

Atlas de Riesgos por Fenómenos Naturales y Químicos del Municipio de Tecolotlán, Jalisco.

CAPÍTULO 7: IDENTIFICACIÓN DE AMENAZAS, PELIGROS, VULNERABILIDADES Y RIESGOS ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN QUÍMICO.



INSTITUTO DE
INFORMACIÓN
ESTADÍSTICA Y
GEOGRÁFICA



DESARROLLO
ECONÓMICO

CONTENIDO

7	CAPÍTULO SÉPTIMO: Identificación de peligros ante fenómenos perturbadores de origen Químico.	2
7.1	Análisis de peligros por el transporte de sustancias y residuos peligrosos.	2
7.1.1	Antecedentes.....	2
7.1.2	NOM-002-STC/2011	2
7.1.3	Objetivos.....	6
7.1.4	Descripción del Sistema.....	6
7.1.5	Clases del riesgo del material transportado e identificación de peligros.	14
7.1.6	Análisis de consecuencias.....	19
7.2	Análisis de Peligros por el Almacenamiento y manejo de sustancias y residuos peligrosos.	22
7.2.1	Identificación de peligros químicos a nivel municipal.....	22
7.2.2	Identificación de instalaciones industriales que manejan sustancias peligrosas. 24	
7.2.3	Identificación de sustancias peligrosas almacenadas.	32
7.2.4	Ubicación en un mapa del municipio de las empresas que almacenan sustancias peligrosas.	36
7.2.5	Trazado de áreas de peligro	39
7.2.6	Análisis de consecuencias.....	43
7.3	Referencias Bibliográficas.	54

7 CAPÍTULO SÉPTIMO: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS ANTE FENÓMENOS PERTURBADORES DE ORIGEN QUÍMICO.

7.1 Análisis de peligros por el transporte de sustancias y residuos peligrosos.

7.1.1 ANTECEDENTES.

El transporte por cualquier medio de sustancias que, por sus características fisicoquímicas (corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas) son consideradas peligrosas, implica considerar las condiciones materiales en que se realiza y las consecuencias de un accidente o falla con dispersión al medio ambiente de esos materiales. Para asegurar criterios mínimos de seguridad en el transporte por ducto, carretera, ferrocarril o vía marítima, se han establecido normas, leyes y reglamentos.

7.1.2 NOM-002-STC/2011

Un breve ejemplo del marco legal actual del transporte de sustancias peligrosas es la NOM-002-STC/2011, la cual tiene como objetivo identificar y clasificar las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados, así como disposiciones especiales a que deberá sujetarse su transporte, instrucciones de envase y embalaje, métodos de envase y embalaje e instrucciones para el uso de unidades de transporte, entre otros. Se trata de una norma de carácter obligatorio para expedidores, transportistas y destinatarios de las sustancias y materiales peligrosos, transportados por las vías generales de comunicación terrestre, aérea y marítima.

Esta norma clasifica las sustancias y materiales peligrosos en 9 clases y 16 subdivisiones, en el presente estudio se detectó transporte de materiales de las clases 1, 2, 3 y 6.

Tabla 7-I. Clasificación de sustancias peligrosas por su comportamiento fisicoquímico y efectos a la salud.

Clase No	Descripción	Subdivisiones
1	Explosivos	6
2	Gases	3
3	Líquidos Inflamables	0
4	Sólidos Inflamables	3
5	Oxidantes y peróxidos orgánicos	2
6	Substancias tóxicas y agentes Infecciosos	2
7	Radiactivos	0
8	Corrosivos	0
9	Substancias que durante el transporte presentan un riesgo los correspondientes a las clases 1 a 8	0

Fuente: NOM-002-STC/2011.

En la circunstancia actual, la principal problemática a nivel nacional se centra en el transporte por ducto. Un reporte reciente menciona que durante 2016 la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) recibió casi 2 mil reportes de derrames de químicos. El 86 % de ellos provocados por tomas clandestinas de ductos de hidrocarburos¹

Para el caso del Municipio de Tecolotlán, el análisis se limita solo al transporte por la carretera federal Mex-080, toda vez que no existen las otras formas de transporte dentro de sus límites.

Según datos del Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales (2014) publicado por el Instituto Mexicano del Transporte, en Jalisco ocurrieron en ese año un total de 1160

¹ Juárez, Blanca, (5 de enero 2017) *Recibe Profepa 2 mil reportes de derrames. La Jornada*, p.31

accidentes, en los cuales fallecieron 260 personas y hubo 1184 lesionados. Las pérdidas ascendieron a un total de 5,367,500 dólares. A nivel nacional, en el 73.2 % de los casos el factor determinante del accidente se debió al conductor, 14.6 % al camino, 6.5 % a agentes naturales y 5.7 % al vehículo. Un caso lamentable ocurrido el 10 de octubre del 2016 en los límites de Jalisco y Nayarit involucró a una pipa transportadora de GLP y un camión de pasajeros en el kilómetro 22 de la carretera Chapalilla-Compostela, en el sur de Nayarit. La pipa de gas volcó e invadió el carril contrario impactándose de frente con el camión de pasajeros provocando la muerte de 12 personas, entre ellas tres menores de edad y 8 resultaron lesionados.

Para la realización del diagnóstico de la siniestralidad de vehículos con transporte de materiales y residuos peligrosos por carreteras federales, es necesario contar con una fuente de información confiable para la obtención de los datos de accidentes; por lo cual se solicitó y se obtuvo la base de datos de accidentes generadas por el Sistema para la Adquisición y Administración de Datos de Accidentes (SAADA). Este sistema ha sido desarrollado por la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte, del Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

En otro estudio ² específico para transporte por carretera de materiales y residuos peligrosos realizado también por el IMT, se encontró que para el periodo analizado, en el 54% los accidentes fueron unitarios, esto es, se involucró un sólo vehículo, por otro lado en el caso de ser accidentes múltiples el vehículo con transporte de materiales y residuos peligrosos es el responsable del 19%. La causa "vehículo" en accidentes con transporte de materiales y residuos peligrosos es 2.5% mayor que en vehículos del SPF.

² Mendoza Sánchez, J.F., Romero González, L.F., Cuevas Colunga, A.C, "Vulnerabilidad de las Carreteras por el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos", México, 2014, IMT, SCT.

La segunda peculiaridad encontrada es la causa "conductor" donde se observa una menor participación de esta causa en los accidentes con transporte de materiales y residuos peligrosos en comparación con los de SPF. Dentro de los factores atribuibles al conductor se encuentra en primer lugar la "velocidad excesiva" (60%), seguido de la "imprudencia o Intención" (15%) y por último la "invasión de carril" (7%).

De acuerdo a sus características las sustancias peligrosas se clasifican con respecto al Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos en 9 categorías, en el estudio citado se identificó la participación de cada una de ellas en los accidentes registrados. Se encontró que la categoría con mayor participación en accidentes es la categoría 3 que corresponde a "líquidos inflamables". Dentro de esta categoría se incluyen a todos los combustibles derivados del petróleo (diésel, gasolina, turbosina), aceites, esmaltes y pinturas, solventes y alcoholes.

Para determinar las áreas y sistemas potencialmente afectables por un accidente en el transporte de materiales y residuos peligrosos, es necesario ubicar el área sensible y determinar el número de personas que residen en ella, basados en los accidentes registrados y los materiales involucrados en el periodo en el estudio. Además, identificar puntos a lo largo del tramo que presenten características específicas como cruce de arroyos, ríos o cuerpos de agua, sinuosidad de los caminos, presencia de eventos climáticos como nieblas, vientos, tolvaneras; también es importante identificar puntos de actividades como entradas y salidas de camiones, zonas con presencia de semovientes, etc.

Para ello fue necesario concentrar el número de accidentes en el municipio y con ello establecer clases de siniestralidad como nula, baja (igual a 1 accidente), media (entre 2 y 5 accidentes) y alta (mayor a 5 accidentes).

La población vulnerable se obtuvo al cuantificar el número de personas viviendo en ellas, dentro de los radios de afectación, por accidente y por sustancia modelada.

Los resultados obtenidos permiten a las autoridades correspondientes tener elementos importantes de discusión para mejorar la normativa en relación al transporte de materiales y residuos peligrosos, sobre el análisis de los diferentes materiales que actualmente circulan por las carreteras en relación al impacto a la salud y al medio ambiente que pueden provocar, y por otro lado en relación a las estrategias relacionadas con la respuesta inmediata para mitigar y contener los daños al medio ambiente derivados de los accidentes carreteros.

7.1.3 OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio es el análisis de riesgo a la población y la planeación de emergencias tendiente a determinar las zona de afectación, población en riesgo, recursos necesarios y posibles afectaciones al medio ambiente, mediante la determinación de la tasa de accidentes, la probabilidad de un incidente y las probabilidades condicionales de cada resultado posible de un incidente, para cada uno de los segmentos que componen las rutas de transporte de materiales y residuos peligrosos en el municipio de Tecolotlán.

7.1.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La carretera federal MEX-080, en el tramo que cruza el Municipio de Tecolotlán, tiene 32 km aproximadamente de longitud desde su ingreso al municipio hasta su punto de salida. Las rutas de transporte de materiales peligrosos tienen su inicio bien en el puerto de Manzanillo, bien en Guadalajara, generándose dos tipos de tránsito: uno que es sólo de transporte a través del municipio y que no implica maniobras de carga y descarga, aunque si de posibles paradas de reabastecimiento de combustible de los camiones transportadores, descanso y alimentación de los conductores o reparaciones, y es en ambos sentidos Manzanillo- Guadalajara o viceversa. Este es el menos importante, puesto que se prefiere para estos fines la ruta Manzanillo-Colima-Guadalajara mucho más segura y rápida, ruta compuesta por las Carretera Federal Directa de Cuota 54-D y la autopista Colima-Manzanillo. Otro aspecto es que el transporte de sustancias peligrosas desde Guadalajara a

poblaciones ubicadas más allá de Tecolotlán, a partir de Juchitlán, necesariamente obliga el paso por el municipio de Tecolotlán.

El otro tipo de tránsito es para abastecer propiamente al municipio de combustibles y otros productos químicos tales como fertilizantes y explosivos utilizados en minería de materiales no metálicos, actividad económica de importancia en el municipio. El punto de origen de estas rutas puede ser el puerto de Manzanillo o bien la Ciudad de Guadalajara.

El transporte de los materiales de la clase 6 (sustancias tóxicas, y agentes infecciosos) es exclusivamente desde las unidades de salud ubicadas en la cabecera municipal hacia la ciudad de Guadalajara.

Para el caso de transporte de hidrocarburos (gasolinas, diésel y GLP principalmente) y otras sustancias peligrosas dependiendo de su punto de origen, los recorridos dentro del municipio son los siguientes:

Tabla 7-II. Distancias recorridas en el interior del Municipio de Tecolotlán en el traslado de sustancias peligrosas.

Sustancia	Punto de Origen	Punto Llegada	Distancia Recorrida, km
Gasolinas y Diésel	Manzanillo	Estación 9925	30.292
		Estación 10291	9.794
		Estación 1616	8.675
	Guadalajara	Estación 9925	1.708
		Estación 10291	22.206
		Estación 1616	23.325
Gas LP	Manzanillo	Planta Distribuidora	9.434

	Guadalajara	Planta Distribuidora	22.566
Fertilizantes	Manzanillo	Cabecera Municipal	8.675
	Guadalajara	Cabecera Municipal	23.325
Agroquímicos	Manzanillo	Cabecera Municipal	8.675
	Guadalajara	Cabecera Municipal	23.325
Explosivos	Manzanillo	Planta Calhida	16.871
		Planta Calfina	17.606
	Guadalajara	Planta Calhida	21.067
		Planta Calfina	21.802
Residuos Peligrosos	Planta	Manzanillo	17.606
	Calfina	Guadalajara	21.802
	Planta	Manzanillo	16.871
	Calhida	Guadalajara	21.067

Fuente: Elaboración propia.

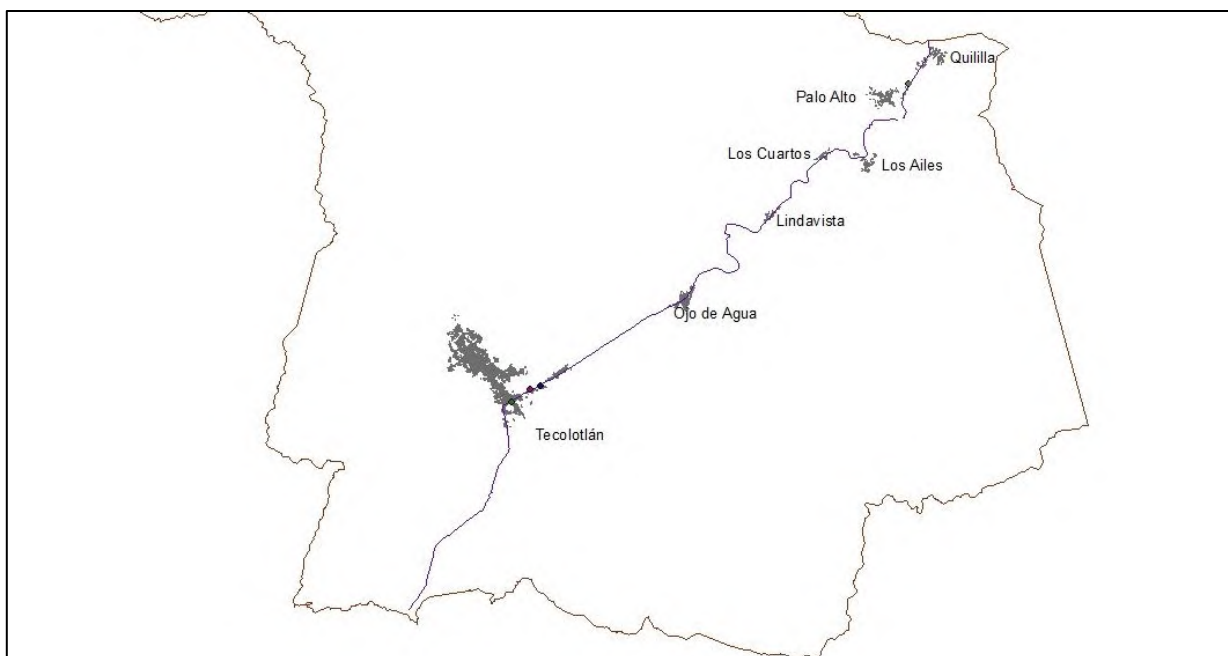
En la imagen que sigue se representa la carretera federal MEX-080 a lo largo del Municipio de Tecolotlán, así como las comunidades cercanas y la cabecera municipal.

7.1.4.1 Perfil topográfico de la carretera MEX-080.

La carretera federal inicia en una cota de 1778 msnm en el punto de entrada al municipio en dirección Guadalajara-Tecolotlán y termina en 1120 msnm en su límite con el Municipio de Juchitlán, esto significa una pendiente promedio de 2.05 %. Los tramos que presentan condiciones de manejo más difíciles son aquellos con pendientes altas y sinuosas. Este tramo, de aproximadamente 14 km, se localiza entre las localidades Palo Alto y Ojo de Agua, lo que significa el 43.91% de la ruta y su pendiente promedio es de 3.6 %. Una circunstancia

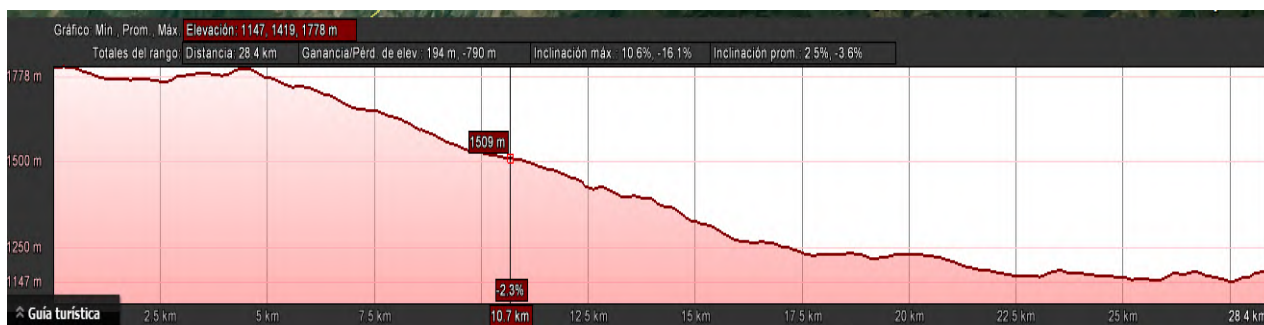
más que dificulta el manejo en este tramo es la presencia de niebla en ciertas épocas del año.

Imagen 7-I. Localización de comunidades sobre la carretera MEX-080.



Fuente: Elaboración propia.

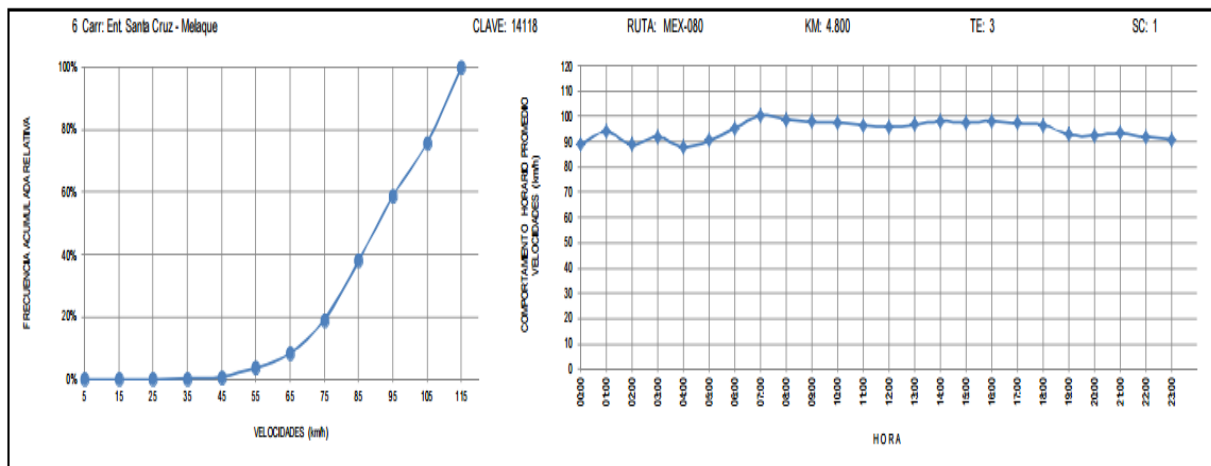
Imagen 7-II. Perfil topográfico de la carretera federal MEX-080 a lo largo del municipio de Tecolotlán.



Fuente: Elaboración propia en base a Google Maps.

7.1.4.2 Velocidades de vehículos.

Gráfico 7-I. Velocidades de vehículos en el km 73.3 de la Carretera federal MEX-080



Fuente: Elaboración propia.

Datos de velocidad tomados en el Km 73.3 de automóviles, autobuses y camiones de carga indican porque el exceso de velocidad es uno de los principales factores de accidentes.

Tabla 7-III. Velocidades promedio de vehículos de diferente tipo en la carretera MEX-080.

Tipo	Promedio, Km/hr	Percentil 85	Percentil 98
Automóviles	98.6	115.8	136.4
Autobuses	90.7	102.1	117.1
Camiones	87.5	101.1	123.3

Fuente: Elaboración propia.

7.1.4.3 Características de los vehículos transportadores.

Los tanques que contienen materiales peligrosos son transportados en camiones unitarios o articulados, variando sus características en función de las necesidades operativas, de distribución y logística. Su capacidad máxima de llenado es de 90 % y su diseño y fabricación debe cumplir con las normas oficiales mexicanas NOM-021/!-SCFI-1993, NOM-021/5-SCFI-1993 y NOM-021/2-SCFI-1993, así como otros estándares internacionales.

Según esta normativa los tanques deberán llevar colocada en lugar visible una placa metálica que ostente indeleblemente los siguientes datos:

- Norma que satisface.
- Nombre y dirección del fabricante.
- Capacidad total en litros de agua.
- Presión máxima permisible de trabajo (presión de diseño), en MPa (kgf/cm²).
- Tara en kg.
- Diámetro interior o exterior, en cm.
- Longitud total, en cm.
- Espesor de la placa del cuerpo, en mm.
- Espesor de la placa de las cabezas, en mm.
- Año de fabricación.
- Si fue radiografiado al 100%, o si fue radiografiado por muestreo.
- Número de serie de fabricación.
- Material de la cabeza.
- Material del cuerpo.
- La leyenda" Este recipiente no debe sujetarse a calentamiento por medios artificiales".

- La leyenda "Este recipiente debe contener gas L.P.; cuya presión de vapor no exceda de 1.20 MPa /12.3 kgf/cm²) a 310.8 (37.8°C).
- La leyenda que identifique que el producto fue hecho o producido en México.

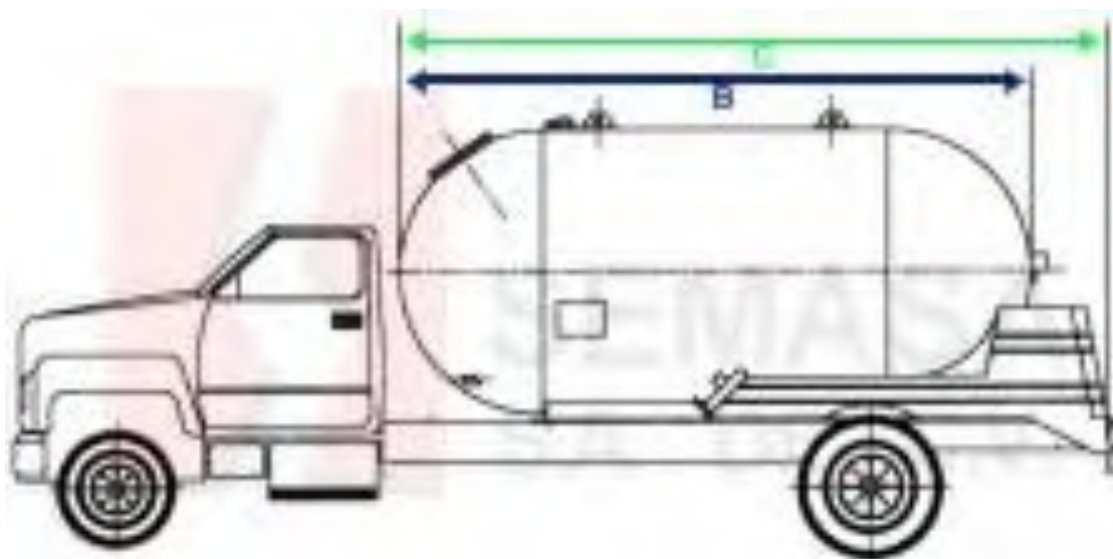
En general, se trata de tanques cilíndricos de acero de alta resistencia, sus dimensiones y capacidades máximas más comunes se enlistan en la tabla siguiente:

Tabla 7-IV. Dimensiones y capacidades de cisternas utilizadas comúnmente para el transporte de hidrocarburos.

Tipo de Vehículo	Volumen (litros)	Diámetro Exterior del Recipiente metros	Longitud Total del Recipiente metros
Doble articulado	110,000	2.35	13.38
Articulado	55,000	2.35	13.28
Camión unitario	25,000	2.35	6.67

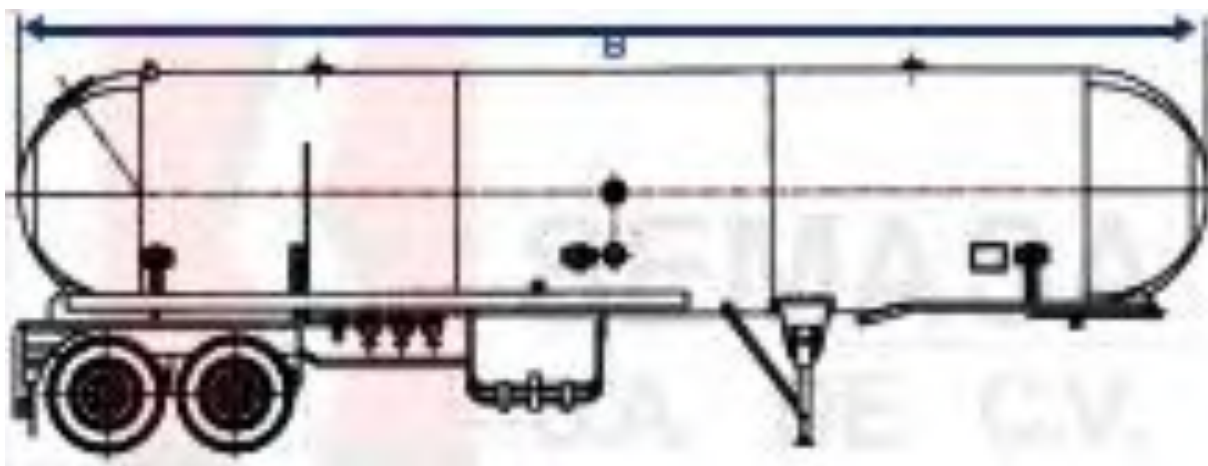
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 7-III. Tanque unitario.



Fuente: SEMASA, S.A. de C.V.

Imagen 7-IV. Tanque articulado.



Fuente: SEMASA, S.A. de C.V.

7.1.5 CLASES DEL RIESGO DEL MATERIAL TRANSPORTADO E IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.

Para los materiales de las clases 1 y 2, esto es, explosivos y gases inflamables, según establece la Norma, las características intrínsecas tendrán prioridad sobre sus características de riesgo secundarias. El nitrato de amonio clase 1, división 1.1D y el gas licuado de petróleo clase 2, división 2.1, caen en este apartado de la norma.

No se permite el transporte de estas sustancias como cantidad exceptuada, su envase y embalaje se apegará a las instrucciones aplicables a los envases y embalajes descritos en la Norma Oficial Mexicana respectiva a peróxidos orgánicos.

El Fenol es un material altamente tóxico, infringe graves daños si se inhala o se tiene contacto cutáneo directo de cualquier tipo, además la norma lo sitúa en la clase II de gases inflamables como riesgo secundario importante.

La gasolina tiene una indicación de riesgo secundario importante como gas inflamable, mientras que al diésel lo clasifica con riesgo secundario como líquido inflamable.

La gasolina que vaya a utilizarse como combustible de motores de automóvil, motores fijos y otros motores de explosión con encendido por chispa, se asignarán a esta designación independientemente de las variaciones de volatilidad.

Los peligros pueden dividirse en tres grupos: los que son causa del accidente, los que se desarrollan durante el accidente e inmediatamente después del mismo y los que hacen que se incremente el nivel de letalidad del percance.

Entre los primeros están:

- Malas condiciones del camino.
- Condiciones atmosféricas inadecuadas para la conducción de vehículos.
- Malas condiciones mecánicas de los vehículos transportadores.
- Deficiente capacitación de choferes.
- Exceso de velocidad.
- Cansancio y/o descuido de choferes.
- Alteración e inestabilidad fisicoquímica de las sustancias transportadas.

Los que se generan durante el accidente mismo:

- Daño a personas e incluso pérdida de vidas
- Liberación de sustancias tóxicas a la atmosfera
- Ondas de calor producidas por un incendio
- Ondas de alta presión producidas por una explosión
- Golpes por proyectiles lanzados desde una explosión

Los que incrementan el nivel de letalidad:

- Condiciones atmosféricas que incrementen la letalidad de un evento
- Presencia de zonas pobladas en la zona del accidente
- Presencia de cuerpos de agua
- Presencia de pastizales y matorrales secos.
- Presencia de materiales incompatibles con la sustancia derramada.
- Presencia de fuentes de ignición.

7.1.5.1 Enumeración de incidentes

Para conocer cuál es la cantidad, de que tipo, los factores involucrados y las consecuencias de los accidentes en la carretera federal MEX-080 en el tramo que corresponde al municipio de Tecolotlán, se solicitó mediante oficio al Instituto Mexicano del Transporte informará del número de accidentes ocurridos entre el año 1990 a 2016, sin embargo, sólo se obtuvo respuesta para los años 2003 a 2015 para los tramos Guadalajara-Entronque Santa Cruz y Entronque Santa Cruz-Barra de Navidad. Interesa aquí el dato de los accidentes ocurridos a partir del Entronque San Cruz-Barra de Navidad.

Tabla 7-V. Accidentes en el transporte de materiales peligrosos ocurridos en la carretera MEX-080 durante el período 2003-2015, tramo Entronque Santa Cruz-Melaque.

Año	Colisiones	Muertos	Lesionados	Tipo de material
2015	3	0	0	Fertilizante Hidrocarburos
2014	1	0	0	Combustóleo
2013	0	0	0	
2012	1	0	0	Gasolina
2011	0	0	0	
2010	2	0	1	Cal Productos minerales
2009	3	0	4	Cal Fertilizante Productos minerales no especificados
2008	0	0	0	
2007	1	0	0	Derivados de Petróleo
2006	0	0	0	
2005	0	0	0	
2004	1	0	1	Cal
2003	3	2	5	Insecticida, envases de gas Gas

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte.

Tomese en consideración que estos percances se dieron a lo largo del tramo Entronque Santa Cruz-Melaque.

Ahora bien, otra estadística importante es la que muestra el número de accidentes por kilómetro del kilómetro 45 + 000 al 90 + 0000, precisamente el tramo de la carretera ubicada sobre el municipio de Tecolotlán. Desafortunadamente sólo se encontró información para los años 2015-2013 y no específica que tipo de vehículo se involucró en el accidente.

Tabla 7-VI. Accidentes ocurridos en entre el Km 45 y el 90 de la carretera MEX-080, periodo 2015-2013.

Km	No de acc.	Veh. Invo.	Clasificación	Muertos	Heridos	Causa
45-50	1	8	Salió del camino volcadura	4	21	Conductor
50-55	3	2 5 1	Salió del camino (3) Volcadura (1)	1	4	Conductor
55-60	4	2 2 10 1	Salió del camino (4) Volcadura (1) Otro vehículo motor en tránsito (2) Objeto fijo (1)	1	15	Conductor
60-65	3	1 3 2	Otro vehículo motor en tránsito (2) Salió del camino (2) Objeto fijo (2)	0	3	Conductor (4) Vehículo (1) Camino (1)
65-70	3	1 1 1	Otro vehículo motor por alcance (1) Otro vehículo motor en tránsito (1) Salió del camino (1)	0	3	Conductor (3)
70-75	3	2 5 1	Peatón (Atropellamiento) Salió del camino Volcadura	1	1	Conductor (8)
75-80						
80-85	2	1 1	Otro vehículo motor en tránsito (2)	0	3	Conductor
85-90	1	1	Otro vehículo motor en tránsito	1	1	Conductor

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte.

En resumen, para los años 2015-2013 el número de accidentes por cada 5 km es:

Tabla 7-VII. Número de accidentes por cada 5 km durante el periodo 2015-2013.

Km	No de accidentes por año			Acc. Totales	Muertos	Lesionados
	2013	2014	2015			
45-50	1	2	2	5	7	26
50-55	3	2	0	5	1	4
55-60	4	3	2	9	5	25
60-65	3	1	0	4	0	6
65-70	3	4	2	9	1	2
70-75	3	1	0	4	1	4
75-80	0	1	0	4	0	0
80-85	2	1	1	4	0	6
85-90	1	1	1	3	1	1
Totales	20	14	8	42	16	74

Fuente: Instituto Mexicano del Transporte.

Como se observa en la tabla anterior, destaca por el número de accidentes, personas fallecidas y lesionadas el tramo del km 55 al 60, el cual inicia aproximadamente a la altura de la comunidad los Ailes y termina un kilómetro más adelante de Buenavista. Otro tramo que destaca por el número de personas fallecidas es el que va del km 45 al 50, así como el que va del km 65 al 70, desde la comunidad de Ojo de Agua hacia la cabecera municipal. En estos 5 kilómetros el alto índice de accidentes se debe a la pendiente del terreno y a que la carretera es una línea recta.

Finalmente, se puede observar que el 68 % de los accidentes se concentra entre los km 45 al 70, esto es, desde la comunidad de Quililla hasta un par de kilómetros antes de llegar a la cabecera municipal.

7.1.6 ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

Dice el manual de CENAPRED³: "El objetivo del análisis de consecuencias es cuantificar el impacto negativo de un evento. Las consecuencias generalmente se miden en términos del número de muertes esperadas, aunque también es posible expresarlos en función del número de lesionados, número de personas evacuadas o de daños a la propiedad. Normalmente se consideran tres tipos de efectos: radiación térmica, ondas de sobrepresión por explosión y exposición a sustancias tóxicas".

El análisis de consecuencias considero un sólo evento en el que se ve involucrado un camión articulado con 55 000 litros de GLP.

El procedimiento tomó en cuenta la cantidad de accidentes ocurridos a la largo de la carretera federal MEX-080 a partir del km 45 +000 al 70 + 000, determinados en el apartado anterior. Se utilizó el software Aloha vr. 5.4.5. Los parámetros ingresados al programa del GLP, atmósfera, fuente y resultados, en este caso para una explosión, se muestran enseguida.

³ Rivera Balboa, R.D, *Metodologías para la evaluación del riesgo en el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos*, México (2002), Secretaría de Gobernación, CENAPRED.

Imagen 7-V. Datos que muestra la pantalla principal de Aloha vr 5.4.5 cuando se efectúa una simulación.

```

SITE DATA:
Location: CRUCERO A COFRADIA DE DUENDE, MEXICO
Building Air Exchanges Per Hour: 0.67 (unsheltered single storied)
Time: January 10, 2017 1548 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: GLP                      Molecular Weight: 51.00 g/mol
AEGL-1 (60 min): 5500 ppm  AEGL-2 (60 min): 17000 ppm  AEGL-3 (60 min): 33000 ppm
LEL: 20500 ppm  UEL: 91500 ppm
Ambient Boiling Point: -50.8° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 3 meters/second from N at 3 meters
Ground Roughness: open country          Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 25° C                  Stability Class: C
No Inversion Height                     Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:
BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank
Tank Diameter: 2.35 meters              Tank Length: 13.28 meters
Tank Volume: 57.6 cubic meters
Tank contains liquid
Internal Storage Temperature: 25° C
Chemical Mass in Tank: 27,331 kilograms
Tank is 95% full
Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
Fireball Diameter: 175 meters           Burn Duration: 12 seconds

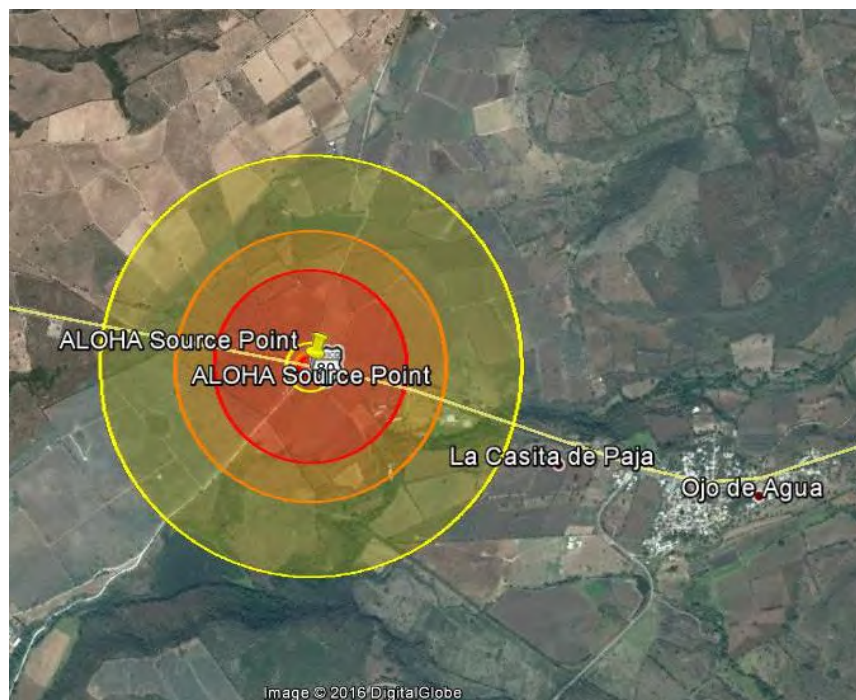
THREAT ZONE:
Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
Red   : 420 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 592 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 922 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

```

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se exportaron a KML, a partir del cual, se realizaron buffers a lo largo del eje de la carretera. De esta manera se obtiene el área total afectable y la magnitud de la afectación para cada zona y cada tipo de escenario.

Imagen 6. Resultados de simulación para un escenario de una explosión de vapores que se expanden al hervir el líquido (BLEVE).



Fuente: Elaboración propia.

Una tabla resumen de los alcances de cada uno de los escenarios se muestra enseguida.

Imagen 7-VI. Alcances según escenario.

Escenario	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Dispersión de nube tóxica	Alcance: 78 metros, 33000 ppm, concentración con efectos peligrosos e incluso la muerte	Alcance: 121 metros 17000 ppm, efectos adversos e irreversibles a la salud e incapacidad para escapar de la zona de peligro	Alcance: 235 metros 5500 ppm, efectos reversibles y no permanentes una vez que termina la exposición al peligro
Radiación térmica	Alcance: 50 metros, 10 KW/m ² , potencialmente letal en 60 segundos de exposición	Alcance: 70 metros 5 KW/m ² , quemaduras de segundo grado en 60 segundos de exposición	Alcance: 108 metro 2 KW/m ² , causa dolor en 60 segundos de exposición.
Explosión	Alcance: 420 metros 10 KW/m ² , potencialmente letal en 60 segundos de exposición	Alcance: 592 metros 5 KW/m ² , quemaduras de segundo grado en 60 segundos de exposición	Alcance: 922 metros 2 KW/m ² , causa dolor en 60 segundos de exposición.

Fuente: Elaboración propia.

7.2 Análisis de Peligros por el Almacenamiento y manejo de sustancias y residuos peligrosos.

7.2.1 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS QUÍMICOS A NIVEL MUNICIPAL.

El correcto manejo de materiales peligrosos ha sido en los últimos años un tema de gran importancia en las áreas de seguridad de todo tipo de empresas, buscando minimizar el riesgo al cual se encuentran expuestos tanto el personal, las instalaciones y el medio ambiente.

La identificación de peligros químicos a nivel municipal resulta de suma importancia para la seguridad de los habitantes, la conservación y cuidado del medio ambiente y la infraestructura con que cuenta el municipio, además el conocimiento de las posibles fuentes de peligro ayuda a establecer sitios que representan mayor peligro en el caso de la ocurrencia de accidentes por lo que según CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres) desarrollar una planeación adecuada para el manejo de una emergencia de origen químico es vital para garantizar el bienestar de la población, la cual incluya las acciones a tomar, los recursos humanos y materiales necesarios, la participación de los diferentes integrantes, los programas de capacitación y simulacros, los sistemas de comunicación y alarma, y la difusión de dicho plan permite planificar acciones y programas de prevención y respuesta ante una contingencia.

Las diferentes propiedades físicas y químicas de las sustancias peligrosas pueden ocasionar efectos adversos al hombre y al entorno donde se fugan, descargan o disponen; para este tipo de sustancias el daño ocasionado puede ser muy difícil de cuantificar, ya que los efectos observados varían en función de la concentración, tiempo y forma de exposición, así como de la toxicidad específica. En el caso particular de la industria dedicada a la producción, transporte, manejo y distribución de gas LP, el riesgo se ha visto incrementado en los últimos años debido a la ubicación de zonas habitacionales en áreas que, en inicio de las

operaciones de muchas empresas, se encontraban totalmente deshabitadas y que funcionaban como “cinturones de seguridad” en caso de que se presentara algún accidente.

La magnitud de las consecuencias, es decir las consecuencias de explosiones, difusión de nubes tóxicas o inflamables, e incendios, se expresan en términos del número de muertos, lesionados o evacuados, daños a las instalaciones y al medio ambiente, así como, en algunos casos, pronósticos que se hacen a largo plazo sobre efectos predecibles, como daños por radiación, quemaduras o efectos crónicos por intoxicación.

Otro aspecto importante es que permite la planificación y crecimiento ordenado de las áreas urbanas, además de determinar las áreas potencialmente peligrosas en caso de un accidente químico.

En resumen, los objetivos del presente estudio son:

1. Localizar las instalaciones industriales que manejan sustancias peligrosas.
2. Identificar las instalaciones de servicios que usan o almacenan materiales peligrosos.
3. Tipo y cantidad de sustancias peligrosas que se manejan.
4. Identificar las propiedades físicas y químicas de las sustancias peligrosas.
5. Identificar las condiciones de almacenamiento.

7.2.2 IDENTIFICACIÓN DE INSTALACIONES INDUSTRIALES QUE MANEJAN SUSTANCIAS PELIGROSAS.

Para la identificación de las instalaciones industriales, de comercio y de servicios se realizó una visita de campo a la cabecera municipal y a sus localidades. En la visita se efectuó una encuesta a los ciudadanos responsables de los sitios donde se almacenan sustancias peligrosas.

Se utilizó por primera vez una cédula elaborada para el propósito por la Unidad Estatal de Protección Civil la cual contiene los siguientes datos:

1. **Consecutivo;** Es un número identificador que se le designa a la ficha por parte de la persona que esté registrado el peligro.
2. **Dependencia y organismo Identificador;** Es el nombre de la dependencia u organismo quien elabora la cédula de peligro
3. **Clave de peligro;** Cada peligro tiene una clave designado por el Centro Nacional de Desastres, mismo que se encuentra en el catálogo de calamidades.
4. **Fecha;** Fecha del día que se elabora la ficha, compuesta por tres espacios, que deben ser llenados de la siguiente manera:
5. **DIA;** anotaré dos dígitos del 01 al 31
6. **MES;** anotaré dos dígitos del 01 al 12
7. **AÑO;** anotaré cuatro dígitos, ejemplo 2002, 1998, 2007, etc.
8. **Hoja No. de control;** Es el número de hoja que se está realizando o consultando de peligro inventariado, ya que habrá peligros que necesiten más de una ficha. Por ejemplo 1 de 2.
9. **Fecha del evento;** Fecha del día de ocurrencia del evento, compuesto por tres campos que deben ser llenados de la siguiente manera:
10. **DIA;** anotaré dos dígitos del 01 al 31

11. **MES;** anotará dos dígitos del 01 al 12
12. **AÑO;** anotará cuatro dígitos, ejemplo 2002, 1998, 2007, etc.
13. **Datos del Domicilio;** Las definiciones de cada uno de los componentes del domicilio se obtuvieron de la Norma Técnica de Domicilios Geográficos.
14. **Nombre del Estado;** Sustantivo propio que identifica a los estados.
15. **Nombre del Municipio;** Sustantivo propio que identifica al municipio o delegación donde se localiza el peligro identificado.
16. **Nombre de la localidad;** Sustantivo propio que identifica a la localidad donde se localiza el peligro identificado.
17. **Tipo de vialidad;** Se refiere a la clasificación que se le da a la vialidad en función del tránsito vehicular y/o peatonal. (Checar norma para conocer la clasificación)
18. **Nombre de vialidad;** Sustantivo propio que identifica a la vialidad, donde se localiza el peligro.
19. **Número exterior;** Son los caracteres alfanuméricos y símbolos que identifican un inmueble en una vialidad.
20. **Tipo de asentamiento humano;** Clasificación que se le da al asentamiento humano. (Checar norma para conocer la clasificación).
21. **Entre vialidad;** Hacer referencia al tipo y nombre de las vialidades entre las cuales se ubica un domicilio geográfico, que corresponden a aquellas vialidades que generalmente son perpendiculares a la vialidad en donde está establecido el domicilio geográfico de interés.
22. **Número interior;** Se refiere a los caracteres alfanuméricos y símbolos que identifican uno o más inmuebles pertenecientes a un número exterior.
23. **Coordenadas;** Se utilizará el sistema de coordenadas UTM (Métricas)
24. **Vialidad posterior;** Hace referencia al tipo y nombre de la vialidad posterior donde se encuentra el domicilio geográfico.
25. **Código postal;** Número que identifica al código postal, constituido por cinco dígitos, obtenido de la información oficial de Correos de México

- 26. Razón social;** Se refiere al nombre legal de una empresa o sociedad comercial que se integra con el nombre real de uno o más miembros, seguido del tipo societario.
- 27. Giro;** Actividad a la que se dedica una empresa
- 28. Identificador;** Es solo para estaciones de servicio (número de ES designado por PEMEX) y polvorines (identificador que le otorga SEDENA).
- 29. Tipo de peligro;** los peligros pueden ser históricos y probables, los históricos son aquellos que ya se han presentado y han generado afectación a la población y los probables son los que aún no han sucedido pero que la población es vulnerable a ellos.
- 30. Aforo;** Se refiere al número de personas que alberga el lugar y pueden ser constantes y flotantes.
- 31. Químico** Espacio donde se registra el nombre las sustancias químicas que almacena la empresa.
- 32. N° de tanque;** Se refiere al número de tanques que alberga la empresa
- 33. Capacidad de almacenamiento;** Se refiere a la capacidad máxima de almacenamiento de cada uno de los tanques.
- 34. Unidad;** Se refiere a la unidad de medición, pueden ser metros, litros, kilogramos, etc.
- 35. Clave y Sub clave de los sistemas afectables;** resulta de vital importancia que se analicen los sistemas que han resultado o pueden resultar dañados por la presencia del peligro que se está inventariando, por lo cual deberá anotar la clave de cada uno de ellos, de acuerdo con el catalogo elaborado por el CENAPRED y UEPCyB. Tenga en cuenta que la clave se encuentra compuesta por dos cifras, formadas por dos dígitos cada una, mismas que deberá localizar en cada celda, ejemplo; 20 05. Lo que significa que se refiere al sistema de vivienda (24) y a casa habitación de adobe (05).
- 36. Cantidad de los sistemas afectables** en este apartado deberá cuantificar la afectación a los sistemas, especificando la unidad de medición, por ejemplo; en el caso de tuberías o líneas de conducción, se anotarán los metros lineales

aproximados y en el caso de superficies como jardines, parques, etc., se anotarán en metros cuadrados o hectáreas.

37. Descripción del peligro y causas del evento Campo donde se expone de forma clara la descripción del peligro, sus características, su comportamiento, las causas del evento, los sistemas afectable y toda la información que considere necesaria para describir al mismo.

38. Población afectada; Se refiere al número de personas que fueron o que pudieran ser afectados por el peligro que se está registrando.

39. Fuente; En este campo se deberá describir la fuente de la información del peligro que se está registrando.


Se identificaron las industrias que manejan sustancias químicas y/o materiales peligrosos en el municipio, obteniendo su dirección y se estableció su ubicación geográfica (latitud y longitud) datos indispensables para geo-referenciar las industrias en un Sistema de Información Geográfica (SIG), esto pudo hacerse con el uso de un GPS (Global Positioning System, sistema de posicionamiento global).

En el municipio se consideraron a las industrias de alimentos, minera, distribuidores de productos agroquímicos, gaseras, estaciones de carburación y gasolineras. De acuerdo con el anexo A.

Al llenado de las encuestas sobre riesgos químicos en el municipio de Tecolotlán se pudo percatar de la poca información y capacitación de los habitantes sobre el riesgo que corren ellos y la población aledaña a la fuente de peligro a la que están expuestos. Si bien tienen el conocimiento de los requerimientos legales del municipio en cuanto al manejo, almacenamiento y desecho de los químicos, les falta concientizar sobre la magnitud del daño al que están expuestos y que se puede llegar a provocar por un mal manejo o almacenamiento de los mismos.

Se obtuvieron de las hojas de seguridad de las sustancias: los nombres, el volumen almacenado, el número CAS (Chemical Abstract Service), el número de Naciones Unidas (UN) y el índice de peligro para la Salud, Inflamabilidad y Reactividad de acuerdo con los estándares de la National Fire Protection Association (NFPA, en español Asociación Nacional de Protección de Incendios), por ejemplo:

Imagen 7-VII. Hoja de seguridad de gas licuado de petróleo



PEMEX
GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA
Av. Marina Nacional No 329, Colonia
Huattec
Pisos 15, 16 y 39 Torre Ejecutiva, y Edificio
3917 (B1), Centro Administrativo
México, D. F. C. P. 11311

**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS**

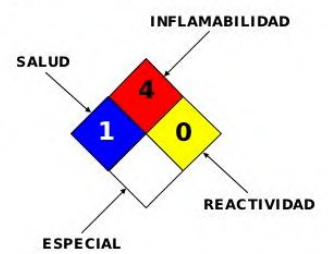
GAS LICUADO DEL PETRÓLEO

(DOT: UN 1075/ UN 1978)

TELÉFONOS DE EMERGENCIA (durante las 24 horas):

PEMEX:	CENTRAL DE FUGAS DE GAS LP:	SETIQ: ¹	SENACOM: ²
Centro de Control del Sistema Nacional de Ductos:	D. F. y Área Metropolitana: 52-77-0175, 52-77-0422, 52-77-0425, 52-77-0653 y 52-77-0723	D. F. y Área Metropolitana: 55-59-1588 En la República Mexicana: 01-800-00-21400	D. F. y Área Metropolitana: 55-50-1496, 55-50-1485, 55-50-1552 y 55-50-4885 En la República Mexicana: 01-800-00-41300

Rombo de Clasificación de Riesgos NFPA-704 ³



GRADOS DE RIESGO:
4. MUY ALTO
3. ALTO
2. MODERADO
1. LIGERO
0. MINIMO

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No Nombre del Producto Nombre Químico Familia Química Fórmula Sinónimos	HDSSQ-LPG Gas licuado comercial, con odorífero Mezcla Propano-Butano Hidrocarburos del Petróleo $C_3H_8 + C_4H_{10}$ Gas LP, LPG, gas licuado del petróleo,
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

¹ Sistema de Emergencia de Transporte para la Industria Química.

² Centro Nacional de Comunicaciones; dependiente de la Coordinación General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación.

³ NFPA = National Fire Protection Association, USA.

Fuente: www.gas.pemex.com.mx/NR/rdonlyres/...FDE6.../HojaSeguridadGasLP_v2007.pdf

Algunos conceptos de uso común en riesgos por sustancias peligrosas son:

Toxicidad se define como la capacidad de una sustancia para causar daño a la salud a un organismo vivo.

El riesgo a la salud o toxicidad está intrínsecamente relacionado con la concentración letal media (CL 50); es la concentración de una sustancia como gas, vapor, neblina, rocío, polvo o humo en aire, calculada estadísticamente, a cuya exposición se espera que mueran el 50% de los animales en experimentación.

- Extremadamente tóxico: < 10 ppm
- Altamente tóxico: 10-100 ppm
- Moderadamente tóxico: 100-1000 ppm
- Ligeramente tóxico: 1000-10,000 ppm
- Prácticamente no tóxico: 10,000-100,000 ppm
- Relativamente inocuo: > 100,000 ppm

Un concepto similar es la *dosis letal* DL₅₀:

- Extremadamente tóxico: < 1 mg/kg
- Altamente tóxico: 1-50 mg/kg
- Moderadamente tóxico: 50-500 mg/kg
- Ligeramente tóxico: 0.5-5 g/kg
- Prácticamente no tóxico: 5-15 g/kg
- Relativamente inocuo: > 15 g/kg

Inmediatamente Peligroso para la Vida y la Salud (IPVS): es una concentración que representa una amenaza inmediata para la vida, y que puede producir efectos adversos irreversibles para la salud en un periodo de 30 minutos, o que puede afectar la capacidad de una persona para escapar de una atmósfera peligrosa.

- Exposición aguda: Se presenta cuando está en contacto un ser vivo con un compuesto tóxico, durante 24 horas o menos, produciendo un efecto nocivo de inmediato
- Exposición crónica: Cuando un ser vivo está en contacto con una sustancia tóxica durante periodos largos de tiempo a dosis bajas, produciendo un efecto nocivo a largo plazo

Inflamabilidad es la capacidad que tienen las sustancias químicas para arder en función de sus propiedades físicas y químicas.

Los rangos de inflamabilidad se clasifican en:

- Límite inferior de inflamabilidad; explosividad inferior: es la concentración mínima de cualquier vapor o gas (% por volumen de aire), que se inflama o explota si hay una fuente de ignición presente a la temperatura ambiente.
- Límite superior de inflamabilidad; explosividad superior: es la concentración máxima de cualquier vapor o gas (% por volumen de aire), que se inflama o explota si hay una fuente de ignición presente a la temperatura ambiente.
- Temperatura de Inflamación (Flash Point): Temperatura mínima a la cual un material empieza a desprender vapores sin que estos sean suficientes para sostener una combustión.
- Temperatura de Ignición: Temperatura mínima a la cual un material desprende suficientes vapores para iniciar y sostener una combustión.

- Temperatura de autoignición: Temperatura mínima a la cual una sustancia entra en combustión sin requerir una fuente de ignición.

La clasificación de los líquidos según sus características de inflamabilidad es:

Tabla 7-VIII. Puntos de ignición y carácter inflamable.

PUNTO DE IGNICIÓN (PI) PUNTO DE EBULLICIÓN (PE)	CLASE	CARACTERÍSTICA
PI < 23 °C PE < 38 °C	IA	EXTREMADAMENTE INFLAMABLE
PI < 23 °C PE ≥ 38 °C	IB	INFLAMABLE
23 °C ≤ PI < 38 °C	IC	INFLAMABLE
38 °C ≤ PI < 60 °C	II	COMBUSTIBLE
60 °C ≤ PI < 93 °C	IIIA	COMBUSTIBLE
PI > 93 °C	IIIB	COMBUSTIBLE

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-IX. Límites de explosividad de diferentes sustancias.

SUSTANCIA	LÍMITE INFERIOR DE EXPLOSIVIDAD, %	LÍMITE SUPERIOR DE EXPLOSIVIDAD; %
GASOLINA	1.3	6
DIESEL	0.7	5.0
GAS LP	1.8	9.3
ACETONA	2.55	12.80
AMONÍACO	15.5	27
ALCOHOL ETÍLICO	3.28	18.95
BUTANO	1.86	8.41

Fuente: Elaboración propia.

Reactividad es la capacidad que tiene una sustancia para liberar energía.

Son sustancias que por impacto o calentamiento pueden sufrir una detonación explosiva, descomposición o cambio químico violento. Ejemplos: peróxidos orgánicos y éter dietílico.

Corrosividad. Las sustancias químicas corrosivas pueden quemar, irritar o destruir los tejidos vivos y material inorgánico. Cuando se inhalan o ingieren, son irritantes de la piel y mucosas. Causan lesiones severas.

- Gases corrosivos: se absorben fácilmente a través del contacto con la piel y por inhalación (NO_2 , CH_3Br).
- Líquidos corrosivos: disuelven la grasa de la piel y muchas veces causan lesiones corporales externas. (HNO_3 , H_2SO_4).
- Sólidos corrosivos: producen lesiones retardadas, se disuelven fácilmente con la humedad de la piel y del aparato respiratorio, (NaOH y KOH).

7.2.3 IDENTIFICACIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS ALMACENADAS.

Una vez localizadas las industrias que manejan y/o almacenan sustancias peligrosas, se procedió a identificar específicamente las sustancias químicas que almacenan las industrias, para lo cual sirvió de guía las tablas donde se enlistan las principales sustancias peligrosas almacenadas en el país por giro industrial.

En la tabla siguiente se exponen las sustancias identificadas con valor de 3 y 4 de los índices de peligro, esto es, salud, inflamabilidad, reactividad.

Tabla 7-X. Sustancias almacenadas en industrias y comercios en Tecolotlán.

Químico	Cantidad	Unidad	Rombo de seguridad		
			Salud	Flamabilidad	Reactividad
Gasolina, diésel	220 000	L	1	3	0
Gas lp	276	L	1	4	0
Diésel	41 000	L	1	3	0
Diésel	200	L	1	3	0
Diésel, gasolina, lubricantes	240 000	L	1	3	0
Gas lp	187 000	L	1	4	0
Diésel, gasolina, Lubricantes	350 850	L	1	3	0
Gas lp	280	L	1	4	0
Gas lp	900	L	1	4	0
Gas lp	20 000	L	1	4	0
Gas lp	295	L	1	4	0
Diésel	5000	L	1	3	0
Gas lp	5000	L	1	4	0
Gas lp.	3000	L	1	4	0
Solución de fenol	20	L	4	2	0
Gas lp	200	L	1	4	0
Gas lp	200	L	1	4	0
Gas lp	200	L	1	4	0
Gas lp	50000	L	1	4	0
Tela	12 000	METROS	1	3	0
Thinner 200 l	200	L	2	3	0
Gas lp	1000	L	1	4	0
Gas lp	300	L	1	4	0
Aceite lubricante	200	L	1	4	0
Gas lp	100	L	1	4	0
Thinner	500	L	2	3	0
Gas lp	1000	L	1	4	0
Gas lp	1000	L	1	4	0
Gas lp	1000	L	1	4	0
Gas lp	1000	L	1	4	0
Thinner, aguarrás	130	L	2	3	0
Thinner 19l	58	L	2	3	0
Gas lp	350	L	1	4	0
Diésel	1100	L	1	3	0

Dinamita (tnt)	500	KG	2	4	4
Nitrato de amonio	500	KG	0	0	3
Fulminante (fulminato de mercurio)	5000	PIEZAS	4	1	4
Nitrato de amonio	500	KG	0	0	3
Nitrato de amonio	500	KG	0	0	3

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla a continuación se enlistan materiales que siendo sustancias o residuos peligrosos, se almacenan en cantidades menores a los 200 kg, y en el rombo de seguridad no rebasan el nivel 2 de peligrosidad. Muchos de ellos son las existencias de pequeños negocios.

Tabla 7-XI. Sustancias peligrosas almacenadas en cantidades menores en negocios en Tecolotlán.

Químico	Cantidad	Unidad	Salud	Flamabilidad	Reactividad
Aceite lubricante	300	L	0	1	0
Aceite lubricante	100	L	0	1	0
Aceite, llantas	20	L	0	1	0
Aceite y llantas	10	L	0	1	0
Aceite, baterías, líquido de frenos	280	L	0	1	0
Herbicidas, insecticidas,	600	L	2	2	0
Anticongelante, aceites, baterías nuevas	165	L	0	1	0
Aceites	602	L	0	1	0
Aceite motor, baterías, líquido frenos.	450	L	0	1	0
Thinner, aceite de motor	110	L	0	1	0
Ácido muriático, aceite lubricante	132	L	0	1	0
Aceite	200	L	0	1	0
Aceite de motor, aerosol	215	L	0	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 7-VIII. Llenado de tanque de diésel en mina de CEMEX.



Fuente: Elaboración propia.

7.2.3.1 Comparación de los volúmenes de almacenamiento con la cantidad de reporte

Las sustancias químicas que se encuentran en el comercio en México contribuyen de manera significativa al desarrollo del país en la medida que son la base de una gran variedad de procesos productivos, permiten el combate a las plagas, satisfacen necesidades domésticas, hacen posible la fabricación de una gran variedad de bienes y son empleadas en multitud de aplicaciones, todo lo cual se traduce en negocios, empleos, ingresos y bienestar social. Sin embargo, la producción/extracción, transformación, importación, almacenamiento, transporte, comercialización, aplicación y disposición final de algunas de estas sustancias, si están dotadas de propiedades peligrosas, pueden tener consecuencias adversas para la salud y el ambiente, si su manejo se realiza de manera irracional y en condiciones que conllevan exposiciones excesivas a ellas.

Para la determinación de las actividades consideradas altamente riesgosas, se partió de la clasificación de las sustancias peligrosas, en función de sus propiedades, así como de las cantidades de reporte correspondiente.

Para la cantidad de reporte se consultó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en la que se enlista el volumen de almacenamiento de las sustancias peligrosas, el cual se comparó con la cantidad encontrada en el municipio (manejo de sustancias tóxicas, publicado el 28 de marzo de 1990 en el Diario Oficial de la Federación) y el Segundo listado Manejo de sustancias inflamables y explosivas, (publicado el 4 de mayo de 1992 en el Diario Oficial de la Federación) de actividades altamente riesgosas, para considerar solamente las sustancias que se almacenen en una cantidad igual o mayor a la cantidad de reporte.

Cabe mencionar que la cantidad de reporte de las sustancias encontradas en el municipio de Tecolotlán no excede la cantidad de reporte para el primer listado ni para el segundo.

7.2.4 UBICACIÓN EN UN MAPA DEL MUNICIPIO DE LAS EMPRESAS QUE ALMACENAN SUSTANCIAS PELIGROSAS.

La ubicación de las empresas que almacenan sustancias peligrosas se realizó con base a una lista preliminar proporcionada por protección civil. Inicialmente, se consideró todo aquel establecimiento que manejara algún tipo de sustancias peligrosa, se registró tipo de sustancia, cantidades almacenadas y se tomaron coordenadas de la industria o negocio visitado. Un ejemplo de los datos recabados se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7-XII. Localización de empresas que almacenan y manejan sustancias peligrosas.

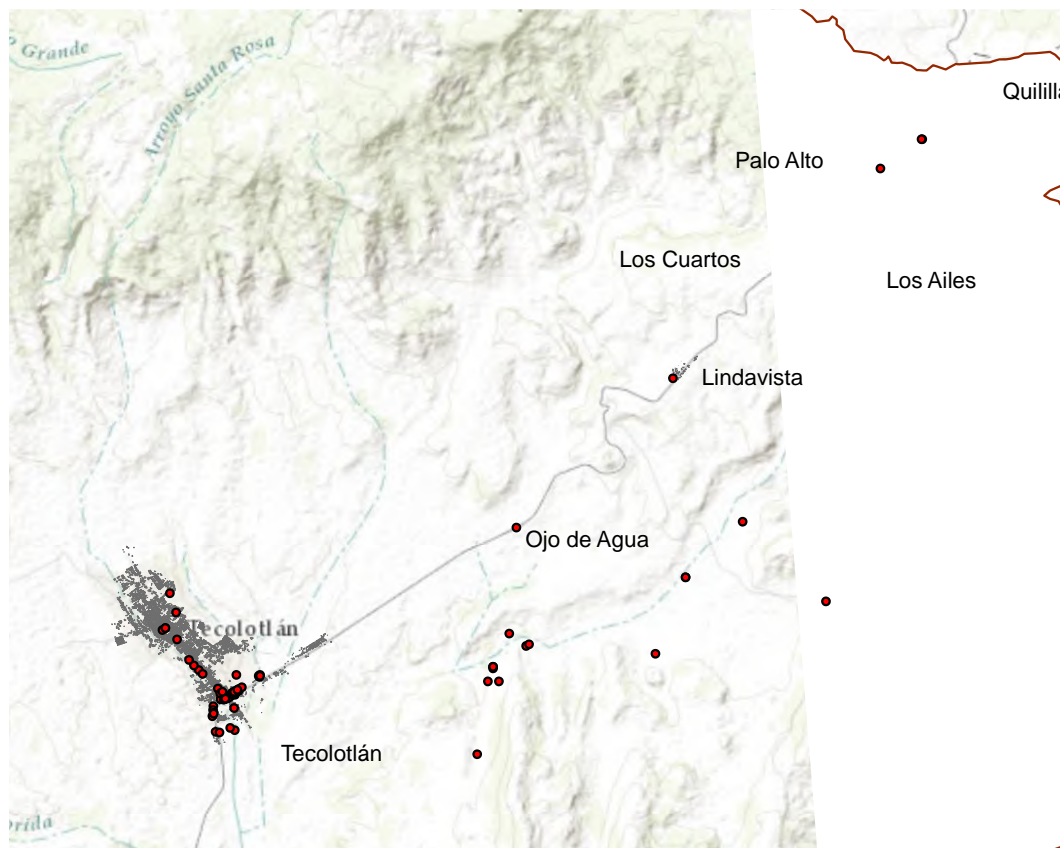
FID	No_	X	Y	Servicio	Nombre
6	7	601096	2233260	Gasera	Gas Licuado S.A. De C.V.
7	0	601089	2233276	Gasera	Gas Licuado S.A. De C.V.
8	0	601112	2233294	Gasera	Gas Licuado S.A. De C.V.
9	0	601112	2233280	Gasera	Gas Licuado S.A. De C.V.
10	8	600465	2232831	Gasolinera1616	Estación De Servicio Alba
11	9	600574	2232910	Llantera	Llantera Oriente
12	10	600606	2232929	Hotel	Hotel Y Restaurante El Rodeo
13	11	600624	2232910	Refaccionaria	Refaccionaria Y Servicios Los Polos
14	12	600650	2232962	Llantera	Llantera AVante
15	13	600181	2232491	Servicios	El Camaronero
16	14	600338	2232818	Llantera	Llantera La Noria
17	15	600512	2232884	Taquería	Tacos

Fuente: Elaboración propia.

El datum de las coordenadas es WGS 84 y su proyección es Transversal de Mercator. El resultado se muestra en la siguiente imagen.

Cabe resaltar una planta de almacenamiento y distribución de gas dentro de la cabecera municipal la cual almacena una cantidad considerable de GAS LP (185 000 Lt) misma que se encuentra a menos de 100 m de casas habitación y de una unidad deportiva siendo que la *Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDG-1996, Plantas de almacenamiento para Gas L.P. Diseño y Construcción* menciona que la tangente de un tanque de gas debe estar a 100 m de casas habitación, escuela, hospital, entre otros y es quizás la fuente de peligro permanente de más cuidado en la cabecera municipal.

Imagen 7-IX. Puntos en rojo lugares en donde se realizó una visita de campo y se levantó una encuesta con cedula elaborada por Protección Civil Estatal.



Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse muchos de los posibles fuentes de peligro están ubicados a lo largo de la carretera federal 80, y se trata de estaciones de servicio y la propia gasera mencionada líneas arriba. Las otras fuentes importantes de peligro son las minas de caliza que manejan explosivos en la zona.

Una imagen de una explosión efectuada es la siguiente.

Imagen 7-X. Detonación en mina de caliza.



Fuente: Elaboración propia.

7.2.5 TRAZADO DE ÁREAS DE PELIGRO

Causas de accidentes químicos y definiciones

Posterior a la identificación de fuentes de peligros se elaboró una lista de las situaciones, eventos o escenarios que poseen el potencial para provocar daños a las personas, las propiedades o el ambiente.

Entre las posibles causas de un accidente en instalaciones industriales se encuentran:

- Fallas mecánicas en el equipo
- Desviaciones de las condiciones normales de funcionamiento
- Falta de mantenimiento
- Deficiencias en la capacitación del personal
- Fallas eléctricas
- Fenómenos naturales.

Los eventos que pueden generarse a partir de un accidente donde se involucran sustancias químicas son fugas, derrames, incendios y explosiones.

Una *fuga* de sustancia química es cualquier emisión de gas en un sistema (tanque, ducto, etc.) suelen generarse principalmente en las conducciones, son causadas por una fractura, ruptura, oxidación, soldadura defectuosa, corrosión, sellado imperfecto o mal funcionamiento de accesorios y dispositivos utilizados en éstos.

Un *derrame* es el escape de cualquier sustancia líquida o sólida en partículas o mezcla de ambos de cualquier recipiente que lo contenga como tuberías, equipos, tanques, camiones cisterna, carros tanque, furgones, etc.

Las consecuencias de cualquier fuga o derramen puede ser una explosión, incendio, dispersión de una nube tóxica y contaminación.

En cuanto a los incendios, se pueden clasificar según la fuente que lo origina en:

- *Incendio dardo de fuego*: Es una fuga de vapores o gases inflamables a presión, por un agujero, una válvula o una tubería seccionada, produciéndose una llama aproximadamente constante hasta agotar el combustible. La llama es estacionaria de gran longitud y poca anchura
- *Incendio de charco*: Como consecuencia del derrame de un líquido inflamable se forma un charco del líquido, por evaporación se generan gases y se produce el incendio.
- *Incendio de bola de fuego*: Se produce cuando la masa evaporada de una sustancia inflamable, tras producirse el estallido de un depósito, asciende en el exterior arrastrando partículas de líquido y entra en combustión.
- *Incendio de llamarada*: Proviene de un derrame de gas o vapores inflamables que forman una nube hasta llegar al punto de ignición. Este tipo de incendio se ve favorecido por el escape permanente del material inflamable con poca dispersión del mismo. En estos casos no hay deflagración y no se produce onda de choque.

Las *explosiones*, por su parte, se originan a partir de una reacción química, por ignición o calentamiento de algunos materiales, provocando la expansión violenta de gases.

Se manifiesta en forma de una liberación de energía y da lugar a la aparición de efectos acústicos, térmicos y mecánicos.

Las explosiones por *nubes de vapor no confinadas (UVCE)* se generan por el escape de una sustancia inflamable (líquido o gas) que forma una nube de considerables dimensiones la cual se incendia produciendo una deflagración. El material inflamable liberado a la atmósfera se encuentra en un espacio abierto. La gravedad de la explosión depende de la cantidad de gas que se encuentre en la nube.

Las explosiones por *la expansión de un líquido en ebullición (BLEVE)* normalmente se origina por un incendio externo que incide sobre la superficie del recipiente a presión, debilitando

su resistencia y causando su ruptura y el escape súbito del contenido. Si el producto es inflamable produce una bola de fuego. La característica fundamental es la expansión explosiva de toda la masa de líquido evaporada aumentando su volumen más de 200 veces. Las explosiones por *nubes de vapor confinadas (VCE)* son explosiones confinadas que ocurren con alguna barrera de contención, por ejemplo suceden en tuberías o recipientes, o dentro de edificios. Originan sobrepresiones superiores a las no confinadas resultando en la destrucción total de los equipos industriales y las edificaciones.

Al ocurrir una explosión la atmósfera circundante se expande violentamente, incrementando su presión, los efectos de esto son:

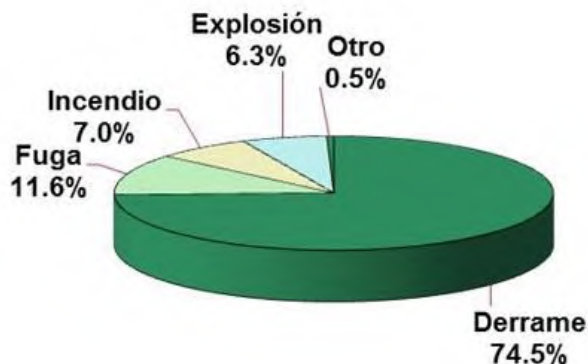
Tabla 7-XIII. Efectos de una explosión.

Incremento de presión, lb/plg ²	Efectos
0.02	Sonido molesto si es de baja frecuencia
0.15	Presión típica de fractura de vidrios
0.3	Distancia segura (probabilidad del 95% de no recibir daño grave)
0.7	Daño menor a la estructura de casas
1	Demolición parcial de casas, quedan inhabitables
2	Colapso parcial de muros y techos de casas
5-7	Destrucción casi completa de casas
9.5	Destrucción total de edificios

Fuente: Elaboración propia.

Las emergencias químicas reportadas a PROFEPA en el período 2000-2012 son en su mayoría derrames y en segundo lugar fugas, como se muestra en la imagen siguiente:

Imagen 7-XI. Tipos de emergencias químicas reportadas a PROFEPA.



Fuente: PROFEPA

7.2.6 ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

El análisis de consecuencias se define como el estudio y predicción cualitativa de los efectos que pueden causar eventos o accidentes que involucran fugas de tóxicos, incendios o explosiones entre otros, sobre la población, el ambiente y las instalaciones.

La evaluación de consecuencias tiene como propósito el determinar el daño potencial provocado por un incidente. La evaluación de consecuencias debe contemplar como mínimo:

1. La cantidad de sustancia liberada.
2. Los procesos físicos y mecanismos de dispersión por los cuales una sustancia puede alcanzar y afectar a las personas próximas al lugar de la fuga, o dañar al ambiente.
3. La cantidad de sustancia, radiación o sobrepresión que pueda alcanzar a las personas, o a propiedades.
4. Los efectos esperados de la sustancia liberada.

Existe una gran variedad de modelos que se utilizan en la evaluación de consecuencias. Los modelos de fuente se emplean para definir cualitativamente un escenario de liberación, estimando: tasa de descarga, cantidad total liberada (o duración de la liberación), extensión de la evaporación de un charco de líquido y formación de aerosoles.

Los modelos de dispersión convierten los resultados de los modelos de fuente en concentraciones viento abajo.

Los modelos de impacto permiten predecir las zonas de afectación debidas a fuego y explosión.

Por ejemplo, un modelo de explosión deberá considerar tres efectos: químico por la formación de nubes tóxicas, un efecto térmico por la radiación térmica y un efecto mecánico por las ondas de presión y proyectiles.

Para determinar y modelar las áreas de peligro por el almacenamiento de GAS L.P., Thinner y Gasolina, se utilizó el Software ALOHA (Area Locations of Hazardous Atmospheres) v.r.5.4.7., link disponible en línea (<https://www.epa.gov/comeo/aloha-software>). Es un programa que emplea en sus cálculos dos modelos de dispersión: un modelo Gaussiano para gases ligeros que ascienden rápidamente y el modelo Degadis para gases densos.

La dispersión describe el proceso por el que una nube de gas tóxica o inflamable se transporta o difunde en la atmósfera, diluyéndose por la entrada de aire dentro de la nube y alejándose de la fuente de emisión e incluye el desplazamiento de la masa en la dirección del viento y su expansión en sentido transversal (horizontal y vertical) al viento.

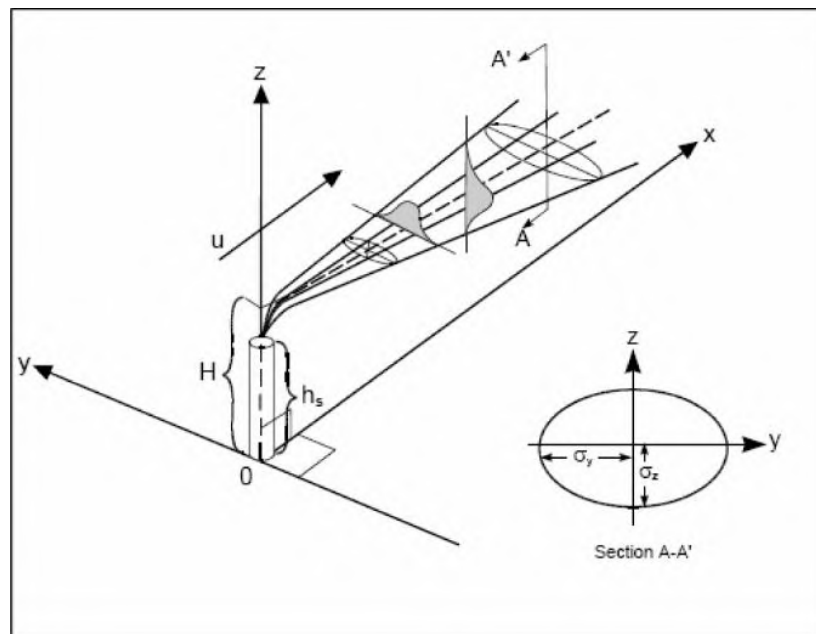
La principal característica que condiciona la dispersión de un gas en la atmósfera es su densidad, de tal forma que existen tres posibilidades:

- Gases con densidad menor al aire
- Gases con densidad igual o muy cercana a la del aire.
- Gases con densidad mayor a la del aire.

Se utilizó el modelo Gaussiano por los tipos de químicos a modelar, este predice la velocidad de emisión de vapores químicos, que escapan a la atmósfera desde tuberías rotas, fugas de tanques, charcos de líquidos tóxicos en evaporación o directamente desde cualquier otra fuente de emisión. Por tanto ALOHA es capaz de estimar como una nube de gas peligrosa podría dispersarse en la atmósfera después de una descarga química accidental.

El modelo gaussiano considera que el perfil de concentración dentro de la pluma sigue una distribución normal, es decir, existe una zona de mayor concentración y dos zonas simétricas en que esta irá disminuyendo paulatinamente hasta alcanzar un valor mínimo.

Imagen 7-XII. Representación esquemática de dispersión gaussiana.



Fuente: Turner (1970)

Las condiciones meteorológicas en el momento de la liberación afectan a la dispersión, principalmente la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica, esta última expresada como un gradiente vertical de temperatura atmosférica. Cuando no se cuenta con datos de gradiente vertical de temperatura se recurre a la propuesta de condiciones de estabilidad atmosférica de Pasquill la cual considera seis categorías de estabilidad:

Tabla 7-XIV. Características de estabilidad atmosférica según Pasquill.

Categoría	Características
A	Condiciones extremadamente inestables
B	Condiciones moderadamente inestables
C	Condiciones ligeramente inestables
D	Condición neutra
E	Condiciones ligeramente estable
F	Condiciones moderadamente estable

Fuente: Frank Pasquill.

Los modelos para incendio calculan la radiación térmica o calor generado por el material.

Los modelos de explosión calculan los radios de las ondas de sobrepresión.

En las deflagraciones la velocidad en que el frente de llamas avanza es inferior a la velocidad del sonido; el tiempo que transcurre entre el inicio y la finalización de la misma, está comprendido entre 100 y 200 milisegundos. En la detonación esta velocidad supera la velocidad del sonido. Lo anterior ocurre en las nubes de vapor no confinadas.

Para determinar y modelar las áreas de peligro por el almacenamiento de GAS L.P., Thinner y Gasolina, se utilizó el Software ALOHA (Area Locations of Hazardous Atmospheres) v.r.5.4.7., link disponible en línea (<https://www.epa.gov/comeo/aloha-software>.)

Es un programa que emplea en sus cálculos dos modelos de dispersión: un modelo Gaussiano para gases ligeros que ascienden rápidamente y el modelo Degadis para gases densos.

ALOHA puede predecir cómo, una nube de gas peligrosa, incendios y explosiones podría dispersarse en la atmósfera después de una carga química accidental que puede modelar.

Para el uso del programa se alimentan los siguientes datos GAS L.P., Thinner y Gasolina.

- Se indica el lugar, hora y fecha del accidente
- Seleccionar el producto químico de interés de la biblioteca de información química en ALOHA (en caso de no existir en la biblioteca, alimentar los datos fisicoquímicos de la sustancia al programa).
- Se introduce información de las condiciones meteorológicas (para las cuales se tomaron como constantes la velocidad del viento en 4m/s, altura de la medición de los datos meteorológicos a 3m y la temperatura a 27°C. Las variables fueron humedad y nubosidad.)
- Descripción del contenedor y la manera en que escapa la sustancia del contenedor.
- Despliega una huella del área de daño, o la concentración de la sustancia sobre un mapa en Google Earth. Lo cual permite determinar los sistemas afectables.

Por ejemplo, para un sitio en el que se encuentra un tanque de GLP los datos necesarios ingresados en el software:

Imagen 7-XIII. Pantalla principal de ALOHA.

ALOHA 5.4.5 - [Text Summary]

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

SITE DATA:
 Location: TECOS3, MEXICO
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.83 (unsheltered single storied)
 Time: November 6, 2016 0926 hours ST (user specified)

CHEMICAL DATA:
 Chemical Name: GLP Molecular Weight: 51.00 g/mol
 AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm
 LEL: 20500 ppm UEL: 91500 ppm
 Ambient Boiling Point: -50.6° C
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
 Wind: 4 meters/second from SSW at 3 meters
 Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 27° C Stability Class: D
 No Inversion Height Relative Humidity: 71%

SOURCE STRENGTH:
 BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank
 Tank Diameter: 1.16 meters Tank Length: 5.04 meters
 Tank Volume: 5,326 liters
 Tank contains liquid
 Internal Storage Temperature: 27° C
 Chemical Mass in Tank: 2,503 kilograms
 Tank is 95% full
 Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
 Fireball Diameter: 79 meters Burn Duration: 6 seconds

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
 Red : 192 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
 Orange: 271 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 422 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Fuente: Elaboración propia.

El resultado se presenta como:

- THREAT ZONE: (GAUSSIAN SELECTED)
 - Model Run: Gaussian
 - Red : 52 meters --- (33000 ppm = AEGL-3 [60 min])
 - Orange: 72 meters --- (17000 ppm = AEGL-2 [60 min])
 - Yellow: 127 meters --- (5500 ppm = AEGL-1 [60 min])

Imagen 7-XIV. Resultado de dispersión de una nube tóxica según modelo gaussiano



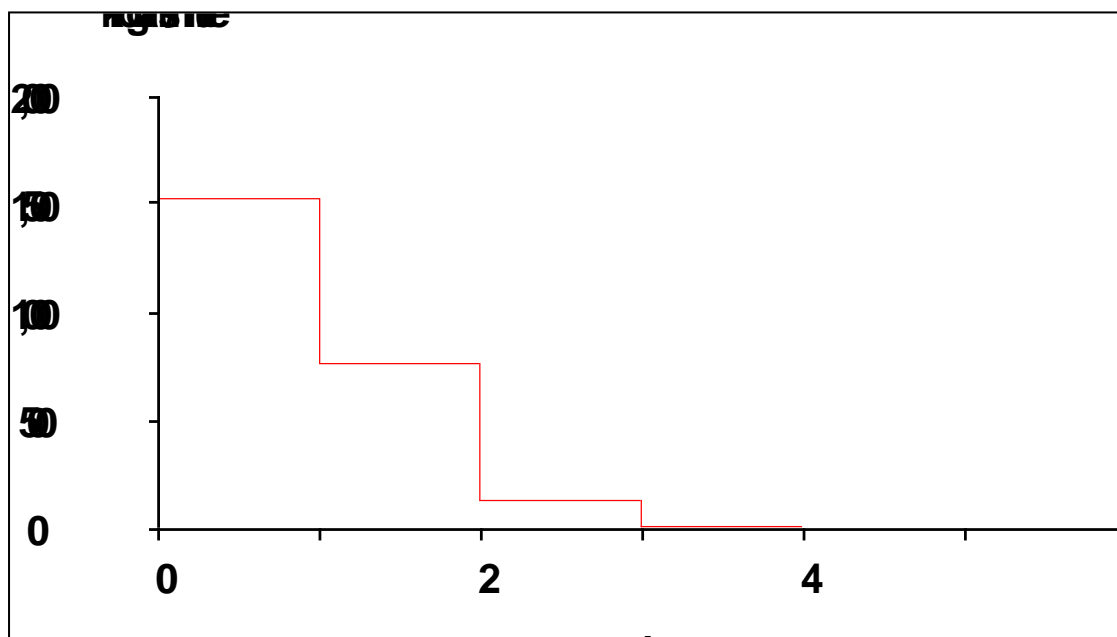
AEGL-2 significa concentración aerotransportada de una sustancia sobre la cual se predice que la población en general, incluyendo individuos susceptibles, podría experimentar

efectos sobre la salud adversos e irreversibles y también incapacidad para escapar en una situación de peligro.

AEGL-1 indica: La concentración aerotransportada de una sustancia sobre la cual predice que la población en general, incluyendo individuos susceptibles, podrían experimentar malestar notable, irritación, o ciertos efectos no sensoriales asintomáticos. Sin embargo, los efectos no provocan daños irreversibles y permanentes después de terminar la exposición al riesgo.

Otro resultado que proporciona ALOHA es la velocidad de liberación del químico según las condiciones de la simulación.

Imagen 7-XV. Velocidad de liberación del gas en Kilogramos/minuto.



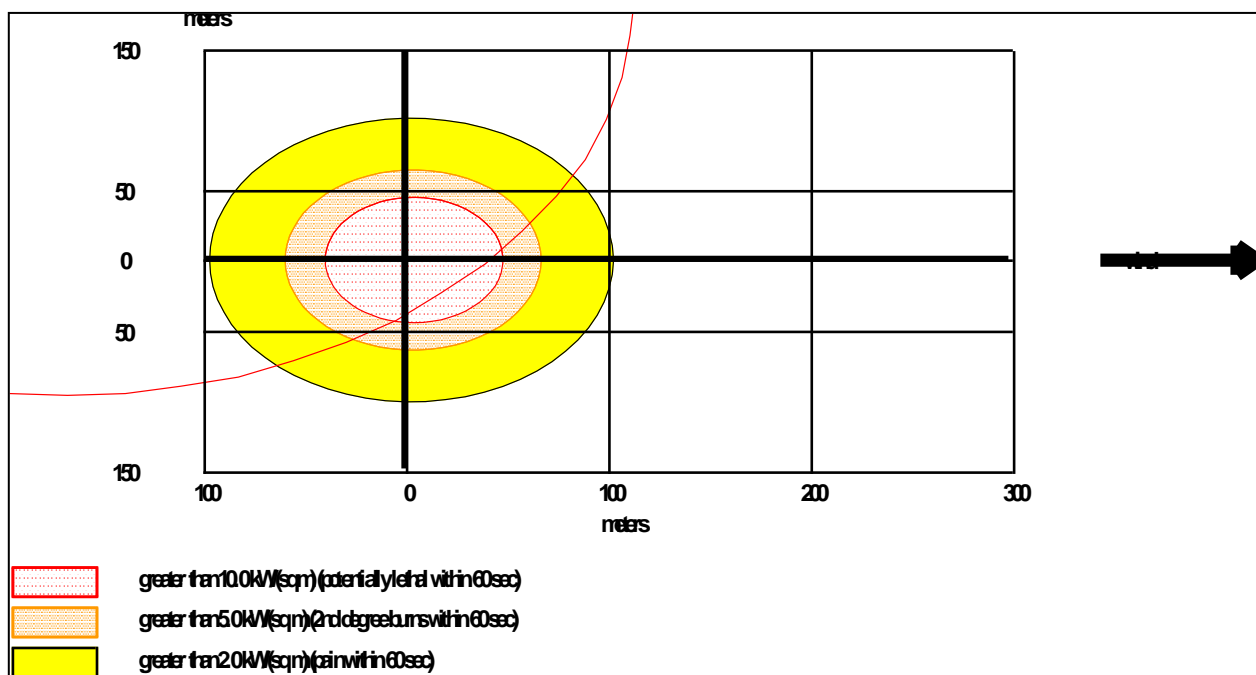
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados para fuga de esta misma fuente en que se incendia el gas como un dardo de fuego y emite radiación térmica en kW/m²:

Modelado: Radiación térmica de un dardo de fuego

- Rojo: 48 metros --- $10.0 \text{ kW/ (m}^2\text{)} = \text{potencialmente letal durante 60 s.}$
- Naranja: 67 metros --- $5.0 \text{ kW/ (m}^2\text{)} = \text{Quemaduras de 2}^\circ \text{ durante 60 s.}$
- Amarillo: 103 metros --- $2.0 \text{ kW/ (m}^2\text{)} = \text{Dolor 60 s.}$

Imagen 7-XVI. Modelación de incendio en forma de dardo de fuego.

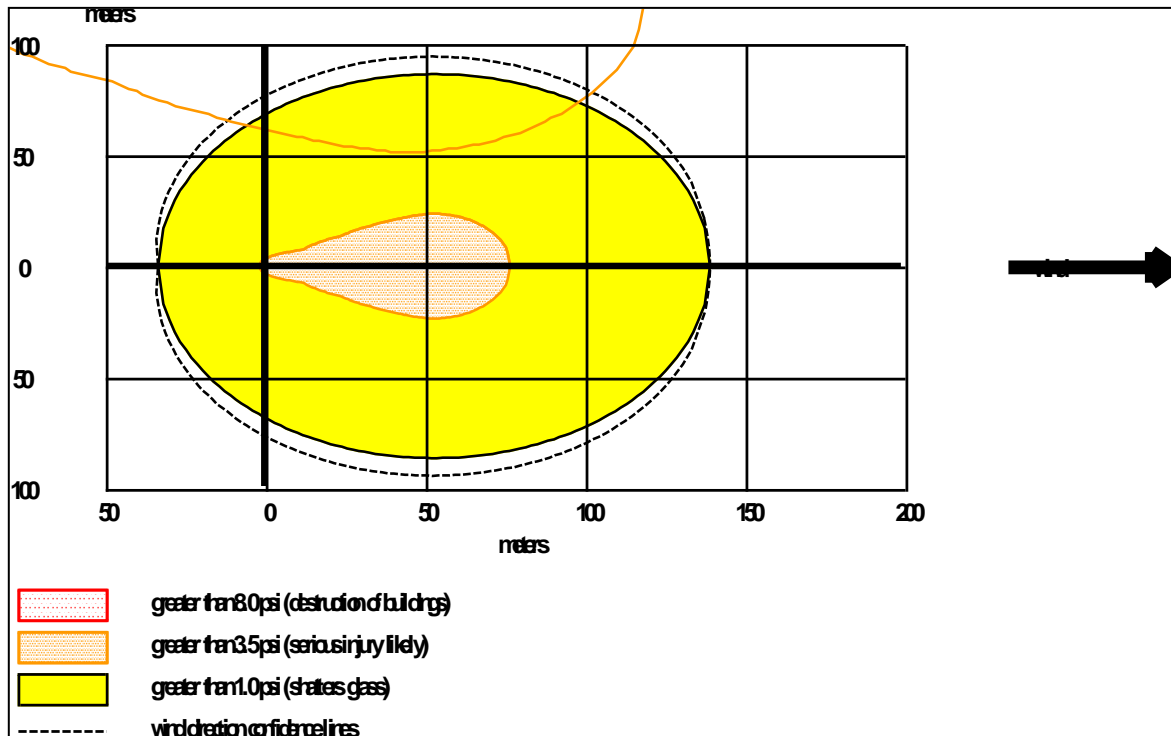


Fuente: Elaboración propia.

Se modeló con ese procedimiento también la explosión de una nube de vapor en área congestionada para la que los resultados son dados en libras/pul²:

- Rojo: LOC nunca fue excedido --- (8.0 psi = destrucción de edificios).
- Naranja: 77 metros --- (3.5 psi = daños de gravedad).
- Amarillo: 139 metros --- (1.0 psi = vidrios rotos).

Imagen 7-XVII. Modelo de explosión de una nube de vapor.



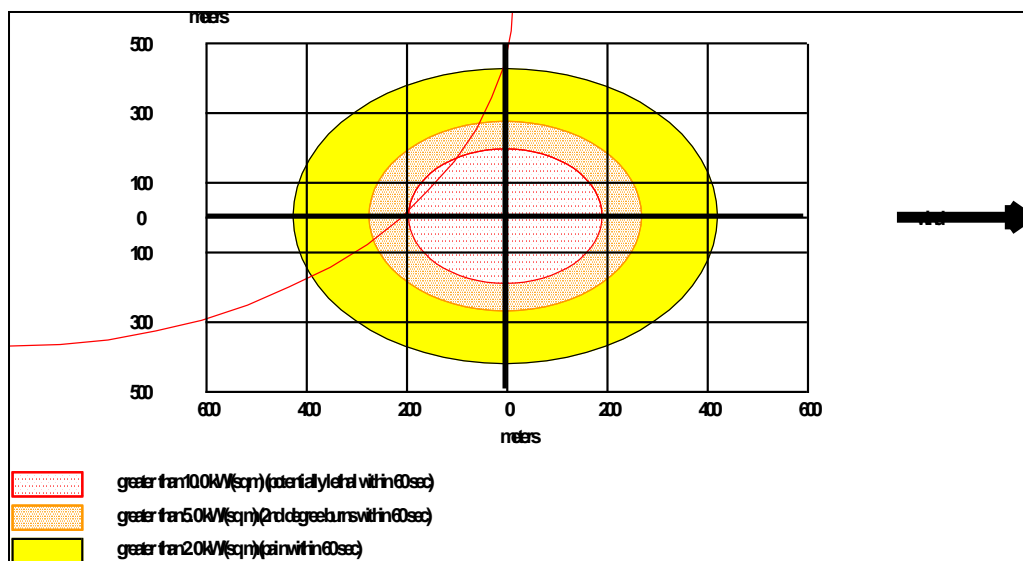
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se modela como *la expansión de un líquido en ebullición BLEVE*:

Modelado: Radiación térmica de una bola de fuego

- Rojo: 192 metros ---- ($10.0 \text{ kW/ (m}^2\text{)}$), potencialmente letal
- Naranja: 271 metros ---- ($5.0 \text{ kW/ (m}^2\text{)}$), quemaduras de segundo grado
- Amarillo: 422 metros ---- ($2.0 \text{ kW/ (m}^2\text{)}$), causa dolor

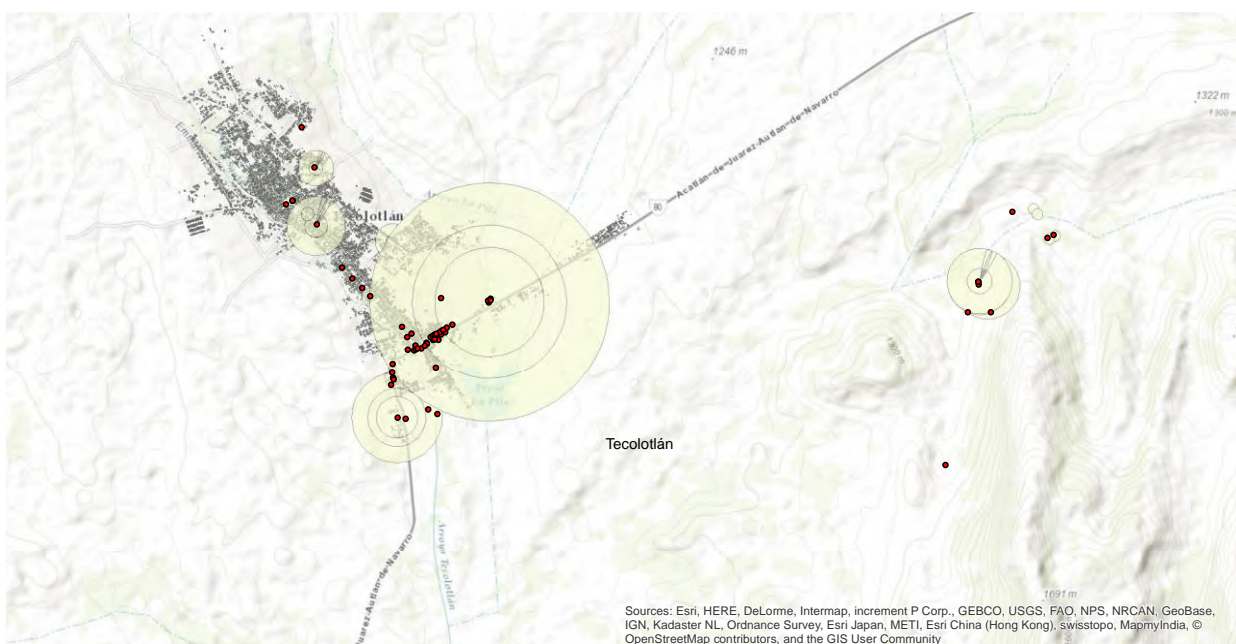
Imagen 7-XVIII. Modelado de una explosión por expansión de un líquido en ebullición.



Fuente: Elaboración propia.

El resultado general de los modelos se presenta en la imagen de peligro.

Imagen 7-XIX. Mapa de peligros por almacenamiento de sustancias peligrosas en Tecolotlán.



Fuente: Elaboración propia.

7.3 Referencias Bibliográficas.

Arcos, M Izcapa Treviño, C. (2014). Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México. México: Secretaría de gobernación ISBN: 970-628-710-0

CENAPRED, Propiedad físico-químicas y características de peligrosidad de las sustancias químicas. México, 2015. CENAPRED.

<http://tramites.semarnat.gob.mx/Doctos/DGGIMAR/Guia/07-008/primerlaar.pdf>

Mendoza Sánchez, Juan F., Romero González, Luis F., Cuevas Colunga Ana C, Vulnerabilidad De Las Carreteras Por El Transporte De Materiales Y Residuos Peligrosos, México, 2012, Instituto Mexicano del transporte.

NOM-018-STPS-2000, Sistema para la Identificación y Comunicación de Peligros y Riesgos por Sustancias Químicas Peligrosas en los Centros de Trabajo. México. 2000, STPS.

www.autlan.gob.mx/archivos/transparencia/normas/NormasFederales/SEDG.pdf

www.gas.pemex.com.mx/NR/rdonlyres/...FDE6.../HojaSeguridadGasLP_v2007.pdf

ÍNDICE DE IMÁGENES, TABLAS Y GRÁFICOS.

Imagen 7-I. Localización de comunidades sobre la carretera MEX-080.	9
Imagen 7-II. Perfil topográfico de la carretera federal MEX-080 a lo largo del municipio de Tecolotlán.	9
Imagen 7-III. Tanque unitario.	13
Imagen 7-IV. Tanque articulado.	13
Imagen 7-V. Datos que muestra la pantalla principal de Aloha vr 5.4.5 cuando se efectúa una simulación.	20
Imagen 7-VI. Alcances según escenario.	21
Imagen 7-VII. Hoja de seguridad de gas licuado de petróleo.	28
Imagen 7-IX. Llenado de tanque de diésel en mina de CEMEX.	35
Imagen 7-X. Puntos en rojo lugares en donde se realizó una visita de campo y se levantó una encuesta con cedula elaborada por Protección Civil Estatal.	38
Imagen 7-XI. Detonación en mina de caliza.	39
Imagen 7-XII. Tipos de emergencias químicas reportadas a PROFEPA.	43
Imagen 7-XIII. Representación esquemática de dispersión gaussiana.	45
Imagen 7-XIV. Pantalla principal de ALOHA.	48
Imagen 7-XV. Resultado de dispersión de una nube tóxica según modelo gaussiano.	49
Imagen 7-XVI. Velocidad de libración del gas en Kilogramos/minuto.	50
Imagen 7-XVII. Modelación de incendio en forma de dardo de fuego.	51
Imagen 7-XVIII. Modelo de explosión de una nube de vapor.	52
Imagen 7-XIX. Modelado de una explosión por expansión de un líquido en ebullición.	53
Imagen 7-XX. Mapa de peligros por almacenamiento de sustancias peligrosas en Tecolotlán.	53

Tabla 7-I. Clasificación de sustancias peligrosas por su comportamiento fisicoquímico y efectos a la salud.	3
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Tabla 7-II. Distancias recorridas en el interior del Municipio de Tecolotlán en el traslado de sustancias peligrosas.	7
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Tabla 7-III. Velocidades promedio de vehículos de diferente tipo en la carretera MEX-080.	10
Tabla 7-IV. Dimensiones y capacidades de cisternas utilizadas comúnmente para el transporte de hidrocarburos.	12
Tabla 7-V. Accidentes en el transporte de materiales peligrosos ocurridos en la carretera MEX-080 durante el período 2003-2015, tramo Entronque Santa Cruz-Melaque.	16
Tabla 7-VI. Accidentes ocurridos en entre el Km 45 y el 90 de la carretera MEX-080, periodo 2015-2013.	17
Tabla 7-VII. Número de accidentes por cada 5 km durante el periodo 2015-2013.	18
Tabla 7-VIII. Puntos de ignición y carácter inflamable.	31
Tabla 7-X. Límites de explosividad de diferentes sustancias.	31
Tabla 7-XI. Sustancias almacenadas en industrias y comercios en Tecolotlán.	33
Tabla 7-XII. Sustancias peligrosas almacenadas en cantidades menores en negocios en Tecolotlán.	34
Tabla 7-XIII. Localización de empresas que almacenan y manejan sustancias peligrosas.	37
Tabla 7-XIV. Efectos de una explosión.	42
Tabla 7-XV. Características de estabilidad atmosférica según Pasquill.	46
Gráfico 7-I. Velocidades de vehículos en el km 73.3 de la Carretera federal MEX-080	10