiental. El objetivo es estimar y corregir los efectos adversos de cualquier actividad que afecte al medio ambiente. La competencia para la declaración de la evaluación de impacto ambiental corresponde a la Administración Automática o a niveles superiores.

Los ayuntamientos intervienen en:

- El seguimiento y vigilancia del cumplimiento de la declaración del impacto ambiental.

Para tal situación se aplica la siguiente normatividad:

Real Decreto legislativo 1302/1986 de evaluación de impacto ambiental, y el R.D. 1131/1988 que aprueba el Reglamento para la ejecución del R.D. Legislativo. [26]

El Decreto 22045/1975 tipifica las características, las calidades y las condiciones de empleo de los combustibles y de los carburantes.

Declaración de Impacto Ambiental según el R.D. Legislativo 1302/1986 de evaluación de impacto ambiental. [24]

---

---

## Referencias:

21. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/131/marco%20juridico.html> 21/junio/06 9:19 hrs
22. <http://www.conanp.gob.mx/anp/legal/LGEEPA.pdf> 21/junio/06 9:58 hrs Si
23. [http://www.stps.gob.mx/04\\_sub\\_prevision/03\\_dgsht/normatividad/g\\_1.htm](http://www.stps.gob.mx/04_sub_prevision/03_dgsht/normatividad/g_1.htm) 26/junio/06 9:54 hrs.
24. [http://www.stps.gob.mx/04\\_sub\\_prevision/03\\_dgsht/normatividad/g\\_2.htm](http://www.stps.gob.mx/04_sub_prevision/03_dgsht/normatividad/g_2.htm) 26/junio/06 10:10 hrs.
25. Tratado de gestión del medio ambiente urbano. Mariano Seoáñez Calvo 2001 Ed. Ediciones Mundi-Prensa
26. Gestión ambientalmente racional de las sustancias químicas desde la perspectiva de la Industria. 1ª ed., 1997 Instituto Nacional de Ecología publicación realizada por Protec and Gamble de México, México D.F.
27. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, 2ª ed., 1995 Ed. Ediciones Mundi-Prensa
28. [http://www.stps.gob.mx/312/312\\_0050.htm](http://www.stps.gob.mx/312/312_0050.htm) 25/junio/06 16:40 hrs
29. [http://www.stps.gob.mx/312/312\\_0056.htm](http://www.stps.gob.mx/312/312_0056.htm) 25/junio/06 18:02 hrs
30. <http://www-staff.lboro.ac.uk/~cdrv/NOM-054-ECOL-1993.pdf>

---

---

## Capítulo 3. Descripción del sitio.

### 3.1 Selección de la planta.

Esta planta se seleccionó debido a las características que presenta la zona donde se encuentra:

- Cercanía con empresas que trabajan con combustibles que incrementan el riesgo de explosión, incendio o intoxicación.
- Por ser una planta que opera como almacenadora de sustancias peligrosas.
- Por ser una planta que trabaja en la descontaminación de equipos con bifenilos policlorados, siendo estos muy dañinos para el ser humano.
- Por estar en una zona de actividades industriales, urbanas y agrícolas.

### 3.2 Características y actividades principales de la planta.

Aunque la planta se dedica a dar el servicio de tratamiento de diferentes tipos de residuos líquidos, sólidos, peligrosos corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos al ambiente, inflamables y biológicos infecciosos, entre otros. En el presente trabajo solo se abarca la principal actividad de la planta que es la descontaminación de equipos contaminados con BPC's<sup>32</sup>.

El proceso permite la descontaminación de equipos eléctricos contaminados por BPC's, y recuperar los componentes metálicos como el cobre, aluminio y acero. Se utiliza como solvente al percloroetileno en circuito cerrado para hacer la extracción de los BPC's de las carcasas, núcleos y devanados de los transformadores.

La descontaminación eficaz es producto de los cambios de fase del solvente dentro de los materiales que contienen BPC's. Los ciclos utilizados permiten penetrar profundamente en los ranuras del material contaminado y solubilizar los BPC's en el fluido de extracción.

Permite reducir hasta en un 90% los volúmenes de desechos contaminados y recuperar los metales con valor comercial.

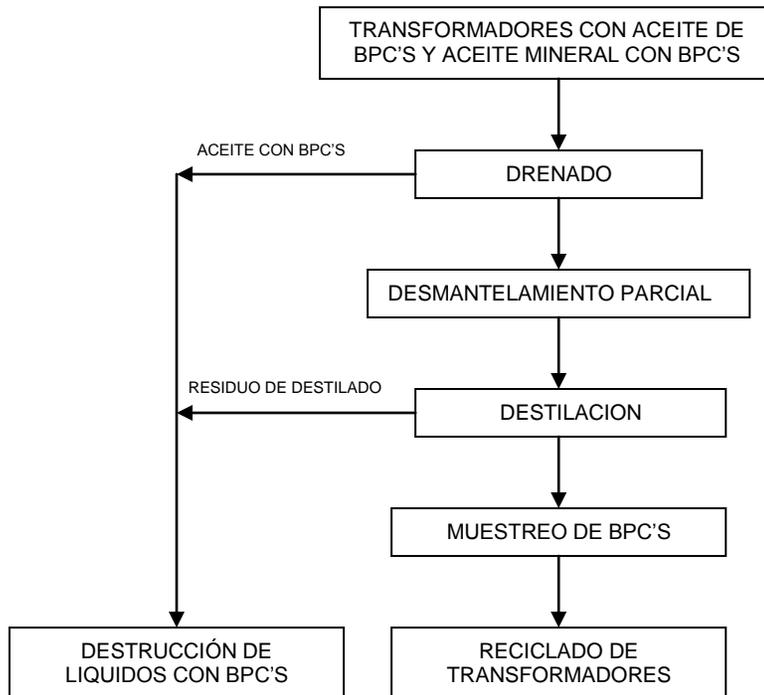
La contaminación de estos equipos eléctricos se da de dos formas: con aceite de BPC's puro y con aceite mineral que contiene BPC's a niveles menores de 10 000 ppm.

El disolvente es destilado con la finalidad de reciclarlo y poder separar los BPC's como residuos de la destilación. En la figura III.1 se describe el proceso de descontaminación.

---

<sup>32</sup> Bifenilos Policlorados

**Figura III.1 PROCESO DE DESCONTAMINACIÓN DE BPC's**



También realiza la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los BPC's y otros residuos peligrosos. Cuenta con sistemas para la recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, rehúso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos generados en clínicas, hospitales, laboratorios, universidades, fábricas, minas o en cualquier otro establecimiento.

### **3.3. Condiciones iniciales y actuales que se consideran en la actualización del Estudio de Riesgo Ambiental.**

#### **3.3.1 Localización geográfica y División Política.**

El municipio de Tultitlán se encuentra en la zona norte del Estado de México donde inicia el Valle de Cuautitlán y constituyen la última sección de la Cuenca de México; dicho municipio pertenece al Área Metropolitana.

La cabecera municipal se ubica en el planisferio a los 19°38'02" de la latitud norte y a los 99°09'58" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

El municipio tiene una extensión de 71.7 Km<sup>2</sup> y al norte colinda con Cuautitlán, Tultepec y Nextlalpan, al sur con Tlalnepantla y el Distrito Federal, al este con Ecatepec, Coacalco y Tecámac, y al oeste con Cuautitlán Izcalli. [29]

Actualmente el municipio está conformado por dos secciones principales: en la mayor se encuentra la cabecera municipal y la parte sur y suroeste, contando con una extensión de 55.9 kilómetros cuadrados. La segunda sección es la llamada isla municipal, localizada en la zona nororiente, la cual cuenta con 15.1 kilómetros cuadrados, y en ella se localiza el pueblo de San Pablo de las Salinas y

---

---

una gran cantidad de fraccionamientos, como son Granjas, Unidad Morelos Tercera Sección, Izcalli San Pablo, etc.

Se localiza en el área que corresponde a la región plana del Valle de México, la cual en su parte más baja coincide con la extensión de la zona de origen lacustre, ubicada entre los 2 230 y 2250 m de altitud y prácticamente desprovista de relieve natural. La zona se encuentra restringida por la Sierra de Guadalupe y sus vértices son las poblaciones de Lechería, Huehuetoca, los Reyes y Ecatepec.

El sitio donde se ubicará la planta presenta una altitud de 2242 metros, su topografía es totalmente plana, con un gradiente inferior al 1 por ciento y el cerro más cercano se encuentra 3 km al sur y es conocido como cerro Picacho (de origen volcánico). [30]

Su división política consta de barrios, pueblos colonias y fraccionamientos los cuales son los siguientes:

- **Barrios:**
  - La concepción, Belem, Nativitas, San Bartola, San Juan, Los Reyes, Santiaguito
- **Pueblos:**
  - Tepalcapa, Chilpan, San Mateo y Santa María Cuauhtepic, San Pablo de las Salinas, Buenavista
- **Colonias:**
  - Independencia, Lázaro Cárdenas, La Joya, Lechería, Los Reyes, Nueva Tultitlán 1ª y 2ª sección.
- **Colonias ejidales:**
  - Ampliación Nueva Vista, Benito Juárez, Buenavista parte alta, Buenavista parte baja, El Tesoro, La Ferrocarrilera, La Libertad, La Sardaña, Las Torres, Mariano Escobedo, Ojo de Agua, San Marcos, Santa Clara, El paraje de San Francisco Chilpan, Zona de Hornos
- **Fraccionamientos:**
  - Ciudad Labor, Fuentes del Valle, Granjas, San Pablo, COSEM, Infonavit San Pablo, Izcalli del Valle, Izcalli Rinconada, Izcalli San Pablo, Lomas de Cartagena, IMEX 2, Recursos Hidráulicos, Real Hacienda Tultepec, Unidad Morelos 3ª sección, Unidad Morelos 2ª sección, Tórtolas y Arboledas 1. [29]

### 3.3.2. Flora y fauna de la zona

La flora es escasa a causa del constante crecimiento urbano e industrial que tiene el municipio, aunque la planta está en una zona industrial, en las proximidades hay terrenos de cultivo en donde aún se desarrolla agricultura de riego con el empleo de aguas negras para cultivos forrajeros (alfalfa).

En los límites de los terrenos agrícolas se encuentran árboles aislados o en pequeños grupos de las siguientes especies: pirú, casuarina, eucalipto y sauce. Otras especies observadas son el tabaquillo. [29]

La flora de ornato está constituida por dalia, geranio, bugambilia, jazmín, platanillo, gloria, plumbago, crisantemo, margarita, pensamiento, nomeolvides, madreselva, violeta, geranio y floripondio y en el predio de estudio hay plantas cultivadas (especies exóticas) que fueron plantadas por los trabajadores de la empresa y, especies de desarrollo espontáneo en el área de patios; como especies cultivadas están: rosas, duraznos, ficus, benjamina, alcatraz y como especies espontáneas el pasto pata de gallo como dominante y diente de león.

Las especies cultivadas tienen valor como plantas de ornato y todas son ampliamente propagadas en viveros comerciales. Las especies de crecimiento espontáneo, carecen de valor y tienen amplio potencial (natural) de reproducción y propagación.

En cuanto a la fauna también es escasa aunque hace mucho tiempo en zonas que todavía no había o han sido completamente urbanizadas como por ejemplo la Sierra de Guadalupe, se contaba con algunos mamíferos y aves como la tuza, tlacuache, armadillo, liebre, conejo, zorrillo, zorro, ardilla y algunas variedades de víbora y entre las aves la gallareta, gorrión, golondrina, chupamirto, pichón, tórtola, cuervo, pato, tordo, azulejo, pájara-vieja, gavilán, tecolote, pinzón y gavilancillo, pero se han alterado las condiciones del medio natural desde hace tiempo y, en donde las actividades actuales predominantes son la industrial, la urbana y la agrícola con lo que ello implica, las especies de fauna silvestre nativa fueron desplazadas y/o eliminadas.

Las especies de fauna que pueden encontrarse en el sitio y su área de influencia son las que se consideran como "fauna nociva" tales como: ratas y ratones domésticos. [29,30]

### 3.3.3 Condiciones climatológicas.

En Tultitlán predomina un clima templado-subhúmedo con lluvias en verano, tiene una temperatura media de 17.5 °C en el periodo de 2004-2009, que no difiere notablemente de la temperatura media anual para el Estado de México, que es de 18.2 °C; las temperaturas más altas se registran en la primavera con 25.9°C en promedio, entre los meses de abril y mayo; las temperaturas más frías se registran en el invierno con una temperatura de 8.7°C promedio en el periodo de 2004-2009, según la tabla III.1. Es importante conocer las condiciones de la temperatura ya que afectan directamente en el comportamiento de las nubes de gases, que se forman por fuga o liberación de las chimeneas de industrias.

La precipitación pluvial es de 642.28 mm, con un régimen de lluvias en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre, presentando precipitaciones de 129.72 a 97 mm, mientras que los meses más secos son de diciembre a febrero.

“Hacia la Sierra de Guadalupe hay mayor precipitación, debido a que dicha topografía constituye una barrera que intercepta los vientos, ocasionando que suelten la humedad. El Municipio es afectado por heladas, las cuales ocurren de diciembre a enero, aunque hay heladas tempranas en noviembre y tardías en febrero” (PMDUT2003-2006)

**Tabla III.1. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS EN EL MUNICIPIO DE TULTITLÁN DE 2004 A 2009**

	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	PROMEDIO ANUAL
TEMPERATURA MINIMA	8.7	12.9	13.3	10.2	11.3
TEMPERATURA MAXIMA	22.7	25.9	23.5	22.4	23.6
HUMEDAD MINIMA	30.9	34.2	48.1	39.9	38.3
HUMEDAD MAXIMA	70.3	75.1	88.5	81.9	78.9
VELOCIDAD MINIMA DEL VIENTO	0.43	0.49	0.72	0.63	0.57
VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO	4.0	4.3	4.1	3.8	4.0

Nota: se determinaron los promedios a partir de los datos diarios del 1 de enero de 2004 a 2 de septiembre de 2008 para la temperatura, humedad relativa y velocidad del aire. Fuente INEGI

### 3.4. Vías de comunicación

El municipio está comunicado por medio de la autopista México - Querétaro, la carretera Tlalnepantla - Cuautitlán y la Avenida José López Portillo, en los tres casos hacia la ciudad de México y otros municipios. También cruzan las vías de ferrocarril a Pachuca, Laredo y Guadalajara, las cuales parten de la estación de Lechería. Además hay numerosas rutas de autotransporte que comunican tanto las poblaciones del interior del municipio, como con otros municipios y con la ciudad de México. Las líneas telefónicas están presentes casi en todas las colonias. También hay algunas oficinas de correos.

Actualmente se cuenta con el transporte del tren suburbano que conecta el Estado de México con la Cd. de México con las estaciones de Lindavista a Cuautitlán, pasando por la estación Tultitlán.

### 3.5 Descripción de los posibles escenarios de riesgo.

Los riesgos que se pueden presentar en la planta son principalmente por la fuga de gas natural y percloroetileno en fase líquida y vapor. La fuga de gas natural pone en riesgo a los integrantes de la planta debido a que se puede producir fuego en forma de chorro y en el caso más crítico afectar toda la planta poniendo en riesgo las industrias que se encuentran a su alrededor. Debido a que el gas natural es más ligero que el aire no se produce nube de gas que ponga en riesgo a nivel de piso, pero como la planta se encuentra en nave se puede producir la acumulación del gas, provocando incluso una explosión.

Si la fuga se presenta con el percloroetileno en fase vapor, puede producir una nube toxica que pone en riesgo a los integrantes de la planta, aún más si el disolvente se combustiona, produce gases tóxicos que aumentan de manera considerable el riesgo. Si la fuga es en estado líquido es importante no tener contacto para evitar la posible intoxicación de acuerdo a los radios de afectación.

### 3.6 Análisis del radio de afectación.

Los radios de afectación debidos a la fuga del percloroetileno en fase líquida o vapor generan daño a nivel de planta; en fase líquida se generan charcos de 16.4 metros de diámetro en promedio con una exposición de 200 ppm hasta un radio de 23 metros debido a la evaporación del solvente como se ve en la tabla III. 2.

**Tabla III.2. PERCLOROETILENO LIQUIDO  
RUPTURA EN EL FONDO DEL TANQUE**

CONDICION	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
TEMPERATURA (°C)	22.748	8.764	22.398	10.201	25.931	12.902	23.534	13.334
% DE HUMEDAD RELATIVA	70.294	30.907	81.916	39.940	75.123	34.240	88.532	48.140
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	4.045	0.434	3.841	0.631	4.305	0.495	4.121	0.726
Ø CHARCO (m)	15.9	17.3	15.7	17.3	15.2	17.3	15.5	17.2
ROJO (1000 ppm) (m)	<10	NO EXE	<10	<10	<10	NO EXE	<10	NO EXE
NARANJA (200 ppm) (m)	13	19	14	<10	15	20	14	23
AMARILLO (100 ppm) (m)	19	28	22	<10	25	31	23	35

Fuente: programa ALOHA

Sin embargo dentro de la planta llegan a 500 ppm en 4 minutos considerándose de alto riesgo como se muestra en la tabla III.3., hasta un radio de 23 m. Fuente: Estudio de Riesgo anterior.

**Tabla III. 3 ZONA DE RIESGO GENERAL**

	TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESIÓN)
Zona de Alto Riesgo	IDLH 500 ppm	5 KW/m <sup>2</sup> o 1,500 BTU/Pie <sup>2</sup> h	1.0 lb/plg <sup>2</sup>
Zona de Amortiguamiento	TLV <sub>15</sub> 200 ppm	1.4 KW/m <sup>2</sup> o 440 BTU/Pie <sup>2</sup> h	0.5 lb/plg <sup>2</sup>

Fuente: Semarnat, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de manejo Integral de material y actividades riesgosas.

Como se puede ver en la tabla III.4 los radios de afectación para el gas natural indican que hay radio de 4.04 m en una ruptura del 20 % cuando la radiación térmica es de 5 kw/m<sup>2</sup> (Ver tabla IV. 4) considerada de alto riesgo y de 20.20 metros si la ruptura es total.

**Tabla III. 4 ZONAS DE RIESGO DEL ESTUDIO DE RIESGO ANTERIOR**

EVENTO	Zona de riesgo 5 kw/m <sup>2</sup> (1500 btu/hr ft <sup>2</sup> )	Zona de amortiguamiento 1.4 kW/m <sup>2</sup> (440 btu/hr ft <sup>2</sup> )
	DISTANCIA (m)	DISTANCIA (m)
Radiación térmica generada por un fuego en la tubería de 2", considerando un orificio de 0.4", equivalente al 20% del diámetro de la misma.	4.04	7.64
Radiación térmica generada por el fuego generado por la ruptura total de la tubería.	20.20	38.18

Fuente: Estudio de Riesgo Anterior

Con base en los datos de la tabla anterior con el simulador ALOHA se observa que los radios de afectación son menores a 10 m, valores congruentes con los del Estudio de Riesgo anterior, pero a diferencia se realizó una corrida con una ruptura al 100% obteniendo los siguientes resultados: (Ver tabla IV. 6)

Se observa que los radios de afectación son de 10 a 11 m de acuerdo a la zona de riesgo. Estos radios propician aumentar las medidas de seguridad mejorando las estrategias.

---

La sobre presión se analiza en la siguiente tabla:

**Tabla III. 5 ZONAS DE RIESGO DE SOBRE PRESIÓN DEL ESTUDIO ANTERIOR**

	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESIÓN)	DISTANCIA (m)
Zona de Alto Riesgo	1.0 lb/plg <sup>2</sup>	70
Zona de Amortiguamiento	0.5 lb/plg <sup>2</sup>	121

Fuente: Estudio de Riesgo anterior (programa ARCHIE)

En cuanto a la sobre presión causada por la explosión del gas natural se toma los valores del Estudio de Riesgo debido a que en el simulador no se obtuvieron por las propias características del programa, los valores obtenidos en la tabla anterior se determinaron con el programa ARCHIE, sin embargo esto nos permite ver que la zona de riesgo abarca una longitud de 70 m, suficiente para hacer daño en las cercanías de la planta.

Se realizan pruebas para percloroetileno y para gas natural a diferentes rupturas principalmente a 20%, 50% y 100%, siendo los más significativos los que corresponde al 20% y 100%, porque son los que marcan las diferencias en cuanto a fuga y explosión, principalmente para percloroetileno en fase vapor y el gas natural.

---

---

## Referencias:

31. Monografía Municipal Tultitlán, José Antonio Rojano Díaz, Región II, pp. 17-18
32. Manifiesto de Impacto Ambiental de Planta de tratamiento térmico de residuos peligrosos, Tultitlán Edo. de Méx., Instituto de Ecología UNAM Méx. D.F.
33. Tultitlán, Monografía Municipal, Luis Córdoba Barradas, Instituto Mexiquense de Cultura, Asociación Mexiquense de Cronistas Municipales, A.C.

---

---

## Capítulo 4. Modelaciones.

### 4.1 Modelo de dispersión.

Los modelos de dispersión son una herramienta utilizados en nuestro país que permiten tener información sobre el comportamiento de ciertos contaminantes que se pueden dispersar en la atmósfera. Estos permiten planear una respuesta en caso de siniestro por derrame o fuga.

La exactitud de la proyección dependerá de cómo se hayan obtenido los datos y de cómo se ingresen en el programa de modelación.

Para ello existen diferentes modelos que se rigen por el tipo de comportamiento de la nube que se puede generar de acuerdo con las diferentes condiciones ambientales y las características del contaminante que se presenten.

Una de las características principales que condiciona la evolución de un gas/vapor en la atmósfera es su densidad, distinguiéndose tres posibilidades:

- Gases ligeros. Densidad inferior a la del aire.
- Gases pasivos o neutros. Densidad similar a la del aire.
- Gases pesados. Densidad mayor que la del aire.

A efectos prácticos no se puede hablar, en la mayoría de los casos, de un comportamiento puro de gas ligero neutro o pesado, ya que los factores que influyen en él son múltiples y variables en el tiempo y una mezcla gas/aire puede evolucionar como un gas pesado sin serlo debido a:

- Peso molecular del gas.
- Temperatura del gas.
- Temperatura y humedad del aire ambiente.
- Presencia de gotas líquidas arrastradas en la emisión.
- Reacciones químicas en la nube, etc.

Otra característica es la duración del escape, que puede dar lugar a:

- Escapes instantáneos formando una bocanada ("puf").
- Escapes continuos sin depender del tiempo, formando un penacho ("plume").
- Escapes continuos dependiendo del tiempo.

En este documento, por razones de simplificación, se estudia el segundo tipo de escape que es nuestro sistema de estudio. La mayoría de los incidentes por escape empiezan con una descarga de un producto peligroso. Estos incidentes se pueden originar por orificios o roturas de recipientes de proceso, por juntas de unión en bridas, o por válvulas y venteos de emergencia, por destacar las causas más frecuentes.

Los escapes pueden ser en forma de gas, de líquido o en fase mixta líquido-gas; nosotros trataremos únicamente el primer tipo, si bien debe señalarse que en fase líquida y mixta la aportación másica del escape es muy superior y la velocidad de evaporación determinará la cantidad aportada para la formación de la nube. De ahí la peligrosidad de escapes de gases licuados del petróleo o de cloro licuado, por citar unos ejemplos típicos.

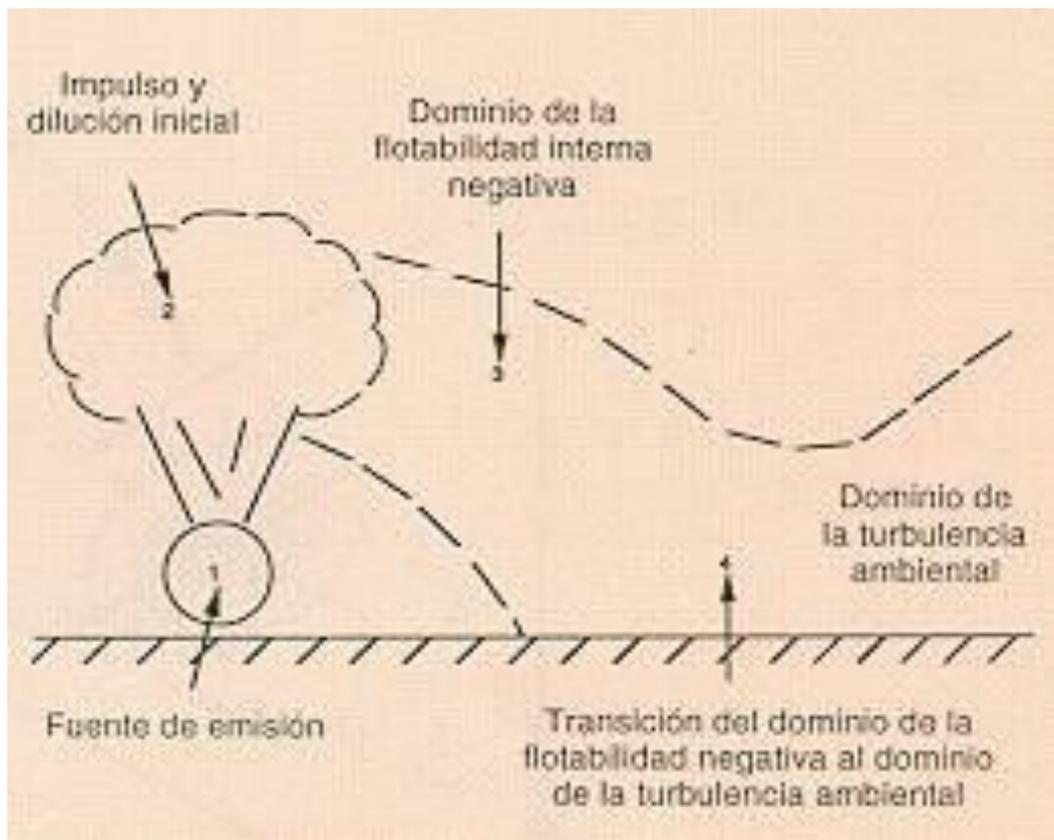
---

## Modelo Gaussiano

El modelo gaussiano de fuente puntual continua que se va a tratar en este documento supone como hipótesis de partida que las concentraciones de contaminante en cualquier punto considerado viento abajo están estabilizadas y no dependen del tiempo. Este modelo describe el comportamiento de los gases/vapores de fuerza ascensional neutra, dispersados en la dirección del viento y arrastrados a la misma velocidad.

Respecto a los gases pesados una configuración típica de un escape a nivel del suelo se muestra en la figura IV.1.

**Figura IV.1:** DESARROLLO Y DISPERSIÓN DE UNA NUBE DE GAS PESADO



Los gases pesados muestran una elevación inicial del penacho debido al impulso de salida, como sucede en todo escape, seguida de una cierta caída en curva por influencia de su densidad. Comparándolos con los gases neutros se ve que los gases pesados presentan en los momentos iniciales un comportamiento distinto, por lo cual se han desarrollado modelos sofisticados que no se consideran en este documento. Sin embargo, transcurrido un cierto tiempo y a medida que se diluyen en el aire, las características y el comportamiento se pueden asimilar a los de un gas neutro. Si el escape de un gas pesado es de una proporción o intensidad de descarga moderadas, se puede tratar aceptablemente con el modelo gaussiano de gas neutro que es de aplicación mucho más sencilla, especialmente si lo que queremos es estudiar lo que sucede en puntos que no sean excesivamente próximos al punto de emisión.

## Modelo Paquill-Gifford

El fundamento para el modelo de Pasquill-Gifford es una dispersión gaussiana en los ejes horizontal y vertical (figuras IV.2 y IV.3). La fórmula normalizada para la dispersión de una fuente puntual elevada es:

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

Siendo,

C = Concentración en el punto x, y, z (kg/m<sup>3</sup>)

G = Intensidad de la emisión (kg/s)

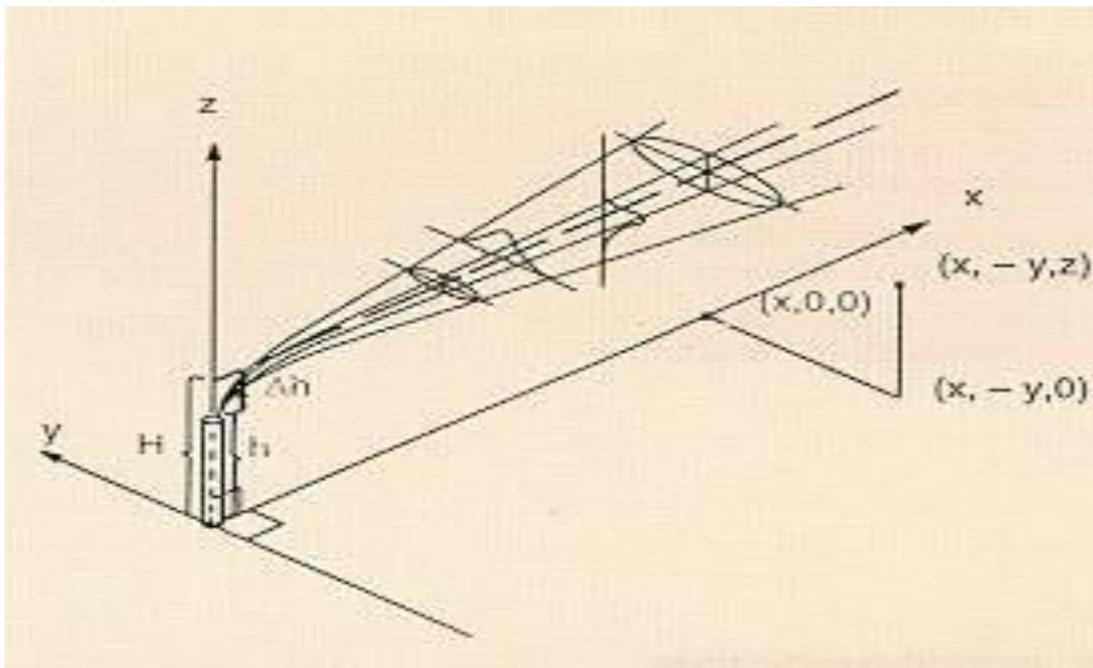
H = Altura de la fuente emisora sobre el nivel del suelo más la elevación del penacho (m).

$\sigma_y, \sigma_z$  = Coeficientes de dispersión (m).

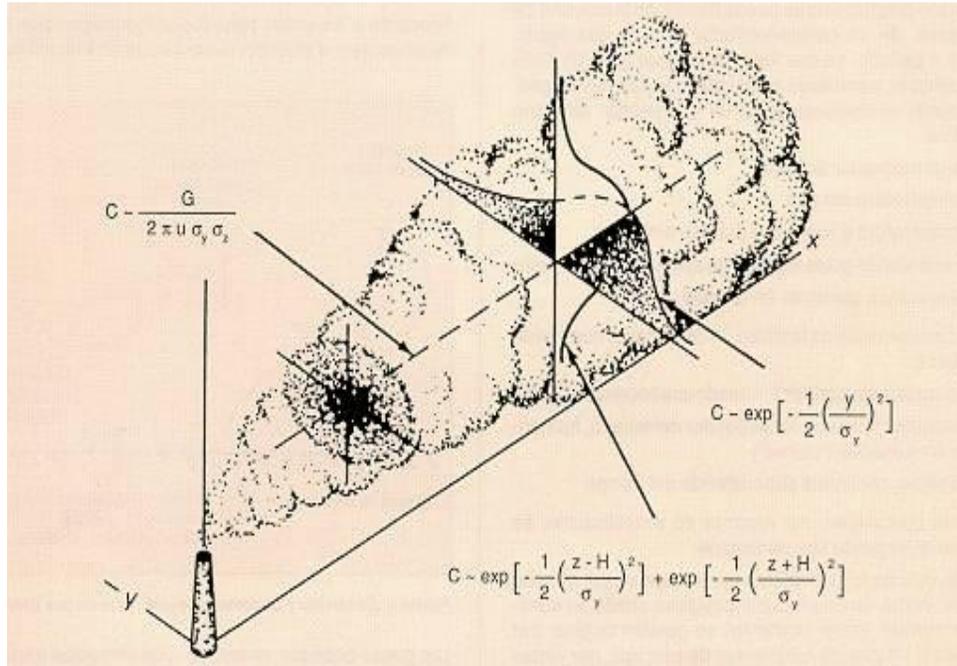
u = Velocidad del viento (m/s).

La utilización de esta fórmula está limitada a distancias entre 100 m y 10 km y es aplicable para cortos períodos (hasta unos diez minutos) que es el tiempo promediado o tiempo de muestreo normalizado. Para períodos de tiempo superiores a diez minutos, la concentración viento abajo de la fuente de emisión es en cierta manera inferior, debido a la alteración de la dirección del viento.

**Figura IV.2** SISTEMA DE COORDENADAS Y GEOMETRÍA BÁSICA DE LA ECUACIÓN GAUSSIANA DEL PENACHO



**Figura IV.3** LOS TRES TÉRMINOS DE LA ECUACIÓN GAUSSIANA DEL PENACHO: CONCENTRACIÓN EN EL EJE CENTRAL Y TÉRMINOS VERTICAL Y LATERAL



La elevación del penacho ( $\Delta h$ ) se define como la diferencia entre la altura de la línea central final del penacho y la altura inicial de la fuente. Esta elevación está originada por la fuerza ascensional y el impulso vertical del efluente.

La temperatura de salida del efluente en el caso de que supere en más de 50 °C la temperatura ambiental, tiene mayor influencia que el impulso vertical en la determinación de la altura que alcanzará el penacho. Como regla general, la elevación del penacho es directamente proporcional al contenido calorífico del efluente y a la velocidad de salida del mismo, e inversamente proporcional a la velocidad local del viento.

Una de las fórmulas más empleadas para el cálculo de esta elevación es la de Holland:

$$\Delta h = \frac{V_s d}{u} (1,5 + 2,68 \cdot 10^{-3} \cdot P \frac{T_s - T_a}{T_s} d) \quad (2)$$

Siendo:

$\Delta h$  = Elevación del penacho por encima de la fuente emisora (m)

$V_s$  = Velocidad de salida del contaminante (m/s)

$d$  = Diámetro interior del conducto de emisión (m)

$u$  = Velocidad del viento (m/s)

$P$  = Presión atmosférica (mbar)

$T_s$  = Temperatura del contaminante (K)

$T_a$  = Temperatura ambiente atmosférica (K)

$2,68 \cdot 10^{-3}$  es una constante expresada en  $\text{mbar}^{-1} \text{m}^{-1}$

Los valores de  $\Delta h$  obtenidos con esta fórmula deben corregirse (tabla IV.1) multiplicando por un factor, establecido por Pasquill-Gifford-Turner, que es función de las condiciones meteorológicas.

**Tabla IV.1 VALORES DE  $\Delta h$**

Categorías de estabilidad (Clases)	Factor de corrección aplicado al $\Delta h$ , calculado por la fórmula de Holland
A,B	1,15
C	1,10
D	1,00
E,F	0,85

Las condiciones meteorológicas y la duración del escape tienen una gran importancia en el alcance de la dispersión del penacho. Los factores principales son: la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica. La estabilidad atmosférica viene definida en función del gradiente vertical de temperatura de las capas del aire.

Los datos de velocidad del viento y estabilidad atmosférica, siempre que sea posible, deben obtenerse de estaciones meteorológicas locales. Dado que no siempre es posible disponer de esta información, a través de una tabla establecida por Pasquill (Tabla IV.2) puede obtenerse la categoría de estabilidad atmosférica estimada según las condiciones de insolación y velocidad del viento.

**Tabla IV.2. CONDICIONES DE ESTABILIDAD METEOROLÓGICA DE PASQUILL**

Velocidad del viento (m/s) a 10 m de altura	Insolación diurna			Condiciones nocturnas	
	Fuerte	Moderada	Ligera	Finamente cubierto ó más de la mitad cubierto	Nubosidad $\leq 3/8$
<2	A	A-B	B		
2-3	A-B	B	C	E	F
3-4	B	B-C	C	D	E
4-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

La velocidad del viento se acostumbra a medir a 10 metros de altura. Esta velocidad, a niveles más bajos de 10 metros, se ve reducida notablemente debido a los efectos de rozamiento. Para niveles distintos de este valor, la velocidad del viento debe corregirse según la relación

$$U_z = u_{10} \left( \frac{z}{10} \right)^p \quad (3)$$

Siendo:

$u_z$  = Velocidad del viento a la altura de la fuente emisora (m/s)

$u_{10}$  = Velocidad del viento a la altura de 10 m (m/s)

$z$  = Altura de la fuente emisora (m)

$p$  = Coeficiente exponencial

---

---

Los valores de  $p$  son función de la estabilidad atmosférica y la rugosidad del suelo.

En la tabla IV.3 se presentan tales valores.

**Tabla IV.3. COEFICIENTES DE CORRECCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**

Estabilidad	Coeficiente exponencial atmosférico ( $p$ )	
	Urbano	Rural
A	0,15	0,07
B	0,15	0,07
C	0,20	0,10
D	0,25	0,15
E	0,40	0,35
F	0,60	0,55

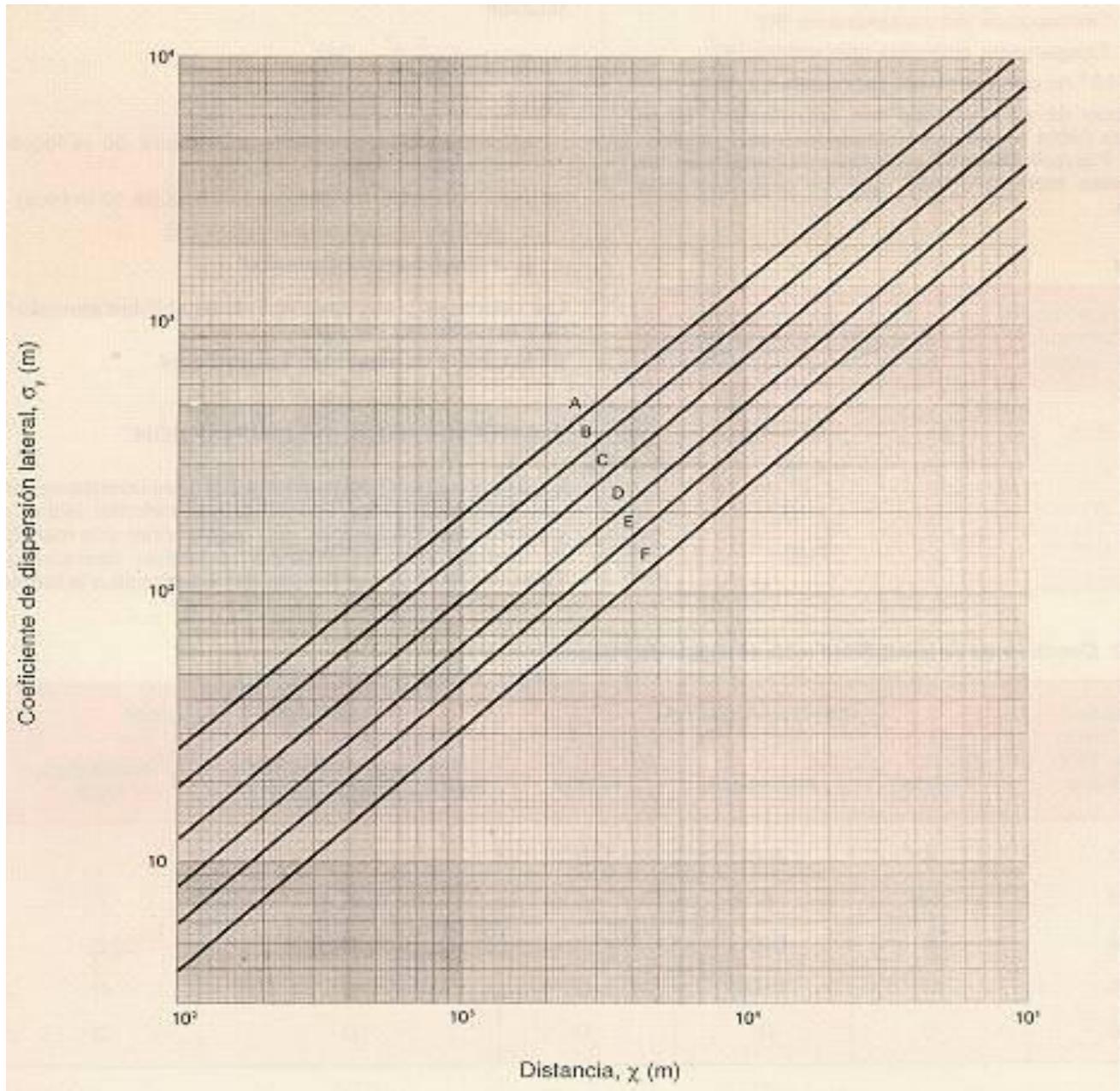
En la expresión (1) del apartado 2, los parámetros  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$  son las desviaciones tipo en las direcciones lateral y vertical respectivamente, que representan una medida de la dispersión del penacho en dichas direcciones. Tales parámetros son función de la distancia a la fuente emisora viento abajo y de la clase (categoría) de estabilidad atmosférica definida en el punto 4.

Estos coeficientes se suelen presentar en forma gráfica o pueden calcularse según fórmulas empíricas. Diferentes autores llegan a expresiones que difieren ligeramente.

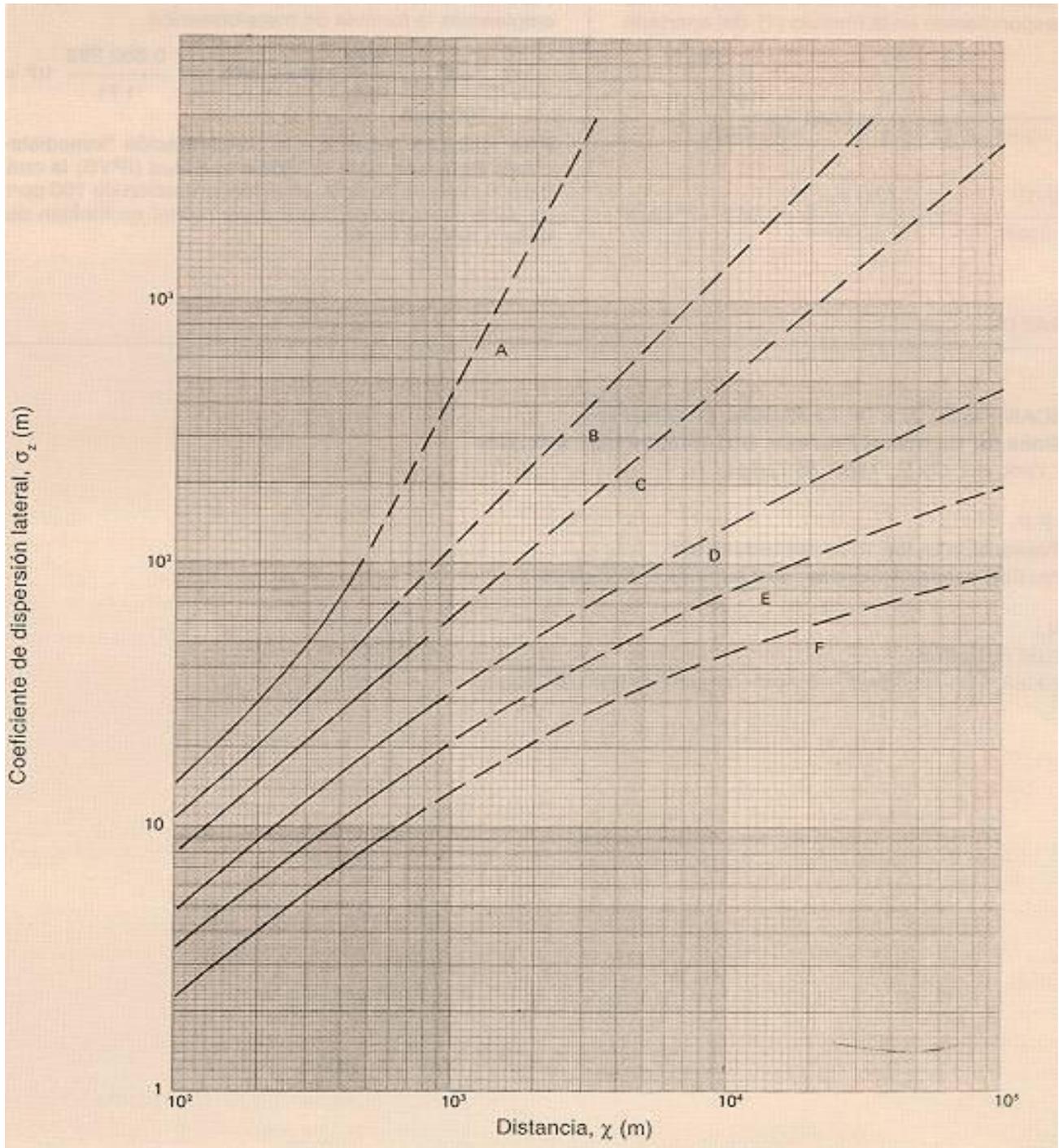
En las figuras IV.4 y IV.5 se muestran unos gráficos ampliamente utilizados para obtener las  $\sigma_y$  y  $\sigma_z$ , obtenidos a partir de las fórmulas de Turner.

Estos gráficos indican que para una determinada distancia viento abajo de la fuente de emisión, la amplitud del penacho es máxima cuando la inestabilidad atmosférica es también máxima y es mínima cuando la atmósfera es muy estable.

**Figura IV.4** COEFICIENTE DE DISPERSIÓN LATERAL  $\sigma_y$  y SEGÚN DISTANCIA Y CATEGORÍA DE ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA



**Figura IV.5** COEFICIENTE DE DISPERSIÓN VERTICAL  $\sigma_z$  SEGÚN DISTANCIA Y CATEGORÍA DE ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA



Los valores obtenidos por estos gráficos o por las fórmulas que han dado lugar a ellos, solamente son aplicables en campo abierto y debe tenerse en cuenta que en condiciones inestables (A) y estables (F) se pueden cometer errores de varias veces en la estimación de  $\sigma_z$ . Para condiciones de estabilidad intermedias entre las anteriores, la estimación de  $\sigma_z$  se puede esperar que como máximo, se desvíe al doble del valor estimado por los gráficos. [35]

---

---

Ahora bien, en la actualidad contamos con programas que nos permiten tener información muy detallada del comportamiento de las nubes de gases tóxicos y para ello se tienen una gran diversidad de acuerdo a las características y propiedades de los gases, algunos de ellos son el ARCHIE<sup>33</sup> el cual fue desarrollado conjuntamente con el departamento de transporte, la Federal Emergency Management Agency, y la Agencia de Protección Ambiental, en el año de 1989. Este software permite predecir rápidamente las zonas de peligro en torno a la liberación de sustancias inflamables, explosivas, tóxicas o materiales. Sin embargo algunas dependencias como la Oficina de Seguridad de Materiales Peligrosos, E. U., Agencia de protección Ambiental (EPA) y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) han financiado una actualización de ARCHIE mediante la incorporación de las capacidades como parte de la familia ALOHA<sup>34</sup> que permite tener una interfaz gráfica de usuario para su uso en el entorno de MS Windows y una base de datos químicos, por tal motivo se usará este software en este trabajo para la realización de las modelaciones.

Para hacer las modelaciones con el programa ALOHA del gas natural y el percloroetileno es necesario conocer las condiciones climatológicas, las condiciones de almacenamiento y las condiciones de distribución dentro de la planta a las que se encuentran las sustancias.

Para las condiciones de almacenamiento y distribución se toman las siguientes consideraciones: en el caso del gas natural y percloroetileno en fase vapor se considera una ruptura de tubo de 3" de diámetro, para el percloroetileno en fase líquida se considera una ruptura en el fondo del tanque de 2.5 cm.

Las corridas se realizan tomando en cuenta las condiciones climatológicas por estaciones a lo largo del año. Para ello se describen los promedios anuales en la tabla III.1.

#### **4.1.1 Modelación con Gas Natural.**

Los siguientes resultados son los obtenidos con el programa ALOHA que permite ver básicamente la cantidad de material quemado, longitud de la llama, proporción de material quemado, así como la radiación térmica en las zonas roja, naranja y amarilla, dependiendo de la ruptura del tubo que transporta al gas natural.

La modelación se realiza con gas metano ya que en el banco de datos del programa no se cuenta con gas natural. Esta decisión se toma debido a que el gas natural es el 90 % de gas metano y el otro 10% una mezcla de hidrocarburos ligeros como el etano, propano y butano.

##### **Datos de sitio:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO

##### **Datos químicos:**

Nombre químico: METANO

Peso molecular de metano: 16.04g/mol

Punto de ebullición: -164.7° C

La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.

Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

---

<sup>33</sup> The Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation

<sup>34</sup> Areal locations of Hazardous Atmospheres

**Tabla IV.4. GAS NATURAL**  
RUPTURA 20 % DEL AREA TRANSVERSAL DEL TUBO

CONDICION	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
TEMPERATURA (°C)	22.748	8.764	22.398	10.201	25.931	12.902	23.534	13.334
% DE HUMEDAD RELATIVA	70.294	30.907	81.916	39.940	75.123	34.240	88.532	48.140
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	4.045	0.434	3.841	0.631	4.305	0.495	4.121	0.726
ROJO (5 Kw/m <sup>2</sup> )	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
NARANJA (1.4 Kw/m <sup>2</sup> )	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
AMARILLO (1 Kw/m <sup>2</sup> )	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
LONGITUD DE LLAMA (m)	2	2	2	2	2	2	2	2
PROP. MAX. QUEMADA (g/s)	306	314	306	313	304	311	305	311
CAN. QUEMADA (Kg)	1.7	1.23	1.17	1.22	1.16	1.21	1.17	1.21

**Tabla IV.5. GAS NATURAL**  
RUPTURA 50 % DEL AREA TRANSVERSAL DEL TUBO

CONDICION	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
TEMPERATURA (°C)	22.748	8.764	22.398	10.201	25.931	12.902	23.534	13.334
% DE HUMEDAD RELATIVA	70.294	30.907	81.916	39.940	75.123	34.240	88.532	48.140
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	4.045	0.434	3.841	0.631	4.305	0.495	4.121	0.726
ROJO (5 Kw/m <sup>2</sup> ) (m)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
NARANJA (1.4 Kw/m <sup>2</sup> ) (m)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
AMARILLO (1 Kw/m <sup>2</sup> ) (m)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
LONGITUD DE LLAMA (m)	3	3	3	3	3	3	3	3
PROP. MAX. QUEMADA (GR/SEG)	764	784	765	782	760	778	763	777
CAN. QUEMADA (KG)	1.7	1.23	1.17	1.22	1.16	1.21	1.17	1.21

**Tabla IV.6. GAS NATURAL**  
RUPTURA TOTAL DEL AREA TRANSVERSAL DEL TUBO

CONDICION	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
TEMPERATURA (°C)	22.748	8.764	22.398	10.201	25.931	12.902	23.534	13.334
% DE HUMEDAD RELATIVA	70.294	30.907	81.916	39.940	75.123	34.240	88.532	48.140
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	4.045	0.434	3.841	0.631	4.305	0.495	4.121	0.726
ROJO (5 Kw/m <sup>2</sup> ) (m)	10	10	10	10	10	10	10	10
NARANJA (1.4 Kw/m <sup>2</sup> ) (m)	11	11	11	11	11	11	11	11
AMARILLO (1 Kw/m <sup>2</sup> ) (m)	13	13	13	13	13	13	13	13
LONGITUD DE LLAMA (m)	4	4	4	4	4	4	4	4
PROP. MAX. QUEMADA (KG/MIN)	91.7	94.1	91.8	93.9	91.2	93.4	91.6	93.3
CAN. QUEMADA (KG)	688	705	688	703	684	699	687	699
RAD. TERM. AL PUNTO (m)	24	1.2	-7.47	29.3	2.05	0.84	1.2	0.72
OFF CENTERLINE (m)	25.5	19.4	31.4	3.01	19.3	19	19.9	18.9
RAD. TERM. MAX (Kw/m <sup>2</sup> )	0.103	0.434	0.125	0.179	0.358	0.437	0.339	0.416

#### 4.1.2 Modelación con Percloroetileno.

##### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO

##### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: PERCLOROETILENO

Peso molecular de metano: 135.83g/mol

Punto de ebullición: 112.6° C

La presión de vapor a temperatura ambiente y la concentración de saturación en el ambiente dependen de las condiciones climatológicas, los valores se presentan en la tabla IV.7

**Tabla IV.7. PRESIONES DE VAPOR Y CONCENTRACIONES DE SATURACION RUPTURA EN EL FONDO DEL TANQUE**

CONDICION	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
TEMPERATURA (°C)	22.748	8.764	22.398	10.201	25.931	12.902	23.534	13.334
% DE HUMEDAD RELATIVA	70.294	30.907	81.916	39.940	75.123	34.240	88.532	48.140
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	4.045	0.434	3.841	0.631	4.305	0.495	4.121	0.726
PRESION DE VAPOR (atm)	0.022	0.0097	0.021	0.011	0.026	0.012	0.023	0.013
CONCENTRACION DE SATURACION (ppm)	28,394	12,800	27,050	13,537	32,607	15,870	28,701	16,243

Los siguientes datos corresponden a las modelaciones del percloroetileno en fase líquida.

**Tabla IV.8. PERCLOROETILENO LIQUIDO RUPTURA EN EL FONDO DEL TANQUE**

CONDICION	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
TEMPERATURA (°C)	22.748	8.764	22.398	10.201	25.931	12.902	23.534	13.334
% DE HUMEDAD RELATIVA	70.294	30.907	81.916	39.940	75.123	34.240	88.532	48.140
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	4.045	0.434	3.841	0.631	4.305	0.495	4.121	0.726
Ø CHARCO (m)	15.9	17.3	15.7	17.3	15.2	17.3	15.5	17.2
ROJO (m)	<10	NO EXE	<10	<10	<10	NO EXE	<10	NO EXE
NARANJA (m)	13	19	14	<10	15	20	14	23
AMARILLO (m)	19	28	22	<10	25	31	23	35

Los siguientes datos corresponden a las modelaciones del percloroetileno en fase vapor a 148°C y 2 atm de presión (condiciones mínimas de vaporización)

**Tabla IV.9. PERCLOROETILENO FASE VAPOR  
RUPTURA 20 % DEL AREA TRANSVERSAL DEL TUBO**

CONDICION	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
TEMPERATURA (°C)	22.748	8.764	22.398	10.201	25.931	12.902	23.534	13.334
% DE HUMEDAD RELATIVA	70.294	30.907	81.916	39.940	75.123	34.240	88.532	48.140
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	4.045	0.434	3.841	0.631	4.305	0.495	4.121	0.726
PROP. MAX. QUEM (gr/s)	7.24	7.24	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
CANTIDAD QUEMADA (gr)	434	434	426	426	426	426	426	426
ROJO (m)	11	11	11	11	11	11	11	11
NARANJA (m)	11	11	11	11	11	11	11	11
AMARILLO (m)	12	19	11	12	13	13	15	13

**Tabla IV.10. PERCLOROETILENO FASE VAPOR  
RUPTURA 50 % DEL AREA TRANSVERSAL DEL TUBO**

CONDICION	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
TEMPERATURA (°C)	22.748	8.764	22.398	10.201	25.931	12.902	23.534	13.334
% DE HUMEDAD RELATIVA	70.294	30.907	81.916	39.940	75.123	34.240	88.532	48.140
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	4.045	0.434	3.841	0.631	4.305	0.495	4.121	0.726
PROP. MAX. QUEM (gr/s)	7.24	7.24	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
CANTIDAD QUEMADA (gr)	434	434	426	426	426	426	426	426
ROJO (m)	11	11	11	11	11	11	11	11
NARANJA (m)	11	11	11	11	11	11	11	11
AMARILLO (m)	12	19	11	12	13	13	15	13

**Tabla IV.11. PERCLOROETILENO FASE VAPOR  
RUPTURA TOTAL DEL AREA TRANSVERSAL DEL TUBO**

CONDICION	INVIERNO		OTOÑO		PRIMAVERA		VERANO	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
TEMPERATURA (°C)	22.748	8.764	22.398	10.201	25.931	12.902	23.534	13.334
% DE HUMEDAD RELATIVA	70.294	30.907	81.916	39.940	75.123	34.240	88.532	48.140
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	4.045	0.434	3.841	0.631	4.305	0.495	4.121	0.726
PROP. MAX. QUEM (kg/min)	140	140	140	140	140	140	140	140
CANTIDAD QUEMADA (kg)	8419	8419	8419	8419	8419	8419	8419	8419
ROJO (m)	62	139	63	96	62	96	62	97
NARANJA (m)	176	304	178	217	177	218	177	218
AMARILLO (m)	282	440	284	321	284	322	283	323

Fuente: programa ALOHA

---

---

## Referencias:

34. [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_329.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_329.pdf)
35. [http://www.jmcpri.net/ntp/@datos/ntp\\_329.htm](http://www.jmcpri.net/ntp/@datos/ntp_329.htm)

---

---

## Capítulo 5. Discusión de resultados.

A continuación se desglosa un análisis con base en los resultados presentados en tablas (ver capítulo 4), que se hicieron con base en los resultados brutos (anexo No. 2). Además en la presente discusión se hará mención de los resultados expuestos en el estudio oficial.

### 5.1. Modelos de dispersión.

Se mencionó anteriormente que el modelo usado es el gaussiano, ver cap. 4, ya que permite predecir el comportamiento de gases ligeros, neutros o pesados con respecto al aire, y de acuerdo al programa ALOHA utilizado, se basa en este modelo para hacer sus cálculos y aproximaciones. La modelación del estudio oficial se realizó con el modelo matemático propuesto por el Instituto Americano de Ingenieros Químicos de USA, (AIChE), en el libro Chemical Process Quantitative Risk Analysis (CPQRA) que arrojó como resultado los siguientes valores. (Ver tabla III. 4)

Estos resultados son muy similares con respecto a los valores obtenidos con el programa ALOHA utilizado para este trabajo, como se muestra en las tablas IV.4, IV.5 y IV.6. A diferencia del estudio anterior, con este programa se puede visualizar el comportamiento por medio de una representación gráfica marcando los radios de afectación permitiendo ver las zonas que nos puede afectar. La diferencia la marca la corrida con ruptura al 100% porque las zonas de afectación son mayores y se debe establecer las estrategias correctas.

El programa ALOHA permite realizar análisis para estado líquido y gaseoso del percloroetileno, sin necesidad de hacer evaluaciones por separado, además de que este programa cuenta con un banco de sustancias que facilitan el análisis. Este programa tiene incluidas las utilerías que empleó el programa ARCHIE en su momento, que ahora están incluidas en el programa ALOHA, por tal motivo ya no está vigente ARCHIE, que se utilizó en la modelación del estudio oficial.

### 5.2 Sitios y escenarios de riesgo.

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos de la simulación del derrame de percloroetileno en fase líquida a diferentes condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento a condiciones mínimas y máximas durante todo el año clasificado por estaciones

Para el caso del percloroetileno en fase líquida se propone una ruptura de 2.5 cm de longitud en el fondo del tanque de almacenamiento. Como se puede ver en la tabla IV.8, se genera un charco del líquido de 15.57 metros promedio a condiciones máximas de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento a lo largo del año y de 17.27 metros promedio a condiciones mínimas en cualquier estación del año.

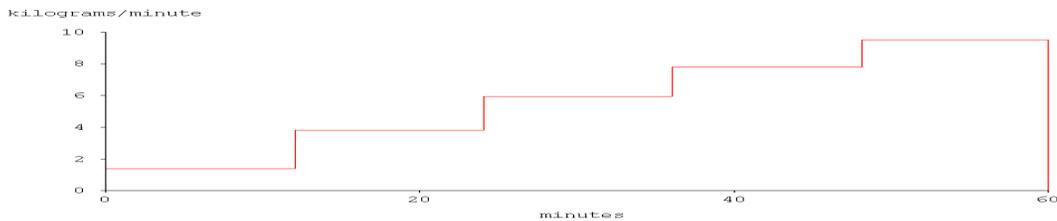
Las zona roja de exposición no excede los 10 m, la zona naranja de exposición va de 13 a 23 metros, para este caso se considera el límite mayor. En la zona amarilla los valores no excedieron los 10 metros de diámetro en otoño a condiciones mínimas, pero en las demás estaciones tienen un radio de afectación entre 28 y 35 metros para condiciones mínimas de temperatura, humedad relativa y velocidad de viento. En condiciones máximas, el radio de afectación esta entre los 19 y 25 metros de radio según la estación del año.

Como podemos ver a condiciones mínimas los radios de afectación son más grandes a comparación de las condiciones máximas.

Según la norma NOM-10-STPS-1994 la máxima permisible es de 200 ppm, por lo que se considera que a un radio de 23 m se tiene riesgo por lo que se utilizar este valor como parámetro de afectación en términos generales para todo el año.

En la siguiente se muestra como gradualmente va aumentando la cantidad de solvente derramado a lo largo de una hora de fuga. Como se puede ver es proporcional a la cantidad con base en el tiempo.

**Gráfica V.1 CANTIDAD DE SOLVENTE DERRAMADO A CONDICIONES MÁXIMAS EN INVIERNO**



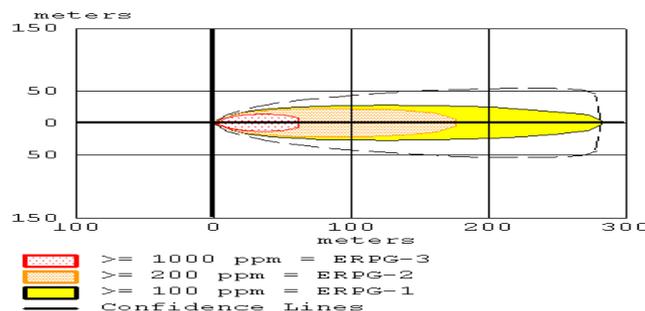
Fuente: programa ALOHA

De igual manera se observa el comportamiento a condiciones mínimas, pero en este caso, a diferencia de las condiciones máximas, la cantidad de material liberado es menor debido a la temperatura del medio. Por tal motivo las gráficas no se analizaran, solo se mostraran en el apéndice.

Con base en las tablas IV.9, IV.10 y IV.11 los radios de exposición de la nube clasificados como zona roja, naranja y amarilla para las condiciones de ruptura de tubería del 20% y 50 % del área transversal de un tubo de 3" que transporta percloroetileno en fase vapor a una presión de 202.839 KPa y una temperatura de 148 °C no presentan cambio alguno, solo cambia la cantidad de solvente liberado, lo cual indica que si la ruptura varía de 20% a 50 %, las medidas de seguridad tomadas deben ser las mismas en ambos casos. Estos radios de afectación van de los 11 a los 19 metros y la materia quemada se encuentra en 7.135 g/s promedio, datos que se pueden considerar como moderados. A diferencia de ello, si la ruptura es total se puede observar que la zona roja va de los 62 a 139 metros del radio de afectación, dependiendo de las condiciones y la estación del año, en cuanto a la zona naranja va de los 176 a 304 metros y en la zona naranja de los 282 a los 440 metros. Se observa gran cambio con respecto a rupturas parciales. De forma general es conveniente considerar la ruptura total ya que en cualquier momento se puede presentar una contingencia como esta y es necesario que se esté preparado para atenderla.

Ahora bien el comportamiento de la nube es muy marcada por las condiciones mínimas y máximas de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

**Figura V.1 NUBE DE VAPOR DE PERCLOROETILENO A CONDICIONES MÁXIMAS EN INVIERNO**

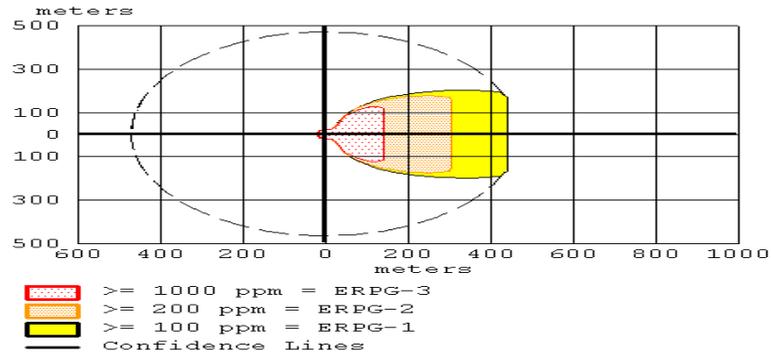


Fuente: programa ALOHA

Para el invierno a condiciones máximas podemos ver que el comportamiento de la nube se alarga como muestra la figura V.1 de acuerdo con los datos establecidos en la tabla V.4. Este comportamiento se debe precisamente a la velocidad del viento y la humedad relativa por lo que de acuerdo a la norma NOM-10-STPS-1994 no se permite estar a menos de 62 metros de distancia del punto de fuga.

Si las condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento son las mínimas, el comportamiento de la nube cambia dramáticamente presentando el siguiente comportamiento:

**Figura V.2** NUBE DE VAPOR DE PERCLOROETILENO A CONDICIONES MÍNIMAS EN INVIERNO



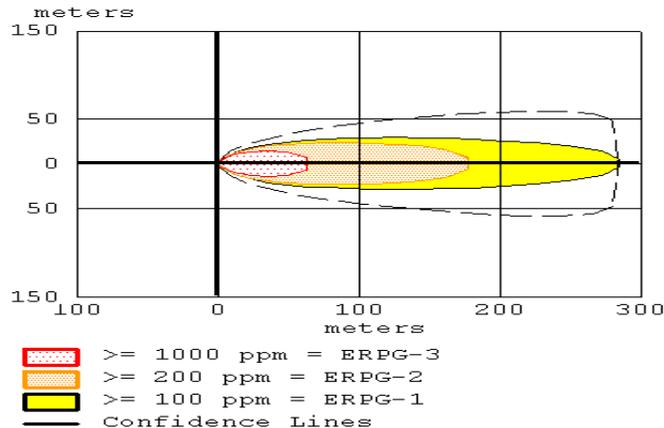
Fuente: programa ALOHA

En este caso la zona roja, letal para el ser humano, la distancia se incrementa a 139 metros debido principalmente a la humedad relativa, ya que el medio no se encuentra tan saturado con el vapor de agua, por lo que el vapor del percloroetileno puede disiparse con mayor facilidad, aunque la velocidad del viento no sea tan marcada, esto permite que el cuerpo de la nube sea más ancha, a más de 100 metros, como lo muestra la figura V.2

De igual manera sucede con las demás estaciones del año a condiciones mínimas y máximas de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, siendo invierno la estación del año que presenta radios de afectación más grandes, y por lo tanto, la que más riesgo representa.

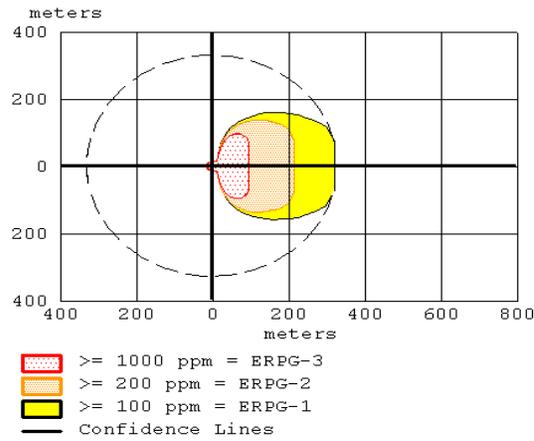
Las siguientes figuras representan la forma de la nube en otoño, primavera y verano.

**Figura V.3.** NUBE DE VAPOR DE PERCLOROETILENO A CONDICIONES MÁXIMAS EN OTOÑO



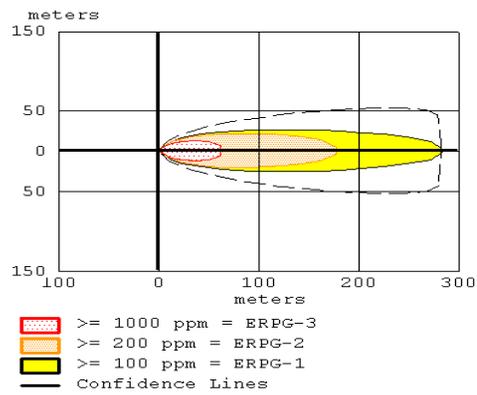
Fuente: programa ALOHA

**Figura V.4** NUBE DE VAPOR DE PERCLOROETILENO A CONDICIONES MÍNIMAS EN OTOÑO



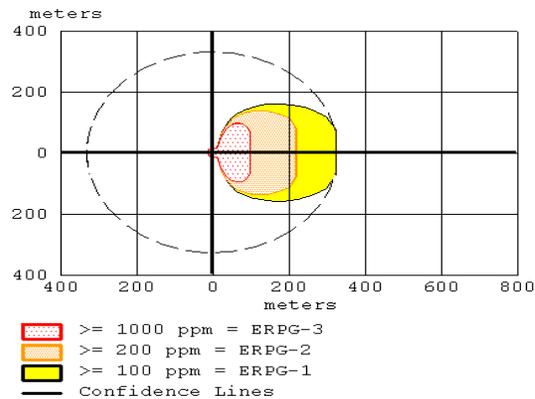
Fuente: programa ALOHA

**Figura V.5** NUBE DE VAPOR DE PERCLOROETILENO A CONDICIONES MÁXIMAS EN PRIMAVERA



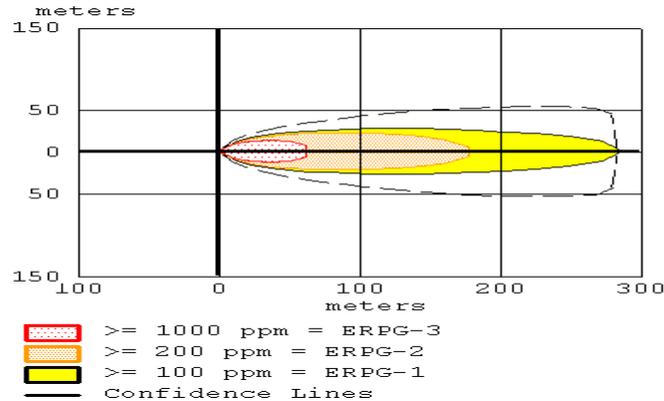
Fuente: programa ALOHA

**Figura V.6** NUBE DE VAPOR DE PERCLOROETILENO A CONDICIONES MÍNIMAS EN PRIMAVERA



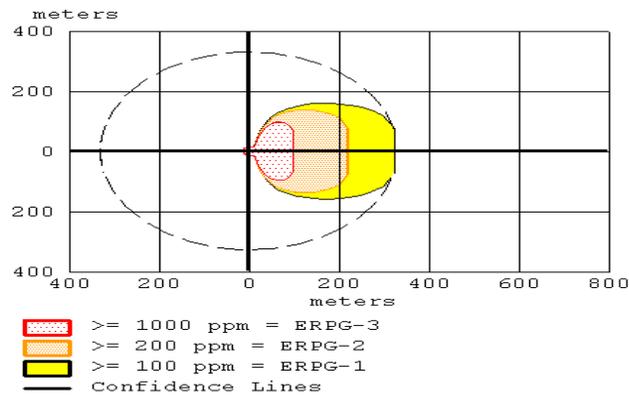
Fuente: programa ALOHA

**Figura V.7** NUBE DE VAPOR DE PERCLOROETILENO A CONDICIONES MÁXIMAS EN VERANO



Fuente: programa ALOHA

**Figura V.8** NUBE DE VAPOR DE PERCLOROETILENO A CONDICIONES MÍNIMAS EN VERANO.



Fuente: programa ALOHA

En el caso de gas natural, se considera el análisis con gas metano por la similitud de su peso molecular el cual no afecta para el propósito de este trabajo debido a que los dos son gases ligeros.

Como se puede ver en las tablas IV.4 y IV.5 para rupturas de 20 y 50 % del área transversal del tubo de 2", las zonas de riesgo roja, naranja y amarilla tienen como resultado radios de afectación menores a 10 metros a cualquier condición máxima o mínima de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, en cualquier estación del año, solo la diferencia es la altura de la llama, para el caso de 20% de ruptura, la altura es de 2 metros y en el caso de 50 % de ruptura, la llama alcanza una altura de 3 metros.

Para el caso de ruptura total del tubo se puede ver que los valores de los radios de afectación cambian, como podemos ver en la zona roja el radio de afectación es de 10 metros en cualquier estación del año en condiciones mínimas y máximas de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. En el caso de la zona naranja se puede ver un radio de afectación de 11 metros y para la zona amarilla presenta un radio de afectación de 13 metros.

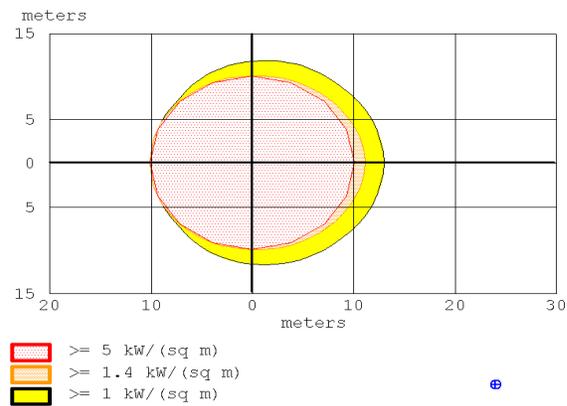
Debido a que el gas natural es más ligero que el aire, permite una difusión que evitará la formación de una nube explosiva fuera de la nave, esto es entre la caseta de regulación y la nave, o sea que

las zonas donde se pueden presentar los eventos identificados, no son espacios confinados, por tanto no se considera el evento de una explosión fuera de la nave por cualquiera de las fugas que se mencionaron.

Se considera como un evento denominado fuego por flama tipo chorro (jet flame), en el cual se determina la distancia hasta la que se presentaría una radiación térmica definida, que se genera por la combustión del gas que se fuga en caso de que en el momento de la fuga se presente un punto de ignición.

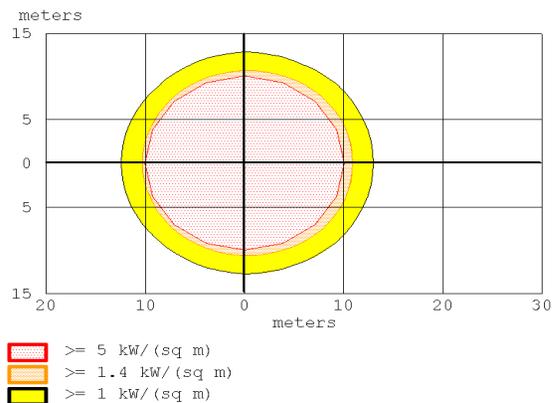
Es importante mencionar que el comportamiento de la radiación se ve afectada por la dirección y velocidad del viento como se puede ver en las siguientes figuras. Se confirma que en todos los casos la zona roja no pasa de los 10 metros de radio.

**Figura V.9** NUBE DE GAS METANO A CONDICIONES MÁXIMAS EN EL INVIERNO



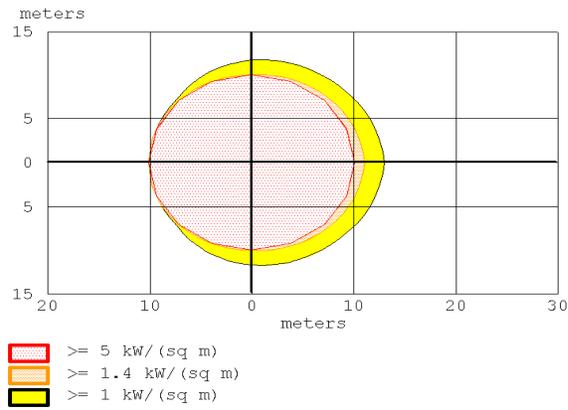
Fuente: programa ALOHA

**Figura V.10** NUBE DE GAS METANO A CONDICIONES MÍNIMAS EN EL INVIERNO



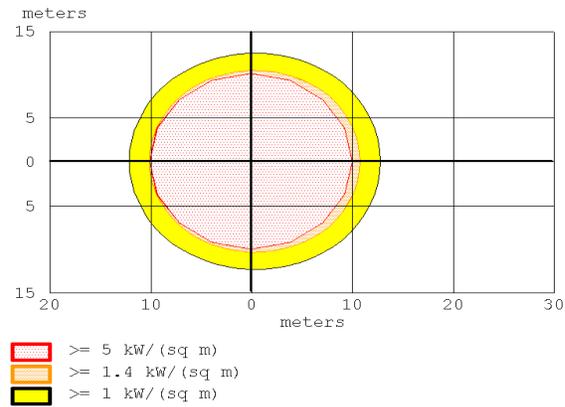
Fuente: programa ALOHA

**Figura V.11** NUBE DE GAS METANO A CONDICIONES MÁXIMAS EN OTOÑO



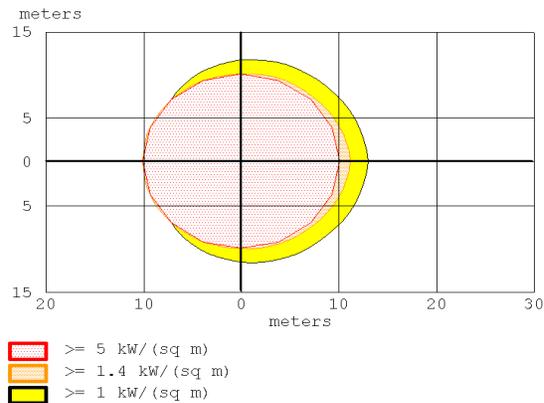
Fuente: programa ALOHA

**Figura V.12** NUBE DE GAS METANO A CONDICIONES MÍNIMAS EN OTOÑO



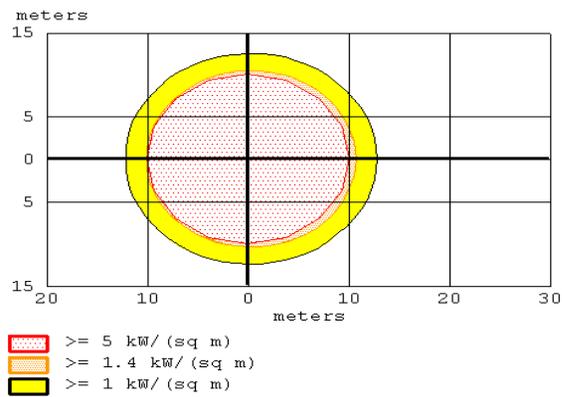
Fuente: programa ALOHA

**Figura V.13** NUBE DE GAS METANO A CONDICIONES MÁXIMAS EN PRIMAVERA



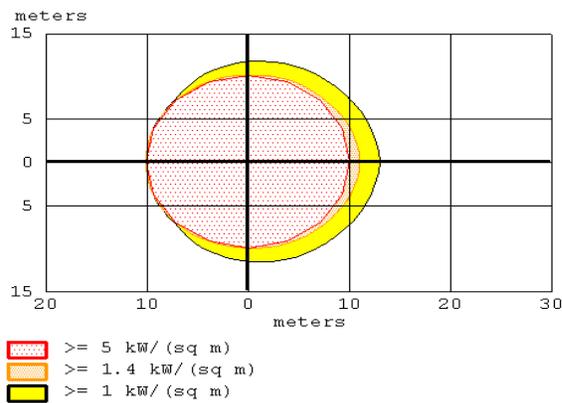
Fuente: programa ALOHA

**Figura V.14** NUBE DE GAS METANO A CONDICIONES MÍNIMAS EN PRIMAVERA



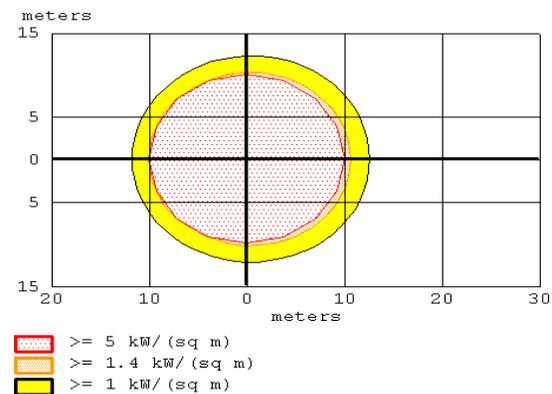
Fuente: programa ALOHA

**Figura V.15** NUBE DE GAS METANO A CONDICIONES MÁXIMAS EN VERANO



Fuente: programa ALOHA

**Figura V.16** NUBE DE GAS METANO A CONDICIONES MÍNIMAS EN VERANO



Fuente: programa ALOHA

---

---

Las figuras anteriores corresponden a la ruptura total de la tubería, ya que de alguna manera representa mayor riesgo, pero como ya se comentó arriba, el gas metano es más ligero que el aire y no permite la formación de una nube explosiva.

En el estudio de riesgo hecho en el año de 2002 (Estudio de riesgo para un proceso Decontaksolv) se mencionan las siguientes condiciones, que a la letra dice “Los eventos identificados en la operación del “Proceso Decontaksolv”, se presentan en las tuberías, las uniones entre ellas, válvulas y accesorios, siendo el resultado una emisión de vapores de percloroetileno dentro de la nave, llegando a valores del IDLH de 500 ppm en un tiempo de 4.5 minutos:

*Para este caso de estudio se consideró la fuga de disolvente en fase vapor, a través de un orificio equivalente al 20% del diámetro de la tubería de 3”, durante la alimentación al autoclave.*

*En el cálculo de la fuga de percloroetileno en fase gaseosa, para todos los eventos, se consideran como casos de estudio, las fugas a través de orificios equivalentes al 20 % del diámetro de la tubería, de acuerdo con las recomendaciones establecidas por el AICHE y el Banco Mundial. Cabe mencionar que no se consideró una ruptura total de la tubería, debido a la propia instalación de los equipos dentro de las plataformas de trailers y a que dentro de la nave no existe riesgo de golpes a las tuberías de interconexión de los mismos equipos”. Sin embargo las condiciones en que se modelaron los escenarios de riesgo para el presente trabajo son:*

1. Fuga de percloroetileno en fase líquida con una ruptura de 2.5 cm de diámetro en el fondo del tanque de almacenamiento a diferentes condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento a diferentes estaciones del año, como se puede apreciar en los resultados presentados en el anexo No. 2, p. 100.
2. Fuga de percloroetileno en fase vapor con una ruptura de tubo del 20%, 50% y 100% del diámetro total del tubo a diferentes condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento a diferentes estaciones del año, como se puede apreciar en los resultados presentados en el anexo No. 2, p. 100.
3. Fuga de gas natural con una ruptura de tubo del 20%, 50% y 100% del diámetro total del tubo a diferentes condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento a diferentes estaciones del año, como se puede apreciar en los resultados presentados en el anexo No. 2, p. 100.

Los anteriores escenarios de riesgo que se presentan, son con base en suposiciones arbitrarias de tal manera que se pueda tener un rango que permita establecer relaciones y resultados con el paquete de modelación ALOHA.

Cabe recordar que el paquete que se usó en las modelaciones es una fusión entre ALOHA y ARCHIE.

---

---

## Capítulo 6. Aportaciones.

A pesar de que durante el derrame del percloroetileno puede alcanzar las 100 ppm en un charco de 35 metros, no sobrepasa las 200 ppm permisibles, ver sección 5.2.

Es recomendable extremar precauciones como evitar fumar, no respirar los vapores, contar con un sistema de extracción, el uso de protección respiratoria (para ello se propone el uso de purificadores de aire con filtros contra micropartículas usado para vapores o utilizar cartuchos para protección contra disolventes, estos purificadores son máscaras de goma o máscaras de un material parecido a la goma (hule), se puede cubrir toda la cara o parte de la misma), para la protección de manos se puede utilizar guantes de tipo alcohol polivinílico o goma de nitrilo, así como cremas que permitan la protección pero estas no se deben utilizar después que se ha tenido la exposición, protección ocular por medio de gafas diseñadas para proteger contra salpicaduras de líquidos así como contar con lavaojos instalado en las proximidades del almacenamiento de dicha sustancia, el personal debe llevar ropa antiestática de fibra natural o de fibras resistentes a altas temperaturas. Debe lavarse todas las partes del cuerpo que hayan estado en contacto con el solvente.

Para evitar contaminación del agua de los drenajes de la planta con percloroetileno se recomienda cercar el área de la base del recipiente, así como evitar que el solvente caiga al suelo para evitar que penetre al subsuelo.

Es indispensable que la empresa cuente con teléfono y dirección de los bomberos de la zona, así como teléfonos de las instancias federales para una mejor respuesta en caso de siniestro.

Además de lo anterior, se exponen a continuación otras sugerencias que son importantes considerar.

1. Completar los procedimientos estándar de trabajo ya establecido en el estudio de riesgo original, para reforzar las operaciones de respuesta en caso de riesgos potenciales que causarían siniestros. Para ello es importante indicar las estrategias óptimas que permitan dar atención inmediata. Estas serán extraídas de las hojas de seguridad de las sustancias y la norma 018 de las STPS.
2. Verificar continuamente el mantenimiento y medidores de cada uno de los equipos en una bitácora o con hojas de control del proceso, en las cuales se agregará la fecha de corrección e instrucciones que sean necesarias para mejorar el funcionamiento de dichos equipos.
3. Se deberá mostrar en forma de cartel la posición de las válvulas en el equipo, así como una bitácora de revisión de ellas antes de arrancar la operación de los distintos sistemas.
4. Registrar las condiciones de las variables de operación del proceso de manera constante.
5. Garantizar la capacitación y/o actualización del personal sobre la operación y posibles consecuencias por la operación incorrecta de las partes que componen el proceso como son: sensores, medidores, válvulas, etcétera.
6. Reelaborar los reglamentos que restringen el acceso y uso a toda persona no autorizada, esto con base en las sugerencias dadas por la norma 704 de NFPA, y la hoja de seguridad del percloroetileno y el gas natural ver anexo 4.
7. Establecer como compromiso del departamento de mantenimiento que garantice la limpieza de las tuberías que componen el proceso, además de que garantice que el color de ellas corresponda con las especificaciones de la norma 026 de STPS. Es importante que también exista una placa con el código de colores para reconocer el flujo que circula.

- 
- 
8. Verificar que el rango con el que trabaja la alarma por alta presión este interconectada con una válvula de desfogue y que esta sea reconocida ampliamente por los operadores supervisores y personal de atención a siniestros, así como las estrategias para dar respuesta inmediata
  9. Incluir en las obligaciones del departamento de supervisión de turno y jefes de turno el monitoreo constante del soplador, para garantizar que las condiciones de diseño sean consideradas a pesar del uso constante del equipo con lo que se espera un mejor rendimiento, cuidado y seguridad del proceso. Y en caso de modificación de cualquier variable dar aviso al departamento de mantenimiento y levantar un acta señalando las características del evento.
  10. Monitorear las condiciones de presión de todos los contenedores con base en los datos de diseño para identificar una posible fuga.
  11. Señalar junto a los medidores de temperatura de los contenedores que resguardan sustancia peligrosas el punto de ignición de cada una de ellas para que durante el monitoreo se recuerde dicho dato y en caso de requerirse se haga la debida notificación para corregir y prevenir.
  14. El jefe de supervisores de turno deberá estar capacitado de forma clara y precisa para dar respuesta en caso de supervisiones de las diferentes instancias que regulan la planta (SEMARNAT, Municipio, PROFEPA, etcétera). Dicho individuo deberá tener un amplio conocimiento del proceso de la normatividad así como de los procedimientos que llevan a cabo dichas dependencias.
  15. Se deberá instruir a todos los integrantes de la planta sobre el radio de afectación en caso de fuga para que se evacue tomando en cuenta las distancias necesarias, ver tabla IV.8, p. 88; así como que se deberá comunicar explícitamente sobre las consecuencias del contacto con las sustancias, ver hoja de seguridad de las sustancias, anexo No. 4, p.165.
  16. Para mejores resultados del punto 15, se deberá señalar los lugares que son de riesgo y los que se encuentran fuera del radio de afectación.

---

---

## Capítulo 7. Conclusiones.

1. Se realiza la actualización debido modificaciones en las instalaciones, al crecimiento de la población y la industrial que ha incrementado la posibilidad de tener siniestros que ponen en riesgo la integridad de los habitantes, el medio ambiente y pérdidas económicas. Por tal motivo la industria de alto riesgo debe contar con nuevos procedimientos, recomendaciones y medidas preventivas, establecidos en el Estudio de Riesgo Ambiental.
2. A fin de mantener actualizadas las medidas de seguridad establecidas en la industria por medio del Estudio de Riesgo, se realiza una actualización tomando como punto de partida diferentes circunstancias de fuga de las sustancias peligrosas utilizadas en esta tesis (percloroetileno y gas natural) de acuerdo a la tabla III.1, y las tablas IV.4, IV.5, IV.6, IV.8, IV.9, IV.10, IV.11.
3. En la presente tesis se usó el programa de modelación ALOHA, a diferencia del anterior estudio de riesgo que uso un modelo matemático propuesto por el Instituto Americano de Ingenieros Químicos de USA, (ARCHIE), del libro Chemical Process Quantitative Risk Analysis (CPQRA), La nueva modelación se realizó con el programa ALOHA que incluyo las aplicaciones del programa ARCHIE como se describe en la sección 5.1. Sin embargo no es suficiente evidencia para justificar las diferencias de los datos obtenidos en los dos estudios de riesgo, sino por el incremento del 50% en el almacenamiento y consumo de los servicios en la planta, así como los cambios en las condiciones atmosféricas debido al cambio climático y rupturas de tubería adicionales como se puede ver en las tablas IV.4, IV.5, IV.6, IV.8, IV.9, IV.10, IV.11.
4. Es importante señalar que a pesar de existir fuga no abra contaminación de agua potable, pero de drenaje si por que pueden existir coladeras o registros que descargue al drenaje (solo para el caso del percloroetileno en fase líquida)
5. La afectación del percloroetileno en fase líquida tiene un radio del charco de 15.57 metros, con un riesgo alto de 1000 ppm de concentración a menos de 10 metros de diámetro y hasta un diámetro de 35 metros con 100 ppm de riesgo. Dichos datos no se consideran en el estudio de riesgo anterior, solo se enfoca en radios determinados en fase vapor. No representan un riesgo fuera de la planta, pero para la comunidad que se encuentra laborando dentro, representa un riesgo considerable.
6. La fuga no solo se puede presentar en la ruptura del tubo, sino también en las uniones, válvulas y accesorios.
7. Para el caso del gas natural los radios térmicos de afectación difieren de los del estudio anterior, ya que se obtuvieron radios de 4 a 7 metros para una ruptura de 20 %, y para el caso de una ruptura total es del 20 a 38 metros los radios térmicos de afectación.
8. Es importante señalar que debido a todo lo anterior, es necesario que la planta refuerce todas sus medidas de seguridad, así como planes y procedimientos de emergencia para corregir o dar respuesta en caso de siniestro. Para ello se desglosa a continuación una serie de recomendaciones para poder realizarlas.



---

---

**Anexo No. 2 DATOS QUE APORTA EL PAQUETE COMERCIAL ALOHA**

**INVIERNO A CONDICIONES MÁXIMAS CON RUPTURA DE TUBO DEL 20 %  
GAS NATURAL**

**Datos atmosféricos: entrada manual de los datos**

Viento: 4.04 metros/segundos de WSW a 3 metros

Temperatura de aire: 22.74° C

Clase de estabilidad: D

Humedad relativa: 70 %

**Fortaleza de fuente:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo

Diámetro de tubo: 2 pulgadas

Longitud: 200 metros

Aspereza de tubo: áspera

Área del agujero: 0.628 pulgadas cuadradas

Presión en la tubería: 519494 pascales

Temperatura en la tubería: 22.74° C

Longitud de llama máxima: 2 metros

Duración de la quema: 1 minuto

Proporción de quemadura máxima: 306 gr/s

La cantidad total quemada: 1.17kilogramos

**Zona de amenaza:**

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego

Color rojo: menor que 10 metros (5 KW/m<sup>2</sup>) quemaduras de 2do grado en 60 s.

Naranja: menor que 10 metros (1.4 KW/m<sup>2</sup>)

Amarillo: menor que 10 metros (1 KW/m<sup>2</sup>)

---

---

## INVIERNO A CONDICIONES MÍNIMAS CON RUPTURA DE TUBO DEL 20 % GAS NATURAL

### Datos atmosféricos: entrada manual de los datos

Viento: 0.46 metros/segundos de WSW a 3 metros

Temperatura de aire: 8.76° C

Clase de estabilidad: F

Humedad relativa: 31%

### Fortaleza de fuente:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo

Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros

Aspereza de tubo: áspera

Área del agujero: 0.628 pulgadas cuadradas

Presión en la tubería: 519494 pascales

Temperatura en la tubería: 8.76° C

Longitud de llama máxima: 2 metros

Duración de la quema: 1 minuto

Proporción de quemadura máxima: 314 gr/s

La cantidad total quemada: 1.23 kilogramos

### Zona de amenaza:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego

Color rojo: menor que 10 metros (5 KW/m<sup>2</sup>) quemaduras de 2do grado en 60 s.

Naranja: menor que 10 metros (1.4 KW/m<sup>2</sup>)

Amarillo: menor que 10 metros (1 KW/m<sup>2</sup>)

---

---

**OTOÑO A CONDICIONES MAXIMAS CON RUPTURA DE TUBO DEL 20 %  
GAS NATURAL**

**Datos atmosféricos: entrada manual de los datos**

Viento: 3.84 metros/segundos de WSW a 3 metros

Temperatura de aire: 22.39° C

Clase de estabilidad: D

Humedad relativa: 82%

**Fortaleza de fuente:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo

Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros

Aspereza de tubo: áspera

Área del agujero: 0.628 pulgadas cuadradas

Presión en la tubería: 519494 pascales

Temperatura en la tubería: 22.39° C

Longitud de llama máxima: 2 metros

Duración de la quema: 1 minuto

Proporción de quemadura máxima: 306 grams/sec

La cantidad total quemada: 1.17 kilogramos

**Zona de amenaza:**

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego

Color rojo: menor que 10 metros (5 KW/m<sup>2</sup>) quemaduras de 2do grado en 60 s.

Naranja: menor que 10 metros (1.4 KW/m<sup>2</sup>)

Amarillo: menor que 10 metros (1 KW/m<sup>2</sup>)

---

---

## OTOÑO A CONDICIONES MINIMAS CON RUPTURA DE TUBO DEL 20 % GAS NATURAL

### Datos atmosféricos: entrada manual de los datos

Viento: 0.63 metros/segundos de WSW a 3 metros

Temperatura de aire: 10.2° C

Clase de estabilidad: F

Humedad relativa: 40%

### Fortaleza de fuente:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo

Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros

Aspereza de tubo: áspera

Área del agujero: 0.628 pulgadas cuadradas

Presión en la tubería: 519494 pascales

Temperatura en la tubería: 10.2° C

Longitud de llama máxima: 2 metros

Duración de la quema: 1 minuto

Proporción de quemadura máxima: 313 gr/s

La cantidad total quemada: 1.22 kilogramos

### Zona de amenaza:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego

Color rojo: menor que 10 metros (5 KW/m<sup>2</sup>) quemaduras de 2do grado en 60 s.

Naranja: menor que 10 metros (1.4 KW/m<sup>2</sup>)

Amarillo: menor que 10 metros (1 KW/m<sup>2</sup>)

---

---

## PRIMAVERA A CONDICIONES MAXIMAS CON RUPTURA DE TUBO DEL 20 % GAS NATURAL

### Datos atmosféricos: entrada manual de los datos

Viento: 4.3 metros/segundos de WSW a 3 metros

Temperatura de aire: 25.9° C

Clase de estabilidad: D

Humedad relativa: 75%

### Fortaleza de fuente:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo

Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros

Aspereza de tubo: áspera

Área del agujero: 0.628 pulgadas cuadradas

Presión en la tubería: 519494 pascales

Temperatura en la tubería: 25.9° C

Longitud de llama máxima: 2 metros

Duración de la quema: 1 minuto

Proporción de quemadura máxima: 304 grams/sec

La cantidad total quemada: 1.16 kilogramos

### Zona de amenaza:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego

Color rojo: menor que 10 metros (5 KW/m<sup>2</sup>) quemaduras de 2do grado en 60 s.

Naranja: menor que 10 metros (1.4 KW/m<sup>2</sup>)

Amarillo: menor que 10 metros (1 KW/m<sup>2</sup>)

---

---

## PRIMAVERA A CONDICIONES MÍNIMAS CON RUPTURA DE TUBO DEL 20 % GAS NATURAL

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

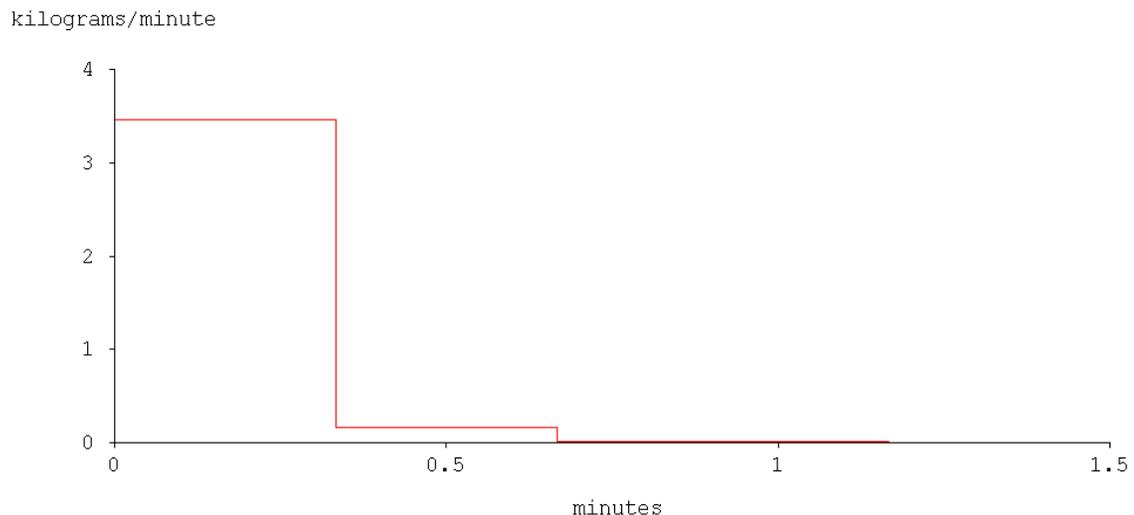
Viento: 0.49 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 12.9° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 34%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 0.628 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 12.9° C  
Longitud de llama máxima: 2 metros Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 311 grams/sec  
La cantidad total quemada: 1.21 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: menor que 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>) 2nd degree burns within 60 sec  
Naranja: menor que 10 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: menor que 10 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M VERANO MAXIMO ORIFICIO 20 % GAS NATURAL

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 4.12 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 23.53° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 88%

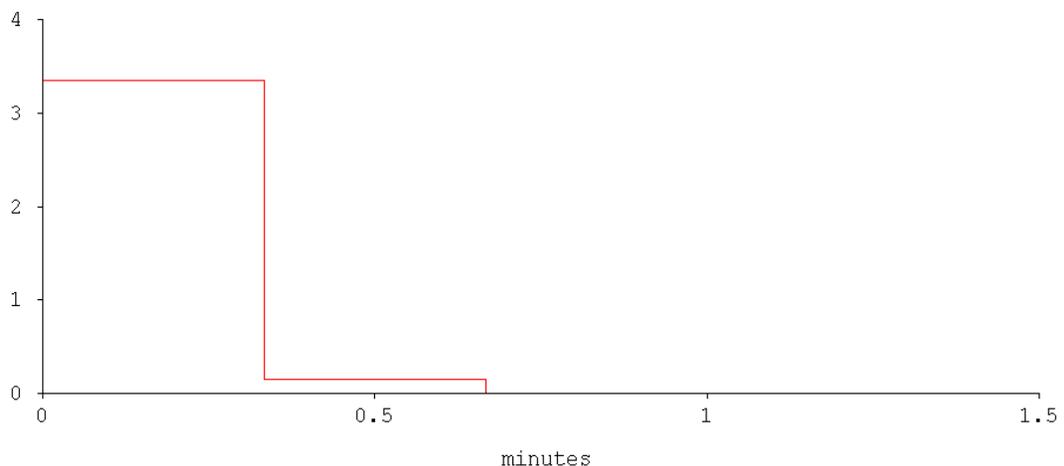
### FORTALEZA DE FUENTE:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 0.628 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 23.53° C  
Longitud de llama máxima: 2 metros Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 305 grams/sec  
La cantidad total quemada: 1.17 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: menor que 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>) 2nd degree burns within 60 sec  
Naranja: menor que 10 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: menor que 10 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)

kilograms/minute



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M VERANO MINIMO ORIFICIO 20 % GAS NATURAL

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 0.72 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 13.33° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 48%

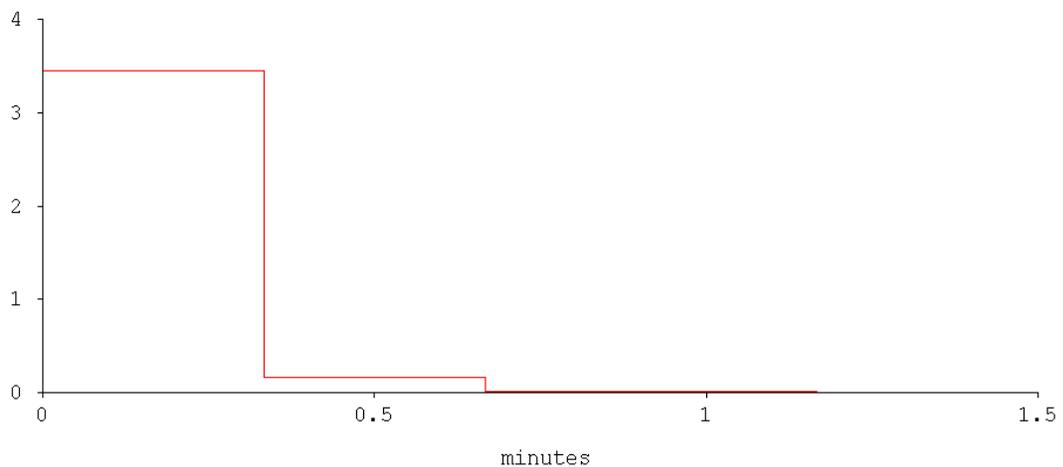
### FORTALEZA DE FUENTE:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 0.628 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 13.33° C  
Longitud de llama máxima: 2 metros Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 311 grams/sec  
La cantidad total quemada: 1.21 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: menor que 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>) 2nd degree burns within 60 sec  
Naranja: menor que 10 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: menor que 10 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)

kilograms/minute



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M INVIERNO MAXIMO ORIFICIO 50 % GAS NATURAL

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 4.04 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 22.74° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 70 %

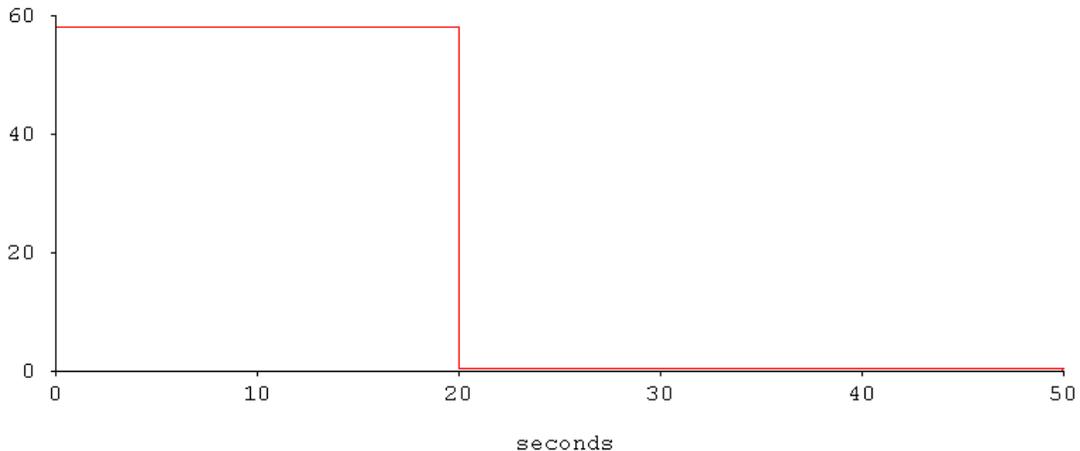
### FORTALEZA DE FUENTE:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.57 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 22.74° C  
Longitud de llama máxima: 3 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 764 grams/sec  
La cantidad total quemada: 1.17kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: menor que 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: menor que 10 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: menor que 10 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)

grams/second



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M INVIERNO MINIMO ORIFICIO 50 % GAS NATURAL

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

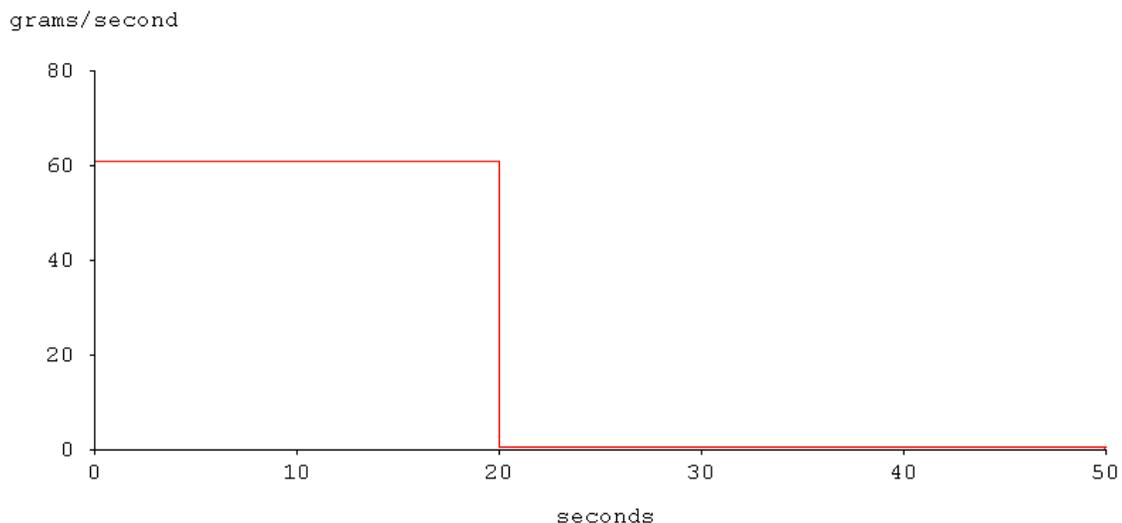
Viento: 0.46 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 8.76° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 31%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.57 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 8.76° C  
Longitud de llama máxima: 3 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 784 grams/sec  
La cantidad total quemada: 1.23 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: menor que 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: menor que 10 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: menor que 10 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M OTOÑO MAXIMO ORIFICIO 50 % GAS NATURAL

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

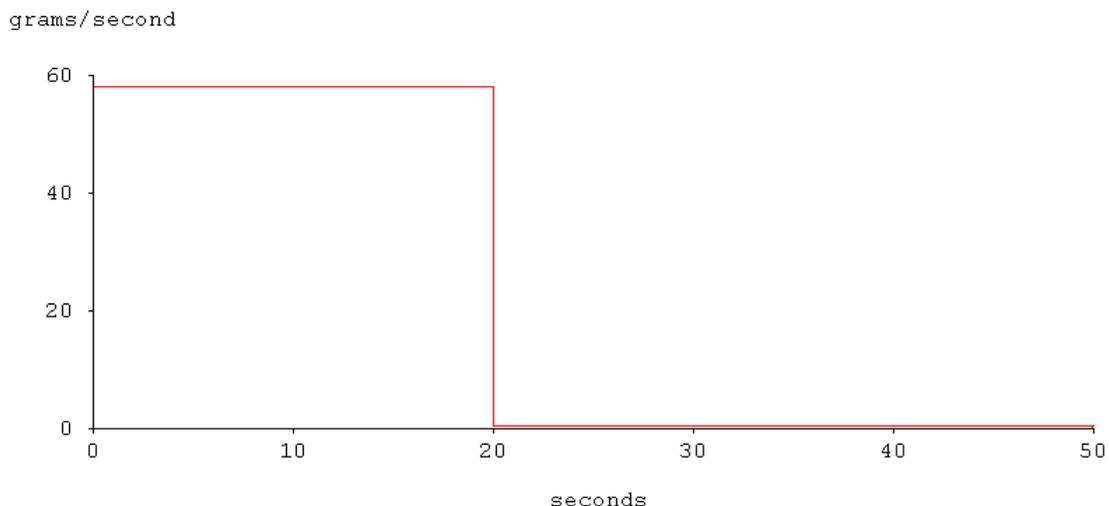
Viento: 3.84 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 22.39° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 82%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.57 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 22.39° C  
Longitud de llama máxima: 3 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 765 grams/sec  
La cantidad total quemada: 1.17 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: menor que 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: menor que 10 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: menor que 10 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M OTOÑO MINIMO ORIFICIO 50 % GAS NATURAL

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

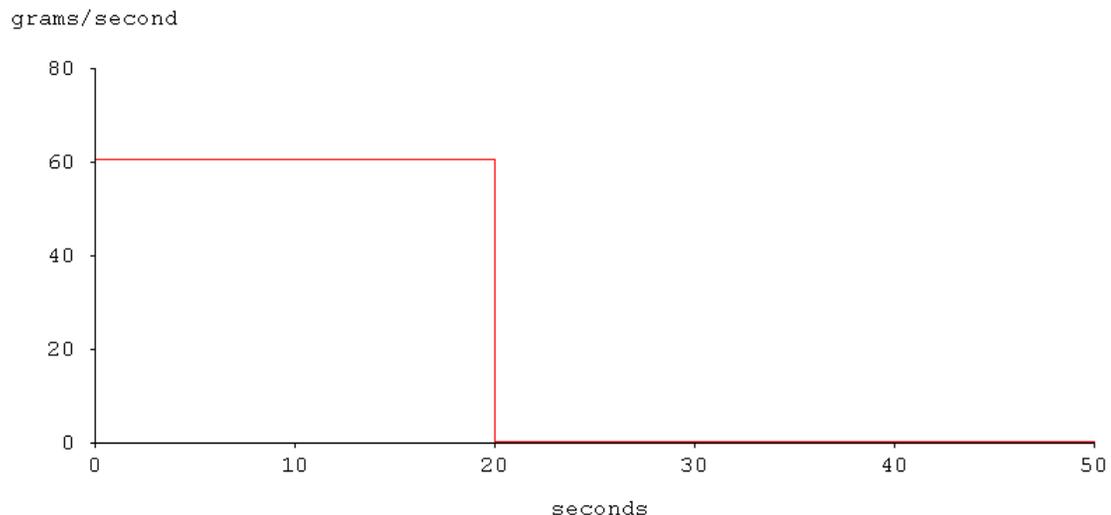
Viento: 0.63 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 10.2° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 40%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.57 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 10.2° C  
Longitud de llama máxima: 3 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 782 grams/sec  
La cantidad total quemada: 1.22 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: menor que 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: menor que 10 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: menor que 10 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M PRIMAVERA MAXIMO ORIFICIO 50 % GAS NATURAL

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 4.3 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 25.9° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 75%

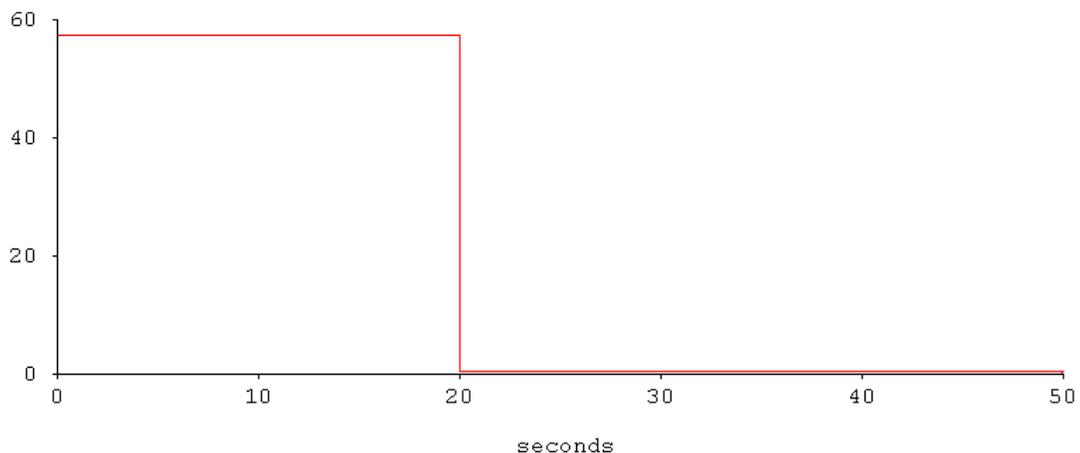
### FORTALEZA DE FUENTE:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.57 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 25.9° C  
Longitud de llama máxima: 3 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 760 grams/sec  
La cantidad total quemada: 1.16 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: menor que 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: menor que 10 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: menor que 10 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)

grams/second



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M PRIMAVERA MINIMO ORIFICIO 50 % GAS NATURAL

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 0.49 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 12.9° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 34%

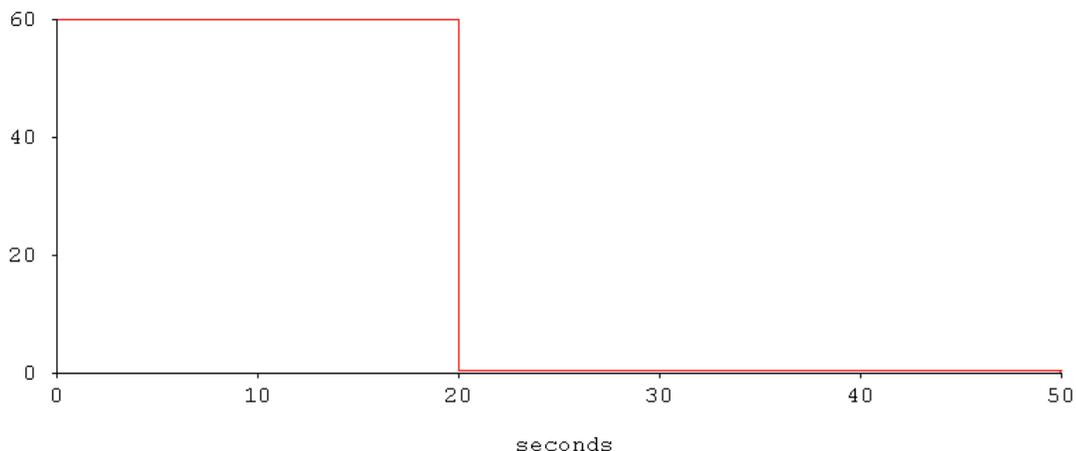
### FORTALEZA DE FUENTE:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.57 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 12.9° C  
Longitud de llama máxima: 3 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 778 grams/sec  
La cantidad total quemada: 1.21 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: menor que 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: menor que 10 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: menor que 10 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)

grams/second



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M VERANO MAXIMO ORIFICIO 50 % GAS NATURAL

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

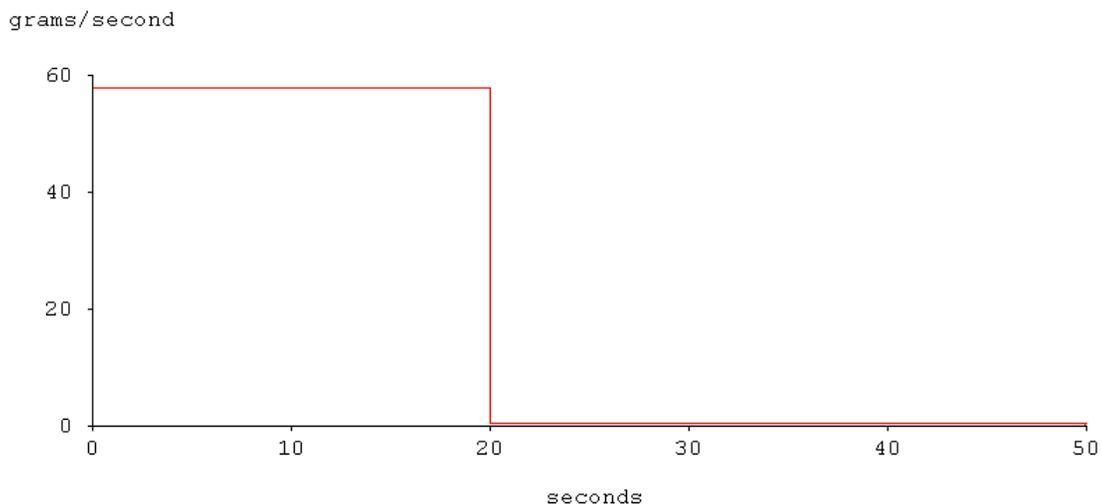
Viento: 4.12 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 23.53° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 88%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.57 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 23.53° C  
Longitud de llama máxima: 3 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 763 grams/sec  
La cantidad total quemada: 1.17 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: menor que 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: menor que 10 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: menor que 10 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M VERANO MINIMO ORIFICIO 50 % GAS NATURAL

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 0.72 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 13.33° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 48%

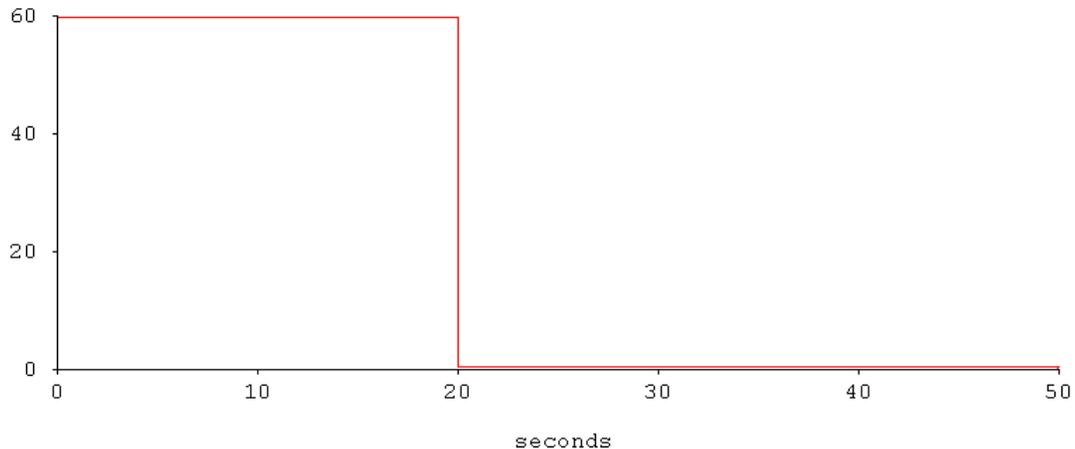
### FORTALEZA DE FUENTE:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.57 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 13.33° C  
Longitud de llama máxima: 3 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 777 grams/sec  
La cantidad total quemada: 1.21 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: menor que 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: menor que 10 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: menor que 10 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)

grams/second



---

---

## CORRIDA PERCLOROETILENO CHARCO FONDO INVIERNO MAXIMO

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO

Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)

Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: PERCLOROETILENO

Peso molecular de metano: 135.83g/mol

ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm

IDLH: 150 ppm Punto de ebullición: 111.6° C

La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.022 atm.

Concentración de saturación ambiente: 28,394 ppm or 2.84%

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 4.04 metros/segundos de WSW a 3 metros

Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo

Temperatura de aire: 22.74° C Clase de estabilidad: D

Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 70 %

### FORTALEZA DE FUENTE:

El escape del agujero en tanque cilíndrico vertical

El químico no inflamable está escapando de tanque

Diámetro de tanque: 3.13 metros longitud: 2.54metros

Volumen de tanque: 19.5 metros cúbicos

El tanque contiene temperatura interna líquida: 22.74° C

Masa química en el tanque: 24329 kilogramos

El tanque tiene 77 % enteramente

Diámetro de apertura circular: 2.5centímetros

La apertura es 0 metros de fondo de tanque

Tipo a ras de tierra: Suelo implícito

Temperatura a ras de tierra: igual a ambiente

Diámetro de charco máximo: Incógnita

Duración de liberación: Limite de duración para ALOHA 1 hora

Promedio máximo de liberación: 9.46kilograms/min (promediado sobre un minuto o más )

La cantidad total en circulación: 340 kilogramos

Nota: El químico escapado es un líquido y formó un charco de evaporación.

El charco se extiende a un diámetro de 15.9 metros.

### ZONA DE AMENAZA:

Corrida ejemplar: Gaussiano

Color rojo: menos de 10 metros (10.9 yardas) --- ( 1000 ppm = ERPG-3 )

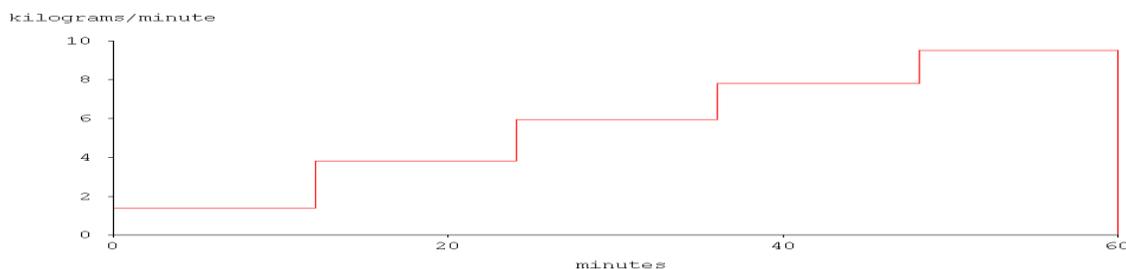
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.

Naranja: 13 metros --- ( 200 ppm = ERPG-2 )

Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.

Amarillo: 19 metros --- ( 100 ppm = ERPG-1 )

Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

## CORRIDA PERCLOROETILENO CHARCO ALTURA CERO INVIERNO MINIMO

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 111.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.0097 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 12,800 ppm or 1.28%

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 0.46 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 8.76° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 31%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El escape del agujero en tanque cilíndrico vertical  
El químico no inflamable está escapando de tanque  
Diámetro de tanque: 3.13 metros longitud: 2.54metros  
Volumen de tanque: 19.5 metros cúbicos  
El tanque contiene temperatura interna líquida: 8.76° C  
Masa química en el tanque: 24329 kilogramos  
El tanque tiene 76 % enteramente  
Diámetro de apertura circular: 2.5centímetros  
La apertura es 0 metros de fondo de tanque  
Tipo a ras de tierra: Suelo implícito  
Temperatura a ras de tierra: igual a ambiente  
Diámetro de charco máximo: Incógnita  
Duración de liberación: Limite de duración para ALOHA 1 hora  
Promedio máximo de liberación: 833 grams/min  
( promediado sobre un minuto o más )  
La cantidad total en circulación: 28.5 kilograms  
Nota: El químico escapado es un líquido y formó un charco de evaporación.  
El charco se extiende a un diámetro de 17.3 metros.

### ZONA DE AMENAZA:

Corrida ejemplar: Gaussiano  
Color rojo: LOC was never exceeded --- ( 1000 ppm = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 19 metros --- ( 200 ppm = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 28 metros --- ( 100 ppm = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

## CORRIDA PERCLOROETILENO CHARCO ALTURA CERO OTOÑO MAXIMO

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.021 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 27,050 ppm or 2.71%

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

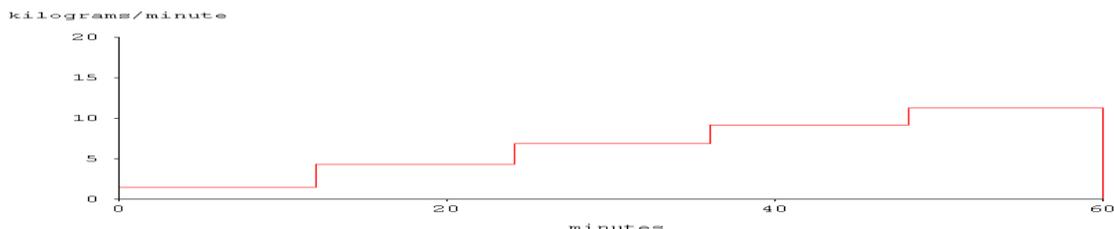
Viento: 3.84 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 22.39° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 82%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El escape del agujero en tanque cilíndrico vertical  
El químico no inflamable está escapando de tanque  
Diámetro de tanque: 3.13 metros longitud: 2.54metros  
Volumen de tanque: 19.5 metros cúbicos  
El tanque contiene temperatura interna líquida: 22.39° C  
Masa química en el tanque: 24329 kilogramos  
El tanque tiene 77 % enteramente  
Diámetro de apertura circular: 2.5centímetros  
La apertura es 0 metros de fondo de tanque  
Tipo a ras de tierra: Suelo implícito  
Temperatura a ras de tierra: igual a ambiente  
Diámetro de charco máximo: Incógnita  
Duración de liberación: Limite de duración para ALOHA 1 hora  
Promedio máximo de liberación: 11.2 kilograms/min ( promediado sobre un minuto o más )  
La cantidad total en circulación: 394 kilograms  
Nota: El químico escapado es un líquido y formó un charco de evaporación.  
El charco se extiende a un diámetro de 15.7 metros.

### ZONA DE AMENAZA:

Corrida ejemplar: Gaussiano  
Color rojo: menos de 10 metros (10.9 yardas) --- ( 1000 ppm = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 14 metros --- ( 200 ppm = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 22 metros --- ( 100 ppm = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

## CORRIDA PERCLOROETILENO CHARCO ALTURA CERO OTOÑO MINIMO

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.011 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 13,537 ppm or 1.35%

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

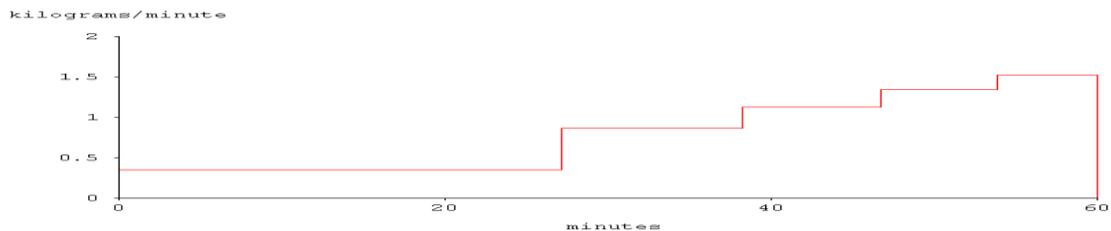
Viento: 0.63 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 10.2° C Clase de estabilidad: B  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 40%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El escape del agujero en tanque cilíndrico vertical  
El químico no inflamable está escapando de tanque  
Diámetro de tanque: 3.13 metros longitud: 2.54metros  
Volumen de tanque: 19.5 metros cúbicos  
El tanque contiene temperatura interna líquida: 10.2° C  
Masa química en el tanque: 24329 kilogramos  
El tanque tiene 76 % enteramente  
Diámetro de apertura circular: 2.5centímetros  
La apertura es 0 metros de fondo de tanque  
Tipo a ras de tierra: Suelo implícito  
Temperatura a ras de tierra: igual a ambiente  
Diámetro de charco máximo: Incógnita  
Duración de liberación: Limite de duración para ALOHA 1 hora  
Promedio máximo de liberación: 1.52 kilograms/min ( promediado sobre un minuto o más )  
La cantidad total en circulación: 47.6 kilograms  
Nota: El químico escapado es un líquido y formó un charco de evaporación.  
El charco se extiende a un diámetro de 17.3 meters.

### ZONA DE AMENAZA:

Corrida ejemplar: Gaussiano  
Color rojo: menos de 10 metros (10.9 yardas) --- ( 1000 ppm = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: menos de 10 metros --- ( 200 ppm = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: menos de 10 metros --- ( 100 ppm = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

## CORRIDA PERCLOROETILENO CHARCO ALTURA CERO PRIMAVERA MAXIMO

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.026 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 32,607 ppm or 3.26%

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

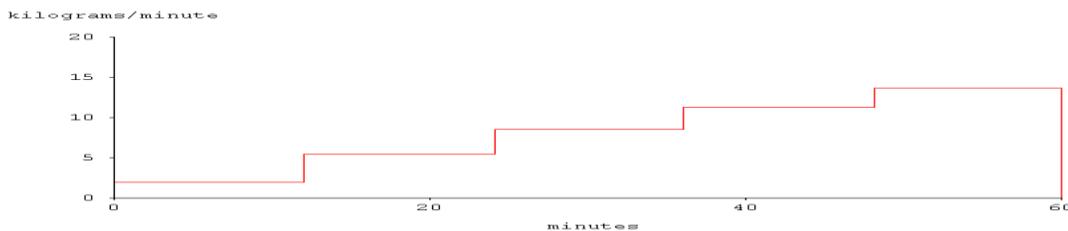
Viento: 4.3 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 25.9° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 75%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El escape del agujero en tanque cilíndrico vertical  
El químico no inflamable está escapando de tanque  
Diámetro de tanque: 3.13 metros longitud: 2.54metros  
Volumen de tanque: 19.5 metros cúbicos  
El tanque contiene temperatura interna líquida: 25.9° C  
Masa química en el tanque: 24329 kilogramos  
El tanque tiene 77 % enteramente  
Diámetro de apertura circular: 2.5centímetros  
La apertura es 0 metros de fondo de tanque  
Tipo a ras de tierra: Suelo implícito  
Temperatura a ras de tierra: igual a ambiente  
Diámetro de charco máximo: Incógnita  
Duración de liberación: Limite de duración para ALOHA 1 hora  
Promedio máximo de liberación: 13.7 kilograms/min ( promediado sobre un minuto o más )  
La cantidad total en circulación: 489 kilograms  
Nota: El químico escapado es un líquido y formó un charco de evaporación.  
El charco se extiende a un diámetro de 15.2 meters.

### ZONA DE AMENAZA:

Corrida ejemplar: Gaussiano  
Color rojo: menos de 10 metros (10.9 yardas) --- ( 1000 ppm = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 15 metros --- ( 200 ppm = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 25 metros --- ( 100 ppm = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

## CORRIDA PERCLOROETILENO CHARCO ALTURA CERO PRIMAVERA MINIMO

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.012 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 15,870 ppm or 1.59%

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

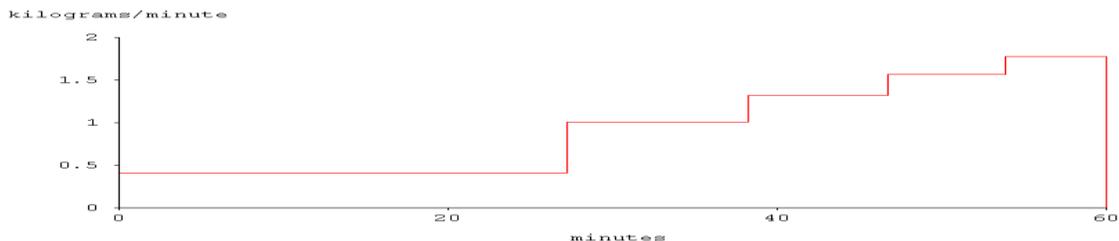
Viento: 0.49 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 12.9° C Clase de estabilidad: B  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 34%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El escape del agujero en tanque cilíndrico vertical  
El químico no inflamable está escapando de tanque  
Diámetro de tanque: 3.13 metros longitud: 2.54metros  
Volumen de tanque: 19.5 metros cúbicos  
El tanque contiene temperatura interna líquida: 12.9° C  
Masa química en el tanque: 24329 kilogramos  
El tanque tiene 76 % enteramente  
Diámetro de apertura circular: 2.5centímetros  
La apertura es 0 metros de fondo de tanque  
Tipo a ras de tierra: Suelo implícito  
Temperatura a ras de tierra: igual a ambiente  
Diámetro de charco máximo: Incógnita  
Duración de liberación: Limite de duración para ALOHA 1 hora  
Promedio máximo de liberación: 1.77 kilograms/min. ( promediado sobre un minuto o más )  
La cantidad total en circulación: 55.4 kilograms  
Nota: El químico escapado es un líquido y formó un charco de evaporación.  
El charco se extiende a un diámetro de 17.3 meters.

### ZONA DE AMENAZA:

Corrida ejemplar: Gaussiano  
Color rojo: LOC was never exceeded (10.9 yardas) --- ( 1000 ppm = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 20 metros --- ( 200 ppm = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 31 metros --- ( 100 ppm = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

## CORRIDA PERCLOROETILENO CHARCO ALTURA CERO VERANO MAXIMO

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO

Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)

Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: PERCLOROETILENO

Peso molecular de metano: 135.83g/mol

ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm

IDLH: 150 ppm

Punto de ebullición: 112.6° C

La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.023 atm.

Concentración de saturación ambiente: 28,701 ppm or 2.87%

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 4.12 metros/segundos de WSW a 3 metros

Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo

Temperatura de aire: 23.53° C Clase de estabilidad: D

Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 88%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El escape del agujero en tanque cilíndrico vertical

El químico no inflamable está escapando de tanque

Diámetro de tanque: 3.13 metros longitud: 2.54metros

Volumen de tanque: 19.5 metros cúbicos

El tanque contiene temperatura interna líquida: 22.74° C

Masa química en el tanque: 24329 kilogramos

El tanque tiene 77 % enteramente

Diámetro de apertura circular: 2.5centímetros

La apertura es 0 metros de fondo de tanque

Tipo a ras de tierra: Suelo implícito

Temperatura a ras de tierra: igual a ambiente

Diámetro de charco máximo: Incógnita

Duración de liberación: Limite de duración para ALOHA 1 hora

Promedio máximo de liberación: 12.2 kilograms/min ( promediado sobre un minuto o más )

La cantidad total en circulación: 433 kilograms

Nota: El químico escapado es un líquido y formó un charco de evaporación.

El charco se extiende a un diámetro de 15.5 meters.

### ZONA DE AMENAZA:

Corrida ejemplar: Gaussiano

Color rojo: menos de 10 metros (10.9 yardas) --- ( 1000 ppm = ERPG-3 )

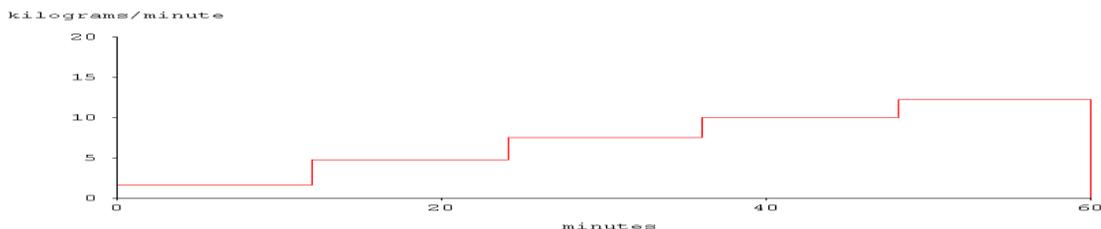
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.

Naranja: 14 metros --- ( 200 ppm = ERPG-2 )

Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.

Amarillo: 23 metros --- ( 100 ppm = ERPG-1 )

Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

## CORRIDA PERCLOROETILENO CHARCO ALTURA CERO VERANO MINIMO

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO

Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)

Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: PERCLOROETILENO

Peso molecular de metano: 135.83g/mol

ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm

IDLH: 150 ppm

Punto de ebullición: 112.6° C

La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.013 atm.

Concentración de saturación ambiente: 16,243 ppm or 1.62%

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 0.72 metros/segundos de WSW a 3 metros

Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo

Temperatura de aire: 13.33° C Clase de estabilidad: B

Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 48%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El escape del agujero en tanque cilíndrico vertical

El químico no inflamable está escapando de tanque

Diámetro de tanque: 3.13 metros longitud: 2.54metros

Volumen de tanque: 19.5 metros cúbicos

El tanque contiene temperatura interna líquida: 13.33° C

Masa química en el tanque: 24329 kilogramos

El tanque tiene 76 % enteramente

Diámetro de apertura circular: 2.5centímetros

La apertura es 0 metros de fondo de tanque

Tipo a ras de tierra: Suelo implícito

Temperatura a ras de tierra: igual a ambiente

Diámetro de charco máximo: Incógnita

Duración de liberación: Limite de duración para ALOHA 1 hora

Promedio máximo de liberación: 2.02 kilograms/min ( promediado sobre un minuto o más )

La cantidad total en circulación: 63.5 kilograms

Nota: El químico escapado es un líquido y formó un charco de evaporación.

El charco se extiende a un diámetro de 17.2 meters.

### ZONA DE AMENAZA:

Corrida ejemplar: Gaussiano

Color rojo: LOC was never exceeded (10.9 yardas) --- ( 1000 ppm = ERPG-3 )

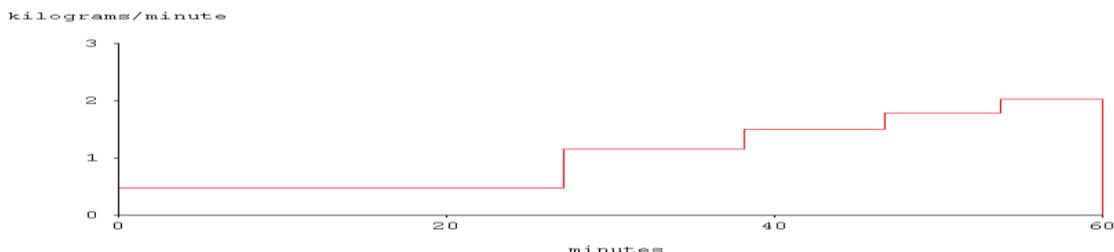
Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.

Naranja: 23 metros --- ( 200 ppm = ERPG-2 )

Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.

Amarillo: 35 metros --- ( 100 ppm = ERPG-1 )

Nota: La zona de amenaza no era inducida porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos hace las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.



---

---

**RUPTURA AL 20% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
INVIERNO MAXIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 111.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.022 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 28,394 ppm or 2.84%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

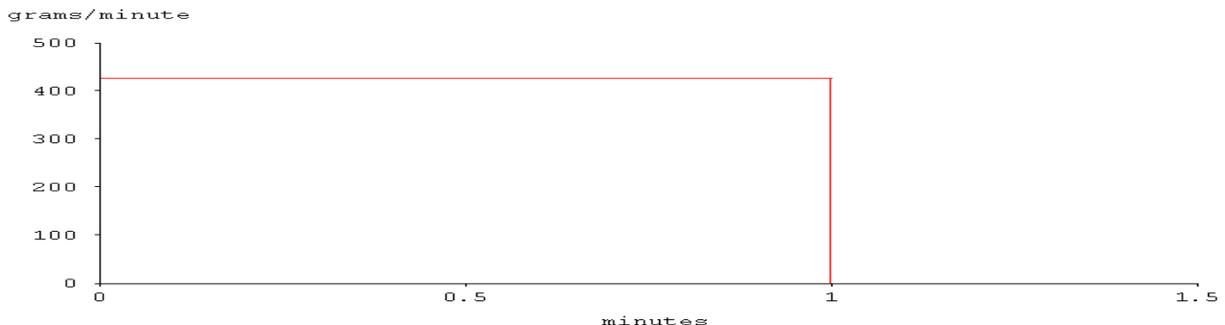
Viento: 4.04 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 22.74° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 70 %

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.414 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.24 grams/sec  
(promediado sobre un minuto o más)  
La cantidad total quemada: 434 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 12 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

**RUPTURA AL 20% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
INVIERNO MINIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 111.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.0097 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 12,800 ppm or 1.28%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

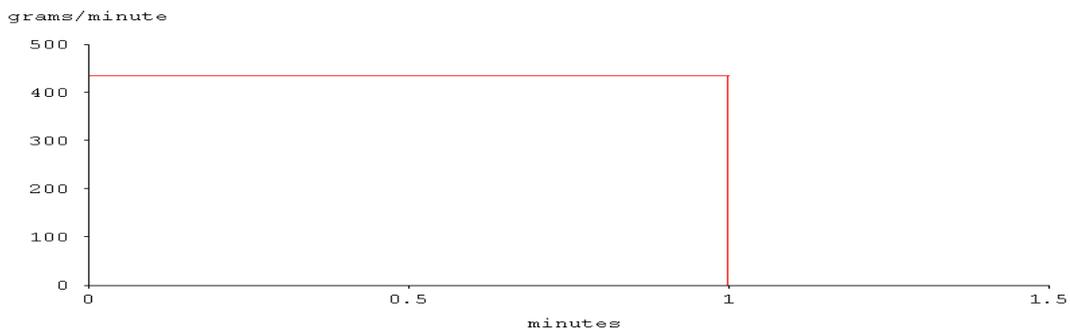
Viento: 0.46 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 8.76° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 31%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.414 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.24 grams/sec  
La cantidad total quemada: 434 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 19 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

**RUPTURA AL 20% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
OTOÑO MAXIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.021 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 27,050 ppm or 2.71%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

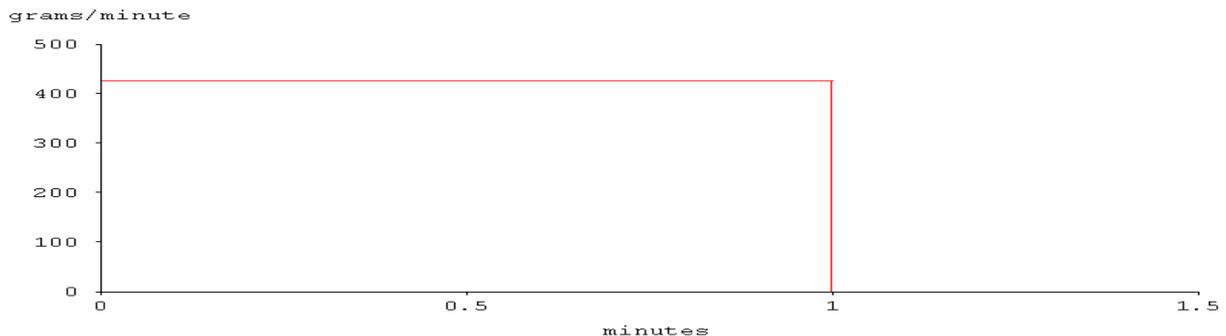
Viento: 3.84 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 22.39° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 82%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.414 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.1 grams/sec  
La cantidad total quemada: 426 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 11 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

**RUPTURA AL 20% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
OTOÑO MINIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.011 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 13,537 ppm or 1.35%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

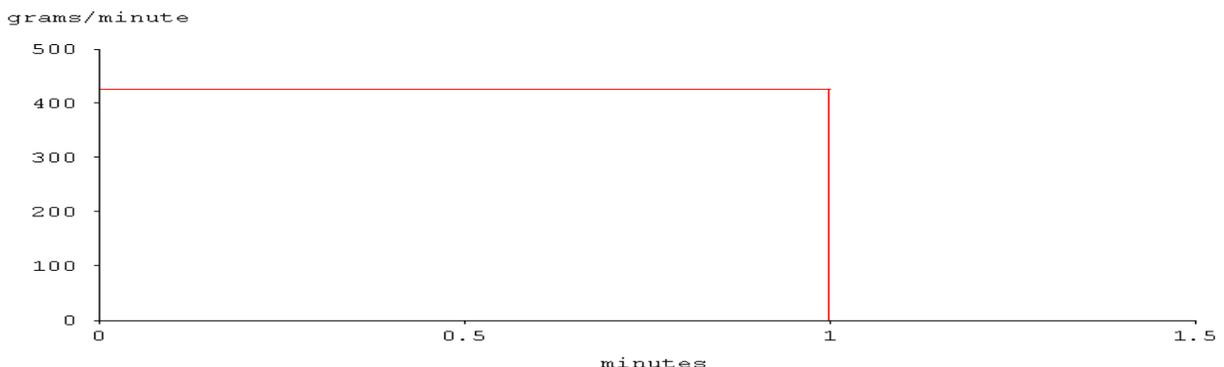
Viento: 0.63 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 10.2° C Clase de estabilidad: B  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 40%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.414 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.1 grams/sec  
La cantidad total quemada: 426 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 12 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

**RUPTURA AL 20% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
PRIMAVERA MAXIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.026 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 32,607 ppm or 3.26%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

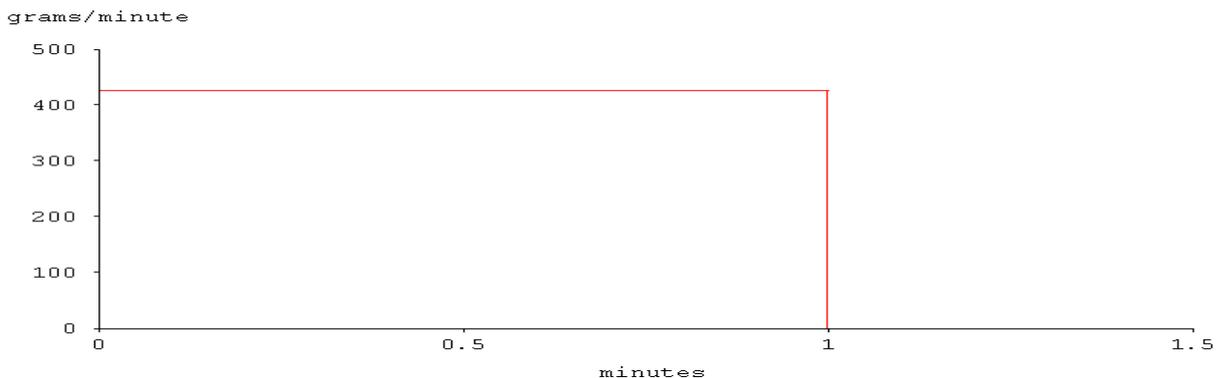
Viento: 4.3 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 25.9° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 75%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.414 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.1 grams/sec  
La cantidad total quemada: 426 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- (1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- (200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 13 metros --- (100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.



---

---

**RUPTURA AL 20% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
PRIMAVERA MINIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.012 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 15,870 ppm or 1.59%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

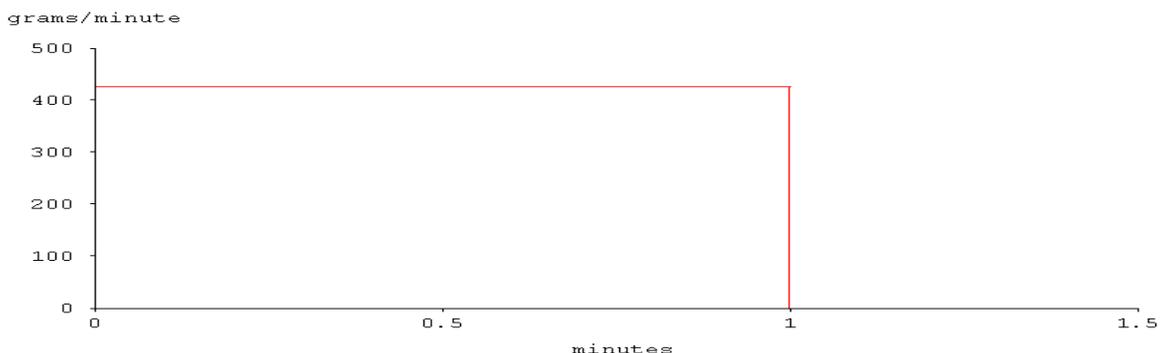
Viento: 0.49 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 12.9° C Clase de estabilidad: B  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 34%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.414 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.1 grams/sec  
La cantidad total quemada: 426 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 13 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

**RUPTURA AL 20% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
VERANO MAXIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.023 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 28,701 ppm or 2.87%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

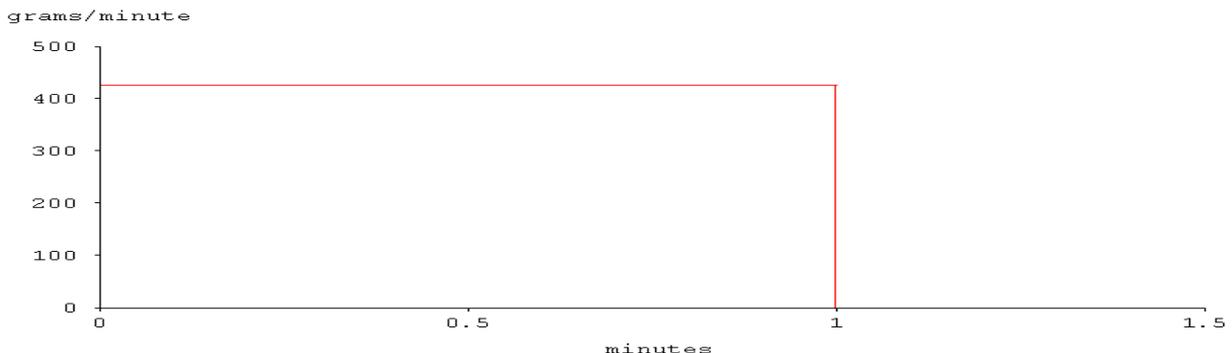
Viento: 4.12 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 23.53° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 88%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.414 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.1 grams/sec  
La cantidad total quemada: 426 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 15 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.



---

---

**RUPTURA AL 20% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
VERANO MINIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.013 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 16,243 ppm or 1.62%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

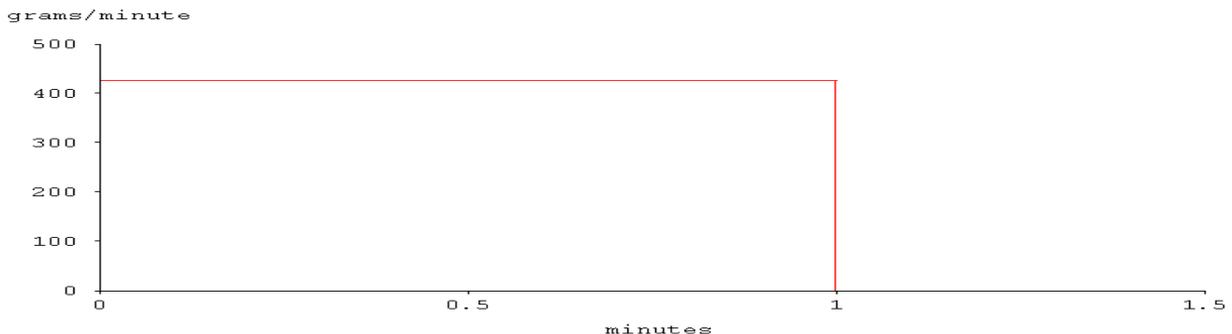
Viento: 0.72 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 13.33° C Clase de estabilidad: B  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 48%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 1.416 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.1 grams/sec  
La cantidad total quemada: 426 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 13 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

**RUPTURA AL 50% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
INVIERNO MAXIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 111.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.022 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 28,394 ppm or 2.84%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

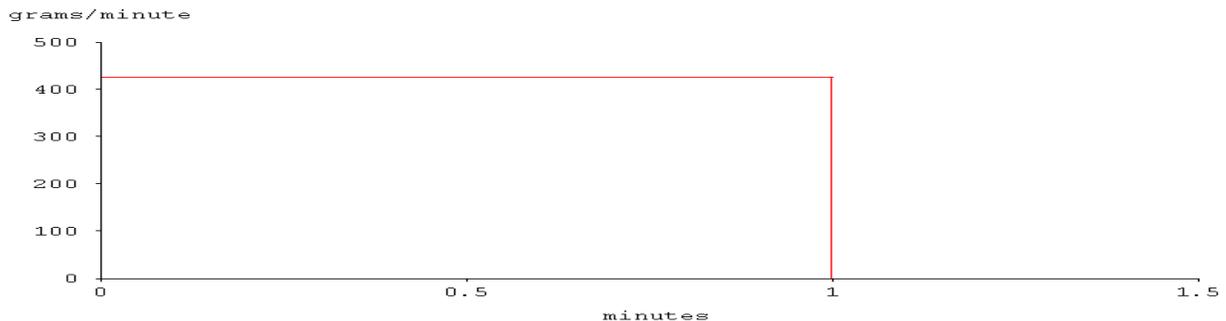
Viento: 4.04 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 22.74° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 70 %

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.535 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.24 grams/sec  
(promediado sobre un minuto o más)  
La cantidad total quemada: 434 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 12 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.



---

---

**RUPTURA AL 50% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
INVIERNO MINIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 111.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.0097 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 12,800 ppm or 1.28%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

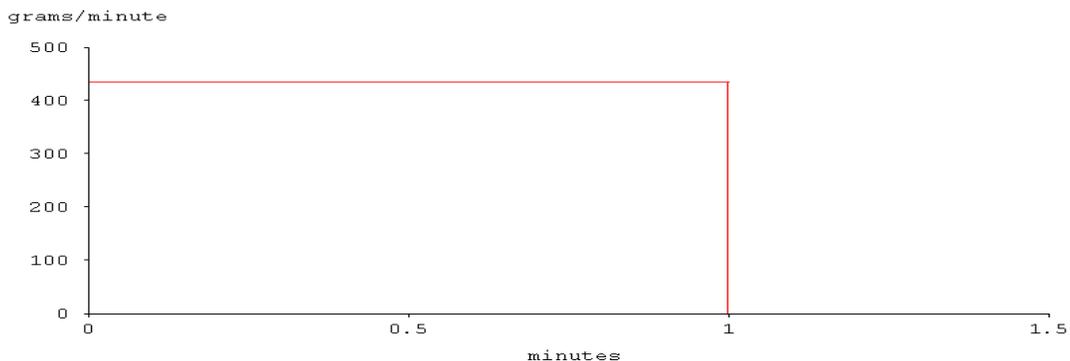
Viento: 0.46 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 8.76° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 31%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.535 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.24 grams/sec  
La cantidad total quemada: 434 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 19 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.



---

---

**RUPTURA AL 50% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
OTOÑO MAXIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.021 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 27,050 ppm or 2.71%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

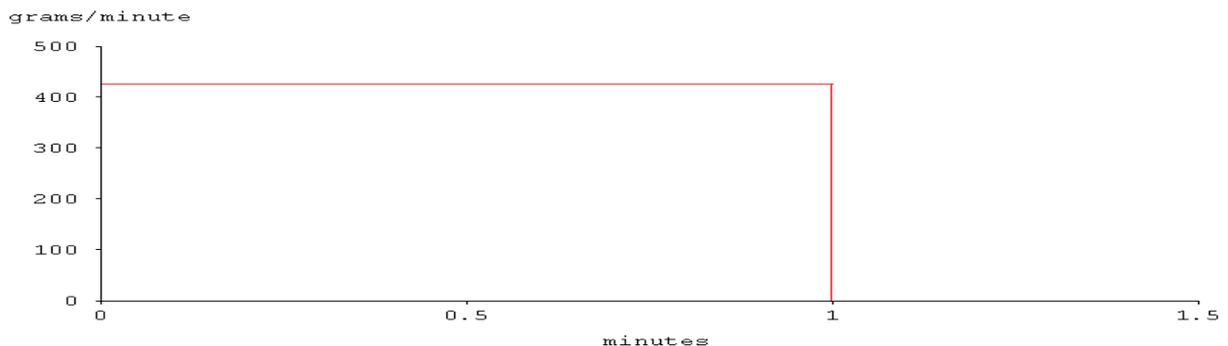
Viento: 3.84 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 22.39° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 82%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.535 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.1 grams/sec  
La cantidad total quemada: 426 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplo: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 11 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.



---

---

**RUPTURA AL 50% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
OTOÑO MINIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.011 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 13,537 ppm or 1.35%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

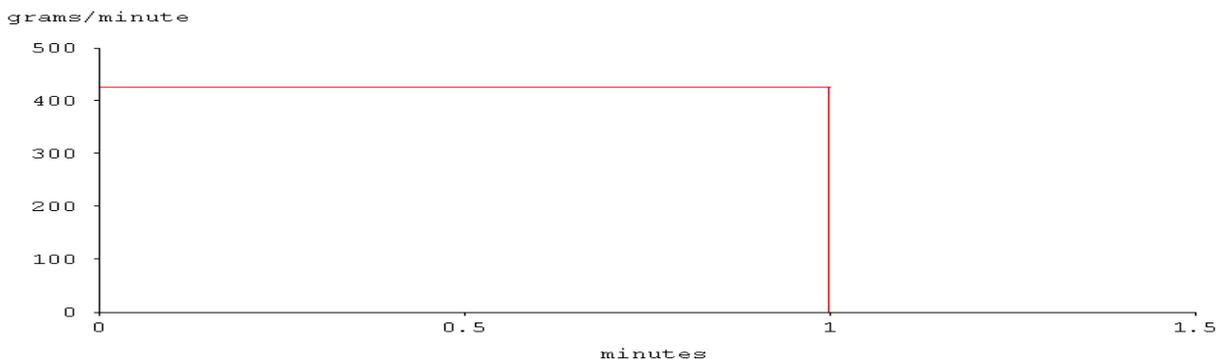
Viento: 0.63 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 10.2° C Clase de estabilidad: B  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 40%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.535 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.1 grams/sec  
La cantidad total quemada: 426 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 12 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.



---

---

**RUPTURA AL 50% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
PRIMAVERA MAXIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.026 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 32,607 ppm or 3.26%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

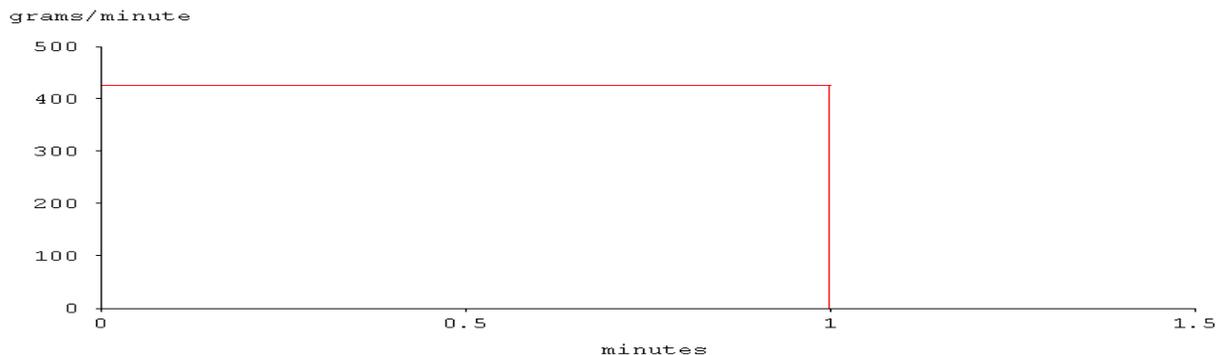
Viento: 4.3 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 25.9° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 75%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.535 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.1 grams/sec  
La cantidad total quemada: 426 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplo: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 13 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.



---

---

**RUPTURA AL 50% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
PRIMAVERA MINIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.012 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 15,870 ppm or 1.59%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

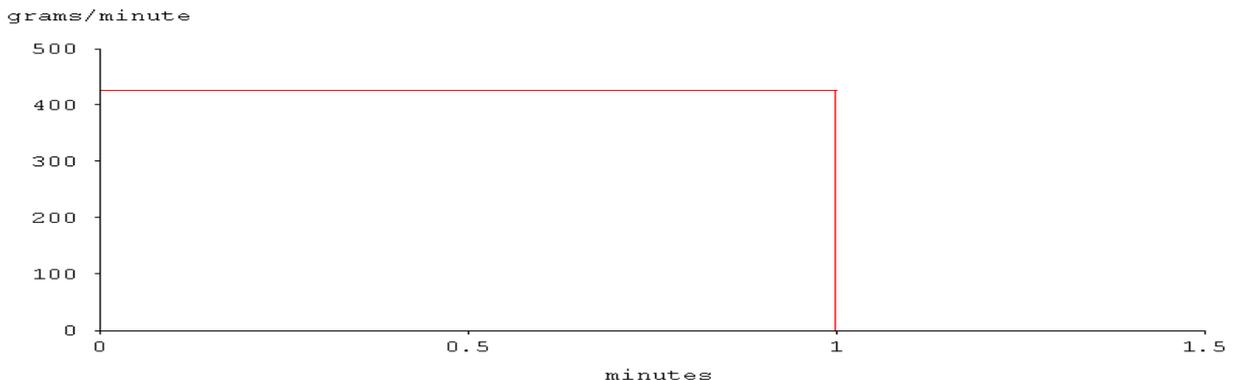
Viento: 0.49 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 12.9° C Clase de estabilidad: B  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 34%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.535 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.1 grams/sec  
La cantidad total quemada: 426 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 13 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias



---

---

**RUPTURA AL 50% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
VERANO MAXIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.023 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 28,701 ppm or 2.87%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

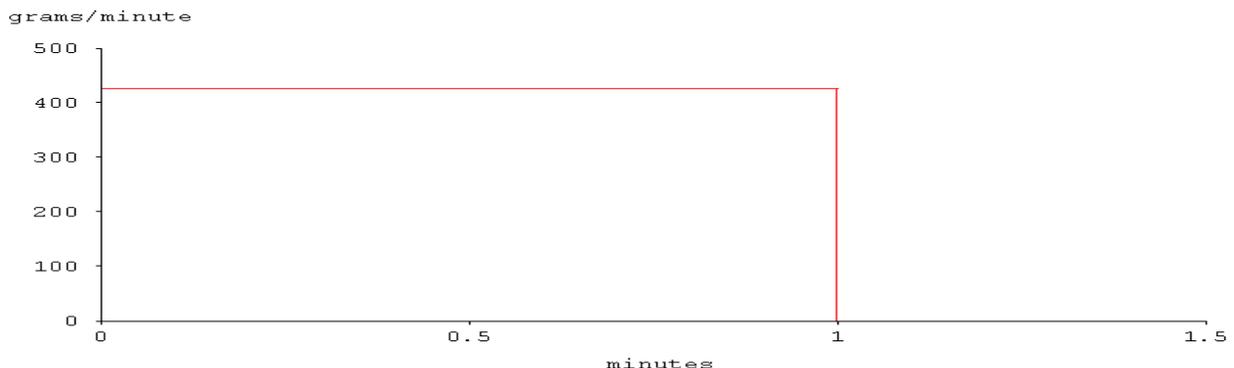
Viento: 4.12 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 23.53° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 88%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.535 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.1 grams/sec  
La cantidad total quemada: 426 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 15 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.



---

---

**RUPTURA AL 50% CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
VERANO MINIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.013 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 16,243 ppm or 1.62%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

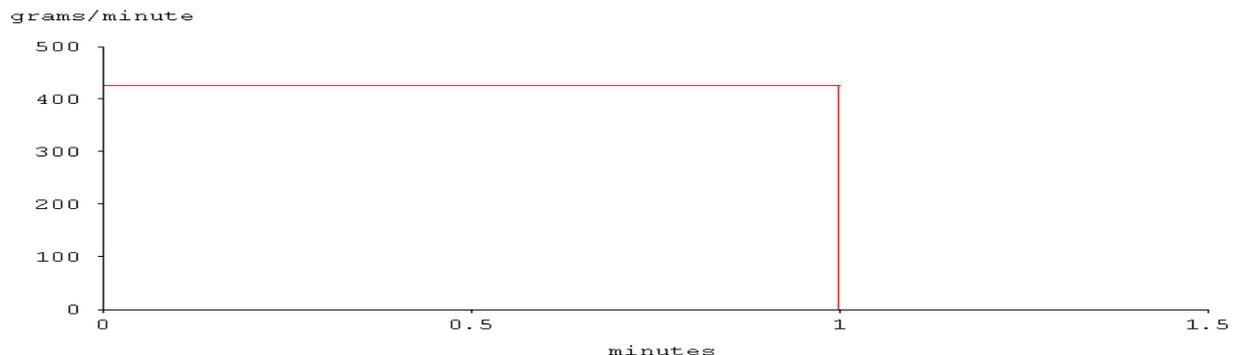
Viento: 0.72 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 13.33° C Clase de estabilidad: B  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 48%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.535 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: 1 minuto  
Proporción de quemadura máxima: 7.1 grams/sec  
La cantidad total quemada: 426 grams

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 11 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Naranja: 11 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.  
Amarillo: 13 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )  
Nota: La zona de amenaza no era contraída porque los efectos de los |patchiness| de campo cercanos haga las predicciones de dispersión menos confiable para abreviar las distancias.



---

---

**RUPTURA TOTAL CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
INVIERNO MAXIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 111.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.022 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 28,394 ppm or 2.84%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

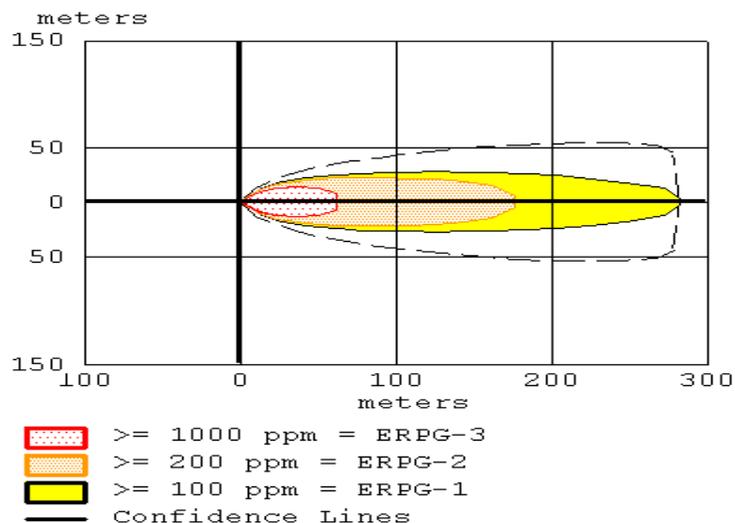
Viento: 4.04 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 22.74° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 70 %

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es unido a una fuente infinita  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 7.07 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: Aloha propone un límite de 1 hora  
Proporción de quemadura máxima: 140 kilograms/min  
(promediado sobre un minuto o más)  
La cantidad total quemada: 8,419 kilograms

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 62 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Naranja: 176 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Amarillo: 282 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )



---

---

## RUPTURA TOTAL CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C INVIERNO MINIMO

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 111.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.0097 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 12,800 ppm or 1.28%

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

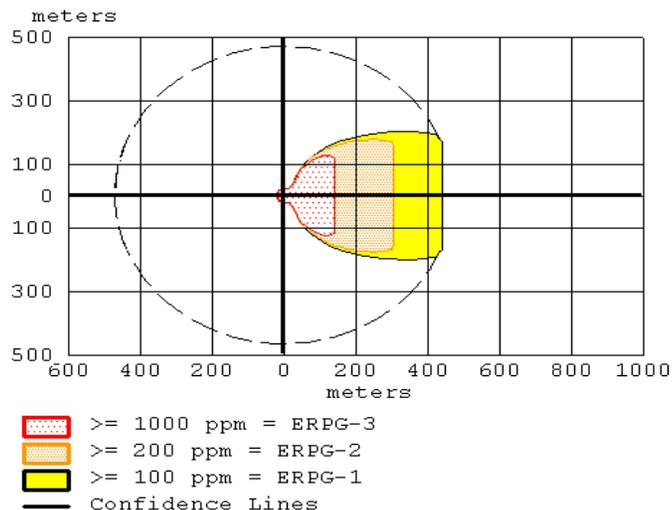
Viento: 0.46 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 8.76° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 31%

### FORTALEZA DE FUENTE:

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es unido a una fuente infinita  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 7.07 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: Aloha propone un límite de 1 hora  
Proporción de quemadura máxima: 140 kilograms/min  
La cantidad total quemada: 8,419 kilograms

### ZONA DE AMENAZA:

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 139 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Naranja: 304 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Amarillo: 440 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )



---

---

**RUPTURA TOTAL CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
OTOÑO MAXIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.021 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 27,050 ppm or 2.71%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

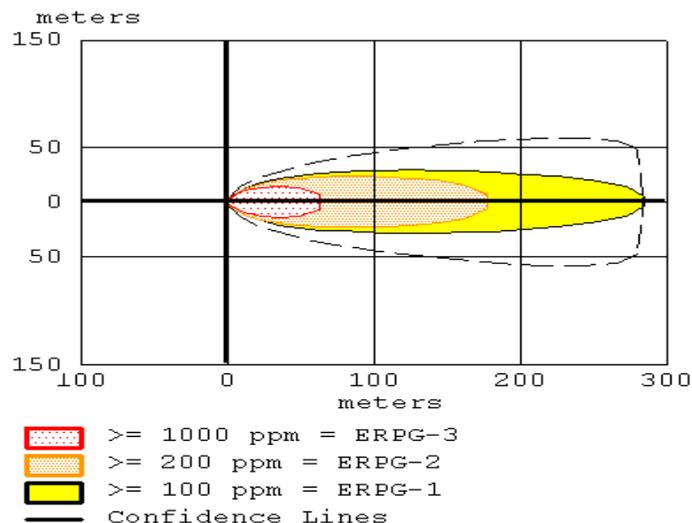
Viento: 3.84 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 22.39° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 82%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es unido a una fuente infinita  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 7.07 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: Aloha propone un límite de 1 hora  
Proporción de quemadura máxima: 140 kilograms/min  
La cantidad total quemada: 8,414 kilograms

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplo: Gas pesado  
Color rojo: 63 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Naranja: 178 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Amarillo: 284 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )



---

---

**RUPTURA TOTAL CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
OTOÑO MINIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.011 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 13,537 ppm or 1.35%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

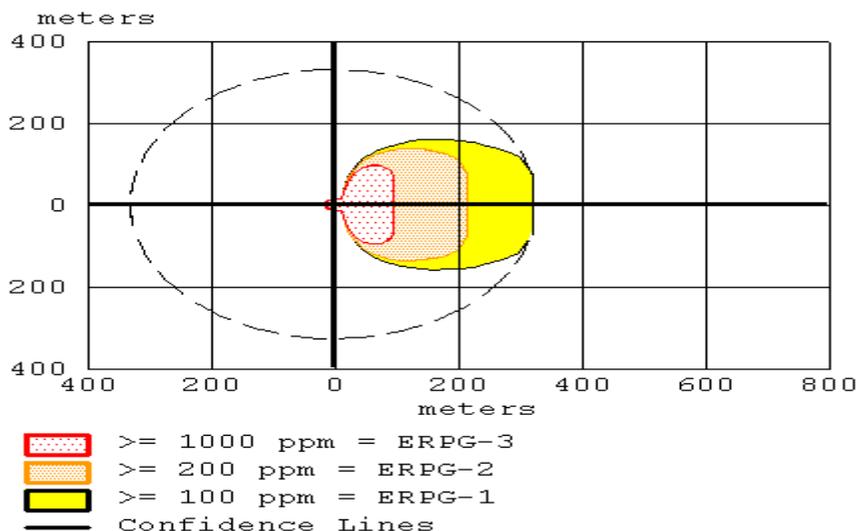
Viento: 0.63 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 10.2° C Clase de estabilidad: B  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 40%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es unido a una fuente infinita  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 7.07 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: Aloha propone un límite de 1 hora  
Proporción de quemadura máxima: 140 kilograms/min  
La cantidad total quemada: 8,414 kilograms

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 96 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Naranja: 217 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Amarillo: 321 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )



---

---

**RUPTURA TOTAL CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
PRIMAVERA MAXIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.026 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 32,607 ppm or 3.26%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

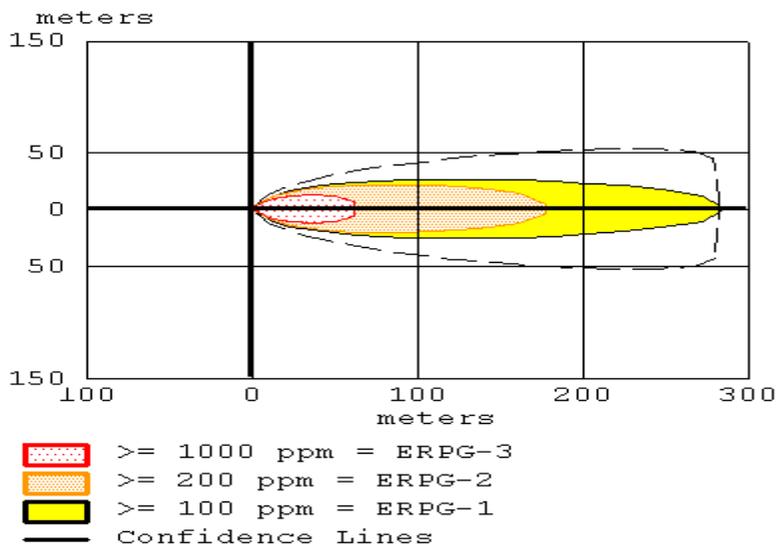
Viento: 4.3 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 25.9° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 75%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es unido a una fuente infinita  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 7.07 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: Aloha propone un límite de 1 hora  
Proporción de quemadura máxima: 140 kilograms/min  
La cantidad total quemada: 8,414 kilograms

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplo: Gas pesado  
Color rojo: 62 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Naranja: 177 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Amarillo: 284 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )



---

---

**RUPTURA TOTAL CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
PRIMAVERA MINIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.012 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 15,870 ppm or 1.59%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

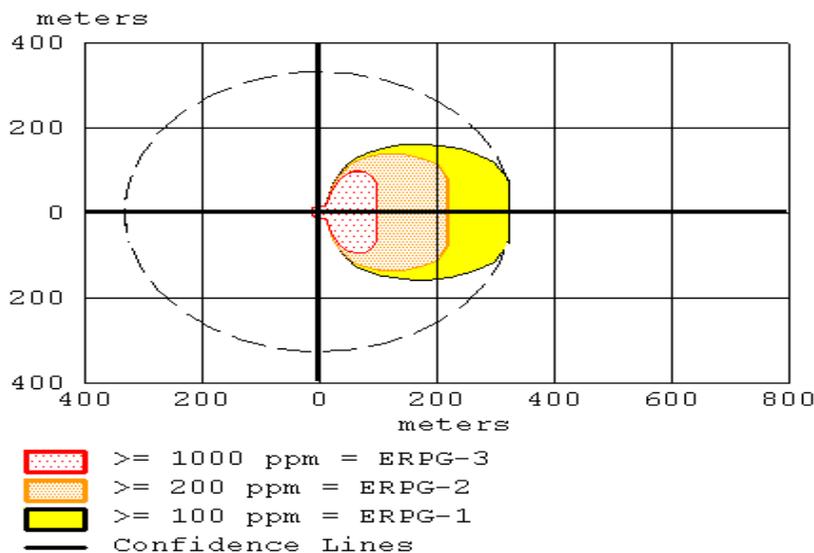
Viento: 0.49 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 12.9° C Clase de estabilidad: B  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 34%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es unido a una fuente infinita  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 7.07 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: Aloha propone un límite de 1 hora  
Proporción de quemadura máxima: 140 kilograms/min  
La cantidad total quemada: 8,414 kilograms

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 96 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Naranja: 218 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Amarillo: 322 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )



---

---

**RUPTURA TOTAL CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
VERANO MAXIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.023 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 28,701 ppm or 2.87%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

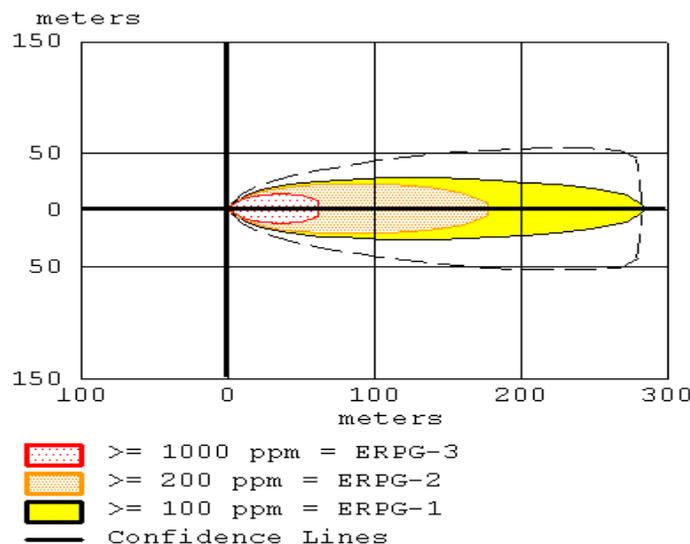
Viento: 4.12 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 23.53° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 88%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es unido a una fuente infinita  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 7.07 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: Aloha propone un límite de 1 hora  
Proporción de quemadura máxima: 140 kilograms/min  
La cantidad total quemada: 8,414 kilograms

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 62 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Naranja: 177 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Amarillo: 283 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )



---

---

**RUPTURA TOTAL CORRIDA DE PERCLOROETILENO EN FASE VAPOR 2 ATM, 148 °C  
VERANO MINIMO**

**DATOS DE SITIO:**

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

**DATOS QUÍMICOS:**

Nombre químico: PERCLOROETILENO  
Peso molecular de metano: 135.83g/mol  
ERPG-1: 100 ppm ERPG-2: 200 ppm ERPG-3: 1000 ppm  
IDLH: 150 ppm  
Punto de ebullición: 112.6° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: 0.013 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 16,243 ppm or 1.62%

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)**

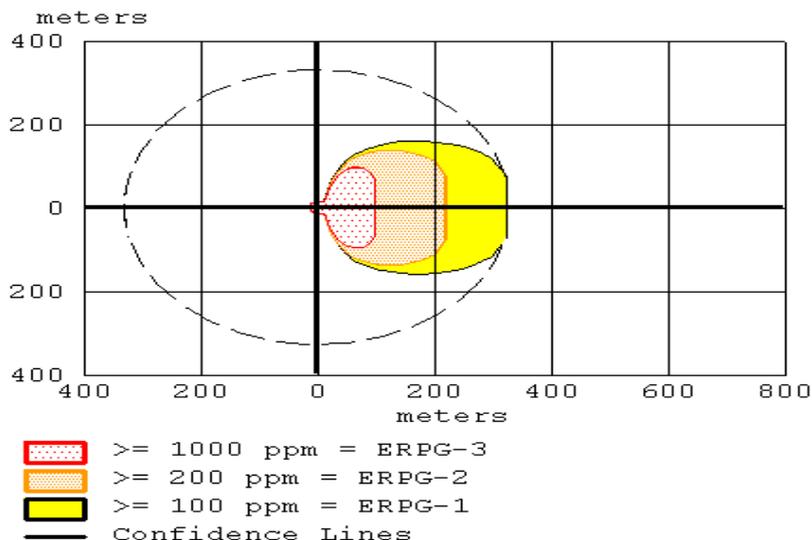
Viento: 0.72 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 13.33° C Clase de estabilidad: B  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 48%

**FORTALEZA DE FUENTE:**

El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 3 pulgadas longitud: 16 metros  
Fin intacto del tubo es unido a una fuente infinita  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 7.07 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 202839 pascales Temperatura en la tubería: 148° C  
Duración de la quema: Aloha propone un límite de 1 hora  
Proporción de quemadura máxima: 140 kilograms/min  
La cantidad total quemada: 8,414 kilograms

**ZONA DE AMENAZA:**

Corrida ejemplar: Gas pesado  
Color rojo: 97 metros --- ( 1000 |ppm| = ERPG-3 )  
Naranja: 218 metros --- ( 200 |ppm| = ERPG-2 )  
Amarillo: 323 metros --- ( 100 |ppm| = ERPG-1 )



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M INVIERNO MAXIMO ORIFICIO RUPTURA TOTAL

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 4.04 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 22.74° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 70 %

### FORTALEZA DE FUENTE:

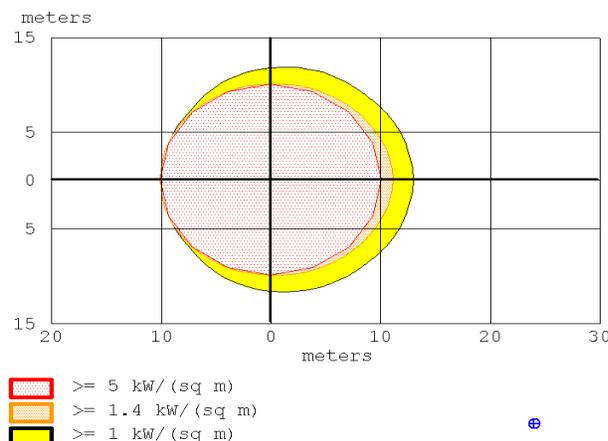
El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.14 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 22.74° C  
Longitud de llama máxima: 4 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 91.7 kilogramos/min  
La cantidad total quemada: 688 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: 11 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: 13 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)

### LA AMENAZA EN PUNTO:

Estimaciones de radiación térmica al punto:  
Con el viento: 24.0 metros Off Centerline: 25.5metros  
Radiación termal máxima: 0.103KW/m<sup>2</sup>)



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M INVIERNO MINIMO ORIFICIO 2

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 0.46 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 8.76° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 31%

### FORTALEZA DE FUENTE:

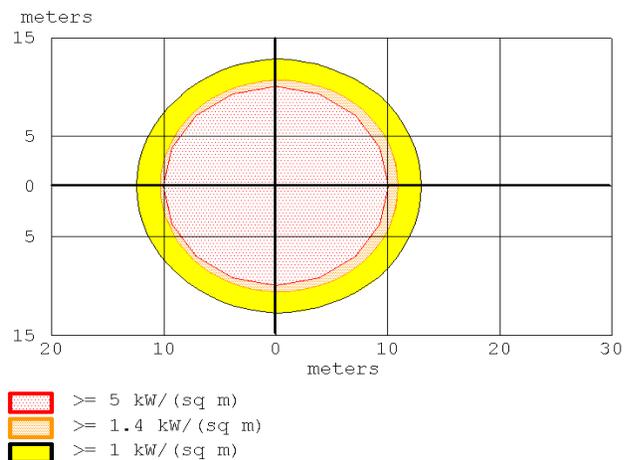
El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.14 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 8.76° C  
Longitud de llama máxima: 4 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 94.1 kilogramos/segundo  
La cantidad total quemada: 705 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: 11 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: 13 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)

### LA AMENAZA EN PUNTO:

Estimaciones de radiación térmica al punto:  
Con el viento: 1.20 metros Off Centerline: 19.4 metros  
Radiación termal máxima: 0.162KW/m<sup>2</sup>)



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M OTOÑO MAXIMO ORIFICIO 2

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 3.84 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 22.39° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 82%

### FORTALEZA DE FUENTE:

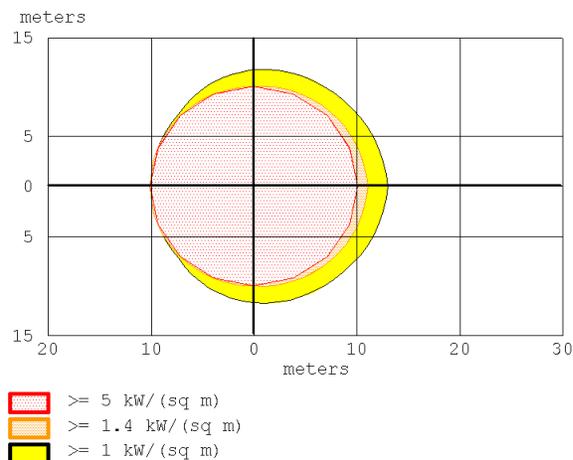
El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.14 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 22.39° C  
Longitud de llama máxima: 4 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 1.53 kilogramos/segundo  
La cantidad total quemada: 1.17 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: 11 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: 13 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)

### LA AMENAZA EN PUNTO:

Estimaciones de radiación térmica al punto:  
Con el viento: -7.47 metros Off Centerline: 31.4 metros  
Radiación termal máxima: 0.0482 KW/m<sup>2</sup>



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M OTOÑO MINIMO ORIFICIO 2

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 0.63 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 10.2° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 40%

### FORTALEZA DE FUENTE:

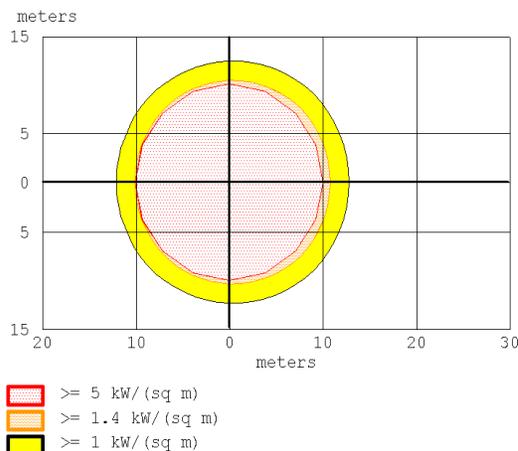
El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.14 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 10.2° C  
Longitud de llama máxima: 4 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 93.9 kilogramos/min  
La cantidad total quemada: 703 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: 11 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: 13 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)

### LA AMENAZA EN PUNTO:

Estimaciones de radiación térmica al punto:  
Con el viento: 29.3 metros Off Centerline: 3.01 metros  
Radiación termal máxima: 0.179 KW/m<sup>2</sup>)



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M PRIMAVERA MAXIMO ORIFICIO 2

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 4.3 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 25.9° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 75%

### FORTALEZA DE FUENTE:

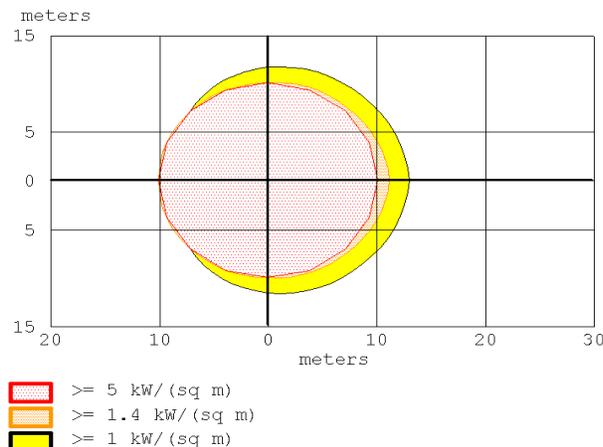
El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.14 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 25.9° C  
Longitud de llama máxima: 4 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 91.2 kilogramos/min  
La cantidad total quemada: 684 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: 11 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: 13 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)

### LA AMENAZA EN PUNTO:

Estimaciones de radiación térmica al punto:  
Con el viento: 2.05 metros Off Centerline: 19.3 metros  
Radiación termal máxima: 0.358 KW/m<sup>2</sup>)



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M PRIMAVERA MINIMO ORIFICIO 2

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 0.49 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 12.9° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 34%

### FORTALEZA DE FUENTE:

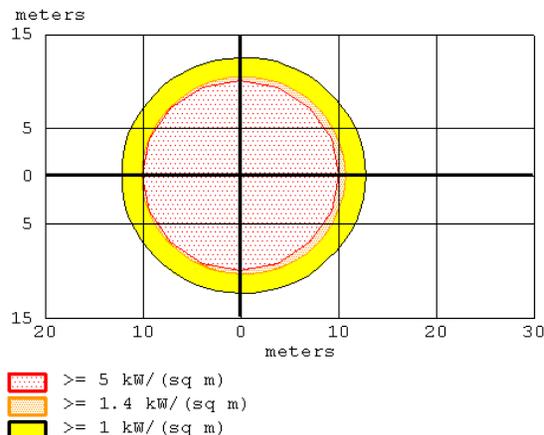
El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.14 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 12.9° C  
Longitud de llama máxima: 4 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 93.4 kilogramos/segundo  
La cantidad total quemada: 699 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: 10 metros --- (5 KW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: 11 metros --- (1.4 KW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: 13 metros --- (1 KW/m<sup>2</sup>)

### LA AMENAZA EN PUNTO:

Estimaciones de radiación térmica al punto:  
Con el viento: 0.84 metros Off Centerline: 19.0 metros  
Radiación termal máxima: 0.437 KW/m<sup>2</sup>)



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M VERANO MAXIMO ORIFICIO 2

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 4.12 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 23.53° C Clase de estabilidad: D  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 88%

### FORTALEZA DE FUENTE:

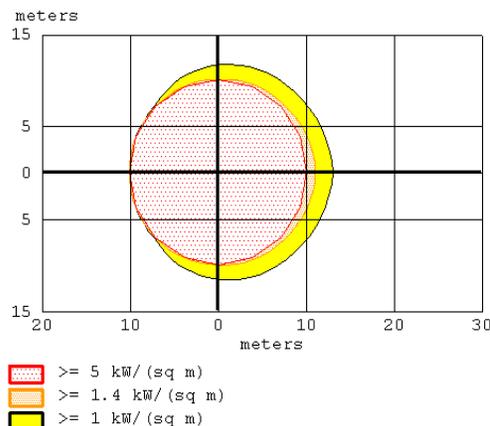
El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.14 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 23.53° C  
Longitud de llama máxima: 4 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 1.53 kilogramos/segundo  
La cantidad total quemada: 1.17 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: 10 metros --- (5 kW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: 10 metros --- (1.4 kW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: 10 metros --- (1 kW/m<sup>2</sup>)

### LA AMENAZA EN PUNTO:

Estimaciones de radiación térmica al punto:  
Con el viento: 1.2 metros Off Centerline: 19.9 metros  
Radiación termal máxima: 0.339 kW/m<sup>2</sup>)



---

---

## CORRIDA METANO 2 PUL 200 M VERANO MINIMO ORIFICIO 2

### DATOS DE SITIO:

Ubicación: TULTITLAN, MÉXICO  
Cambios de aire del edificio por hora: 0.50 (oficina cercada)  
Tiempo: 2 de septiembre de 2008 2147 de horas (el usuario especificó)

### DATOS QUÍMICOS:

Nombre químico: METANO  
Peso molecular de metano: 16.04g/mol  
EL SÉSAMO-1: 3000 sésamo de [ppm]-2: 5000 sésamo de [ppm]-3: 25000 [ppm]  
LEL: 44000 UEL de [ppm]: 165000 [ppm]  
Punto de ebullición: -164.7° C  
La presión de vapor a temperatura ambiente: mayor que 1 atm.  
Concentración de saturación ambiente: 1,000,000 ppm o 100.0 %

### DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE LOS DATOS)

Viento: 0.72 metros/segundos de WSW a 3 metros  
Aspereza a ras de tierra: urbano o bosque La nube cubre: 5 décimo  
Temperatura de aire: 13.33° C Clase de estabilidad: F  
Ninguna altura de Inversión Humedad relativa: 48%

### FORTALEZA DE FUENTE:

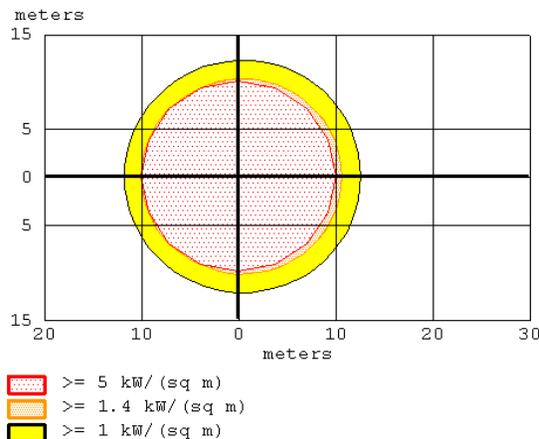
El gas inflamable se está quemando como escapa de tubo  
Diámetro de tubo: 2 pulgadas longitud: 200 metros  
Fin intacto del tubo es cerrado off  
Aspereza de tubo: áspera Área del agujero: 3.14 pulgadas cuadradas  
Presión en la tubería: 519494 pascales Temperatura en la tubería: 13.33° C  
Longitud de llama máxima: 4 metros Duración de la quema: 50 segundos  
Proporción de quemadura máxima: 93.3 kilogramos/min  
La cantidad total quemada: 699 kilogramos

### ZONA DE AMENAZA:

Modelación de amenaza: Radiación térmica del chorro de fuego  
Color rojo: 10 metros --- (5 kW/m<sup>2</sup>)  
Naranja: 11 metros --- (1.4 kW/m<sup>2</sup>)  
Amarillo: 13 metros --- (1 kW/m<sup>2</sup>)

### LA AMENAZA EN PUNTO:

Estimaciones de radiación térmica al punto:  
Con el viento: 0.72 metros Off Centerline: 18.9 metros  
Radiación termal máxima: 0.416 kW/m<sup>2</sup>)



## Anexo No. 3 FORMATO DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES

### ANEXO NO. 3

### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES

<b>NOMBRE DE LA EMPRESA:</b>			
FECHA DE ELABORACION:		FECHA DE REVISION:	
<b>SECCION I: DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUIMICA</b>			
1.- NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR:		2.- EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE A:	
		TELEFONO:	
		FAX:	
3.- DOMICILIO COMPLETO:			
CALLE	No. EXT.	COLONIA	C.P.
DELEG/MUNICIPIO	LOCALIDAD O POBLACION	ENTIDAD FEDERATIVA	
<b>SECCION II: DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUIMICA</b>			
1. NOMBRE COMERCIAL		2.- NOMBRE QUIMICO	
3.- PESO MOLECULAR		4.- FAMILIA QUIMICA	
5.- SINONIMOS		6.- OTROS DATOS	
<b>SECCION III: COMPONENTES RIESGOSOS</b>			
1.- % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES	2.- No. CAS	3.- No. DE LA ONU	4.- CANCERIGENOS O TERATOGENICOS
5.- LIMITE MAXIMO PERMISIBLE DE CONCENTRACION	6.-IDLH/IPVS (ppm)	7.- GRADO DE RIESGO:	
		7.1 SALUD	7.2 INFLAMABILIDAD
<b>SECCION IV: PROPIEDADES FISICAS</b>			
1.- TEMPERATURA DE FUSION (°C)		2.- TEMPERATURA DE EBULLICION (°C)	
3.- PRESION DE VAPOR, (mmHg a 20 °C)		4.- DENSIDAD RELATIVA SOLIDOS Y LIQUIDOS (AGUA=1.00 a 4°C) GASES Y VAPORES ( AIRE=1.00 a C.N.)	
5.- DENSIDAD RELATIVA DE VAPOR (AIRE = 1.00 a C.N)		6.- SOLUBILIDAD EN AGUA (g/100ml).	
7.- REACTIVIDAD EN AGUA:		8.- ESTADO FISICO, COLOR Y OLOR:	
9.- VELOCIDAD DE EVAPORACION (BUTIL ACETATO = 1):		10.- PUNTO DE INFLAMACION (°C)	
11.- TEMPERATURA DE AUTOIGNICION (°C):		12.- PORCIENTO DE VOLATILIDAD	
13.- LIMITES DE INFLAMABILIDAD (%):			
INFERIOR:		SUPERIOR:	

<b>SECCION V: RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSION</b>					
1.- MEDIO DE EXTINCION:					
NIEBLA DE AGUA:	ESPUMA:	HALON:	CO <sub>2</sub>	POLVO QUIMICO SECO:	OTROS:
2.- EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCION (GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO:					
3.- PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO:					
4.- CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSION NO USUALES:					
5.- PRODUCTOS DE LA COMBUSTION:					
<b>SECCION VI: DATOS DE RECTIVIDAD</b>					
1.- SUSTANCIA			2.- CONDICIONES A EVITAR:		
ESTABLE		INESTABLE			
3.- INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR):					
4.- DESCOMPOSICION DE COMPONENTES PELIGROSOS:					
5.- POLIMERIZACION PELIGROSA:			6.- CONDICIONES A EVITAR:		
PUEDE OCURRIR		NO PUEDE OCURRIR			
<b>SECCION VII: RIESGOS PARA LA SALUD</b>					
VIAS DE ENTRADA		SINTOMAS DEL LESIONADO		PRIMEROS AUXILIOS	
1.- INGESTION ACCIDENTAL					
2.- CONTACTO CON LOS OJOS					
3.- CONTACTO CON LA PIEL					
4.- ABSORCION					
5.- INHALACION					
6.- SUSTANCIA QUIMICA CONSIDERADA COMO CANCERIGENA (SEGUN NORMATIVIDAD DE LA STPS Y SSA):					
STPS SI _____ NO _____ SSA SI _____ NO _____ OTROS. ESPECIFICAR					
<b>SECCION VIII: INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAMES:</b>					

---

---

**SECCION IX: EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL**

1.- ESPECIFICAR TIPO:

2.- VENTILACION:

**SECCION X: INFORMACION SOBRE TRANSPORTACION (DE ACUERDO CON LA REGLAMENTACION DE TRANSPORTE):**

**SECCION XI: INFORMACION ECOLOGICA (DE ACUERDO CON LAS REGLAMENTACIONES ECOLOGICAS)**

**SECCION XII: PRECAUCIONES ESPECIALES**

1.- DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO:

2.- OTRAS:

DGGIMARC/DMRP/jrv\*

Fecha de revisión: 21/10/03

**Anexo No. 4 HOJAS DE SEGURIDAD DE SUBSTANCIAS.**



**Hoja de datos de seguridad del producto**



INFRA S.A. DE C.V. FELIX GUZMAN NO. 16 53398 NAUCALPAN DE JUÁREZ EDO. DE MEXICO TEL. DE CONMUTADOR : 53-29-30-00 TELS. DIRECTOS VENTAS: GASES ESPECIALES: 53-29-30-39 GASES INDUSTRIALES: 53-29-30-44 GASES MEDICINALES: 53-29-30-42	NOMBRE DEL PRODUCTO Percloroetileno	No. CAS 127-18-4
	NOMBRE COMERCIAL Y SINÓNIMOS Percloroetileno 1,2 Tetracloroetileno	
FECHA: JULIO 2004 NO. DE REVISIÓN: 2	NOMBRE QUÍMICO Y SINÓNIMOS Percloroetileno, Tetracloroetileno, Percloro	
TELÉFONO PARA EMERGENCIAS (24 HRS.) 01800-221-98-44 (01-55) 5310-6799 SERVICIO AL CLIENTE : 01800 712 2525	FÓRMULA CCl <sub>2</sub> =CCl <sub>2</sub>	FAMILIA QUÍMICA Solventes Clorados
ANOTE AQUÍ EL TELÉFONO LOCAL DE LA SUCURSAL INFRA MAS CERCANA PARA CUALQUIER EMERGENCIA		

**INFORMACIÓN NECESARIA PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD**

<b>LÍMITE DE EXPOSICIÓN</b> OSHA : PEL = 1000 ppm ACGIH : TWA = 1000 ppm
<b>SÍNTOMAS DE EXPOSICIÓN</b> Ingestión : causa irritación de boca y del sistema gastrointestinal vómito, nauseas, dolor de cabeza, así como perdida de la coordinación y del equilibrio; perdida del sentido. Si se vomita y después de aspira hacia adentro de los pulmones, puede ocurrir neumonía química y edema pulmonar. Inhalación : causa irritación de las vías respiratorias, mareos, posibles daños al sistema nervioso central y aun la muerte en áreas cerradas; además de otros efectos enumerados arriba. La muerte después de la exposición aguda severa a diversos solventes clorados se ha atribuido a fibrilación ventricular. Contacto con la piel y los ojos : un contacto repetido o prolongado con la piel puede causar irritación y dermatitis. El contacto con los ojos causan seria lesión.
<b>PROPIEDADES TOXICOLÓGICAS</b> No se encontró información aplicable en efectos cancerigenos, reproductivos, o en mutagenicidad.
<b>TRATAMIENTO Y PRIMEROS AUXILIOS RECOMENDADOS</b> Ingestión : Ingiera gran cantidad de agua o leche, no induzca el vómito, no administre nada si la victima está inconsciente, llame al médico y proporcíonele este documento. Inhalación : Retire a la persona del área contaminada a un área de aire fresco si respira con dificultad suminístrele oxígeno o respiración de boca a boca. Retire de inmediato la ropa contaminada lave con agua la parte afectada por 15 minutos, no intente lubricar la parte afectada. Información para el médico : Nunca suministre adrenalina después de una sobre-exposición al percloroetileno ya que puede causar una mayor sensibilidad del corazón a la adrenalina.
<b>MEZCLAS PELIGROSAS DE OTROS LÍQUIDOS, SOLIDOS O GASES</b> Los vapores forman mezclas inflamables con el aire, las bajas temperaturas disminuyen las posibilidades de ignición.



## PROPIEDADES FÍSICAS

<b>PUNTO DE EBULLICIÓN</b> ( 1 atm ) : 120 °C (248 °F)	<b>DENSIDAD DEL LÍQUIDO AL PUNTO DE EBULLICIÓN</b> 1.69
<b>PRESIÓN DE VAPOR</b> A 25 °C : 14.2 mm de Hg	<b>DENSIDAD DEL GAS</b> ( aire = 1 ) : 6.76
<b>SOLUBILIDAD EN AGUA</b> ( % peso @ 20 °C ) : Despreciable	<b>PUNTO DE CONGELAMIENTO</b> - 22.3 °C
<b>APARIENCIA Y OLOR</b> Líquido transparente incoloro con olor a Eter	

## INFORMACIÓN SOBRE RIESGOS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN

<b>PUNTO DE IGNICIÓN (MÉTODO USADO)</b>	<b>TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN</b> No Flamable	<b>LÍMITES DE INFLAMABILIDAD % POR VOLUMEN</b> INFERIOR 5.0% SUPERIOR 7.0%
<b>METODO DE EXTINCIÓN</b> Use CO2, Polvos Químicos Secos, Agua y espuma de alcohol		<b>CLASIFICACIÓN ELÉCTRICA</b> No peligroso
<b>PROCEDIMIENTOS ESPECIALES PARA COMBATIR INCENDIOS</b> Las personas encargadas de combatir el fuego deberán utilizar aparatos autónomos para la posible explosión a los vapores y/o productos de la combustión.		
<b>PELIGROS INUSUALES DE FUEGO Y EXPLOSIÓN</b> El vapor es mas denso que el aire y este puede viajar distancias considerables hasta encontrar una fuente de ignición y dar origen a un flamazo, esto puede ocurrir a concentraciones de entre 7 y 15 % por volumen.		

## DATOS DE REACTIVIDAD

<b>ESTABILIDAD</b>		<b>CONDICIONES A EVITAR</b> Calor, Chispas y Flamas o cualquier fuente de energía
<b>INESTABLE</b>	<b>ESTABLE</b> X	
<b>INCOMPATIBILIDAD (MATERIALES A EVITAR)</b> Agentes Oxidantes y corrosivos fuertes		<b>PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSOS</b> Vapores de cloruro de hidrógeno y posibles trazas de fosgeno
<b>RIESGO DE POLIMERIZACIÓN</b>		<b>CONDICIONES A EVITAR</b> N/A
<b>PUEDE OCURRIR</b>	<b>NO OCURRE</b> X	





## PROCEDIMIENTO EN CASO DE FUGAS O DERRAMES

### MEDIDAS DE SEGURIDAD EN CASOS DE FUGAS O DERRAMES

Elimine toda clase de ignición y provea máxima ventilación, evacue en dirección contraria al viento a todas las personas que no vayan a tomar acciones correctivas. Siempre deberá usarse equipo de protección personal, acordone el área del derrame de maneras que se evite el contacto con alcantarillas, drenajes y/o cualquier recurso natural. Una vez contenido el derrame mezcle con material absorbente aserrín o vermiculita, recolecte los lodos en tambores con tapa y aro; coloque etiquetas de residuos peligrosos y venenosos (incluyendo los envases vacíos) enjuague el piso con agua donde ocurrió el derrame. Si el derrame ocurrió en transportación avise a las autoridades locales.

### METODO DE ELIMINACION DE DESECHOS

Los residuos generados con este producto son peligrosos, es ilegal disponer de ellos o tratarlos en sitios no autorizados, no almacene los envases vacíos a cielo abierto ni los use para contener sustancias que no sea la indicada en este documento

## INFORMACIÓN PARA PROTECCIÓN ESPECIAL

### PROTECCIÓN RESPIRATORIA (ESPECIFICAR EL TIPO)

Use máscara completa con cartucho para vapores orgánicos o un respirador de cilindro.

### VENTILACIÓN

Utilice conductos de ventilación por dilución (aire forzado).

### GUANTES DE PROTECCIÓN

De neopreno

### PROTECCIÓN OCULAR

Gafas a prueba de salpicaduras

### EQUIPO DE PROTECCIÓN

Botas, Mandiles o trajes químicos cuando se trate de prevenir el contacto con la piel.

## PROCEDIMIENTOS ESPECIALES

### INFORMACION ESPECIAL DE CLASIFICACION

Material clasificado como líquido no inflamable

### RECOMENDACIONES ESPECIALES PARA EL MANEJO

Se debe manejar en tambos bien cerrados con aros con sello de seguridad

### RECOMENDACIONES ESPECIALES PARA EL ALMACENAMIENTO

Almacene en un lugar seco y ventilado fuera del alcance de los rayos del sol, para evitar el calentamiento. Manténgalo alejado de flamas abiertas, chispas y cualquier fuente de calor, nunca use envases de plástico para contener este producto al extraer líquido del envase, siempre deberá estar conectado a tierra física, use siempre herramientas anti-chispas (bronce) y mantenga el envase cerrado mientras no esta en uso.

### RECOMENDACIONES ESPECIALES PARA EL ENVASADO

Debe de ser envasado por empresas calificadas en el ramo garantizando que se cumpla con toda la normatividad vigente.

### OTRAS PRECAUCIONES O RECOMENDACIONES

Evitar la penetración en las aguas superficiales, en las aguas residuales y en el terreno.



# PERCLOROETILENO PRS

## Ficha de datos de seguridad (FDS)

Fecha de revisión: 11/4/2008

Página 1 de 6



### **1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O EL PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA.**

#### **1.1 Identificación de la sustancia o el preparado.**

Nombre: PERCLOROETILENO PRS  
Código: P0100

#### **1.2 Uso de la sustancia o del preparado.**

#### **1.3 Identificación de la empresa.**

Empresa: Rams-Martínez, S.L. [Group T3]  
Dirección: Torrent d'en Baiell, 36  
Población: SENTMENAT  
Provincia: Barcelona  
Teléfono: +34 937152001  
Fax: +34 937152379  
E-mail: msds@groupt3.com

#### **1.4 Teléfono de urgencias: 915620420**

### **2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS.**

Posibles efectos cancerígenos.

Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

### **3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES.**

Sustancias peligrosas para la salud o el medio ambiente de acuerdo con la Directiva 67/548/CEE:

<i>nº índice</i>	<i>nº CAS</i>	<i>nº CE</i>	<i>nº registro</i>	<i>Nombre</i>	<i>Concentración</i>	<i>Símbolos</i>	<i>Frases R *</i>
602-028-00-4	127-18-4	204-825-9		Percloroetileno (Tetracloroetileno)	1 - 100 %	Xn N	R40 R51/53

\* El texto completo de las frases R se detalla en el apartado 16 de esta Ficha de Seguridad.

### **4. PRIMEROS AUXILIOS.**

En los casos de duda, o cuando persistan los síntomas de malestar, solicitar atención médica. No administrar nunca nada por vía oral a personas que se encuentren inconscientes.

#### **Inhalación.**

Situar al accidentado al aire libre, mantenerle caliente y en reposo, si la respiración es irregular o se detiene, practicar respiración artificial. No administrar nada por la boca. Si está inconsciente, ponerle en una posición adecuada y buscar ayuda médica.

#### **Contacto con los ojos.**

# PERCLOROETILENO PRS

## Ficha de datos de seguridad (FDS)



Fecha de revisión: 11/4/2008

Página 2 de 6

En caso de llevar lentes de contacto, quitarlas. Lavar abundantemente los ojos con agua limpia y fresca durante, por lo menos, 10 minutos, tirando hacia arriba de los párpados y buscar asistencia médica.

### Contacto con la piel.

Quitar la ropa contaminada. Lavar la piel vigorosamente con agua y jabón o un limpiador de piel adecuado. **NUNCA** utilizar disolventes o diluyentes.

### Ingestión.

Si accidentalmente se ha ingerido, buscar inmediatamente atención médica. Mantenerle en reposo. **NUNCA** provocar el vómito.

## **5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.**

### Medios de extinción recomendados.

Polvo extintor o CO<sub>2</sub>. En caso de incendios más graves también espuma resistente al alcohol y agua pulverizada. No usar para la extinción chorro directo de agua.

### Riesgos especiales.

El fuego puede producir un espeso humo negro. Como consecuencia de la descomposición térmica, pueden formarse productos peligrosos: monóxido de carbono, dióxido de carbono. La exposición a los productos de combustión o descomposición puede ser perjudicial para la salud.

### Equipo de protección contra incendios.

Según la magnitud del incendio, puede ser necesario el uso de trajes de protección contra el calor, equipo respiratorio autónomo, guantes, gafas protectoras o máscaras faciales y botas.

### Otras recomendaciones.

Refrigerar con agua los tanques, cisternas o recipientes próximos a la fuente de calor o fuego. Tener en cuenta la dirección del viento. Evitar que los productos utilizados en la lucha contra incendio, pasen a desagües, alcantarillas o cursos de agua.

## **6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL.**

### Precauciones individuales.

Eliminar los posibles puntos de ignición y ventilar la zona. No fumar. Evitar respirar los vapores. Para control de exposición y medidas de protección individual, ver epígrafe 8.

### Métodos de limpieza.

Recoger el vertido con materiales absorbentes no combustibles (tierra, arena, vermiculita, tierra de diatomeas...). Verter el producto y el absorbente en un contenedor adecuado. La zona contaminada debe limpiarse inmediatamente con un descontaminante adecuado. Echar el descontaminante a los restos y dejarlo durante varios días hasta que no se produzca reacción, en un envase sin cerrar. Para la posterior eliminación de los residuos, seguir las recomendaciones del epígrafe 13.

### Precauciones para la protección del medio ambiente.

Evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales o subterráneas, así como del suelo. En caso de producirse grandes vertidos o si el producto contamina lagos, ríos o alcantarillas, informar a las autoridades competentes, según la legislación local.

## **7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.**

### **7.1 Manipulación.**

Los vapores son más pesados que el aire y pueden extenderse por el suelo. Pueden formar mezclas explosivas con el aire. Evitar la creación de concentraciones del vapor en el aire, inflamables o explosivas; evitar concentraciones del vapor superiores a los límites de exposición durante el trabajo. El preparado sólo debe utilizarse en zonas en las cuales se hayan eliminado toda llama desprotegida y otros puntos de ignición. El equipo eléctrico ha de estar protegido según las normas adecuadas.

El preparado puede cargarse electrostáticamente: utilizar siempre tomas de tierra cuando se trasvase el producto. Los operarios deben llevar calzado y ropa antiestáticos, y los suelos deben ser conductores.

Mantener el envase bien cerrado, aislado de fuentes de calor, chispas y fuego. No se emplearan herramientas que puedan producir chispas.

Evitar que el preparado entre en contacto con la piel y ojos. Evitar la inhalación de vapor y las nieblas que se producen durante el pulverizado.

Para la protección personal, ver epígrafe 8. No emplear nunca presión para vaciar los envases, no son recipientes resistentes a la presión.

En la zona de aplicación debe estar prohibido fumar, comer y beber.

Cumplir con la legislación sobre seguridad e higiene en el trabajo.

# PERCLOROETILENO PRS

## Ficha de datos de seguridad (FDS)

Fecha de revisión: 11/4/2008

Página 3 de 6

Conservar el producto en envases de un material idéntico al original.



### 7.2 Almacenamiento.

Almacenar según la legislación local. Observar las indicaciones de la etiqueta. Almacenar los envases entre 5 y 35° C, en un lugar seco y bien ventilado, lejos de fuentes de calor y de la luz solar directa. Mantener lejos de puntos de ignición. Mantener lejos de agentes oxidantes y de materiales fuertemente ácidos o alcalinos. No fumar. Evitar la entrada a personas no autorizadas. Una vez abiertos los envases, han de volverse a cerrar cuidadosamente y colocarlos verticalmente para evitar derrames.

### 7.3 Usos específicos.

## 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL.

### 8.1 Límites de exposición.

Límite de exposición durante el trabajo para:

Nombre	VLA-ED *		VLA-EC *	
	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>
Percloroetileno (Tetracloroetileno)	25	172	100	689

\* Según la lista de Valores Límite Ambientales de Exposición Profesional adoptados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) para el año 2007.

### 8.2 Controles de la exposición

**Medidas de orden técnico:** proveer una ventilación adecuada, lo cual puede conseguirse mediante una buena extracción-ventilación local y un buen sistema general de extracción. Si esto no fuese suficiente para mantener las concentraciones de partículas y vapores del disolvente por debajo del límite de exposición durante el trabajo, debe llevarse un equipo de respiración adecuado.

**Protección respiratoria:** personal en trabajos de pulverizado : equipo respiratorio con suministro de aire. Resto de operaciones: en zonas bien ventiladas, los equipos respiratorios con suministro de aire pueden reemplazarse por una mascarilla formada por una combinación de un filtro de carbón activo y otro de partículas.

**Protección de las manos:** para los contactos prolongados o repetidos utilizar guantes del tipo alcohol polivinílico o goma de nitrilo. Las cremas protectoras pueden ayudar a proteger las zonas de la piel expuestas, dichas cremas no deben aplicarse **NUNCA** una vez que la exposición se haya producido.

**Protección de los ojos:** utilizar gafas protectoras, especialmente diseñadas para proteger contra las salpicaduras de líquidos. Instalar lavaojos de emergencia en las proximidades de la zona de utilización.

**Protección de la piel:** el personal debe llevar ropas antiestáticas de fibra natural o de fibras sintéticas resistentes a altas temperaturas. Debe lavarse todas las partes del cuerpo que hayan estado en contacto con el preparado.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

### 9.1 Información general.

Aspecto: Líquido de olor y color característico

Olor: Parecido al cloroformo

### 9.2. Información importante en relación con la salud, la seguridad y el medio ambiente.

# PERCLOROETILENO PRS

## Ficha de datos de seguridad (FDS)

Fecha de revisión: 11/4/2008

Página 4 de 6



pH:  
Punto/intervalo de ebullición: 121 °C  
Punto de inflamación: °C  
Inflamabilidad (sólido, gas):  
Propiedades explosivas:  
Propiedades comburentes:  
Presión de vapor:  
Densidad relativa: 162 g/cm<sup>3</sup> gr/cm<sup>3</sup>  
Solubilidad  
Hidrosolubilidad:  
Liposolubilidad:  
Coeficiente de reparto (n-octanol/agua):  
Viscosidad:  
Densidad de vapor:  
Velocidad de evaporación:

### **10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.**

Estable bajo las condiciones de manipulación y almacenamiento recomendadas (ver epígrafe 7).

En caso de incendio se pueden generar productos de descomposición peligrosos, tales como monóxido y dióxido de carbono, humos y óxidos de nitrógeno.

Mantener alejado de agentes oxidantes y de materiales fuertemente alcalinos o ácidos, a fin de evitar reacciones exotérmicas.

### **11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.**

No existen datos disponibles ensayados del preparado. La exposición a concentraciones de los vapores de los disolventes por encima del límite de exposición durante el trabajo puede tener efectos negativos, (por ejemplo irritación de la mucosa y del sistema respiratorio, efectos adversos sobre riñones, hígado y sistema nervioso central). Entre los síntomas cabe citar: dolor de cabeza, vértigos, fatiga, debilidad muscular, somnolencia y, en casos extremos, pérdida de la consciencia.

El contacto repetido o prolongado con el preparado, puede causar la eliminación de la grasa de la piel, dando lugar a una dermatitis de contacto no alérgica y a que se absorba el preparado a través de la piel.

Las salpicaduras en los ojos pueden causar irritación y daños reversibles

### **12. INFORMACIONES ECOLÓGICAS.**

No existen datos disponibles ensayados sobre el preparado. No se debe permitir que el producto pase a las alcantarillas o a cursos de agua.

Evitar la penetración en el terreno. Evitar la emisión de disolventes a la atmósfera.

### **13. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN.**

No se permite su vertido en alcantarillas o cursos de agua. Los residuos y envases vacíos deben manipularse y eliminarse de acuerdo con las legislaciones local/nacional vigentes.

### **14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE.**

Transportar siguiendo las normas ADR/TPC para el transporte por carretera, las RID por ferrocarril, las IMDG por mar y las ICAO/IATA para transporte aéreo.

#### Modo de transporte

**14.1 Tierra:** Transporte por carretera: ADR 2007, Transporte por ferrocarril: RID

n° ONU: 1897      Clase: 6.1      Grupo de embalaje: III  
Etiquetas: 6.1      Número de peligro: 60

# PERCLOROETILENO PRS

## Ficha de datos de seguridad (FDS)

Fecha de revisión: 11/4/2008

Página 5 de 6

Documentación de transporte: Carta de porte e Instrucciones escritas

### 14.2 Mar: Transporte por barco: IMDG 33-06

nº ONU: 1897 Clase: 6.1

Grupo de embalaje: III Etiquetas: 6.1

FEm - Fichas de emergencia (F – Incendio, S – Derrames): F-A,S-A

Contaminante marino (PP – Contaminante fuerte del mar, P – Contaminante del mar): **P**

Documentación de transporte: Conocimiento de embarque

### 14.3 Aire: Transporte en avión: IATA/ICAO

nº ONU: 1897 Clase: 6.1 Grupo de embalaje: III

Etiquetas: 6.1

Documento de transporte: Conocimiento aéreo

## 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA.

### Símbolos



### Frases R:

R40 Posibles efectos cancerígenos.  
R51/53 Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

### Frases S:

S2 Manténgase fuera del alcance de los niños.  
S23 No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante].  
S61 Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.  
S36/37 Úsese indumentaria y guantes de protección adecuados.

### Contiene:

Percloroetileno (Tetracloroetileno)

## 16. OTRAS INFORMACIONES.

Texto completo de las frases R que aparecen en el epígrafe 3:

R40 Posibles efectos cancerígenos.  
R51/53 Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

La información facilitada en esta ficha de Datos de Seguridad ha sido redactada de acuerdo con el REGLAMENTO (CE) nº 1907/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 18 de diciembre de 2006 relativo al registro, la evaluación, la



---

# PERCLOROETILENO PRS

## Ficha de datos de seguridad (FDS)

Fecha de revisión: 11/4/2008

Página 6 de 6



autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) nº 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) nº 1488/94 de la Comisión así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión.

La información de esta Ficha de Datos de Seguridad del Preparado está basada en los conocimientos actuales y en las leyes vigentes de la CE y nacionales, en cuanto que las condiciones de trabajo de los usuarios están fuera de nuestro conocimiento y control. El producto no debe utilizarse para fines distintos a aquellos que se especifican, sin tener primero una instrucción por escrito, de su manejo. Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en las legislaciones.

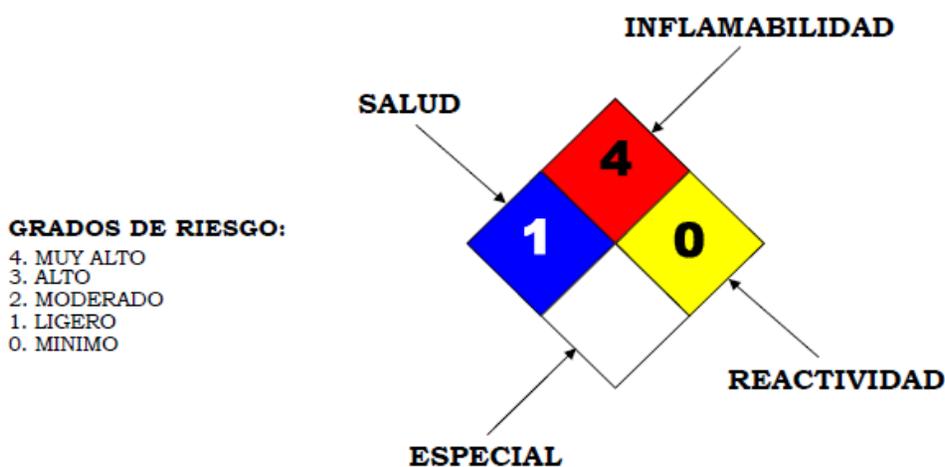
# HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUIMICAS

## GAS NATURAL

### TELEFONOS DE EMERGENCIA (LAS 24 HORAS):

<b>PEMEX:</b>  Centro de Control del Sistema Nacional de Ductos: 01-800-012 2900	<b>*SETIQ:</b>  D.F. y Area Metropolitana: 55-59-1588  En la República Mexicana: 01-800-00-214	<b>**CENACOM:</b>  D.F. y Area Metropolitana: 55-50-1496, 55-50-1485 55-50-1552 y 55-50-4885  En la República Mexicana: 01-800-00-413
---	--	--

### Rombo de Clasificación de Riesgos NFPA-704



1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO	
Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No:	HDSSQ-001
Nombre del Producto	Gas Natural
Nombre Químico	Metano
Familia Química	Hidrocarburos del Petróleo
Fórmula Molecular	Mezcla (CH <sub>4</sub> +C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> +C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )
Sinónimos	Gas natural licuado, gas natural comprimido, gas de los pantanos, grisú, hidruro de metilo, liquefied natural gas (LNG)

\* Sistema de Emergencia de Transporte para la Industria Química.

\*\*Centro Nacional de Comunicaciones; dependiente de la Coordinación General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación.

## 2. COMPOSICION / INFORMACION DE LOS INGREDIENTES

MATERIAL	%	Número CAS (Chemical Abstracts Service)	Riesgo a la Salud
Gas Natural (Metano)	88	74-82-8	Asfixiante Simple
Etano	9		
Propano	3		
Etil Mercaptano (Odorizante)	17-28 ppm		

El CAS del etil mercaptano es 75-08-01 y el ACGIH TLV: 0.5 ppm

## 3. IDENTIFICACION DE RIESGOS

### GRADO DE RIESGO

HR: 3 = (HR = Clasificación de Riesgo, 1 = Bajo, 2 = Mediano, 3 = Alto).

El gas natural es más ligero que el aire (su densidad relativa es 0.61; aire = 1.0) y a pesar de sus altos niveles de inflamabilidad y explosividad las fugas o emisiones se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, dificultando la formación de mezclas explosivas con el aire. Esta característica permite su preferencia y explica su uso cada vez más generalizado en instalaciones domésticas, industriales y como carburante para motores de combustión interna. Presenta además ventajas ecológicas ya que al quemarse produce bajos índices de contaminación, en comparación con otros combustibles.

### SITUACION DE EMERGENCIA

Gas altamente inflamable. Deberá mantenerse alejado de fuentes de ignición, chispas, flama y calor. Las conexiones eléctricas domésticas o carentes de clasificación son las fuentes de ignición más comunes.

Solo debe manejarse en sitios bien ventilados o proveerse de buena ventilación para conseguir la inmediata disipación de posibles fugas evitando su acumulación en espacios confinados ya que desplaza al oxígeno disponible para respirar. Su olor característico no siempre puede advertirnos de la presencia de concentraciones potencialmente peligrosas.

### EFFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD

El gas natural no tiene color, sabor ni olor, por lo que es necesario odorizarlo para advertir su presencia en caso de fuga. Efectos potenciales en:

VIAS DE ENTRADA	SINTOMAS	PRIMEROS AUXILIOS
1. Contacto con los ojos	El contacto con una fuga de gas natural licuado o comprimido puede provocar congelamiento, seguido de hinchazón y/o daño ocular.	El gas natural licuado (-162 °C) puede salpicar a los ojos provocando un severo congelamiento del tejido, irritación, dolor y lagrimeo. Aplique, con mucho cuidado, agua tibia en el ojo afectado. Solicite atención médica.
2. Contacto con la piel	Puede provocar quemaduras frías si en la fase líquida hace contacto con la piel.	Al salpicar el gas natural licuado sobre la piel provoca quemaduras por frío, similares al congelamiento. Sumergir el área afectada en agua tibia o irrigar con agua corriente. No use agua caliente. Quitese la ropa y los zapatos impregnados. Solicite

2/8

VIAS DE ENTRADA	SINTOMAS	PRIMEROS AUXILIOS
		atención médica.
3. Ingestión accidental	En condiciones normales, no se presenta riesgo de ingestión	La ingestión de este producto no es un riesgo normal.
4. Inhalación	El gas natural es un asfixiante simple, ya que al mezclarse con el aire ambiente, desplaza al oxígeno y entonces se respira un aire deficiente en oxígeno. Los efectos de exposición prolongada pueden incluir: dificultad para respirar, mareos, posibles náuseas y eventual inconsciencia.	Si se presentan casos de exposición a altas concentraciones de gas aleje a las víctimas del área contaminada para que respiren aire fresco. Si las víctimas no respiran, inicie inmediatamente respiración artificial (CPR = resucitación cardiopulmonar). Si presentan dificultad al respirar debe administrarse oxígeno medicinal por personal calificado. Solicite atención médica inmediata.

#### 4. PELIGROS DE EXPLOSION E INCENDIO

Punto de Flash	-222.0 °C
Temperatura de Ebullición	-160.0 °C
Temperatura de Autoignición	650.0 °C
Límites de Explosividad:	
<i>Inferior</i>	4.5 %
<i>Superior</i>	14.5 %

Punto de Flash: Una sustancia con punto de flash de 38°C o menor se considera peligrosa; entre 38°C y 93°C, moderadamente inflamable; mayor a 93°C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del gas natural (-222.0°C) lo hace un compuesto sumamente peligroso.

Zonas A y B.- A nivel laboratorio, las mezclas de aire con menos de 4.5% y más de 14.5% de metano no son inflamables ni explotarán; aún en presencia de una fuente de ignición, sin embargo, a nivel práctico deberá desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva



---

---

**Calibración de las alarmas en los detectores de mezclas explosivas:**

Punto 1 = 20% del LIE.- Alarma visual y audible de presencia de gas en el ambiente.

Punto 2 = 60% del LIE.- Se deberán ejecutar acciones de paro de bombas, bloqueo de válvulas, etc., antes de llegar a la Zona Explosiva.

**Zona Explosiva.** Las mezclas del gas natural con aire en concentraciones entre 4.5 % y 14.5 % son explosivas, solo hará falta una fuente de ignición para que se desencadene una violenta explosión.

**Medios de Extinción:** Polvo químico seco (púrpura K = bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, fosfato monoamónico) bióxido de carbono, agua esparcida para las áreas circundantes. Apague el fuego bloqueando la fuente de fuga.

**Instrucciones Especiales para el Combate de Incendios:**

a) Fuga a la atmósfera de gas natural, sin incendio:

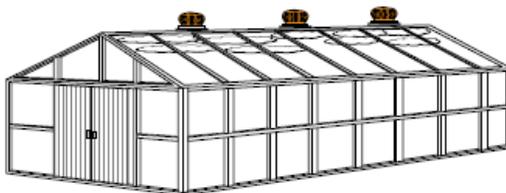
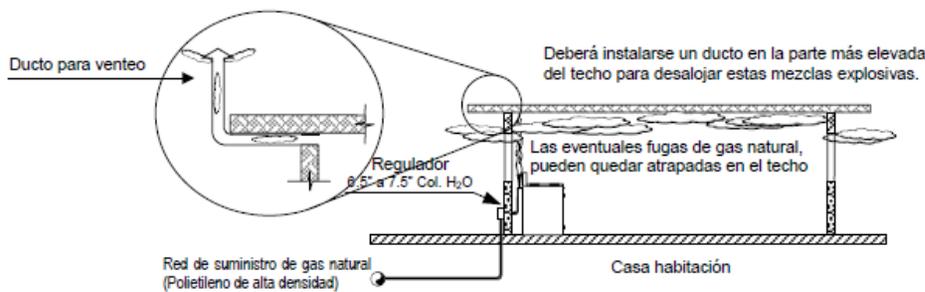
Si esto sucede en un espacio abierto y ventilado el gas natural se disipa fácilmente en las capas superiores del aire ambiente; contrariamente, cuando queda atrapado en la parte inferior de techumbres se forman mezclas explosivas con gran potencial para explotar, y explotarán violentamente al encontrar una fuente de ignición.

Algunas recomendaciones para evitar este supuesto escenario son:

- El gas natural o metano es más ligero que el aire y por lo tanto, las fugas ascenderán rápidamente a las capas superiores de la atmósfera, disipándose en el aire. Las techumbres deberán tener precautoriamente venteos para desalojar las nubes de gas, de lo contrario, lo atraparán riesgosamente en las partes altas.
  - Verificar anticipadamente por medio de pruebas y auditorías que la integridad mecánica y eléctrica de las instalaciones están en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento):
    - Especificaciones de tubería (válvulas, conexiones, accesorios, etc.) y prácticas internacionales de ingeniería.
    - Detectores de mezclas explosivas, calor y humo con alarmas audibles y visuales.
    - Válvulas de operación remota para aislar grandes inventarios, entradas, salidas, etc., en prevención a posibles fugas, con actuador local o desde un refugio confiable (cuarto de control de instrumentos).
    - Redes de agua contra incendio permanentemente presionadas, con los sistemas de aspersión, hidrantes y monitores disponibles, con revisiones y pruebas frecuentes.
    - Extintores portátiles.
  - El personal de operación, mantenimiento, seguridad y contra incendio deberá estar capacitado, adiestrado y equipado para manejar, reparar, cuidar y atacar incendios o emergencias, demostrables a través de simulacros operacionales (falla eléctrica, falla de aire de instrumentos, falla de agua de enfriamiento, rotura de ducto de transporte, etc.) y contra incendio.
- b) Incendio de una fuga de gas natural:
- Active el Plan de Emergencia según la magnitud del evento.

- ❑ Asegúrese que el personal utilice el equipo de protección para combate de incendios.
- ❑ Proceda a bloquear las válvulas que alimentan la fuga y ejecute los movimientos operacionales de ataque a la emergencia mientras enfría con agua las superficies expuestas al calor, ya que el fuego, incidiendo sobre tuberías y equipos provoca daños catastróficos.

**Peligro de Incendio y Explosión:** El gas natural y las mezclas de éste con el aire son más livianos que el aire, por lo que rápidamente ascenderán a las capas superiores de la atmósfera; estas mezclas son explosivas. En una casa, habitación, o techumbre industrial, una fuga de gas natural asciende hacia el techo, y si éste no tiene salida por la parte más alta, se quedará atrapado como se muestra en los dibujos (abajo), parte del gas sale por las ventanas y puertas hacia la atmósfera exterior, y otra parte se queda “atrapada” en la parte inferior del techo y en el momento en que se produzca alguna chispa (al energizar algún extractor, ventilador o el alumbrado) se producirá una violenta explosión.



Prever que las naves industriales, los almacenes y las bodegas cuenten con extractores de tiro natural.

En caso de fuga, el gas natural saldrá por las partes más altas de las techumbres.

## 5. RESPUESTA EN CASO DE FUGA

**Fuga en Espacios Abiertos:** Proceda a bloquear las válvulas que alimentan la fuga. El gas natural se disipará fácilmente. Tenga presente la dirección del viento.

**Fuga en Espacios Cerrados:** Elimine precavidamente fuentes de ignición y prevenga venteos para expulsar las probables fugas que pudieran quedar atrapadas.

## 6. PRECAUCIONES PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Todo sistema donde se maneje gas natural debe construirse y mantenerse de acuerdo a especificaciones para asegurar su integridad mecánica y estar protegido de daños físicos. En caso de fugas en un lugar confinado, el riesgo de incendio/explosión es muy alto.

**Precauciones en el Manejo:** Evite respirar altas concentraciones de gas natural. Procure la máxima ventilación para mantener las concentraciones de exposición por debajo de los límites recomendados. Nunca busque fugas con flama o cerillos. Utilice agua jabonosa o un detector electrónico de fugas.

## 7. CONTROLES CONTRA EXPOSICION / PROTECCION PERSONAL

**Controles de Ingeniería:** Utilice sistemas de ventilación natural en áreas confinadas, donde existan posibilidades de que se acumulen mezclas inflamables. Observe las normas eléctricas aplicables para este tipo de instalaciones (NFPA-70, "Código Eléctrico Nacional").

**Equipo de Protección Personal:** Es obligatorio el uso del uniforme de trabajo durante toda la jornada:

- Casco; para la protección de la cabeza contra impactos, penetración, shock eléctrico y quemaduras.
- Lentes de seguridad; para protección frontal, lateral y superior de los ojos.
- Ropa de trabajo: Camisola manga larga y pantalón o coverall de algodón 100 % y guantes de cuero.
- Botas industriales de cuero con casquillo de protección y suela antiderrapante a prueba de aceite y químicos.

Evite el contacto de la piel con metano en fase líquida ya que se provocarán quemaduras por congelamiento.

**Protección Respiratoria:** Utilizar líneas de aire comprimido con mascarilla, o aparatos autocontenidos para respiración (SCBA o Aqualung) ya que una mezcla aire+metano es un aire deficiente en oxígeno y asfixiante para respirarlo. La mezcla puede también ser explosiva, requiriéndose aquí, precauciones extremas, ya que si se encuentra una fuente de ignición, explotará.

## 8. PROPIEDADES FISICAS / QUIMICAS

Fórmula Molecular	Mezcla (CH <sub>4</sub> +C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> +C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )
Peso Molecular	18.2
Temperatura de Ebullición @ 1 atm	-160.0 °C
Temperatura de Fusión	-182.0 °C
Densidad de los Vapores (Aire=1) @ 15.5 °C	0.61 (Más ligero que el aire)
Densidad del Líquido (Agua=1) @ 0°/4 °C	0.554
Relación de Expansión	1 litro de líquido se convierte en 600 litros de gas
Solubilidad en Agua @ 20 °C	Ligeramente soluble (de 0.1 @ 1.0%)
Apariencia y Color	Gas incoloro, insípido y con ligero olor a huevos podridos (por la adición de mercaptanos para detectar su presencia en caso de fugas de acuerdo a Norma

6/8

## 9. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Estabilidad Química:** Estable en condiciones normales de almacenamiento y manejo.

**Condiciones a Evitar:** Manténgalo alejado de fuentes de ignición y calor intenso ya que tiene un gran potencial de inflamabilidad, así como de oxidantes fuertes con los cuales reacciona violentamente (pentafluoruro de bromo, trifluoruro de cloro, cloro, flúor, heptafluoruro de yodo, tetrafluoroborato de dióxigenil, oxígeno líquido, ClO<sub>2</sub>, NF<sub>3</sub>, OF<sub>2</sub>).

**Productos Peligrosos de Descomposición:** Los gases o humos, productos de su combustión son: el bióxido de carbono y el monóxido de carbono (gas tóxico).

**Peligros de Polimerización:** No polimeriza.

## 10. INFORMACION TOXICOLOGICA

El gas natural es un asfixiante simple que no tiene propiedades peligrosas inherentes ni presenta efectos tóxicos específicos, pero actúa como excluyente del oxígeno para los pulmones. El efecto de los gases asfixiantes simples es proporcional al grado en que disminuye el oxígeno en el aire que se respira. En altas concentraciones pueden producir asfixia.

## 11. INFORMACION ECOLOGICA

El gas natural es un combustible limpio, de los que menos efectos adversos provoca a la atmósfera. Sus fugas están consideradas dentro del grupo de Gases de Efecto Invernadero que son los causantes del fenómeno de calentamiento global de la atmósfera. Sin embargo, ni en forma pura ni sus productos de combustión (prácticamente CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>), contienen ingredientes que destruyen la capa de ozono. Su combustión es más eficiente y limpia por lo que se considera un combustible ecológico que responde satisfactoriamente a los requerimientos del INE, SEMARNAP y la Secretaría de Energía, así como a la normatividad que entró en vigor a partir de 1998.

## 12. DISPOSICION DE LOS RESIDUOS

El gas natural no deja residuos.

## 13. INFORMACION SOBRE SU TRANSPORTACION

Nombre Comercial	Gas Natural
Identificación *DOT	UN 1971 / UN 1972 (UN: Naciones Unidas)
Clasificación de Riesgo *DOT	Clase 2; División 2.1
Leyenda en la etiqueta	GAS INFLAMABLE

\*DOT: (Departamento de Transporte de los Estados Unidos).

<sup>1</sup> "Requisitos Mínimos de Seguridad para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento e Inspección de Tuberías de Transporte".  
7/8



UN 1971 = Número asignado por DOT y la Organización de Naciones Unidas al gas natural. (El número UN 1972 lo asignan al gas natural licuado; refrigerado).  
2 = Clasificación de Riesgo de DOT

## 14. REGULACIONES

*Leyes, Reglamentos y Normas:* La cantidad de reporte del gas natural es de 500 kg, de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

## 15. INFORMACION ADICIONAL

Las instalaciones, equipos, tuberías y accesorios (mangueras, válvulas, conexiones, etc.) utilizados para el almacenamiento, manejo y transporte de gas natural deben diseñarse, fabricarse y construirse de acuerdo a las normas aplicables y mantenerse herméticos para evitar fugas. Es un crimen dejar escapar el gas.

El suministro de gas natural, para quemarse en las fuentes fijas, se hace a través de ductos subterráneos de transporte y distribución. Se suministra en diferentes rangos de presión (4-32 kg/cm<sup>2</sup>) y temperatura (8-38 °C) a la industria y a redes de distribución comercial y doméstica, donde se utiliza para:

- Generación de energía eléctrica (termoeléctricas).
- Generación de vapor.
- Hornos y calentadores de fuego directo.
- Turbo-maquinaria (turbo-compresores y turbo-bombas).
- Estaciones abastecedoras de gas natural para carburación de motores (tractores agrícolas, automotores, camiones, etc.). Se utilizan dos sistemas: gas natural comprimido (temperatura ambiente y presión máxima de 210 kg/cm<sup>2</sup>) y gas natural licuado a 6.3 kg/cm<sup>2</sup> y temperatura de -140°C con tanques termo.
- Usos domésticos y comerciales.
- En la industria petroquímica se utiliza principalmente como materia prima para producir amoníaco y metanol.

Se requiere que el personal que trabaja con gas natural sea entrenado apropiadamente en los procedimientos de manejo y operación, de acuerdo a las normas aplicables. La instalación y mantenimiento de los sistemas y recipientes debe realizarse por personas calificadas y entrenadas.

*La información presentada en este documento se considera correcta a la fecha de emisión. Sin embargo, no existe garantía expresa o implícita respecto a la exactitud y totalidad de conceptos que deben incluirse, o de los resultados obtenidos en el uso de este material. Asimismo, el productor no asume ninguna responsabilidad por daños o lesiones al comprador o terceras personas por el uso indebido de este material, aún cuando hayan sido cumplidas las indicaciones de seguridad expresadas en este documento, el cual se preparó sobre la base de que el comprador asume los riesgos derivados del mismo.*

FECHA DE ELABORACION: Septiembre 2002

## Anexo No. 5 DATOS DE REGISTRO DE LA EMPRESA

DATOS DE REGISTRO								
1) NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA QUE SOLICITA EL TRÁMITE <sup>3</sup>			B.RFC					
2) NÚMERO DE REGISTRO DEL SIEM*		3) CÁMARA A LA QUE PERTENECE, NÚMERO DE REGISTRO Y FECHA*						
4) ACTIVIDAD PRODUCTIVA PRINCIPAL DEL ESTABLECIMIENTO <sup>4</sup>		CLAVE CMAP	CÓDIGO AMBIENTAL (CA) <sup>5</sup>					
5) DOMICILIO DEL ESTABLECIMIENTO Parque o Puerto Industrial ( ) Especifique cual: _____ Centro Poblado ( ) Calle: _____ No. Exterior y No. Interior o No. de Manzana y Lote: _____ Colonia: _____ Localidad (excepto D.F.): _____ Código Postal: _____ Municipio o Delegación: _____ Entidad Federativa: _____ Teléfonos: _____ Fax: _____ Correo Electrónico: _____								
6) DOMICILIO PARA OÍR Y RECIBIR NOTIFICACIONES (En caso de ser distinto al del establecimiento). Calle: _____ No. Exterior y No. Interior o No. de Manzana y Lote: _____ Colonia: _____ Municipio o Delegación: _____ Código Postal: _____ Entidad Federativa: _____ Teléfonos: _____ Fax: _____ Correo Electrónico: _____								
7) FECHA DE INICIO DE OPERACIÓN: <sup>1</sup> Día <input type="text"/> <input type="text"/> Mes <input type="text"/> <input type="text"/> Año <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>								
8) NÚMERO DE TRABAJADORES EQUIVALENTE <sup>6*</sup> Empleados: _____ Obreros: _____ Total: _____		9) TOTAL DE HORAS SEMANALES TRABAJADAS EN PLANTA*: _____						
10) NÚMERO DE TRABAJADORES PROMEDIO, POR DÍA Y POR TURNO LABORADO* (Considerar un turno por cada horario diferente. No deje espacios vacíos. Si no hay información, anote NA / no aplica).								
(1) Turnos		Número de trabajadores promedio						
No.	Horario	L	M	M	J	V	S	D
1								
2								
3								
11) ¿ES MAQUILADORA DE RÉGIMEN DE IMPORTACIÓN TEMPORAL?* Si ( ) No ( )		12) ¿PERTENECE A UNA CORPORACIÓN?* Si ( ) No ( ) Indique cual: _____						
13) PARTICIPACIÓN DE CAPITAL*: Sólo nacional ( ) Mayoría nacional ( ) Mayoría extranjero ( ) Sólo extranjero ( )								
14) NÚMERO DE EMPLEOS INDIRECTOS A GENERAR*:		15) INVERSIÓN ESTIMADA (M.N.):*						
16) NOMBRE DEL GESTOR O PROMOVENTE (Anexar carta poder en hoja membretada del establecimiento industrial y firmada por su representante legal)			RFC					

<sup>3</sup> Anexar fotostática.

<sup>4</sup> Esta sección será llenada por la SEMARNAT. Presente copia fotostática simple del documento probatorio, por ejemplo, licencia estatal o municipal, documento de radicación de impuestos, alta en secretarías de estado, licencia de uso de suelo.

<sup>5</sup> Esta sección será llenada por la SEMARNAT.

<sup>6</sup> Es el número que resulta de dividir entre 2000 el total de horas trabajadas anualmente, considerando por separado empleados y obreros, para luego sumar el total.

\* Esta información es opcional para el particular.

\*\* En caso de presentar Estudio de Riesgo deberá anexarse una hoja membretada, de la empresa encargada de la elaboración del estudio. En la cual se deberá señalar el nombre de la misma, su domicilio, el nombre del responsable de la elaboración del estudio, su puesto y firma.