



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTADES DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

**PROGRAMA MULTIDISCIPLINARIO DE POSGRADO EN
CIENCIAS AMBIENTALES**

**DIAGNÓSTICO DE PELIGRO POR ALMACENAMIENTO DE MATERIALES
PELIGROSOS EN LA ZONA INDUSTRIAL ORIENTE DE LA CIUDAD DE
SAN LUIS POTOSÍ, SLP.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES**

PRESENTA:

I.Q. CLAUDIA YAZMÍN ORTEGA MONTOYA

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. ALFREDO ÁVILA GALARZA**

**COMITÉ TUTELAR:
M.C. RICARDO MEDINA CERDA
DR. JOSÉ DE JESÚS MEJÍA SAAVEDRA
DR. ISRAEL RAZO SOTO**

**PROYECTO REALIZADO EN:
FACULTAD DE INGENIERÍA**

CON FINANCIAMIENTO DE:

**CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT)
BECA-TESIS (230664)**

**LA MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES ESTA INLUIDO EN EL PADRON
NACIONAL DE POSGRADOS DEL CONACYT.**

DIAGNÓSTICO DE PELIGRO POR ALMACENAMIENTO DE MATERIALES
PELIGROSOS EN LA ZONA INDUSTRIAL ORIENTE DE LA CIUDAD DE
SAN LUIS POTOSÍ, SLP.

IQ. Claudia Yazmín Ortega Montoya.

Descargo

La información contenida en el presente trabajo de investigación debe ser usada de manera integral. La autora de esta tesis y su director no se hacen responsables del uso que terceras personas puedan hacer de los contenidos de este documento.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales y a la Universidad Autónoma de San Luís Potosí por permitirme concretar un eslabón más en mi formación profesional.

Al Centro de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luís Potosí por el uso de sus instalaciones y todas las facilidades prestadas para la realización de la presente investigación.

Al Dr. Alfredo Ávila Galarza por su amistad, apoyo y guía durante mi estadía en San Luís Potosí. Su trabajo y dedicación fueron una pieza fundamental para el desarrollo de este proyecto de investigación.

Al Dr. Jesús Mejía Saavedra que con su tiempo y consejos enriquecieron esta investigación y su apoyo fue de un enorme valor a nivel personal.

Al MC Ricardo Medina Cerda por su trato, amistad, compromiso y entrega con el presente trabajo de investigación.

Al Dr. Israel Razo Soto cuya valiosa guía y crítica mejoraron e impusieron nuevos desafíos la presente investigación.

A la Dirección de Protección Civil del Estado de San Luís Potosí por su confianza, apoyo, y recursos que permitieron realizar una pieza clave en el presente trabajo.

A mis profesores, compañeros y personal administrativo del PMPCA porque este logro es un resultado conjunto de mucho esfuerzo y dedicación por consolidar el Posgrado en Ciencias Ambientales.

DEDICATORIA

A Dios

A mis padres Ana María Montoya y Francisco Ortega

A mi familia Ana María, Gabriela, Patricia, Miguel Enrique y Carlos,

A mi sobrino Luis Enrique Lozano Ortega.

A Iván Macareno Olacio.

A mis primos Julián y Cristina Salazar. Y mis sobrinos Aarón y Frida Sofía.

A mis compañeros y amigos del Posgrado: Andrés Jiménez, Angélica Vargas, Antonio Rendón, Cecilia Magaña, Elvia Zapata, Eric Gil, Juan Carlos Torres, Luis Olvera, Nelson Montoya, Noé Aguilar, Paty Díaz, Paulina Guzmán, Sandra Esparza, Sonia Castillo, Yolanda Rodríguez. Su amistad y los momentos que compartimos constituyen uno de los más preciados regalos que me ha dado la vida.

A los amigos que tuve la oportunidad de conocer en San Luis Potosí por su valioso apoyo y amistad: Alejandra Méndez, Bernardo Castro, Diana Aquines, Graciela Hernández, Karla Flores, Maribel Aguirre.

A la familia Ramírez del Bosque, Martínez Martínez, Salazar Montoya,

A mis amigos Tatiana, Anel, Lucero, Martha, Sheiza, Dulce, Ana Luisa, Cristina, Laura, Karla, Mónica, Jairo, Luis, Paloma, José Mario, Sofía, Lily, Nora, Ana Luisita, Hugo, Franz.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA DEL RIESGO QUÍMICO-TECNOLÓGICO. CASO SAN LUIS POTOSÍ.	
1.1. HISTORIA DE INDUSTRIALIZACIÓN EN MÉXICO.	4
1.1.1 INDUSTRIA Y CAPITALISMO.	4
1.1.2 INDUSTRIALIZACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES.	4
1.1.3 MODELO NEOLIBERAL.	5
1.1.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA.	6
1.2. INDUSTRIALIZACIÓN EN SAN LUIS POTOSÍ	7
1.2.1. PORFIRIATO EN SAN LUIS POTOSÍ.	7
1.2.2. POLÍTICA LABORAL Y ACTIVIDAD MANUFACTURERA.	8
1.2.3. ZONAS DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL.	8
1.2.4. LIBRE COMERCIO Y ECONOMÍA.	10
1.3. LA INDUSTRIA Y EL USO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.	12
1.3.1 NORMATIVA MEXICANA.	14
1.3.2. FENÓMENO QUÍMICO TECNOLÓGICO.	16
1.4. RIESGO QUIMICO-TECNOLÓGICO	19
1.4.1. COMPONENTES DEL RIESGO.	19
1.4.2 CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL RIESGO.	20
1.5. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE FENÓMENOS QUÍMICO-TECNOLÓGICOS.	21
1.5.1 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.	21
1.5.1.1 Lista de verificación “Checklist”.	22
1.5.1.2. Método ¿Qué pasa sí? What if?.	23
1.5.1.3. Estudio de riesgo y operabilidad (HAZOP).	23
1.5.1.4. Análisis de modo y efecto de falla (FMEA).	24
1.5.1.5. Análisis de Árboles de Falla.	26
1.5.2. PROBABILIDAD DE OCURRENCIA.	26
1.5.3. ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS.	29
1.6 PROBLEMÁTICA DEL RIESGO EN SAN LUIS POTOSÍ.	30
1.6.1 AMENAZAS QUÍMICO-TECNOLÓGICAS	30
1.6.2 CONSTRUCCIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO.	33
CAPITULO 2 METODOLOGÍA.	
2.1. GENERALIDADES	38
2.2. MODELACIÓN DE CONSECUENCIAS POR ALMACENAMIENTO DE MATERIALES PELIGROSOS.	39
2.2.1. DETERMINACIÓN DEL PEOR CASO PROBABLE DE LA EPA.	39
2.2.1.1 <i>Análisis del peor caso para amoniaco.</i>	40
2.2.1.2. <i>Análisis del peor caso para sustancias inflamables.</i>	41
2.2.2. ANÁLISIS ALTERNATIVO SUSTANCIAS TÓXICAS.	42

2.2.2.1. <i>Determinación del escenario alternativo.</i>	42
2.2.2.2. <i>Modelos gaussianos.</i>	44
2.2.2.3. <i>Consideraciones meteorológicas.</i>	46
2.2.2.4 <i>ALOHA.</i>	47
2.2.2.5 <i>SCRI.</i>	50
2.2.2.6. <i>Confiabilidad de modelos.</i>	50
2.2.2.7. <i>Riesgos tóxicos.</i>	52
2.2.2.8. <i>Límites de exposición.</i>	53
2.3 APLICACIÓN DE LA ENCUESTA INDUSTRIAL	55
2.3.1 TIPO DE INDUSTRIAS	55
2.4. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DEL SISTEMA AFECTABLE.	57
2.4.1 VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL	57
CAPITULO 3 BASE DE DATOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS.	
3.1. ESTADO ACTUAL DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE EN MATERIA DE RIESGO.	60
3.2. RESULTADOS DE LA ENCUESTA INDUSTRIAL.	61
3.2.1. TIPO DE MATERIALES PELIGROSOS ALMACENADOS.	61
3.2.1.1. Materiales inflamables.	63
3.2.1.2. Materiales con riesgos a la salud.	66
3.2.1.3. Consideraciones especiales de las sustancias peligrosas del estudio.	67
3.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS EN LAS EMPRESAS VISITADAS.	69
CAPÍTULO 4 MODELACIÓN DE ESCENARIOS Y VULNERABILIDAD SOCIAL	
4.1. MODELACIÓN DE ESCENARIOS.	74
4.1.1 RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA DEL PEOR ESCENARIO PROBABLE SEGÚN LA EPA.	74
4.1.1.1 Sustancias inflamables.	74
4.1.1.2 Sustancias tóxicas: amoniaco.	79
4.1.2. METODOLOGÍA DE ESCENARIOS ALTERNATIVOS ALOHA.	83
4.1.3. METODOLOGÍA DE ESCENARIOS ALTERNATIVOS SCRI.	88
4.1.4. INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	92
4.2. RESULTADOS DE VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL.	93
4.2.1. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS.	93
4.2.2. CAPACIDAD DE RESPUESTA.	94
4.2.3. GRADO DE PERCEPCIÓN SOCIAL DEL RIESGO.	96
4.3. PRIORIZACIÓN SEGÚN AMENAZAS Y VULNERABILIDAD.	106
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	111
REFERENCIAS	114
ANEXO1. DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL	118
ANEXO 2.ENCUESTA INDUSTRIAL	129
ANEXO3. FOTOGRAFICO	135
ANEXO3. GUÍA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LOS RIESGOS MAYORES DEL CRAIM.	138

INTRODUCCIÓN

Al igual que en el caso de muchas ciudades mexicanas, en la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., se tiene el problema de una planeación deficiente del crecimiento urbano, lo cual ha dado como resultado la ubicación de asentamientos humanos en las inmediaciones de los sectores industriales.

La problemática identificada consiste en la falta de información actualizada sobre situaciones de peligro debidas al almacenamiento de materiales peligrosos en instalaciones industriales. Por otra parte, la Zona Industrial Oriente y los asentamientos humanos aledaños no cuentan con un ordenamiento territorial adecuado y se carece de un programa coordinado de respuesta a emergencias entre las autoridades responsables de la gestión del riesgo.

A partir de esta situación surgen las preguntas de investigación que dan origen a este trabajo de investigación; ¿cuál es el escenario de riesgo en la Zona Industrial Oriente de San Luis Potosí?, ¿cuál es el estado de sus componentes: áreas o zonas de influencia del almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, la exposición y vulnerabilidad de la población humana?

La importancia de la presente investigación consiste en que, por medio del análisis de los escenarios de riesgo en la Zona Industrial Oriente de San Luis Potosí, se pueden plantear, de manera general, los instrumentos de gestión del riesgo adecuados para este contexto específico (prevención, mitigación y respuesta a emergencias); ya que “es a nivel local donde el riesgo se manifiesta de manera más clara y donde resulta más factible y práctico dimensionar los problemas del riesgo, coordinar y actuar” (Fernández, 1996).

Para que la gestión del riesgo se realice con efectividad, el primer paso es llevar a cabo una investigación que permita contar con información confiable y actualizada de las capacidades de almacenamiento de materiales peligrosos en la zona. A este respecto, el Consejo Nacional Estadounidense de Investigación señala que el marco comprensivo para la evaluación y el manejo del riesgo ambiental y de salud, comprende tres componentes: investigación, evaluación y manejo de los riesgos (NRC, 1983).

La normativa mexicana cuenta con el instrumento del análisis de riesgos para las industrias de alto riesgo (que por los volúmenes y materiales peligrosos almacenados, superan la cantidad establecida en el Primer y/o Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas); Este estudio identifica las causas de los accidentes que ocasionarían la liberación de los materiales peligrosos, así como las consecuencias y daños que producirían.

El objetivo general de este trabajo de investigación identificar las posibles áreas de influencia de los fenómenos químico-tecnológicos en la Zona Industrial Oriente de la ciudad de San Luis Potosí, y caracterizar las condiciones socioeconómicas de la

población humana propensa a este tipo de riesgo y la capacidad de respuesta de las instituciones vinculadas al manejo de éste.

Los objetivos particulares son:

1. Generar información actualizada sobre el manejo de los materiales peligrosos en la Zona Industrial oriente de San Luis Potosí.
2. Modelar las áreas de influencia de las principales actividades de alto riesgo en la Zona Industrial, y determinar los factores sociales relacionados.
3. Identificar el estado de las Instituciones vinculadas a la gestión del riesgo en el municipio de San Luis Potosí y, en su caso, emitir propuestas de mejora.

En este trabajo se presenta la metodología para la identificación de las áreas de influencia de los fenómenos químicos tecnológicos debidos al almacenamiento de amoníaco y de sustancias inflamables en la Zona Industrial Oriente de la ciudad de San Luis Potosí, siguiendo la Metodología para el Análisis de Consecuencias al Exterior de la EPA (1999) y los Escenarios Alternativos para el almacenamiento de amoníaco y de materiales tóxicos, utilizando los programas de simulación SCRI Modelos 4 y ALOHA desarrollados por Dinámica Heurística y la EPA, respectivamente. Finalmente, por medio de la Guía para la Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social, del Centro Nacional de Prevención de Desastres (García y Col., 2006), se evalúan las características de vulnerabilidad de la población humana que se encuentra propensa a este tipo de riesgo.

Los resultados de la investigación incluyen una base de datos actualizada de las industrias de alto riesgo y sus capacidades de almacenamiento de materiales peligrosos en el área de estudio, un análisis de los sistemas de prevención y respuesta ante una emergencia en cada industria y la representación en un Sistema de Información Geográfica de las áreas de amortiguamiento de los escenarios evaluados y el resultado de la encuesta social de percepción de los riesgos.

En el Capítulo 1 (Antecedentes y problemática del riesgo químico-tecnológico), se identifican los factores históricos del modelo económico actual y la construcción del escenario de riesgo químico y la problemática del riesgo en la Zona Industrial Oriente de la Ciudad de San Luis Potosí.

En el Capítulo 2 (metodología) se explican las guías y modelos utilizados para la determinación de áreas de consecuencias al exterior, debidas al almacenamiento de materiales peligrosos en la Zona de Estudio, así como para la evaluación de la vulnerabilidad social.

El Capítulo 3 (Base de datos y medidas preventivas) explica los resultados obtenidos en las empresas encuestadas sobre las capacidades de respuesta a las emergencias y la información disponible en instituciones gubernamentales.

El Capítulo 4 (Modelación de escenarios y vulnerabilidad social) muestra los resultados de la identificación de las áreas de influencia de los fenómenos químicos tecnológicos

identificados, así como los resultados de la vulnerabilidad social en las colonias aledañas a la Zona Industrial Oriente de la ciudad de San Luís Potosí.

En el Capítulo 5 (Conclusiones y recomendaciones) se mencionan los hallazgos más relevantes de la presente investigación y las aportaciones para mejorar la gestión del riesgo a nivel local.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA DEL RIESGO QUÍMICO-TECNOLÓGICO.

1.1. HISTORIA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN EN MÉXICO.

La era industrial actual es el resultado de una serie de cambios y transformaciones en los sistemas económicos, políticos y sociales que tuvieron inicio en el siglo XVIII con la Revolución Industrial surgida en Europa; lo cual, según Artola (1968), puede calificarse por su magnitud y extensión, como el hecho histórico de origen europeo de mayor validez universal y el que de modo más decisivo ha afectado al modo de vida del hombre desde la invención de la agricultura.

1.1.1 INDUSTRIA Y CAPITALISMO.

La industria moderna se diferencia de las etapas anteriores de transformación de bienes en: a) los *métodos de producción*, debido a la mecanización de los métodos de elaboración anteriormente empleados, b) el *tipo de bienes obtenidos* -series frente a prototipos- c) la *cantidad, tonelaje y volumen* de los mismos, d) la *estructura del trabajo* netamente distinta de la característica estructura gremial del artesano y el tipo de relaciones entre maestros y operarios (Frutos, 1983).

Esta serie de cambios en las actividades productivas, así como la privatización de los medios de producción, favoreció la acumulación de riqueza, dando inicio a un nuevo modelo económico conocido como capitalismo; en el cual, la finalidad para el proceso productivo es la obtención de ganancias, la elección de los bienes a producir es libre y el mercado constituye el mediador de la competencia entre productores.

1.1.2 INDUSTRIALIZACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES.

Según Abortes (1989) el desarrollo del capitalismo tuvo sus consecuencias iniciales en México durante el gobierno de Porfirio Díaz, en el cual hubo un flujo sin precedentes de inversión extranjera directa, que mejoró el sistema de comunicaciones y que incluyó a México en el mercado económico mundial, mediante la producción de minerales y productos agropecuarios. Esta serie de cambios trajo un periodo de seguridad financiera y de acumulación de capitales.

Posteriormente, la Revolución de 1910 tuvo un enorme impacto social, material y financiero, ya que ocasionó un periodo de inestabilidad social por casi un cuarto de siglo. Durante la época de postguerra, sin embargo, México se transformó de ser una sociedad agraria, a una con un proceso dinámico de industrialización y con un crecimiento en la

población sin precedentes. Durante este periodo se sentaron las bases que definirían la vocación Industrial de México, cambiando el modelo de acumulación de capital, a uno basado en la sustitución de importaciones inducido por el Estado, cuyos cambios más evidentes tuvieron lugar durante la presidencia de Lázaro Cárdenas (1934-1940) mediante la nacionalización de empresas extranjeras (PEMEX y FFCC) así como la ampliación del movimiento urbano, que conforma nuevas relaciones obrero-patronales, que repercuten en el sector industrial del país, al reorganizar las relaciones salariales y crear nuevas pautas en el establecimiento de salarios.

El sector industrial tuvo un periodo de gran auge en México entre 1940 y 1970 debido a la importación de tecnología del exterior, que lo fortaleció para dar respuesta a una demanda de bienes de consumo que requería el sector urbano en crecimiento. De este modo la industria de postguerra tuvo un desarrollo “hacia adentro” ya que satisfacía las necesidades internas del país. Estas nuevas necesidades de la sociedad urbana fueron en gran parte resultado de las modificaciones en la relación obrero patronal del régimen cardenista (Abortes, 1989).

1.1.3 MODELO NEOLIBERAL.

A mediados de los años ochenta, México experimentó cambios en su estrategia económica, al imponerse una economía neoliberal que abandonó la inversión en rubros estatales considerados no prioritarios, orientó la producción hacia el exterior y propició la penetración de capital extranjero. El aparato productivo experimentó una profunda transformación que aumentó la heterogeneidad industrial; el llamado re-despliegue industrial se aceleró por medio del esquema de subcontratación (maquiladoras), mientras se producía el desplome de la inversión productiva en las industrias básicas tradicionales (Morales, 1992). El objetivo principal de las empresas transnacionales fue el logro de menores costos durante el proceso productivo, con el fin de abaratar los costos en el mercado y lograr mayores utilidades, por medio del ahorro en costos de mano de obra (diferencia de salarios entre países) y en base a una nueva forma de intervención del Estado para apoyar la inversión extranjera por medio de subsidios y estímulos para la promoción industrial (Merchand, 2004).

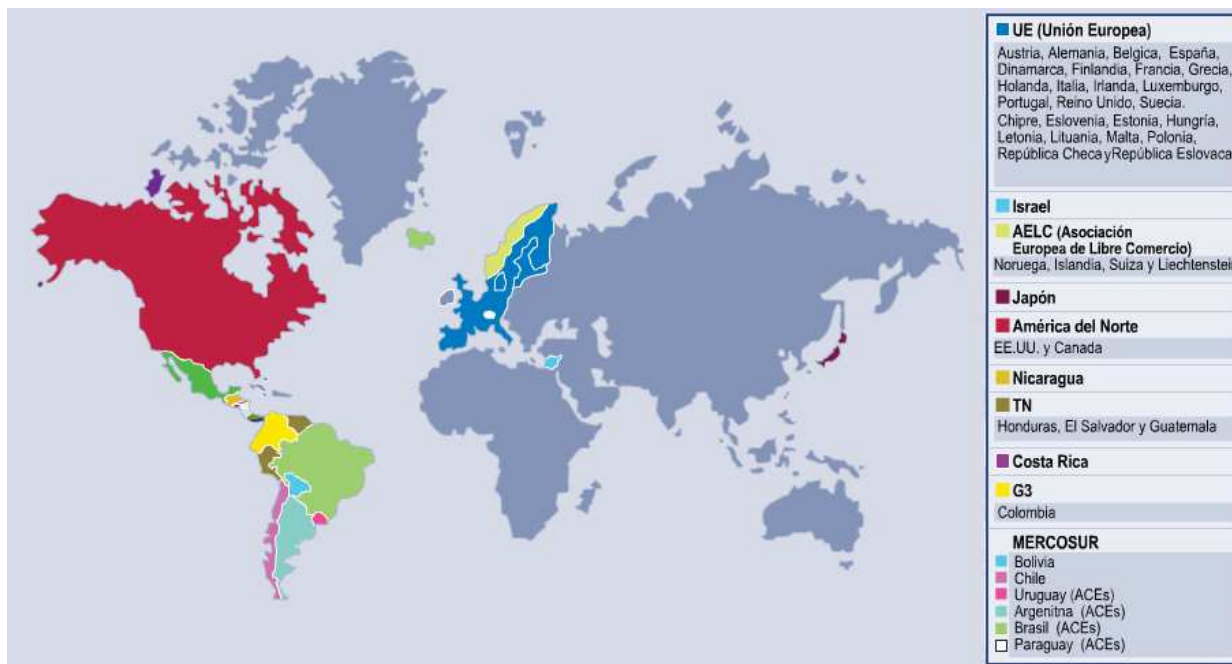
Tabla 1.1. Estructura de las exportaciones de México a los Estados Unidos de América.

Exportación (%)	1980	1985	1990	1996
1. Recursos naturales	63.0	49.1	27.8	17.2
1.1 Agricultura	13.3	10.9	10.4	7.0
1.2 Energía (principalmente petróleo)	47.6	36.0	15.7	9.1
1.3 Fibras textiles, minerales y menas de metal	2.2	2.3	1.6	1.1
2. Manufacturas	34.1	48.0	67.8	79.0
2.1 Basadas en recursos naturales	4.2	3.6	3.1	2.1
2.2 No basadas en recursos naturales	29.9	44.5	64.7	76.9
Otros	2.8	2.9	4.5	3.9

Fuente: Mortimore y Col., 2000.

Como se observa en la tabla 1.1, la nueva estrategia económica produjo variaciones importantes en las exportaciones hacia Estados Unidos entre 1980 y 1996, ya que se registró un cambio a favor de la manufactura del 34.1% al 79% en dicho periodo; mientras que los recursos naturales pasaron de ser el sector de exportación más importante en 1980 con 63% a sólo 17.2% en el año de 1996.

Hoy en día, México cuenta con 12 tratados de libre comercio y 32 acuerdos comerciales (SEDECO, 2009) (Figura 1.1).



Fuente: SEDECO, 2009.

Figura 1.1. Tratados de libre comercio con otros países.

De acuerdo con Pipitone (1997), el cuestionamiento hacia el tipo de modelo industrial basado en la integración con los mercados internacionales, reside en el hecho de que lo que se gana en integración exterior se pierde en potencial de integración y dinamismo de los mercados internos; ya que en lugar de expandir y consolidar las actividades productivas nacionales, éstas se debilitan para darle acomodo prioritario a la intervención de capital transnacional para la instalación de maquiladoras.

1.1.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA.

La maquila ha respondido a las expectativas de ser una fuente generadora de empleos, y en su conjunto representa un balance positivo para aminorar de alguna forma la tasa de desempleo general en el país. A pesar de esto, la maquila también ha arrojado un saldo económico negativo al depender de una política industrial discriminatoria a favor de la

inversión extranjera, ya que se ha desarrollado un segmento productivo ensamblador perteneciente a un corporativo transnacional, lo que impide que este tipo de maquila -por la forma en que está concebida- genere efectos a favor de empresas nacionales y locales (Merchand, 2004).

Una vez reconocidos los cambios en las políticas económicas que han impactado al sector industrial y en especial a la industria manufacturera, es importante señalar que en la actualidad éste es de suma importancia en la productividad nacional ya que tan solo en el año 2004, las actividades de la industria manufacturera aportaron el 16.3% del total de Producto Interno Bruto (PIB) del país, siendo este sector el tercero en importancia a nivel nacional, luego de los servicios comunales y las actividades comerciales (INEGI, 2009).

1.2. INDUSTRIALIZACIÓN EN SAN LUIS POTOSÍ.

El Estado de San Luis Potosí, si bien ha seguido las pautas marcadas por la economía nacional, toda su historia se ha regido por la explotación de los recursos agrícolas y, de manera muy prominente en el Altiplano, por la minería; es hasta los últimos años en que algunos centros urbanos del estado se han convertido en núcleos de actividad industrial y comercial.

1.2.1. PORFIRIATO EN SAN LUIS POTOSÍ.

Según Monroy y Calvillo (1997) durante el Porfiriato, el estado de San Luis Potosí vivió periodos largos de estabilidad política bajo el gobierno de Díez Gutiérrez, mediante un proyecto que se sustentaba en la inversión extranjera, propiciada por la política porfirista de infraestructura en comunicaciones. Durante su mandato se realizaron obras públicas de primera importancia que, con el tiempo, fueron la base de una sólida tradición científica y tecnológica. San Luis Potosí quedó comunicado con el resto del país y el mundo, a través del telégrafo, el teléfono y sobre todo el ferrocarril, que desde su construcción (1881-1888), fue controlado por las empresas estadounidenses. Del total de las inversiones estadounidenses en México, el 83% estaba en los ferrocarriles y la minería, dos de los componentes importantes de la infraestructura económica de San Luis Potosí durante el porfiriato.

A principios de 1901 comenzó a perforarse el primer pozo petrolero del país al Este del Estado en El Ébano, creándose mayores vínculos económicos con el puerto de Tampico. En esa época, a pesar de las actividades industriales, San Luis Potosí era eminentemente rural, ya que el valor de la producción agrícola duplicaba la minera y el 80% de los potosinos vivía en el campo (Monroy y Calvillo, 1997).

1.2.2. POLÍTICA LABORAL Y ACTIVIDAD MANUFACTURERA.

A partir de la revolución maderista de 1910, el Estado de San Luis Potosí entra en un periodo de rebeliones que crea incertidumbre industrial y agrícola, siendo hasta el gobierno de Rafael Nieto que se tuvieron avances en las relaciones laborales, regulándose el derecho a la huelga y a las agrupaciones obreras, conforme a la Constitución de 1917. Durante su gobierno se integró, además una Junta de Conciliación y Arbitraje local. En 1936 los movimientos de obreros mineros, crearon las bases de la política laboral en el Estado (INEGI, 2000).

Al iniciar los años cuarenta en el Estado se establecen empresas manufactureras de textiles, beneficio de minerales y explotación de canteras (Moreno, 1998); embotelladoras de refrescos como Coca Cola, Pepsi Cola y Aga y la Distribuidora Potosina de gas (en 1944) (Monroy y Calvillo, 1997).

1.2.3. ZONAS DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL.

Como consecuencia de la política nacional de fomento industrial para cubrir la demanda interna, seguida en la década de los sesenta, el 23 de Octubre de 1963 se crea en la capital del Estado la primera zona industrial. Las empresas que inician operaciones son: Allis- Chalmers de México, A.P. Green, Química Potosí, Comet, Coyoacán Química y Productos Eléctricos Potosinos, entre otras. En mayo de 1971 se construye el ladero troncal y espuela principal del ferrocarril sobre el Eje 110; para 1973, la zona industrial ya cuenta con 41 empresas que generan 4,398 empleos (INEGI, 2000).

Entre 1978 y 1983 se perforan dos pozos para el abastecimiento de agua en la zona, se construyen los ramales y redes de distribución de gas y se instalan 900 líneas de teléfono propiedad de TELMEX. En 1984, la zona industrial de San Luis Potosí se inscribe dentro del Registro Nacional de Parques Industriales con clave RPI 050/87-24-IB (INEGI, 2000)

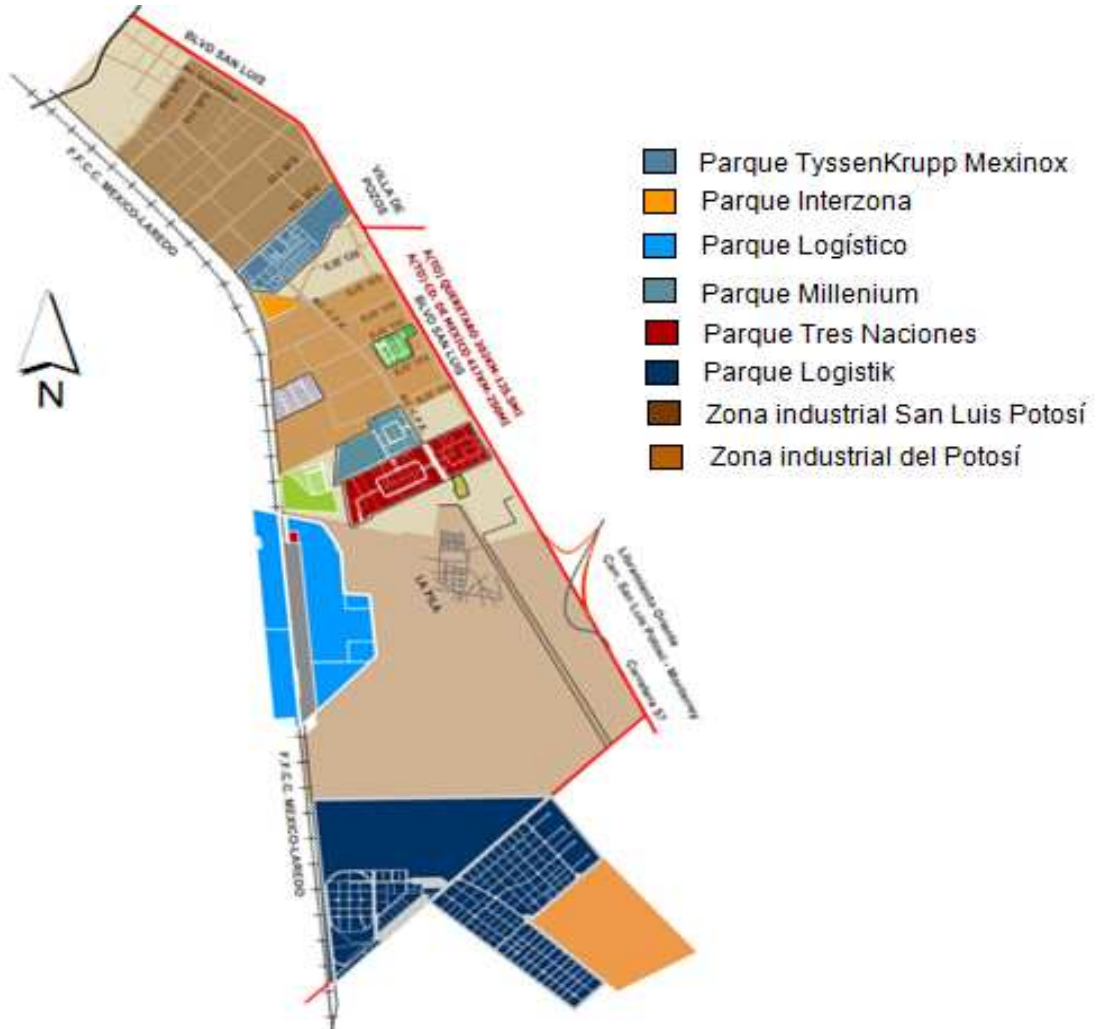
En 1981 La Zona Industrial del Potosí fue establecida por decreto y en 1984 recibió la clave R.P.I. 051/87-24-IB en el Registro Nacional de Parques Industriales. Esta zona cuenta con una extensión de 7,923,351.04 m² y los servicios de alumbrado, agua, drenaje, electricidad, pavimentación, así como un gasoducto (INEGI, 2000).

El gas natural para la Zona Industrial de San Luis Potosí y la Zona Industrial del Potosí proviene de la refinería de Salamanca, Gto. Este combustible se abastece por medio del gasoducto Humilpan – La Pila, con tubería de 24" de diámetro. La Zona Industrial cuenta con una red de distribución periférica de 26,345 m de extensión, y tres ramales de 16" y 24" cuya extensión total es de 8,490 m (SEDECO, 2007).

Las dos zonas industriales se abastecen de agua por medio de 30 pozos, de los cuales 26 se localizan en diferentes empresas, 2 son administrados por el Organismo Intermunicipal

Metropolitano de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (INTERAPAS) y 2 más por la Comisión Estatal del Agua. El consumo promedio varía de 300,000 a 700,000 m³/año (COLSAN, 2004).

De acuerdo con SEDECO (2007), en los parques industriales públicos de San Luis Potosí y del Potosí se encuentran instaladas 147 empresas y 102 empresas, respectivamente. Mientras que en los 6 parques industriales privados hay más de 59 industrias (figura 1.2)



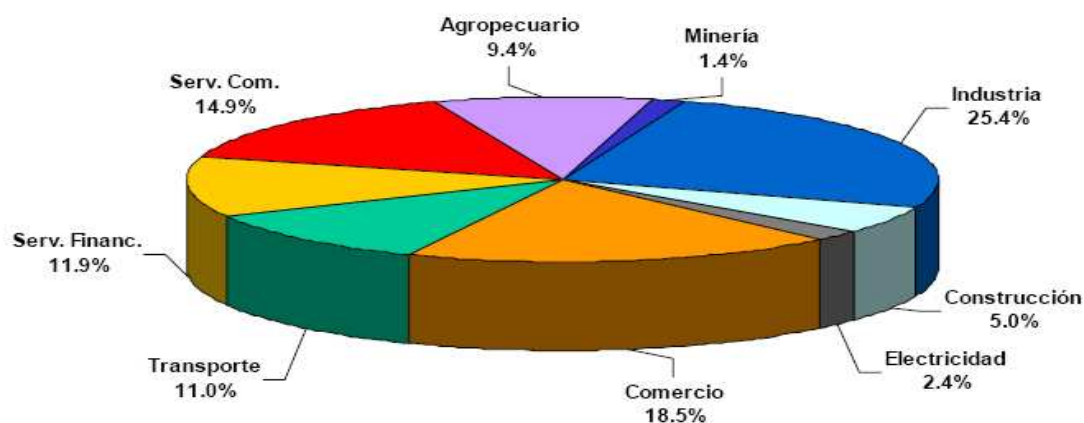
Fuente: Gobierno del Estado de San Luis Potosí. 2004.

Figura 1.2. Parques industriales establecidos en la Zona Industrial de San Luis Potosí, SLP.

1.2.4. LIBRE COMERCIO Y ECONOMÍA.

Desde el año 1994 en que entró en vigor el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, el sector industrial manufacturero de la ciudad capital de San Luis Potosí se vigorizó, dada su ubicación privilegiada y el acceso a la carretera México- Nuevo Laredo.

Actualmente el sector industrial es la actividad que contribuye en mayor grado al Producto Interno Bruto (PIB) de este Estado (SEDECO, 2007). (Figura 1.3).



Fuente: Dirección de Proyectos y Política Económica. SEDECO, 2007

Figura 1.3. Contribución al producto interno bruto estatal por división de actividades, 2007.

La región centro del Estado (constituida por los municipios de Ahualulco, Armadillo de los Infante, Cerro de San Pedro, Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, Santa María del Río, Soledad de Graciano Sánchez, Tierranueva, Villa de Arriaga, Villa de Reyes y Zaragoza) es de suma importancia ya que en ella se genera el 86.6% del valor bruto de la producción manufacturera, cuyos principales subsectores son: industria metálica básica, fabricación de equipo de transporte, equipo de generación eléctrica, aparatos y accesorios eléctricos e industria alimenticia (SEDECO, 2007)

El municipio de San Luis Potosí es el principal centro de desarrollo industrial en el Estado ya que cuenta con 2 de los 5 parques industriales públicos y 6 de los 8 parques industriales privados y concentra hasta el 80% de las inversiones totales que se realizan en la entidad (SEDECO, 2007).

En el Estado de San Luis Potosí, las ramas manufactureras más importantes son la de a) alimentos, bebidas y tabaco b) industrias metálicas básicas y c) de productos metálicos, maquinaria y equipo (Tabla 1.2).

Tabla 1.2. Ramas de la industria manufacturera en San Luis Potosí, por porcentaje de contribución y tasa promedio de crecimiento 1993-2006.

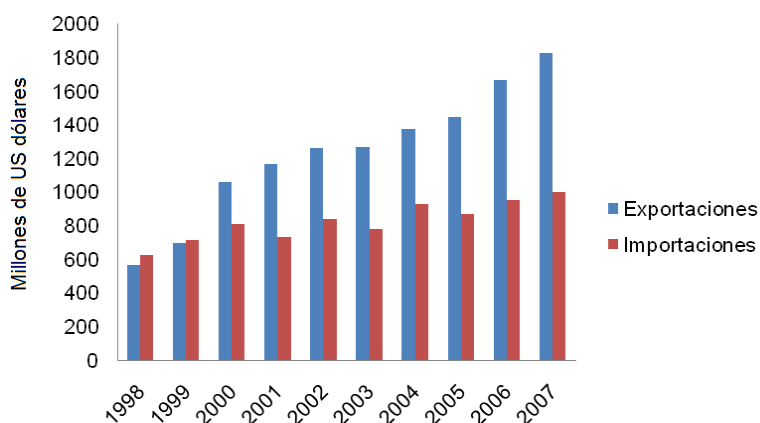
Rama de industria manufacturera	% Contribución 1993	% Contribución 2006	TCPA* 1993-2006
I. Alimentos, bebidas y tabaco.	32.81	24.03	-2.37
II. Textiles, prendas de vestir e industria del cuero.	4.82	2.09	-6.23
III. Industria de la madera y productos de madera.	2.68	0.61	-10.77
IV. Papel, productos de papel, imprentas y editoriales.	3.57	2.50	-2.69
V. Sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plástico.	4.63	5.07	0.69
VI. Productos de minerales no metálicos, exceptuando derivados del petróleo y carbón.	9.49	9.76	0.21
VII. Industrias metálicas básicas.	21.75	30.66	2.67
VIII. Productos metálicos, maquinaria y equipo.	16.91	23.20	2.46
IX. Otras industrias manufactureras.	3.33	2.09	-3.54

* TCPA: Taza de crecimiento promedio anual P/ Cifras preliminares a partir de la fecha que se indica. Fuente: INEGI, 2009.

Como resultado del modelo económico neoliberal (que corresponde al de régimen de exportaciones en torno a inversiones extranjeras), los sectores de la actividad manufacturera que han observado crecimiento durante el periodo 1993-2006 son:

- a) Los productos metálicos, maquinaria y equipo
- b) La industria de metales básicos.

Al tiempo que las exportaciones del sector manufacturero se han incrementado de 564.2 mdd a 1830.3 mdd en el periodo del año 2000 al 2006 (Figura 1.4).



Nota: Se estiman las exportaciones de 2005-2007. Fuente: SEDECO, 2007.

Figura 1.4.- Exportaciones manufactureras en el Estado de San Luis Potosí (millones de US dólares).

El sector industrial constituye así un eje central de desarrollo económico para el Estado, y dentro de él, la industria manufacturera muestra un comportamiento que refleja las estrategias de desarrollo seguidas en la política nacional.

Hasta este punto se ha explicado las implicaciones que la Revolución Industrial y los modelos económicos sobre México y San Luis Potosí, ahora bien, de la misma manera que el hombre ha venido cambiando sus medios de apropiación de la naturaleza hasta llevarla a su máxima eficiencia por medio de la actividad industrial, es conveniente notar que la industria también ha transformado al hombre en sus relaciones sociales, ya que como asegura Comte (1934) la verdadera naturaleza de la sociedad moderna es la industria.

De esta manera, los antecedentes presentados en este capítulo justifican el establecimiento de la industria como eje de desarrollo en la ciudad, y su inmersión en un entorno geográfico determinado. La actividad industrial potosina, requiere del uso y manejo de materiales peligrosos, los cuales generan un riesgo químico-tecnológico que es motivo de la presente investigación.

1. 3.- LA INDUSTRIA Y EL USO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.

Las industrias realizan actividades del sector secundario en donde las materias primas se transforman en productos que constituyen bienes para la sociedad. En su proceso productivo, las industrias utilizan una serie de sustancias con características peligrosas de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad o inflamabilidad, ya sea como materias primas, como reactivos o para hacer funcionar los servicios auxiliares de sus procesos. El uso de estas sustancias origina un flujo de materiales desde las industrias que las producen hacia las que las utilizan. Tanto el manejo de sustancias químicas como su transporte, representan un riesgo para la población y para los ecosistemas. (Figura 1.5).

De igual manera, las empresas producen residuos peligrosos como consecuencia de sus actividades, los cuales deben ser manejados adecuadamente de manera interna y transportados hacia los lugares de tratamiento o confinamiento aprobados por las autoridades ambientales competentes.

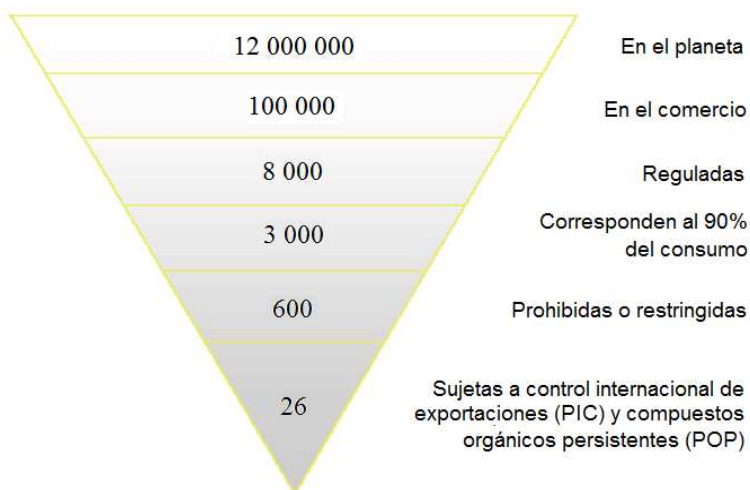


Fuente: Cortinas, 2000^a.

Figura 1.5.- Ciclo de vida de las sustancias químicas.

De acuerdo con Cortinas (200b) en la actualidad se han identificado alrededor de 12 millones de sustancias en el planeta, de las cuales se encuentran en el comercio mundial más de cien mil; de éstas menos de tres mil se producen en volúmenes superiores a mil toneladas y representan alrededor del 90% del total que se comercian.

En 1996, la Asamblea General de las Naciones Unidas realizó un listado de 600 sustancias que han sido prohibidas, severamente restringidas, no autorizadas por los gobiernos o retiradas del comercio. De ese total, únicamente 15 sustancias son objeto de vigilancia internacional (Figura 1.6).



Fuente: Modificado de Cortinas, 2000b.

Figura 1.6. Universo de sustancias químicas.

1.3.1 NORMATIVA MEXICANA.

Debido a los riesgos que representan las sustancias químicas en las actividades industriales existen leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas que regulan su uso y manejo en las zonas de trabajo:

- LGEEPA Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos - 2003.
- Ley Federal del Trabajo.
- Ley General de Protección Civil.
- Ley Federal para el control de precursores químicos, productos químicos esenciales y máquinas para elaborar cápsulas, tabletas y/o comprimidos.
- Reglamento de Residuos Peligrosos de la LGEEPA.
- Reglamento de Impacto Ambiental de la LGEEPA (2000).
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico.
- Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos.
- Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
- Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo (1997).
- Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social Reglamento de Gas Natural (1995).
- Reglamento de Gas Licuado de Petróleo.
- Reglamento de la Ley de Armas de Fuego y Explosivos.
- Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos.
- Ley Ambiental para el Estado de S.L.P.
- Ley Estatal de Protección Civil de S.L.P.
- Reglamento de la Ley Ambiental Estatal en materia de Impacto Ambiental
- Reglamento Interno de la SEGAM.

Las Normas Oficiales Mexicanas en materia de seguridad e higiene relacionadas con el manejo de sustancias químicas en los centros de trabajo, se mencionan en la tabla 1.3. Esta serie de Normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) tienen como finalidad crear un ambiente de trabajo limpio y seguro y tratan de minimizar los accidentes causados por las sustancias químicas, en base a una identificación adecuada y a la verificación de sus condiciones de almacenamiento.

Tabla 1.3. Principales Normas Oficiales Mexicanas para el uso de sustancias químicas.

Norma	Contenido
NOM-001-STPS-1999	Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad e higiene.
NOM-002-STPS-2000	Condiciones de seguridad-Prevención, protección y combate de incendios en los centros de trabajo.
NOM-005-STPS-1998	Relativa a las 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.
NOM-018-STPS-2000	Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
NOM-019-STPS-2004	Constitución, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene en los centros de trabajo.
NOM-020-STPS-2002	Recipientes sujetos a presión y calderas-Funcionamiento-Condiciones de seguridad.
NOM-021-STPS-1994	Relativa a los requerimientos y características de los informes de los riesgos de trabajo que ocurran para integrar las estadísticas.
NOM-026-STPS-1998	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
NOM-028-STPS-2004	Organización del trabajo-Seguridad en los procesos de sustancias químicas.

Por otra parte, los artículos 23 y 145 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (2007) que se relacionan con la regulación Ambiental de los Asentamientos Urbanos, se determina que los usos de suelo deberán ser específicos para el desarrollo de las actividades industriales, y que esta clasificación se establecerá tomando como base la proximidad a centros urbanos de población. De igual manera se hace referencia a zonas intermedias de salvaguarda en las inmediaciones de las industrias de alto riesgo, para que en dichas zonas no se permitan los usos de suelo habitacional o comercial, con el objeto de proteger a la población humana de los riesgos que dichas actividades representan.

Las empresas altamente riesgosas son aquellas que almacenan cantidades superiores a las “de reporte” que se establecen en el Primer y Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas, publicados el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992; estos acuerdos hacen referencia tanto a sustancias tóxicas, como inflamables y explosivas (Arcos e Izcapa, 2003).

En el marco normativo Estatal y Municipal, la Ley General de Asentamientos Humanos, Ley de Desarrollo Urbano de San Luis Potosí y el Reglamento de Ecología para el Municipio de San Luis Potosí, SLP; también hacen referencia al establecimiento de las

zonas dedicadas a las actividades industriales, la importancia de que en las mismas se prohíba cualquier otro tipo de uso de suelo que ponga en peligro la población humana.

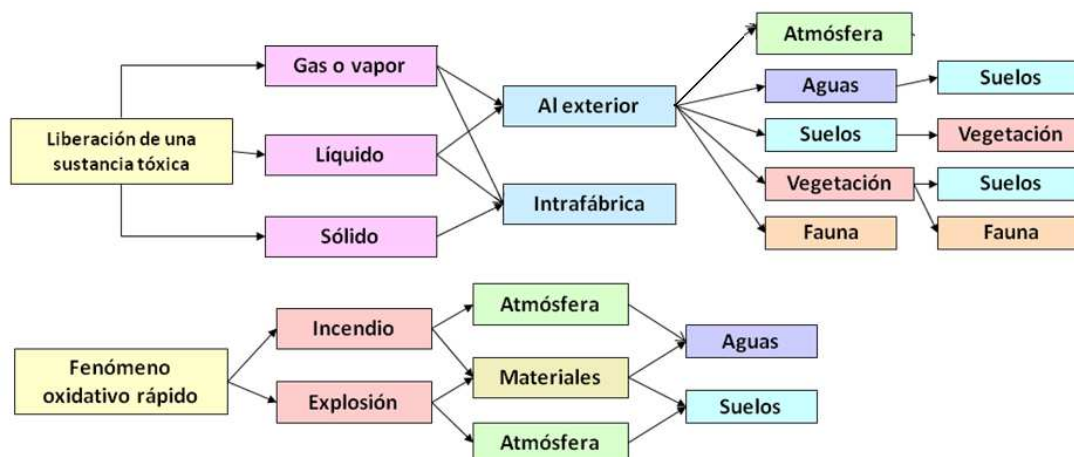
De esta manera las empresas que son clasificadas como de alto riesgo deben cumplir con una serie de requisitos para su funcionamiento como es el caso de un Estudio de Análisis de Riesgos (AR), en donde se identifican las sustancias de riesgo manejadas, los casos en los que dichas sustancias pudieran ocasionar accidentes y las áreas de afectación para estos casos.

Las empresas de riesgo deben contar también con un Programa para la Prevención de los Accidentes (PPA) relacionados con el manejo de las sustancias químicas: En este documento se identifican los actores responsables de dar respuesta a la emergencia tanto al interior como al exterior de la empresa. En el ámbito estatal, la Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental (SEGAM) también tiene como uno de los requisitos para la instalación de empresas de alto riesgo en el Estado de San Luis Potosí, llevar a cabo un Estudio de Riesgo con base en lo establecido en los artículos 98-101 de la Ley Ambiental de San Luis Potosí.

1.3.2. FENÓMENO QUÍMICO TECNOLÓGICO.

La normativa mexicana relacionada con el uso de sustancias peligrosas tiene por objeto regular el almacenamiento, transporte y manejo de las mismas, para evitar que se produzca un accidente químico, también conocido como fenómeno químico-tecnológico. Este último se define como aquél que se genera por la acción violenta, irreversible e incontrolable de diferentes sustancias derivadas de su interacción (molecular o nuclear); comprende fenómenos destructivos tales como: incendios, explosiones, fugas tóxicas, y radiaciones; con consecuencias a la vida humana, el medio ambiente y los bienes materiales (Ley General de Protección Civil, 2006).

En relación con las consecuencias ambientales que un accidente químico puede ocasionar, para un evento que involucre la liberación de una sustancia tóxica (sin importar el estado físico de la misma o las consecuencias inmediatas al interior o exterior de la empresa en la cual se produzcan), las diferentes matrices ambientales resultan impactadas a causa de este evento, tal es el caso de un fenómeno químico-oxidativo como un incendio o una explosión (figura 1.7).



Fuente: Modificado de Seoáñez, 1997.

Figura 1.7. Interacción de fenómenos químico-tecnológicos.

Zepeda y González (2001) establecen que los riesgos que implica una actividad industrial son los siguientes:

- Riesgos convencionales. Aquellos ligados a las actividades laborales.
- Riesgos específicos. Debidos a la utilización de sustancias particulares y productos químicos que, por su naturaleza, pueden producir daños de corto y largo alcance a las personas, los bienes materiales y al medio ambiente.
- Grandes riesgos potenciales. Ligados a accidentes anómalos que pueden implicar explosiones o escapes de sustancias peligrosas.
- Riesgo intrínseco. Depende de la naturaleza de los materiales que se manejen, de las modalidades energéticas utilizadas y la vulnerabilidad de los diversos equipos que integran el proceso, así como la distribución y transporte de los materiales peligrosos.
- Riesgo de instalación. Se presenta donde existen factores que por su ubicación que magnifican las consecuencias negativas derivadas de la ocurrencia de un accidente.

Santamaría (2006) establece que por muy bien diseñada que esté una planta química, por muy exhaustivo que sea el análisis de los riesgos y por muy bien coordinado que esté un plan de emergencias, siempre va a haber y así lo demuestra la historia, accidentes químicos de una envergadura considerable.

De acuerdo con Meshakti (2007), la mayoría de los accidentes y las fallas en los sistemas tecnológicos complejos inicia con el mal funcionamiento de un equipo, el cambio en las condiciones normales de un proceso o un error de operación; sin embargo, estos errores

son agravados y propagados por el sistema debido a una serie de factores que pueden atribuirse al mal diseño, a la falta de capacitación y a la falta de preparación del personal. El autor menciona que “atribuir estos accidentes a los operarios es una simplificación del problema”.

De manera general, los accidentes mayores en la industria química pueden producir tres tipos de fenómenos (Castro y Arcos, 1998):

- a) De tipo mecánico, como ondas de presión y proyectiles, ambos relacionados con las explosiones;
- b) De tipo térmico, como incendios y radiaciones térmicas; y
- c) De tipo químico, como fuga o vertido incontrolado de sustancias tóxicas o contaminantes.

La importancia de estos accidentes reside en la naturaleza de los mismos y en la complejidad de la estructura, así como en la interconexión de los elementos de su entorno industrial, razón por la cual un accidente localizado puede provocar otros accidentes en instalaciones contiguas, en un hecho conocido como efecto dominó (Diario Oficial de la Comunidad Europea, 1997).

Cada una de las amenazas químicas tiene condiciones particulares que la distinguen de otros tipos de accidentes; entre las amenazas más comunes se encuentran la liberación de materiales peligrosos, así como la explosión de sustancias inflamables. Según Nelkin (1989), la fuga de sustancias peligrosas, tiene mayor probabilidad de afectar a la población en el exterior de las instalaciones, ya que es un tipo de peligro que se propaga a partir del foco de emisión; y es necesario un tiempo de latencia para que la sustancia se propague y afecte a la población.

De manera similar, las consecuencias inmediatas de una explosión son, por un lado, la generación de ondas de presión que crean compresiones y expansiones alternativas del aire y, por otro lado, la formación de objetos acelerados que actúan como proyectiles. Así pues, de las lesiones producidas sobre las personas se pueden distinguir como: (Castro y Arcos, 1998)

- a) lesión primaria: producida directamente por la onda de presión,
- b) lesión secundaria: producida por los proyectiles generados y
- c) lesión terciaria: producida por el desplazamiento de los afectados, golpeándose así contra otros objetos.

1. 4. RIESGO QUÍMICO-TECNOLÓGICO.

1.4.1. COMPONENTES DEL RIESGO.

El riesgo es un concepto más amplio que la ocurrencia de un fenómeno químico-tecnológico; según el Guevara y Col. (2004); el riesgo se expresa como una ecuación entre la probabilidad de ocurrencia de tres variables: amenaza, vulnerabilidad y exposición.

Las amenazas, por su parte, están relacionadas con la ocurrencia de un fenómeno perturbador de índole natural o antropogénicos en un lapso de tiempo. En el caso del riesgo de origen químico, la amenaza es el peligro potencial que una instalación industrial o el transporte de materiales peligrosos representa. Tanto la vulnerabilidad como la exposición son variables de un sistema expuesto a estas amenazas como se muestra en la figura 1.8.



Fuente: Guevara y Col, 2004.

Figura 1.8. Tres componentes del riesgo.

Las variables de vulnerabilidad y exposición tienen referencia con la construcción del sistema que puede ser afectado por dichos fenómenos perturbadores. La exposición engloba todos los elementos del sistema que pueden sufrir daños: personas, bienes materiales, servicios ambientales, etc.

La vulnerabilidad hace referencia a la propensión de los sistemas a ser afectados en caso de presentarse dicho fenómeno. La vulnerabilidad se entiende al considerar dos comunidades que son objeto de la acción del mismo fenómeno perturbador; por ejemplo: un huracán. El nivel de pérdida que se produzca en cada comunidad está asociado con el nivel de vulnerabilidad expresado como el grado de preparación ante desastres, sistemas de alerta, educación y nivel de educación ante la situación. En resumen, la vulnerabilidad son todos aquellos sistemas que le permiten a una población una mejor atención ante una emergencia, o bien un tiempo menor de recuperación de las condiciones iniciales, una vez que el fenómeno tiene lugar (Guevara y Col, 2004).

1.4.2. CONSTRUCCIÓN SOCIAL DEL RIESGO.

La comunidad académica internacional ha realizado importantes aportaciones en cuanto a la construcción de los escenarios de riesgo y desastre en el terreno social desde la década de los ochenta.

En el caso de la construcción social del riesgo debido a amenazas antrópico-tecnológicas, Lavell (1996) señala que la importancia de estas amenazas, en términos de un potencial desastre, reside, de hecho, en el problema de la ocupación humana en torno a ellas, producto en gran número de casos de la pobreza (falta de opciones de ubicación alternativa para la vivienda) y de la falta de implementación de controles y zonificación en el uso del suelo (planificación urbana). La mayoría de estas amenazas se concretan a través de "accidentes" que, por los impactos que tengan, pueden convertirse en verdaderos desastres.

Si se parte de la caracterización del entorno urbano brindada por Lavell (1996), las ciudades se construyen y se configuran modificando o transformando la naturaleza, los elementos naturales, que sirven de soporte y son transformados por la ciudad. El producto de dichas transformaciones es un medio ambiente urbano que combina lo social con lo natural bajo patrones de alta centralidad y densidad. Tal medio ambiente es la expresión concreta y dinámica de aquellas unidades físico-espaciales, eco-demográficas que se denominan "ciudades".

Se puede identificar que los patrones de alta densidad y centralidad presentes en el entorno urbano y la manera como los distintos elementos sociales se configuran en el espacio geográfico, corresponden a las determinaciones establecidas mediante las relaciones de poder de los diferentes grupos de interés. Los patrones de crecimiento urbano por tanto responden a determinada racionalidad como en el caso de los asentamientos contiguos a zonas de actividad industrial. Por tanto, el conocimiento de las motivaciones y los actores involucrados en la problemática es tan importante como identificar las amenazas en el área de interés.

Como afirma Herzer y Gurevich(1996) es útil entender que los desastres tienen origen histórico y para su análisis interviene la organización social, así como los procesos de formación y transformación de las relaciones de poder. La organización territorial de las ciudades es, por lo tanto, una muestra de la segregación social, debido a que su apropiación y ocupación se realiza conforme al acceso diferencial al mercado de tierras.

Anderson (1985) explica que los grupos de interés a los que responde la construcción de sistemas humanos expuestos en una zona determinada, en la mayoría de los casos, difieren de aquellos grupos que experimentan los riesgos al habitar y apropiarse de dichos sistemas. La variable imperante en estos grupos es la vulnerabilidad económica que les impide acceder a mejores ubicaciones para su vivienda, ya que la pobreza aumenta la vulnerabilidad a las catástrofes. La mayor parte de los desastres se presenta en países subdesarrollados y la gente que más sufre es casi siempre la más pobre de la sociedad.

La vulnerabilidad en una comunidad es, por tanto, entendida como todos aquellos factores que impiden a la comunidad hacer frente a las amenazas, y una vez que éstas tienen lugar recuperar su estado inicial. Cardona (1996) se refiere a la vulnerabilidad como un déficit de desarrollo y una cuenta ambiental negativa hacia la cual se deben dirigir los esfuerzos de la gestión preventiva desde el punto de vista del planeamiento, con el fin de reducir o evitar las consecuencias sociales, económicas y ambientales que su potencialidad determina.

1.5. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE FENÓMENOS QUÍMICO-TECNOLÓGICO.

Los métodos de análisis de áreas de influencia de fenómenos químico-tecnológico constan de 3 etapas principales (Dinámica Heurística 2008):

1. Identificación de peligros.
2. Probabilidad de ocurrencia.
3. Análisis de consecuencias.

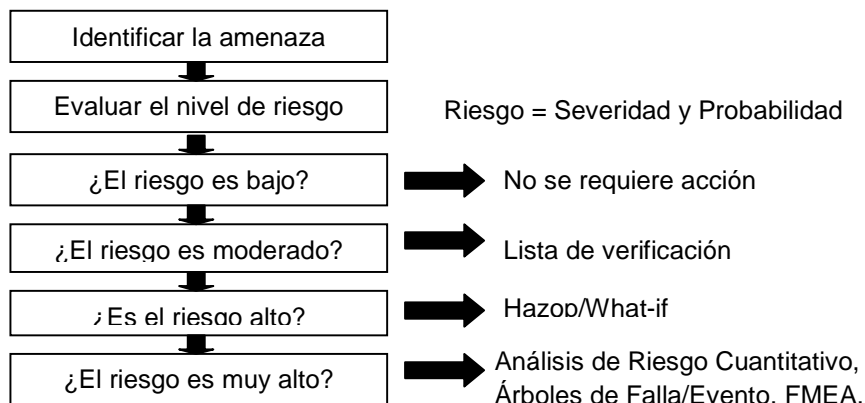
1.5.1 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.

La etapa de identificación de peligros permite conocer los escenarios de incidentes que pueden presentarse en el objeto de estudio. En esta etapa se utilizan diferentes metodologías como:

- a) Lista de Verificación "Checklist".
- b) ¿Qué pasa si? "What if?"
- c) Estudio de Riesgo y Operabilidad (HAZOP).
- d) Análisis del Modo y Efecto de Falla (FMEA).
- e) Análisis de Árboles de Falla.

Cada uno de los métodos antes mencionados para la identificación de riesgos se basa en el tipo de proceso a estudiar y en muchas ocasiones resulta más favorable el uso combinado de diferentes métodos.

En forma general, los diferentes métodos de análisis pueden ser identificados según el nivel de profundidad de los riesgos, según se muestra en la figura 1.9:



Fuente: Modificación de Fig 5.3 "Developing Effective Safety Systems" pag 48. (Wallace, 1996)

Figura 1.9. Introducción a los métodos de análisis de riesgo.

1.5.1.1 Lista de verificación "Checklist".

Este método se utiliza en procesos donde se tiene gran experiencia y se han creado normas o estándares que identifican peligros reconocidos para su aplicación; es necesario que los estándares sean ajustados para el caso de estudio particular.

El objetivo de este método consiste en identificar mediante respuestas, el cumplimiento de diversos estándares industriales. La normatividad es la base de este tipo de listas; sin embargo, pueden ser ampliadas por personal con amplia experiencia en la industria evaluada, que cuente con situaciones de peligro alternas. Este tipo de documentos sirven para compilar la normatividad, estándares y códigos que debe cumplir una industria en un determinado momento. (Stamatis, 2003)

Las listas de verificación se responden por medio de inspecciones visuales, documentación del proceso, entrevistas con el personal de operaciones. El análisis en base a listas de verificación generalmente produce respuestas del tipo: si, no, no aplica o se requiere más información. Las ventajas de este análisis consisten en que:

- 1) Permite conocer el cumplimiento conforme a estándares en el manejo de sustancias químicas,
- 2) Puede utilizarse en cualquier etapa de vida del proceso y se puede verificar el estado de un proyecto, y
- 3) Se analizan equipos, materiales y procedimientos.

Las desventajas de este tipo de análisis se refieren a que se limita a las fuentes conocidas de peligro; sin embargo, los peligros más importantes de una instalación pueden ser tan inusuales que no se encuentren incluidos en las listas estándar. Por otro lado, la limitante

de este análisis constituye que mediante este método se identifican los peligros pero no los escenarios de accidente que se asocian con ellos.

1.5.1.2. Método ¿Qué pasa sí? What if?

Consiste en un análisis fundado en una tormenta de ideas con preguntas basadas en la pregunta ¿Qué pasa sí? Esta metodología analiza los accidentes y peligros posibles, sus consecuencias, los niveles de seguridad con que se cuenta y las alternativas para la reducción de dichos peligros. Es un método poco estructurado que debe ser aplicado por personal con amplia experiencia de manera que se pueda encaminar apropiadamente el análisis del proceso. (Dinámica Heurística, 2008)

La información se recaba por medio de un recorrido por las instalaciones, la descripción del proceso, entrevistas al personal operativo, de mantenimiento y de servicios; se requiere un pensamiento de causa-efecto. Las preguntas se basan en planos y descripciones de fallas en las condiciones anormales de operación, fallas de componentes y variaciones en el proceso. Se identifican los peligros, consecuencias de los mismos, niveles de seguridad y soluciones posibles. Es recomendable que el análisis se ejecute del inicio al fin del proceso, de la entrada de la alimentación a la salida del proceso o bien, en áreas como seguridad eléctrica, personal, fuego, etc.

1.5.1.3. Estudio de Riesgo y Operabilidad (HAZOP).

Es un método para investigar desviaciones en el intento de diseño o propósito de un proceso en el que participa un grupo multidisciplinario guiado por un líder. Es un proceso de tormenta de ideas, estructurado mediante palabras guías (no, más, menos, etc.) y aplicado a parámetros (flujo, presión, etc.); como resultado se identifican causas y consecuencias de desviaciones, y se generan recomendaciones. Este método identifica causas de riesgo en seguridad, así como problemas de operación, los cuales pueden resultar en violaciones ambientales, laborales o de impacto negativo en la productividad. (Kletz, 1999)

Se requiere de una descripción completa de la ingeniería de la planta para identificar en cada una de las partes la manera en que las desviaciones se pueden producir. Cuando las desviaciones pueden afectar la seguridad u operación, se emiten recomendaciones para remediar la situación. Posteriormente se identifican las causas que pudieran originar las desviaciones detectadas. Las desviaciones se identifican generalmente a nivel componente o nodos que son secciones del proceso o pasos operativos.

Este método tiene como desventajas que se enfoca únicamente en las causas operativas del sistema sin analizar los peligros crónicos u ocupacionales; además no identifica escenarios para combinaciones de eventos.

1.5.1.4. Análisis de modo y efecto de falla (FMEA).

El análisis de modo y efecto de falla permite reconocer y evaluar las fallas potenciales de un producto o proceso y sus efectos.

Este método ayuda a identificar las causas potenciales que producirían un mal funcionamiento en el producto o proceso y en las cuales se aplican acciones preventivas y correctivas (Stamatis, 2003).

La metodología cuenta con las etapas siguientes (Stamatis, 2003):

1. Definir alcance del proyecto.- Para esta etapa se recomienda revisar los diagrama del proceso, de las tuberías y de la instrumentación, los manuales de proceso, especificaciones de los materiales y los equipos, para ayudarse a identificar las partes críticas del proceso en las cuales sería adecuado la aplicación de la metodología del análisis de modo y efecto de falla.
2. Tormenta de ideas de los modos de falla. Al analizar los modos de fallas se evalúa la manera en que el proceso podría marchar fuera de las condiciones de operación y/o diseño. Se pueden identificar las fallas subsecuentes o un efecto asociado a una falla en el proceso previo.
3. Identificar consecuencias de las fallas potenciales. En esta etapa se deben evaluar los efectos que las fallas identificadas producirían en el producto o proceso, evidenciando si podrían afectar la seguridad o hacer que la empresa incumpla con la normativa. De igual manera se deben conocer las derivaciones de las fallas en los procesos subsiguientes y en la calidad del producto final.
4. Determinar la clasificación de severidad. Es una puntuación o calificación del efecto más serio en una escala relativa de 1 a 10 que permite priorizar los diferentes escenarios planteados.
5. Identificar causas/mecanismos de fallas. En esta etapa se identifican los cambios o modificaciones que podrían realizarse para eliminar la falla detectada. Para cada una de las fallas pueden existir varias causas asociadas.
6. Determinar la clasificación de ocurrencia. Se puede hacer uso de tablas de ocurrencia definidas como el Std Mil 882D, o bien el Criterio sugerido por SAE-J1739 (Tabla 1.4).

Tabla 1.4. Criterio sugerido por SAE-J179 para la clasificación de la ocurrencia.

Probabilidad de falla	Tasas de fallas probables	Clasificación
Muy Alto: Fallas persistentes	Mayor o igual a 100 por mil piezas	10
	50 por mil piezas	9
Alto: Fallas frecuentes	20 por mil piezas	8
	10 por mil piezas	7
Moderado: Fallas ocasionales	5 por mil piezas	6
	2 por mil piezas	5
Bajo: Relativamente pocas fallas	1 por mil piezas	4
	0.5 por mil piezas	3
Remoto: Falla improbable	0.1 por mil piezas	2
	Menor o igual a 0.01 por mil piezas	1

(SAE, 1986)

7. Definir controles del proceso (Prev/Detec). Consiste en identificar dispositivos o métodos para eliminar las fallas: Los primeros pueden ser sistemas de control automatizados, a prueba de errores, o verificaciones de iniciación. Los métodos consisten en auditorías, revisiones de seguridad e inspecciones. Existen dos tipos de control:
 - a) El preventivo, que reduce o previene la ocurrencia de la falla.
 - b) El de detección, que identifica la falla para la aplicación de medidas correctivas.
8. Determinar la clasificación de detección. Consiste en asignar una calificación relativa a las fallas reconocidas mediante esta metodología (en escala de 1 a 10) para definir el grado de eficiencia en su identificación por los equipos de detección. En general, para aumentar esta eficiencia se debe recurrir a nuevos tipos de control en el proceso que brinden mayor seguridad.
9. Calcular el número de prioridad del riesgo (RPN). Este se calcula a partir de la multiplicación de la severidad por la ocurrencia por la detección ($RPN = S \times O \times D$), y sirve para conocer los escenarios críticos del proceso.
10. Priorizar las acciones correctivas. En base a los indicadores de prioridad de riesgo se realiza la priorización de los escenarios para la asignación de recursos.

Cabe aclarar que los números de prioridad de este método constituyen sólo una guía, ya que cuentan con un planteamiento desfavorable que asigna la misma importancia a la detección que a la severidad y a la frecuencia. En general, el método para la asignación de recursos consiste en eliminar la ocurrencia, reducir la severidad o la frecuencia, y, finalmente, mejorar los sistemas de detección.

El documento desprendido de este análisis, así como el de los demás métodos, debe actualizarse cuando se presenten cambios en el proceso o se incorporen de nuevos productos.

1.5.1.5. Análisis de Árboles de Falla.

Son métodos probabilísticos, herramientas de cálculo o estadística que se utilizan para estimar la frecuencia de ocurrencia y la magnitud de un fenómeno, evento o situación. Estos métodos se basan en la aplicación de cuatro pasos fundamentales: (Barbosa, 2008)

1. Determinación del evento que se pretende analizar para estimar su probabilidad.
2. Determinación de los posibles escenarios de incidencia, mediante el uso del análisis lógico y de elementos tales como: compuertas "O", compuertas "T" o distintos conectores lógicos.
3. Desarrollo del esquema de árbol hasta las situaciones, actividades o eventos esenciales, que serán llamados eventos primarios o fallas primarias.
4. Aplicar los recursos de cálculo adecuados para obtener la probabilidad del evento de análisis principal.

1.5.2. PROBABILIDAD DE OCURRENCIA.

La probabilidad de ocurrencia es la segunda etapa de los métodos de análisis de áreas de influencia por fenómenos químico tecnológicos. La probabilidad permite conocer la credibilidad de los peligros identificados, por medio del análisis de su probabilidad de ocurrencia. En esta etapa se priorizan los escenarios en base a la interacción de la frecuencia en la ocurrencia de la falla y la severidad en sus consecuencias (figura 1.10). (Dinámica Heurística, 2008)

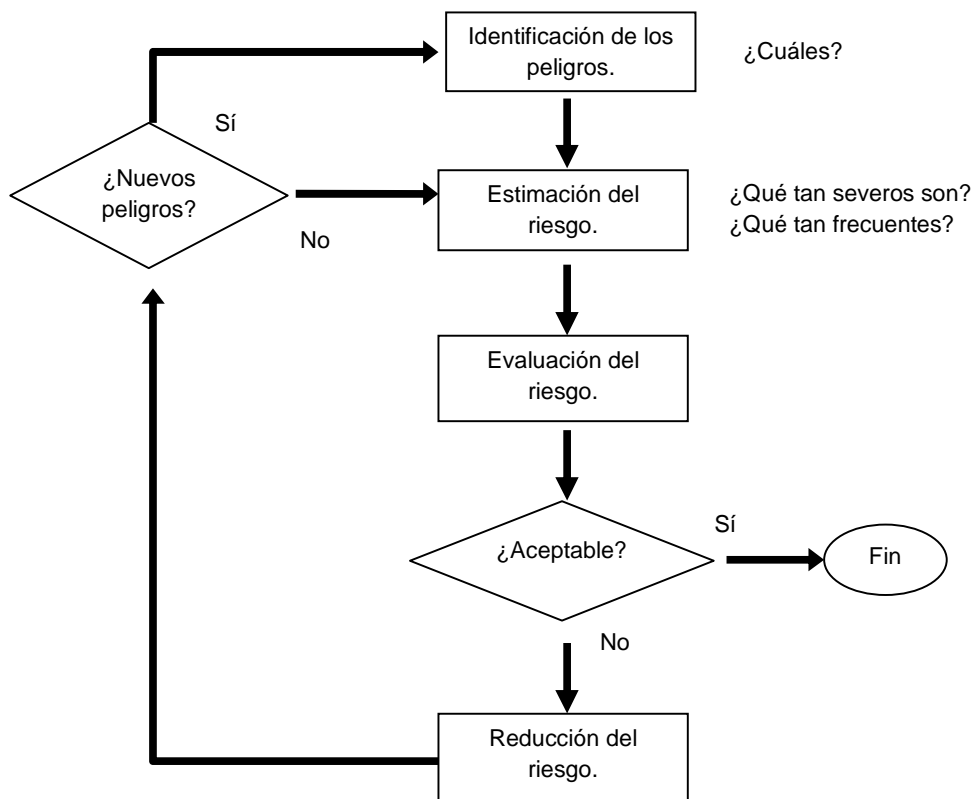


Figura 1.10. Proceso de evaluación del riesgo.

La jerarquización de los peligros mediante la estimación de la probabilidad de ocurrencia es importante para seleccionar los escenarios a los que se realizará la determinación de consecuencias por medio de herramientas de simulación.

Una vez analizada la probabilidad de ocurrencia, se priorizan de los escenarios para determinar el nivel de riesgo aceptable, manejable y no tolerable como se muestra en la Figura 1.11:

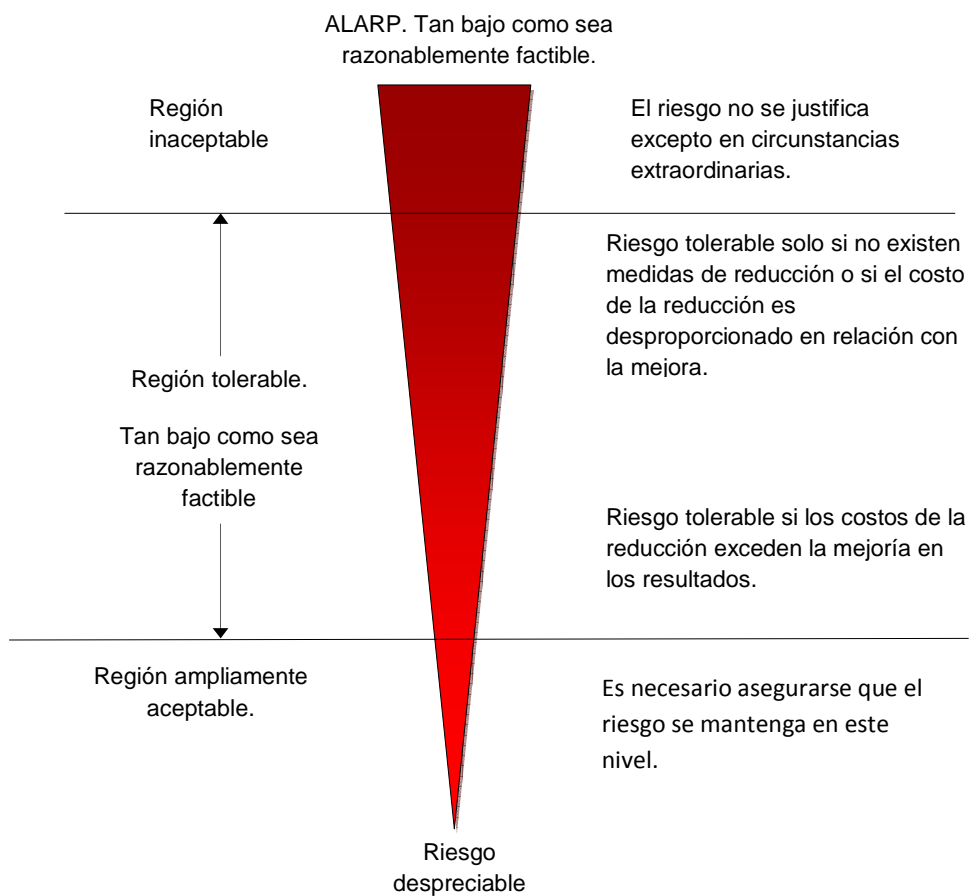


Figura 1.11. Niveles del Riesgo y ALARP (Tan bajo como sea razonablemente factible).

Como ejemplo el Estándar Militar 882-B tiene sus criterios propios para clasificar la frecuencia, severidad y priorización de escenarios (tablas 1.5 y 1.6) (figura 1.12).

Tabla 1.5. Clasificación de frecuencia según el Estándar Militar 882B.

Descripción	Nivel	Definición
Frecuente	A	Probable que ocurra frecuentemente.
Probable	B	Puede ocurrir varias veces en la vida del equipo o proceso.
Ocasional	C	Probable que ocurra alguna vez en la vida del equipo o proceso.
Remoto	D	Improbable pero es posible que ocurra.
Improbable	E	Tan improbable que se asume casi imposible.

Tabla 1.6. Clasificación de la severidad según el Estándar Militar 882B.

Descripción	Categoría	Definición
Categoría I	Catastrófico	Puede causar muertes o pérdida del sistema o proceso.
Categoría II	Crítico	Puede causar heridas severas, daño mayor a la propiedad o al sistema.
Categoría III	Marginal	Puede causar heridas menores, daño menor a la propiedad o al sistema.
Categoría IV	Insignificante	No es suficientemente serio para causar heridas, daño a la propiedad o al sistema, pero puede resultar en mantenimientos o reparaciones fuera de lo programado.

Frecuencia	Severidad			
	Catastrófico	Crítico	Marginal	Insignificante
Frecuente	1. Inaceptable	3. Inaceptable	7. Indeseable	13. Aceptable con revisión
Probable	2. Inaceptable	5. Inaceptable	9. Indeseable	16. Aceptable con revisión
Ocasional	4. Inaceptable	6. Indeseable	11. Aceptable con revisión	18. Aceptable sin revisión
Remoto	8. Indeseable	10. Aceptable con revisión	14. Aceptable con revisión	19. Aceptable sin revisión
Improbable	12. Aceptable con revisión	15. Aceptable con revisión	17. Aceptable con revisión	20. Aceptable sin revisión

Riesgo inaceptable
 Riesgo indeseable
 Riesgo aceptable con revisión
 Riesgo aceptable sin revisión

Figura 1.12. Matriz de riesgo según el Estándar Militar 882B

1.5.3. ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS.

El análisis de consecuencias se utiliza para conocer la naturaleza y gravedad de los accidentes, así como los recursos y ambientes expuestos a los riesgos.

En esta etapa se realiza la simulación de las consecuencias que producirían los escenarios más importantes identificados en la empresa.

En relación al cálculo de consecuencias (Casal y Col, 1999) menciona que no existe una guía técnica específica referente a la modelización de las mismas, el criterio a adoptar sería la utilización de modelos reconocidos internacionalmente, documentados bibliográficamente o validados mediante experiencia.

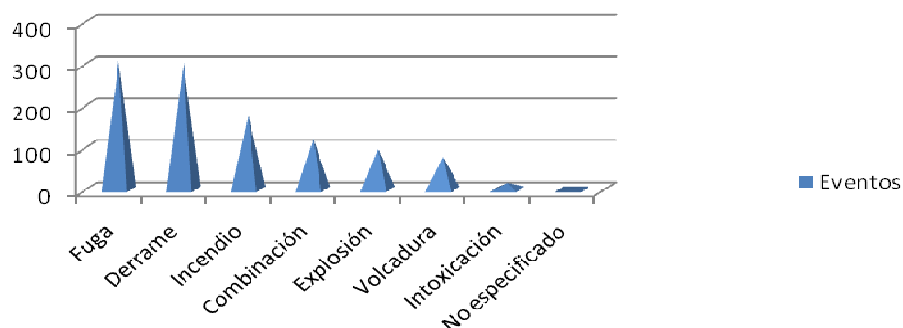
1.6 PROBLEMÁTICA DEL RIESGO.

1.6.1. AMENAZAS QUÍMICO-TECNOLÓGICAS.

El Centro Nacional para la Prevención de Desastres publicó la Base de Datos de Accidentes Químicos ACQUIM-(González y Fernández, 1994), que cuenta con registros de los accidentes relacionados con el uso de sustancias peligrosas en la República Mexicana para el periodo de junio de 1990 a diciembre de 1993. Este análisis registra 152 derrames, 47 explosiones, 146 fugas y 42 incendios (figura 1.13), y muestra que:

- Más del 50% de las industrias se localizan en áreas densamente pobladas.
- Los accidentes que involucran el uso de materiales peligrosos, se producen con mayor frecuencia dentro de las instalaciones que durante el transporte.
- Las sustancias más frecuentes en estos accidentes son el gas L.P., las gasolinas y el amoníaco.

González y Fernández (1994) señalan además que no existen registros precisos de la ubicación de las industrias, producción, distribución, transporte e importación de sustancias químicas, ni un seguimiento a los accidentes y sus consecuencias



Base de datos ACQUIM desde junio de 1990 a diciembre de 1993. Área de Riesgos Químicos del CENAPRED.
Figura 1.13. Tipos de eventos relacionados con las sustancias químicas (1990 a 1993).

México cuenta con registro de accidentes industriales tanto en el transporte como en el almacenamiento de las sustancias químicas peligrosas (tabla 1.7).

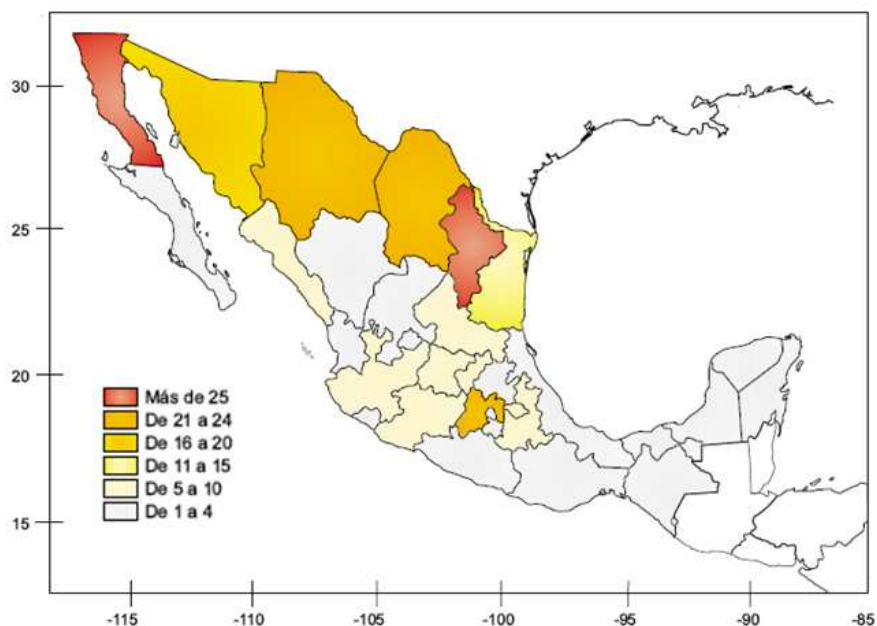
Tabla 1.7. Accidentes seleccionados que involucran sustancias peligrosas, 1970 - 1998

Fecha	Localidad	Origen del accidente	Productos involucrados	Muertos	Número de Lesionados	Evacuados
3/06/1979	Golfo de México	Explosión (plataforma)	Aceite	-	-	-
4/08/1981	Montañas, SLP.	Fuga (t.f)	Cloro	28	1 000	5 000
19/11/1984	San J. Ixhuatepec	Explosión almacenamiento	Gas LP	>500	2 500	>200 000
25/12/1986	Cárdenas	Fuga (tubería)	Gas	-	2	>20 000
15/12/1987	Minatitlán	Falla en el proceso	Acronitrilo	-	>200	1 000
23/06/1988	Monterrey	Explosión	Gasolina	4	15	10 000
11/12/1988	Cd. de México	Explosión	Fuegos artificiales	62	87	-
11/03/1991	Coatzacoalcos	Explosión (petroquímica)	Cloro	2	122	-
04/05/1991	Córdoba	Explosión	Paratión	-	300	-
29/12/1991	San Luis Potosí	Fuga	Butano	-	40	-
22/04/1992	Guadalajara	Explosión (alcantarillado)	Hidrocarburos	>206	>1500	6500
20/02/1996	Cd. de México	Explosión (planta química)	Mercaptanos	-	>125	>100

t.f. Transporte ferroviario. Fuente: Zepeda y González, 2001.

Una parte importante de las industrias en el país se encuentran instaladas en parques industriales. En la figura 1.14 se indica el número de éstos que existe en cada Entidad Federativa.

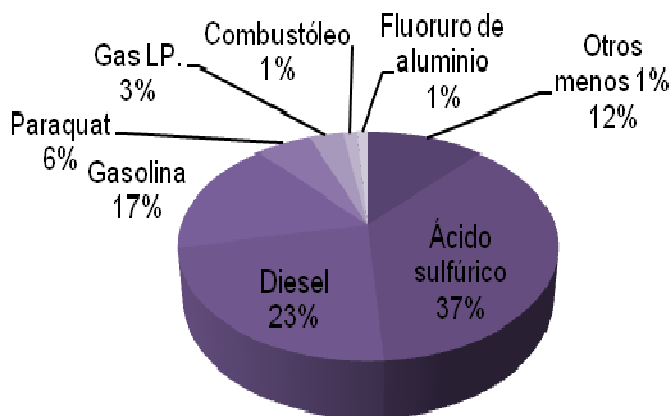
Para realizar un análisis de las zonas más riesgosas en el país se debe considerar: la naturaleza de las empresas, el tipo de sustancias químicas que manejan, los volúmenes de éstas y el tipo de proceso químico involucrado; además es necesario construir los escenarios de riesgo en cada contexto particular.



Fuente: Zepeda y González, 2001.

Figura 1.14. Distribución geográfica de parques industriales en la República Mexicana.

La publicación del CENAPRED “Identificación de peligros por Almacenamiento de Sustancias Químicas en Industrias de Alto Riesgo en México” para el año 2003 indica que en el Estado de San Luis Potosí, las sustancias más utilizadas por el Sector Industrial, son: ácido sulfúrico, diesel, gasolina y paraquat (Dicloruro de 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilo utilizado como herbicida) (figura 1.15) (Arcos e Izcapa. 2003).



Fuente: Arcos e Izcapa. 2003

Figura 1.15.- Sustancias químicas almacenadas en mayor volumen el Mpio. de San Luis Potosí.

Los accidentes más relevantes ocurridos en la capital de San Luis Potosí, y de los que se tiene conocimiento en la Subprocuraduría de Inspección Industrial de la PROFEPA, se muestran en la tabla 1.8:

Tabla 1.8. Emergencias ambientales ocurridas en el Mpio.de San Luis Potosí. Periodo 2000-2007.

Fecha	Tipo de emergencia	Ubicación	Transporte	Sustancia involucrada	Localizacion de la emergencia
23/05/00	Derrame	Transporte	Carretero	Lodos de proce-so industrial	Carretera 80 Tampico-Barra de Navidad, km. 064+400
06/10/00	Derrame	Transporte	Carretero	Acido clorhídrico	Carretera Matehuala-San Luis Potosí, km. 5.5
25/07/01	Derrame	Otro	No aplica	Acido sulfúrico	Lote baldío ubicado en Periférico Sur 116, Col. Bellas lomas
10/08/01	Fuga	Transporte	Carretero	Gas L.P.	Calle Santo Domingo y Av. Soledad
12/06/01	Derrame	Transporte	Carretero	Acrilonitrilo	Carretera 70 México-Piedras Negras, km. 181
03/01/02	Explosión	Planta	No aplica	Tolueno	En el interior de la empresa ubicada en Av. CFE no. 520
14/02/02	Derrame	Transporte	Ducto	Gasolina	Derecho de vía de poliducto y propiedad privada, km. 183 Carretera Querétaro-San Luis Potosí
03/02/03	Derrame	Transporte	Carretero	Acido sulfúrico	Carretera no. 70 Tampico - Barra de Navidad Huizache-entronque a Tula
02/09/03	Derrame	Transporte	Carretero	Alcohol etílico	Km 6+200 carretera México - Piedras Negras tramo Libramiento Oriente
28/05/05	Derrame	Planta		Aguas residuales	Av. Industrias no. 3835 - interior de la empresa Mabe Sanyo Compressors, S.A.
18/10/06	Derrame	Transporte	Carretero	Acido sulfúrico	Glorieta de la familia - entronque carretera no. 80 San Luis - Guadalajara
10/06/07	Derrame	Transporte	Carretero	Alquilbenceno lineal	Tercer nivel del Distribuidos Vial Benito Juárez
13/06/07	Derrame	Transporte	Carretero	Azufre líquido	Km. 011 + 700 Carr. No. 57 México - Piedras Negras, tramo libramiento Oriente

Fuente: Subprocuraduría de Inspección Industrial (2008)

1.6.2. CONSTRUCCIÓN DEL ESCENARIO DE RIESGO.

Para elegir su ubicación física, la industria considera como puntos de interés, entre otros aspectos; el mercado, la disponibilidad de materias primas y de fuentes de energía. Las industrias de la transformación en general, se sitúan en los grandes centros urbanos, los cuales se han modificado para proveerles servicios y mano de obra barata y calificada.

La ubicación privilegiada de la capital de San Luis Potosí y su comunicación por carretera y ferrocarril a las principales ciudades de la República Mexicana la colocan en ventaja

frente a otros centros de actividad industrial. Otras ventajas competitivas son: una amplia oferta de mano de obra calificada, estímulos gubernamentales, población económicamente activa que asciende al 40% de la población total y un salario mínimo por debajo de otras zonas del país (SEDECO, 2007).

Con la instalación de industrias en zonas urbanas, se crean fuentes masivas de empleos, que brindan trabajo a la población excedente del campo y a migrantes de otras regiones. Con el paso del tiempo estos cambios en la sociedad y el modo de organización constituyen rasgos muy bien definidos del entorno geográfico, al conjuntarse dentro de los sitios de desarrollo económico, espacios diseñados para la ubicación de las actividades industriales.

El auge en el sector manufacturero ha provocado el problema de concentración urbana en torno a las instalaciones industriales. El Plan del Centro de Población Estratégico de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez (2003), explica que la creciente urbanización en nuestro país es parte del fenómeno territorial en el ámbito mundial, provocado en gran parte por la falta de oportunidades de trabajo en las zonas rurales, la declinación de las economías de subsistencia y la esperanza de acceder a mejores niveles de vida.

La problemática se explica al analizar el periodo de gran auge del sector industrial durante el periodo de 1950-1970, en el cual se instalaron numerosas empresas, que generaron una demanda fuerte de mano de obra y contribuyeron al rápido crecimiento de centros urbanos en el país. Ya que en esta época, la producción estaba enfocada en satisfacer las demandas internas del país, las industrias buscaban estar próximas a los centros poblacionales

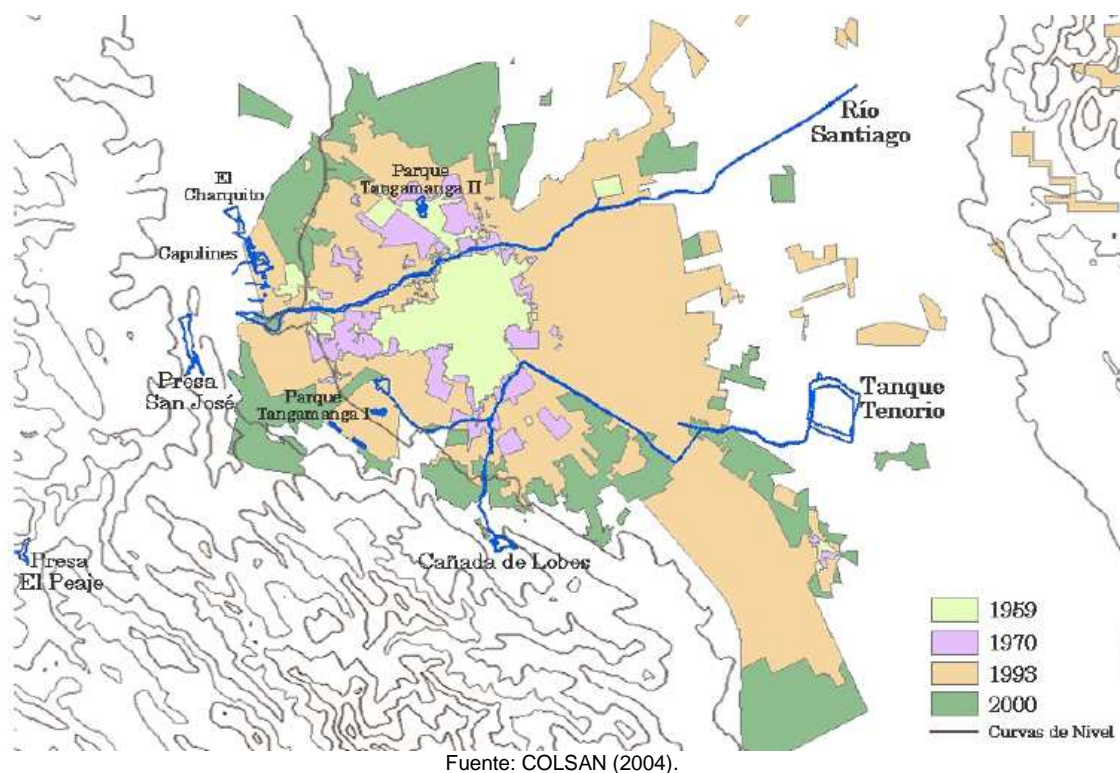
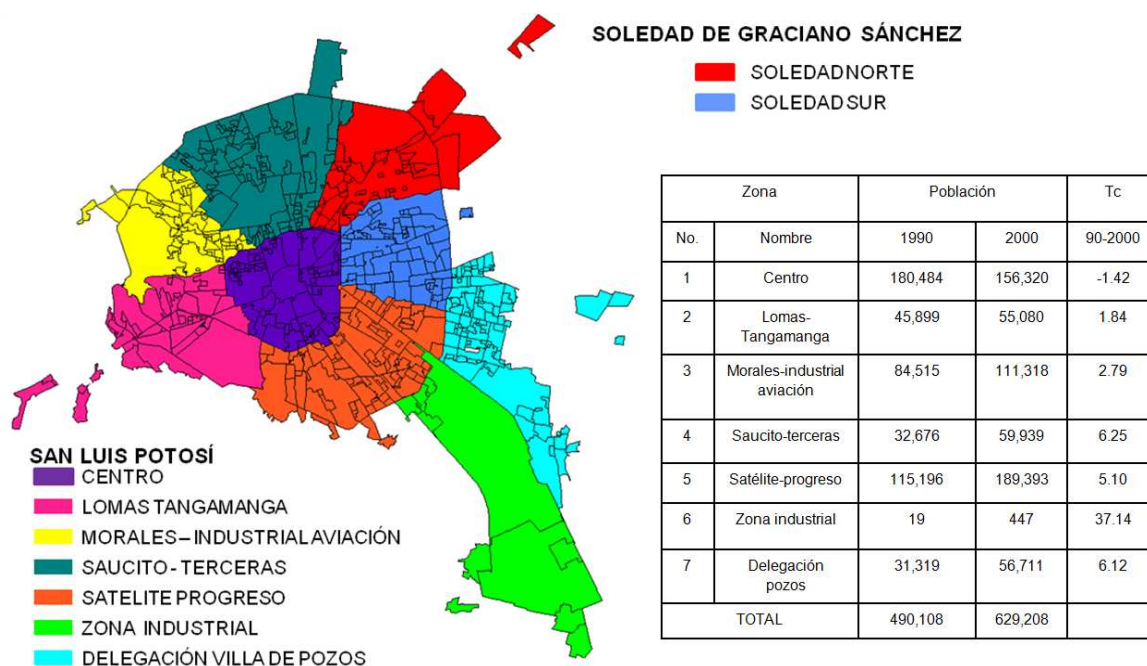


Figura 1.16.- Patrón de crecimiento urbano en la ciudad de San Luis Potosí.

La zona urbana del municipio de San Luis Potosí no ha seguido un modelo de crecimiento ordenado, ya que a partir de los años cincuenta cambió su patrón de radial concéntrico a polinuclear, debido principalmente al establecimiento de las dos zonas de actividad industrial, que orientaron el crecimiento de la superficie urbana hacia el Sureste (Moreno, 1992). Al crecer la demanda de mano de obra, la ciudad se expandió con la llegada de nuevas familias en busca de fuentes de trabajo; así que a partir de los años setenta se inicia la creación de nuevas unidades habitacionales de viviendas para clase media y media alta (COLSAN, 2004). Desde entonces y a la fecha, la industria de la construcción ha observado un crecimiento ininterrumpido sin seguir un plan de ordenamiento que impida asentamientos humanos en las inmediaciones de Zona Industrial.

El área industrial del municipio se localiza a lo largo de rutas de tránsito muy importantes como la carretera 57 tramo Querétaro- San Luis Potosí, lo que ha dado como resultado la proliferación de establecimientos comerciales, con población potencialmente expuesta a los riesgos de origen químico (Figura 1.16).



Fuente: Censos generales de población y vivienda 2000. INEGI. Periódico Oficial de la Federación LXXXVI, San Luis Potosí, SLP. Agosto, 2003. Plan del Centro De Población Estratégico San Luis Potosí- Soledad de Graciano Sánchez.

Figura 1.17. Crecimiento de la población 1950-2007

Como puede observarse en la figura 1.17 en el periodo de 1990 al 2000, los sectores que mayor crecimiento poblacional observaron fueron la Zona Industrial, Saucito-Terceras y la delegación de Villa de Pozos, a pesar de que según el uso de suelo establecido para el primero de ellos, están prohibidos los asentamientos humanos. De igual modo el incremento en la tasa de crecimiento de la Delegación Villa de Pozos respalda la idea de la actividad industrial como motivador del crecimiento de la ciudad.

Si bien la Ciudad de San Luis Potosí cuenta con un Plan de Centro Poblacional publicado en el año de 2003 donde se menciona la necesidad de contar con áreas de restricción de Instalaciones de Riesgo, el documento no establece zonas de amortiguamiento para la Zona Industrial, únicamente establece que para las plantas de explosivos o productos extremadamente letales para el ser humano, se encuentra prohibida su instalación dentro de centros de población y al menos a 1,700 m de cualquier uso urbano. A pesar de esto no existe un análisis de las industrias que cumplen con estos requisitos, ya que el mismo documento hace patente la falta de un inventario de industrias dentro del anillo periférico, así como de gasolineras y gaseras. El Plan del Centro de Población también menciona que es necesario evitar la autorización de nuevos fraccionamientos dentro de las áreas de influencia de las industrias o fabricas ya establecidas, pero no propone mecanismos para que dichos fraccionamientos sean instalados.

Este plan de ordenamiento territorial, en el rubro de riesgos químicos, menciona que el factor principal de estas amenazas lo constituye la zona de actividad industrial, en donde se ubican industrias de alto riesgo de las que se carece de información para prevenir

posibles impactos al exterior. En el aspecto regulatorio establece recomendaciones como evitar la urbanización en ese sector de la ciudad, y brinda además un mapa general de la ciudad en donde se señalan las zonas con riesgos de origen químico, indicando un radio general de afectación.

Este Plan carece de la información necesaria para establecer las industrias de alto riesgo que pudieran ocasionar consecuencias al exterior y especificar su ubicación, las áreas de influencia respectivas y las zonas de amortiguamiento que permitan evitar escenarios de peligro en el municipio. A falta de un análisis específico del entorno municipal, que permita normar los establecimientos urbanos, este documento resulta ser una serie de recomendaciones sin ningún instrumento para su cumplimiento. Por lo que no cuenta con los elementos para considerarse un plan ordenador del territorio, al menos en lo que se refiere a los riesgos de origen químico, producto de la actividad industrial.

En el siguiente capítulo se explicará la metodología seguida para la evaluación del Peligro debido a fenómenos químico-tecnológicos en la Zona Industrial Oriente de la Ciudad de San Luis Potosí.

CAPITULO 2 METODOLOGÍA

2.1. GENERALIDADES.

La investigación consta de las etapas siguientes:

1. Obtención de datos. En colaboración con la Dirección de Protección Civil del Estado de San Luis Potosí se realizó una encuesta sobre el manejo de materiales peligrosos a 48 industrias de la Zona Industrial Oriente de la ciudad, que es el punto de mayor concentración de la actividad industrial a nivel Estatal. El objetivo de esta encuesta fue identificar y conjuntar en una base de datos a las empresas de alto riesgo en materia de riesgo, y a los materiales peligrosos que almacenan.
2. Determinación de las áreas de influencia debidas a fenómenos químico-tecnológicos. Para la determinación del peor escenario probable se tomaron como base las circunstancias previstas en las Guías para el Análisis de Consecuencias al Exterior de la Agencia de Protección Ambiental (EPA 1999). El estudio de escenarios alternativos con los materiales peligrosos se efectuó mediante los programas de simulación de riesgos SCRI-Modelos 4, (desarrollado por la empresa Dinámica Heurística) y ALOHA (desarrollado por la Oficina de Manejo Ambiental de la EPA y la División de Respuesta a Emergencias de la Agencia Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica Estadounidense NOAA)
3. Integración datos a un sistema de información geográfica (SIG). Se definieron la ubicación espacial del almacenamiento de las diferentes sustancias químicas y las áreas de influencia de las amenazas estudiadas. En dicho sistema geográfico se identificaron además las zonas urbanas próximas a las industrias que constituirían el sistema afectable, en caso de la materialización de una amenaza químico tecnológica.
4. Análisis de resultados. Se evaluaron las características sociales y de vulnerabilidad del entorno habitacional identificado dentro de las áreas de influencia de las amenazas químico-tecnológicas, así como la capacidad de respuesta a emergencias de las autoridades encargadas de la gestión del riesgo en el municipio de San Luis Potosí. Obteniéndose como resultado una clasificación de vulnerabilidad en el nivel local, de acuerdo con la Guía para la Determinación de la Vulnerabilidad Física y social de CENAPRED.

2.2. MODELACIÓN DE CONSECUENCIAS POR ALMACENAMIENTO DE MATERIALES PELIGROSOS.

En el caso de esta tesis, las consideraciones para la identificación de peligros para el peor escenario probable, se encuentran en la Guía para la determinación de consecuencias al exterior de al EPA. (EPA, 1999)

Haciendo uso de la metodología “¿Qué pasa sí?”, se obtuvieron los escenarios alternativos simulados que corresponden únicamente a fallas posibles durante la etapa de almacenamiento de los materiales peligrosos.

La modelación de consecuencias por almacenamiento de materiales peligrosos en este trabajo de investigación se basó en “La Guía para los Programas de Manejo de Riesgo en los Análisis de Consecuencias al Exterior de la EPA”, publicada en 1999. La determinación de los escenarios alternativos se realizará a partir de los modelos de simulación: SCRI Modelos 4 (de Dinámica Heurística), y ALOHA (de la EPA y la Agencia de Administración Oceánica y Atmosférica, NOAA).

2.2.1 Determinación del Peor Caso Probable de la EPA.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos ha definido el Escenario del Peor Caso Probable, como la mayor emisión de una sustancia regulada que resulta en la distancia más grande hasta donde se observan sus consecuencias en un punto final. El punto final donde se observan las consecuencias de este escenario es la distancia que el fenómeno viajará antes de disiparse hasta el punto en el que las exposiciones en periodos cortos de tiempo, no producen lesiones serias. Las consecuencias son distintas para cada fenómeno: para emisiones de gases tóxicos, será la distancia que recorrerá la nube de vapor tóxico; para el caso de incendios, será la radiación térmica; y para las explosiones, serán las ondas de sobrepresión.

El objetivo de la determinación del peor escenario probable es conocer cuál es la mayor cantidad de personas que pueden estar expuestas a las consecuencias de la liberación de una sustancia regulada. La metodología trata de determinar el mayor universo de afectados y para ello se fijan límites tóxicos, de radiación y sobrepresión hasta donde se cree que las personas aún podrían tomar acciones de prevención. En la determinación de los escenarios se establecen condiciones extremas de liberación de las sustancias peligrosas y se obtienen los casos más severos que resultan en las distancias más grandes al exterior.

La Guía para la Determinación de Consecuencias al Exterior de la EPA describe métodos simples para la estimación de tasas de emisión de sustancias tóxicas reguladas para la

construcción del peor escenario probable. En esta investigación, se usó esta metodología para conocer la máxima distancia de consecuencias por el almacenamiento de amoniaco y líquidos inflamables en las empresas estudiadas de la Zona Industrial de San Luis Potosí.

2.2.1.1 Análisis del peor caso para amoniaco.

Para determinar el peor caso de liberación de amoniaco se establece que la cantidad total liberada es igual a la cantidad de amoniaco contenida en el tanque de almacenamiento de mayor capacidad en la instalación industrial, tomando en cuenta los controles administrativos internos de cada industria que en ocasiones limitan la máxima cantidad almacenada.

Las condiciones atmosféricas que se emplean para la dispersión del amoniaco son críticas, con una velocidad del viento de 1.5 m/s y una estabilidad atmosférica de tipo F (según la clasificación de Pasquill- Gifford). (EPA, 1999)

De acuerdo con la asociación Americana de Higiene Industrial (AIHA) el límite tóxico de concentración aérea para el amoniaco es de 200 ppm (0.14 mg/L); esta es la concentración máxima por debajo de la cual se cree que todos los individuos pueden estar expuestos por más de una hora sin experimentar efectos serios o irreversibles en la salud, que podrían impedir la capacidad de los individuos para tomar acciones de protección. La regla asume que el límite tóxico es constante, aunque la duración de la liberación sea sólo de 10 minutos (EPA, 1999).

Las tasas de emisión de los contenedores de amoniaco anhidro en esta tesis se obtuvieron asumiendo la emisión gaseosa de la cantidad total en un periodo de 10 minutos; para su determinación fue necesario definir si la emisión se realizaría directamente a la atmósfera (sin mitigación) o en un espacio cerrado (con mitigación).

Tabla 2.4. Cálculo para la determinación de tasas de emisión (EPA 1999).

Emisiones de gases sin mitigación	Emisiones de gases en espacios cerrados
$QR=QS/10$	$QR=(QS/10)*0.55$

QR= Tasa de emisión (libras por minuto). QS= Cantidad liberada (libras)

La totalidad de los tanques de almacenamiento de amoniaco, considerados en la presente investigación, se encontraban al aire libre, por lo que el cálculo de las emisiones se realizó sin mitigación en todos los casos.

En la determinación de la distancia hasta el punto final se deben estimar las consecuencias del peor caso posible basado en las tasas de emisión y la distancia final de la nube tóxica (figura 2.6). Para ello se usa el Apéndice E de la Guía para la

Determinación de Consecuencias al Exterior, en la cual se establecen consideraciones especiales para las instalaciones que almacenan amoniaco.

**Escenario del peor caso de liberación de amoniaco, distancias hasta el límite tóxico:
@ Estabilidad atmosférica F, velocidad del viento de 1.5 m/s**

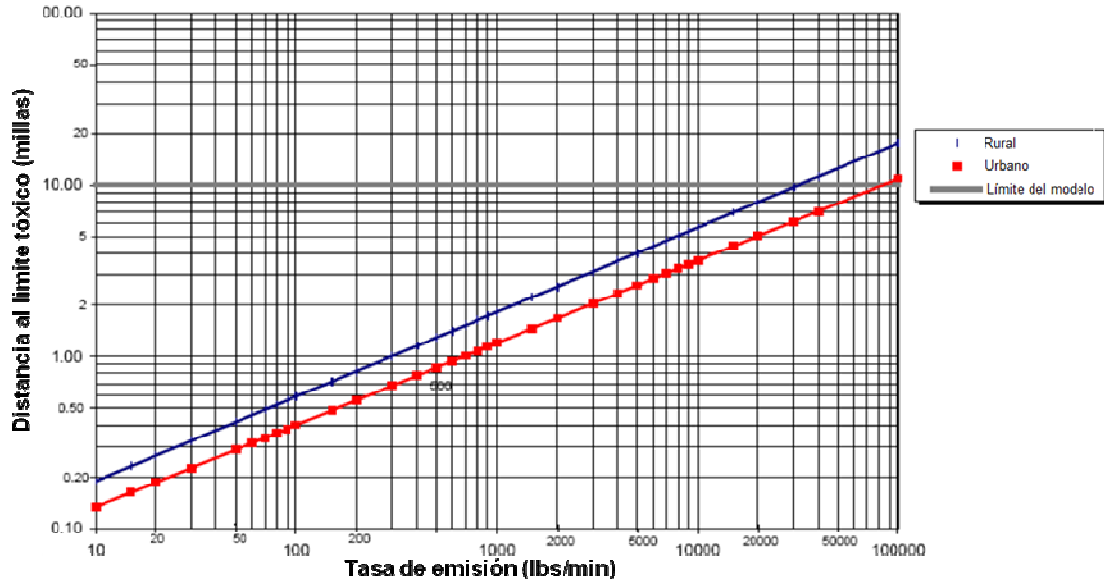


Figura 2.6. Escenario del peor caso de liberación de amoniaco, distancias hasta el límite tóxico. Estabilidad atmosférica F, velocidad del viento de 1.5 m/s Programa de Manejo de Riesgo. Guía para Refrigeración de Amoniaco. (EPA, 2000)

Para cada una de las emisiones de amoniaco calculadas anteriormente, se obtuvo la distancia mayor de consecuencias al exterior, como se establece en la determinación del peor caso probable.

2.2.1.2. Análisis del peor caso para sustancias inflamables.

Para la determinación del peor caso que involucra gases inflamables y líquidos volátiles, se asume que la cantidad total de la sustancia inflamable forma una nube de vapor que se encuentra dentro de los límites superior e inferior de inflamabilidad y que la nube detona.

Para un escenario conservador se asumió que el 10% de la cantidad contenida en la nube de vapor participa en la explosión.

Para estimar las consecuencias de este escenario, se fija el límite de consecuencias al exterior, a un nivel de sobrepresión de 1 psi (lbf/in²) el cual puede causar demolición parcial de las casas, lesiones serias a las personas, y la fractura de los cristales en las ventanas que producirían aceración cutánea por el impacto de los mismos.

La determinación de consecuencias se logra mediante la ecuación 2-1:

$$D = 17 \times \left(0.1 \times W_f \times \frac{HC_f}{HC_{TNT}} \right)^{1/3} \quad \text{Ecuación (2-1)}$$

D = Distancia de 1 psi de sobrepresión (m)

W_f = Peso de la sustancia inflamable (kg)

HC_f = Calor de combustión de la sustancia inflamable (kJ/kg)

HC_{TNT} = Calor de explosión del trinitrotolueno (TNT) (4,680 kJ/kg)

El factor 17 es una constante asociada con daños de 1 psi de sobrepresión.

2.2.2 Análisis alternativo sustancias tóxicas.

Para la determinación del escenario alternativo se utilizaron dos modelos de simulación. El ALOHA (Localización Aérea de Atmósferas Peligrosas) y el SCRI (Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias), desarrollado por Dinámica Heurística.

Para la determinación de escenarios alternativos se eligieron situaciones atmosféricas propias de la ciudad de San Luis Potosí y las condiciones de liberación de las sustancias tóxicas se fijaron como aquellas más probables de ocurrir durante el almacenamiento de las mismas.

2.2.2.1 Determinación del escenario alternativo

Para la determinación de los escenarios alternativos durante el almacenamiento de sustancias tóxicas, se elige partir del análisis de riesgos para establecer los escenarios más probables que llevarían a la liberación de la sustancia regulada, en lugar de considerar la liberación total del contenido del tanque, como en el caso del peor escenario probable.

Así, la liberación de las sustancias tóxicas se efectúa a partir de una falla en las tuberías o válvulas de descarga de mayor diámetro del tanque en el sistema de almacenamiento de los materiales peligrosos.

En el caso de sustancias en estado líquido, el sistema de contención de derrames (o dique), se consideró como medida de mitigación. En este caso, la dispersión de las sustancias tóxicas proviene del almacenamiento del material en el dique de contención.

Los gases y vapores inflamables tóxicos pueden entrar en el medio ambiente y ser liberados directamente desde: una válvula, la ruptura de un vehículo de transporte, una

tubería rota, etc. Para evaluar el riesgo que cada caso representa se requiere conocer el tiempo de la descarga, cómo se dispersan los vapores en el aire, e identificar los peligros que provoca la exposición de las personas a distintas concentraciones y en diferentes puntos situados bajo la dirección del viento.

Las emisiones a la atmósfera se clasifican en:

- 1) Emisiones instantáneas o de duración finita. Tienen lugar en un tiempo que va desde un par de segundos hasta un minuto y posteriormente se detienen repentinamente. El resultado de esta descarga es una nube distintiva llamada "puff".
- 2) Emisiones continuas. Tienen tiempos prolongados y producen largas plumas de gas como las que se observan al salir de chimeneas.

En la figura 2.7 se muestra la dispersión de estos dos tipos de descargas.

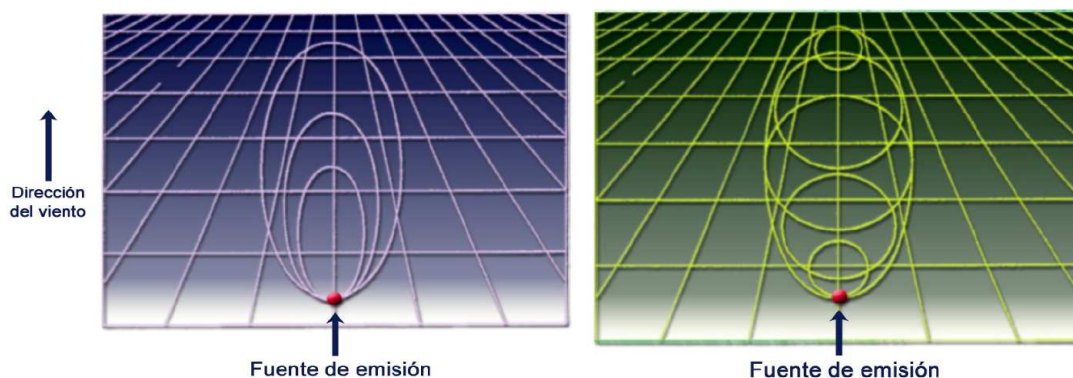


Figura 2.7. Isopletas de puff y pluma continua al incrementar el tiempo (Dinámica Heurística, 2008)

Entre las variables que determinan la dispersión de las sustancias tóxicas en la atmósfera se encuentran:

- 1) El tipo y la cantidad de contaminantes que son emitidos; esto depende de la naturaleza y el tiempo en el que tiene lugar la emisión.
- 2) Las condiciones de velocidad, dirección del viento y estabilidad atmosférica que determinan el mezclado del aire con la sustancia tóxica y las distancias de interés para los diferentes límites de consecuencias.
- 3) El del peso específico del material en relación con el del aire que determina la flotabilidad del mismo en la atmósfera.
- 4) Las características del terreno también tienen un efecto para la dispersión de los contaminantes, especialmente las depresiones o valles así como los edificios que pueden constituir obstáculos para la dispersión y contribuir a la concentración de los gases o vapores tóxicos a nivel del suelo.

La tabla 2.5 representa un método empírico propuesto por Pasquill (1961) y utilizado en diferentes modelos de dispersión para determinar la estabilidad atmosférica en función de la hora del día, la velocidad del viento, la radiación solar y la cobertura de nubes.

Tabla 2.5. Estabilidad atmosférica de Pasquill.

Velocidad del viento (a 10 m) (m/s)	Día			Noche	
	Radiación Solar Incidente			Nubosidad mayor o igual a 4/8	Nubosidad menor a 4/8
	Fuerte	Moderada	Ligera		
	(1)+	(2)+	(3)+	(4)+	(5)+
<2	A	A-B	B	F	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Dinámica Heurística (2007) señala que la tasa con que se eleva una nube o pluma al moverse en la dirección del viento será principalmente una función:

- 1) De la diferencia entre el peso específico del vapor de ésta y el del aire, y
- 2) De la velocidad del viento prevaleciente.

De esta manera, los gases ligeros se elevarían más rápido, siguiendo la dirección y velocidad del viento, mientras que los gases pesados pueden seguir la dirección del terreno incluso en contra de la dirección del viento, al menos hasta que el gas se vaya mezclando y disipando, siguiendo el comportamiento de una nube de vapor ligero.

Según el Manual de Difusión Atmosférica del Departamento de Energía Estadounidense (Hanna y Col, 1982) se ha determinado que en promedio existe un 90% de probabilidad de que una nube o pluma permanezca dentro de un arco de 120° en el sentido de la dirección del viento, a partir del punto de origen, bajo las condiciones de estabilidad atmosférica de clase A, B y C. Para las clases más estables, el arco se reduce a un ángulo de 40°. Estos datos son importantes al definir las áreas que deben ser evacuadas en una emergencia con sustancias tóxicas.

2.2.2.2. Modelos gaussianos.

El modelo más ampliamente utilizado para estudiar el transporte y la dispersión de materiales tóxicos en el aire está basado en la fórmula de difusión gaussiana. En este modelo, la concentración promedio de contaminante en la pluma o masa gaseosa se obtiene a una distancia x viento abajo del punto de emisión o del centro de la pluma, y es inversamente proporcional a la cantidad de dispersión de la pluma en las direcciones horizontal y vertical (σ_y, σ_z) y a la velocidad del viento de transporte u_w .

La ecuación 2-2 permite determinar la concentración de la sustancia tóxica en cualquier punto de la pluma (Turner, 1994):

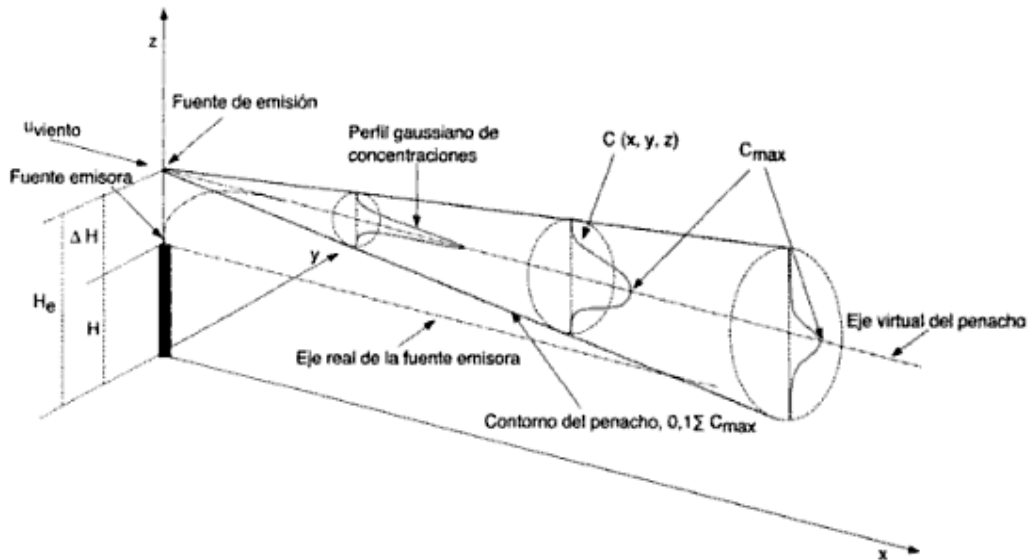
$$C(x,y,z,Hc) = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u_w} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right) \cdot \left[\exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{z-Hc}{\sigma_z}\right)^2\right) + \exp\left(-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{z+Hc}{\sigma_z}\right)^2\right) \right]$$

Donde:

Ecuación (2-2)

- C Concentración de contaminante (kg/m³).
- Q Caudal de emisión (kg/s)
- σ_y Coeficiente de dispersión lateral (m).
- σ_z Coeficiente de dispersión vertical (m).
- u_w Velocidad media del viento en la zona de estudio (m/s).
- x,y,z Coordenadas del punto de interés (m).
- H Altura efectiva de la emisión (m).

La concentración del contaminante dentro de la pluma no es uniforme sino que presenta un máximo en el centro de ésta y disminuye hacia los bordes. Los teóricos indican que el perfil de la concentración dentro de la pluma sigue aproximadamente una curva de distribución en forma de campana, llamada curva normal o gaussiana. (Figura 2.8).



(Arnaldos y Col. 2003)

Figura 2.8. Distribución de la concentración en el interior de un penacho de humos contaminantes, según el modelo gaussiano (fuente emisora puntual, de emisión constante y continua).

2.2.2.3. Consideraciones meteorológicas.

En los escenarios alternativos de las situaciones de riesgo en la Zona Industrial Oriente de San Luis Potosí, los datos de los parámetros meteorológicos se obtuvieron a partir de los reportes de la Dirección Local de la Comisión Nacional del Agua en San Luis Potosí, medidos por el Observatorio Meteorológico Tangamanga II, LN 22°29' LW 100°58' durante el periodo 2005-2008.

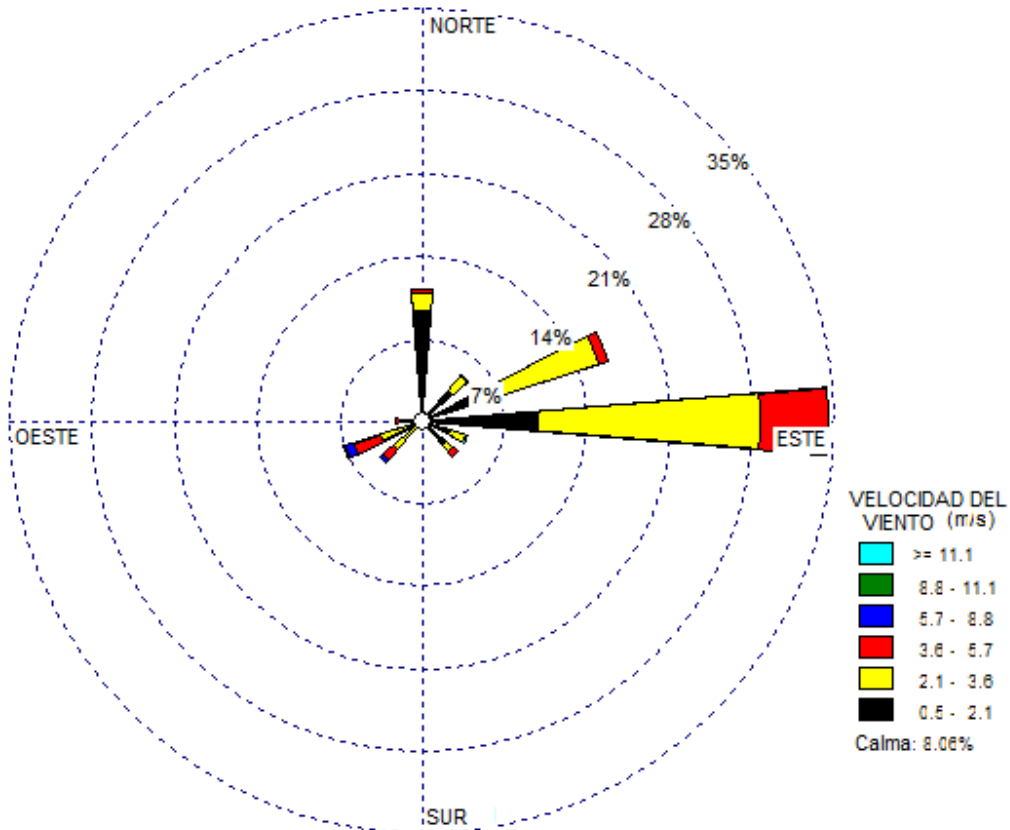


Figura 2.9. Rosa de vientos elaborada a partir de los datos de la Estación Meteorológica Tangamanga II, SLP.

Una vez analizados los datos obtenidos, se establecieron de dos escenarios meteorológicos con la dirección dominante del viento en las direcciones Este y Este-noreste con velocidades medias de 3.5 y 2.3 m/s, respectivamente (figura 2.9).

La altura del anemómetro de la estación meteorológica es de 10m; se consideró cielo despejado (sin cobertura de nubes), sin inversión térmica presente.

2.2.2.4. ALOHA

El programa de modelación ALOHA (Localización de áreas de atmósferas peligrosas), sirve para estimar las zonas de peligro asociadas con sustancias químicas peligrosas, incluyendo nubes de gases tóxicos, fuego y explosiones. Una zona de peligro es un área en la cual el nivel de toxicidad, flamabilidad, radiación térmica o daños debidos a ondas de sobrepresión ha excedido un límite de preocupación especificado por el usuario. (EPA, 2009)

El programa ALOHA se desarrolló con el objeto de producir resultados suficientemente rápidos, para ser usados por los responsables de dar respuesta a las emergencias químicas.

ALOHA genera una variedad de escenarios específicos de salida, que incluyen la gráfica de zonas de peligro y el cálculo del peligro en una ubicación específica, determina también las tasas de emisión de las sustancias químicas mientras escapan de tanques, derrames o tuberías y predice como cambiarán las tasas de emisión a través del tiempo. El programa cuenta con modelos diferentes: como nubes tóxicas, BLEVES (Explosiones de vapor por expansión de líquidos en ebullición), explosiones de nubes de vapor, incendios en derrames y fuegos "jet fire"; evalúa diferentes tipos de riesgo, partiendo del escenario de liberación: toxicidad, flamabilidad, radiación térmica o sobrepresión, y muestra las zonas de riesgo por medio de mapas.

Las ventajas de este modelo de simulación son:

- 1) Minimiza los errores por medio del análisis en los datos de entrada y muestra cuando algún valor es improbable o físicamente imposible.
- 2) Contiene su propia base de datos con propiedades físicas para aproximadamente 1000 sustancias químicas diferentes.

Los datos de entrada para el uso del modelo ALOHA son:

- 1) Información básica del escenario como localización, fecha y hora,
- 2) La sustancia química que participará en la modelación.
- 3) Datos meteorológicos de velocidad y dirección del viento, temperatura del aire, cobertura de nubes, dicha información puede ser ingresada manualmente o por medio de equipos portátiles de monitoreo atmosférico.
- 4) Tipo de fuente de descarga del material: directa, una tubería, un tanque o un derrame, y datos específicos según el tipo de descarga de que se trate (por ejemplo cantidad de contaminante descargado en el caso de emisiones instantáneas, velocidad de descarga para emisiones continuas)
- 5) Los niveles de preocupación específicos para la estimación de las zonas de riesgo (se pueden usar los niveles predeterminados) para la estimación de las zonas de riesgo.
- 6) Tipo de escenario de peligro que se desea simular (por ejemplo, para la liberación de una sustancia flamable se puede elegir si el líquido se encuentra ardiendo al salir del tanque o en caso contrario se consideran sólo sus límites de toxicidad).

En general, la validez de los resultados depende de la calidad de los datos ingresados en el programa; sin embargo, incluso con los mejores valores de entrada, ALOHA puede ser

poco certero en ciertas situaciones y no puede modelar ciertos tipos de emisiones entre ellas: (EPA, 2009)

- 1) Modelación en condiciones que reducen el mezclado en la atmósfera. Cuando el programa estima concentraciones, asume que la sustancia química es liberada al aire e inmediatamente se mezcla en la atmósfera, de tal manera que las concentraciones aparecen como una curva bien delineada a través de la nube. Esta asunción Gaussiana es bastante típica y estima concentraciones que son razonables en la mayoría de los casos.
- 2) Las estimaciones del modelo pueden ser más imprecisas a velocidades del viento muy bajas y en condiciones atmosféricas muy estables.
- 3) El termino parches de concentración se usa cuando las concentraciones del gas no pueden ser descritas por medio del modelo Gaussiano. Este tipo de evento ocurre, particularmente cerca de la fuente de emisión, casi bajo cualquier tipo de estabilidad atmosférica. Cuando la distancia máxima para un nivel tóxico es menor de 50 m, el programa no muestra la zona de peligro ya que debido a los efectos de los parches de concentración, las estimaciones podrían ser sobre o sub estimadas ya que constituyen promedios y el resultado es poco confiable.

El programa ALOHA no toma en cuenta los efectos de los bioproductos de la combustión en fuegos, explosiones o reacciones químicas, la dispersión de partículas, fragmentos peligrosos producto de una explosión ni cambios en la dirección o rugosidad del terreno; el modelo evalúa sólo la liberación de sustancias puras y algunas soluciones, (no mezclas) y el terreno en que se producen los derrames de materiales es considerado como plano.

El programa de simulación ALOHA se utilizó para modelar los escenarios alternativos de liberación de los materiales tóxicos de la tabla 2.6 en las industrias ubicadas en la Zona Industrial Oriente de San Luis Potosí.

Tabla 2.6. Modelos para simulación de la dispersión de materiales tóxicos en las industrias de la zona industrial de San Luis Potosí, utilizando el software ALOHA.

Sustancia	Modelo utilizado
Amoniaco anhidro	Modelo gaussiano. Dispersión por fuga en tanque de almacenamiento.
Acido clorhídrico	Modelo gaussiano. Dispersión desde derrame.
Acido sulfúrico 98%	Modelo gaussiano. Dispersión desde derrame.
Isocianato de metilo	Modelo gaussiano. Dispersión desde fuga en tanque de almacenamiento.
Ácido acético glacial	Modelo gaussiano. Dispersión desde derrame.
Ácido nítrico	Modelo gaussiano. Dispersión desde derrame.
Monómero de metil metacrilato	Modelo dispersión de gases pesados desde tanque de almacenamiento.

2.2.2.5 SCRI

Dependiendo del tipo de sustancias a modelar, el programa computacional SCRI Modelos Versión 4.0 establece algunas consideraciones:

Para sustancias tóxicas

El programa SCRI utiliza un modelo de dispersión gaussiana para describir el movimiento y dispersión de un gas con un efecto boyante neutro (aproximadamente la misma densidad del aire). El modelo presenta una gráfica donde se muestra la dispersión del gas, la cual contiene un círculo que indica el área que cubrirá la nube de gas con una concentración de interés indicada por el usuario.

La aplicación del modelo implica suposiciones que permiten estimar y predecir los daños provocados por la explosión de la nube, destacando las siguientes:

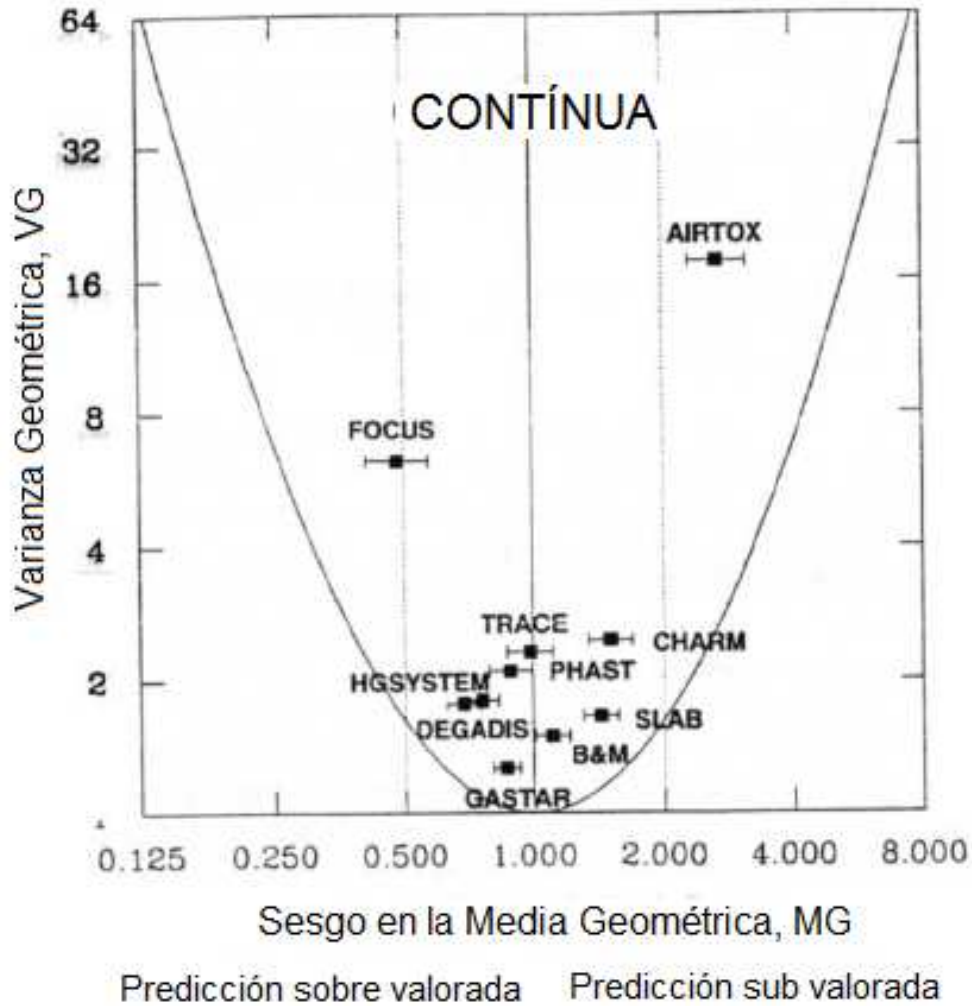
- a) La fuga de material (almacenado o en proceso) es instantánea, excluyéndose escapes paulatinos de gas, a menos de que se trate de fugas en tuberías de gran capacidad.
- b) El material fugado se vaporiza en forma instantánea formándose inmediatamente la nube de acuerdo con las propiedades termodinámicas del gas o líquido antes de producirse la fuga.
- c) La nube es de forma cilíndrica y su altura corresponde a su eje vertical; ésta no se distorsiona por el viento ni por estructuras o edificios cercanos.
- d) La composición de la nube es uniforme y su concentración corresponde a la media aritmética de los límites superior e inferior de explosividad del material.
- e) El calor de combustión del material se transforma a un equivalente en peso de trinitrotolueno (TNT) (calor de combustión del TNT = 1, 830 Btu/lb).
- f) La temperatura del aire ambiente se considera constante e igual a 21 °C (70°F).
- g) Una nube originada en el interior de un edificio, formará una nube de las mismas dimensiones que una originada al exterior del mismo.

2.2.2.6. Confiabilidad de los modelos.

Durante 1993 Hanna S. y Col., realizaron un estudio para conocer la confiabilidad de los modelos de simulación conocidos hasta entonces. Las concentraciones calculadas por diferentes modelos de simulación se compararon con las concentraciones medidas que se produjeron por la dispersión de las emisiones de fuentes continuas e instantáneas de materiales peligrosos realizadas en Burro, Coyote, Desierto Tortoise, Goldfish, Maplin Sands y Thorney Island, que suman 32 series y 132 puntos.

Uno de los modelos de simulación probados en ese estudio fue SLAB, el cual es el mismo núcleo de simulación que utiliza el software SCRI Modelos 4, que se empleó en esta investigación.

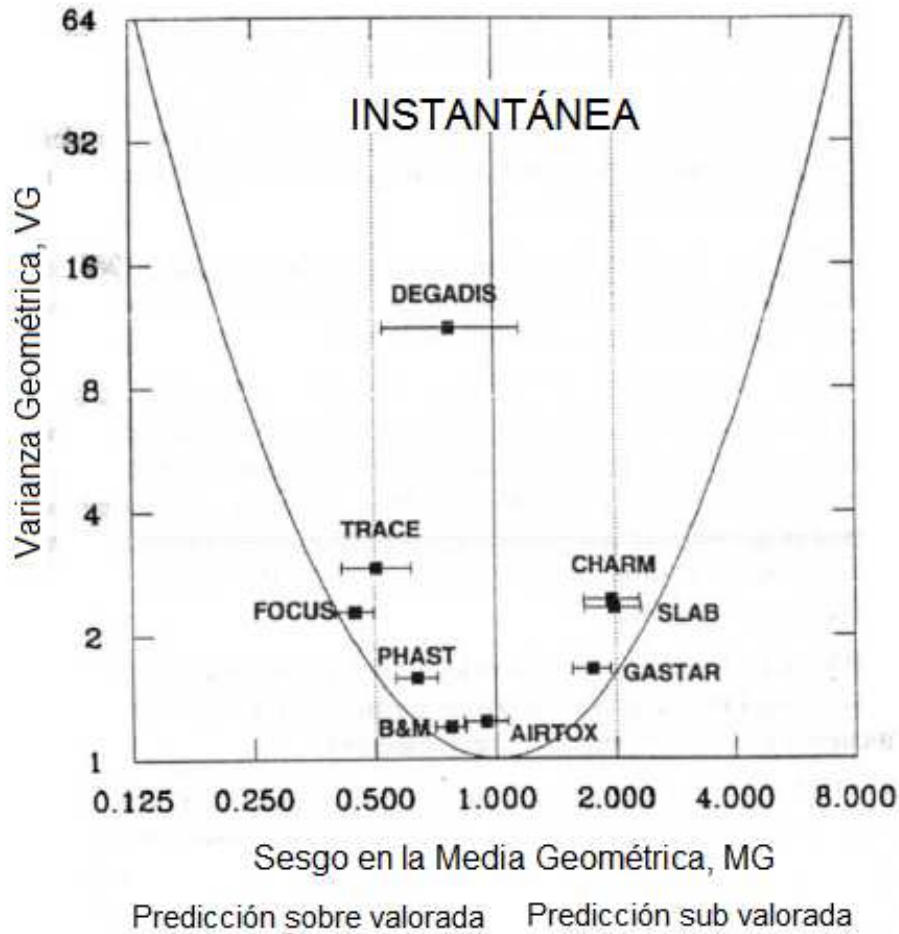
La figura 2.10 muestra los resultados obtenidos de la citada esta investigación para fuentes continuas.



La figura muestra las medidas del comportamiento, sesgo de la media geométrica $MG = \exp(\ln C_o - \ln C_p)$ y varianza geométrica $VG = [\exp(\ln C_o - \ln C_p)]^2$ para las predicciones y observaciones de concentración máxima en el centro de la pluma. Intervalos de confianza del 95% de la MG se indican con las líneas horizontales. La parábola sólida es la curva de la mínima VG.

Figura 2.10. Resultados de confiabilidad para emisiones continuas.

Como se observa, el modelo de simulación SLAB, se encuentra dentro de los límites de confianza de 95% de la Media Geométrica entre las concentraciones medidas C_o y las concentraciones predichas por el modelo C_p .



La gráfica muestra las medidas del comportamiento, sesgo de la media geométrica $MG = \exp(\ln Co - \ln Cp)$ y varianza geométrica $VG = [\exp(\ln Co - \ln Cp)]^2$ para las predicciones y observaciones de concentración máxima en el centro de la pluma. Intervalos de confianza del 95% de la MG se indican con las líneas horizontales. La parábola sólida es la curva de la mínima VG.

Figura 2.11. Resultados de confiabilidad descargas instantáneas.

Como se puede observar en la figura 2.11, el modelo de simulación SLAB también resulta efectivo para las predicciones realizadas en fuentes instantáneas. Este estudio es de utilidad para demostrar la confiabilidad de las predicciones realizadas con el modelo de simulación SCRI, con la dispersión de contaminantes en emisiones reales.

2.2.2.7. Riesgos tóxicos.

Los límites de toxicidad han sido establecidos con el objeto de preservar la vida y la salud humanas como prioridad ante una emergencia química; se conoce que los materiales

tóxicos en cualquier estado de la materia pueden afectar a los seres vivos por medio de tres vías de entrada: inhalación, ingestión y contacto directo con ojos o piel.

Pequeñas cantidades de materiales de alta toxicidad tienen la capacidad de causar efectos serios para la vida y la salud. Sucede lo mismo con aquellos de toxicidad baja a dosis mayores.

La mayoría de las sustancias tóxicas pueden clasificarse como irritantes, asfixiantes, anestésicos, narcóticos, venenos sistémicos, sensibilizadores, carcinogénicos, mutagénicos y/o sustancias teratogénicas.

Los venenos sistémicos pueden dividirse a su vez como agentes hepatotóxicos, agentes nefrotóxicos, agentes neurotóxicos, agentes que afectan el sistema hematopoyético (sangre) o y agentes que dañan los pulmones.

2.2.2.8. Límites de exposición.

Los modelos de simulación estiman las distancias hasta límites tóxicos, de sobrepresión o radiación térmica, utilizando límites de exposición para riesgos agudos (corta duración y altas intensidades).

En las simulaciones realizadas con el software ALOHA para el almacenamiento de sustancias químicas en la zona industrial de San Luis Potosí se utilizaron los límites de toxicidad ERPG que son las concentraciones recomendadas para el establecimiento de las Guías y Programas de Respuesta a Emergencias establecidas por la AIHA (Alianza de Salud Internacional Americana), y los límites TEEL (Límites Temporales para Exposiciones de Emergencia) establecidos por la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica Estadounidense (NOAA, 2009).

a) AIHA-ERPGL.

En 1984, después del accidente de Bophal, India, se creó en Estados Unidos la Ley de Enmienda y Reautorización (SARA) que contiene el derecho de las comunidades a conocer los materiales peligrosos utilizados por las empresas y el derecho de contar con Planes de Emergencia Locales (Cavender et al., 2008).

En 1986 la mayoría de las compañías químicas en Estados Unidos formaron una fuerza de trabajo para desarrollar las guías de Planeación para Respuesta a Emergencias (ERPG- Guías de Planeación y Respuesta a Emergencias) para algunos materiales tóxicos seleccionados. Este esfuerzo está encaminado a definir los límites tóxicos de exposición convenientes para uso en proyectos avanzados para emergencias. Los resultados han sido publicados por la Alianza de Salud Internacional Americana (AIHA).

Las compañías químicas estadounidenses, que formaron el grupo de trabajo para el establecimiento de las Guías de Planeación y Respuesta a Emergencias han establecido tres límites de concentración tóxica para cada material siendo éstos los explicados en la figura 2.12:

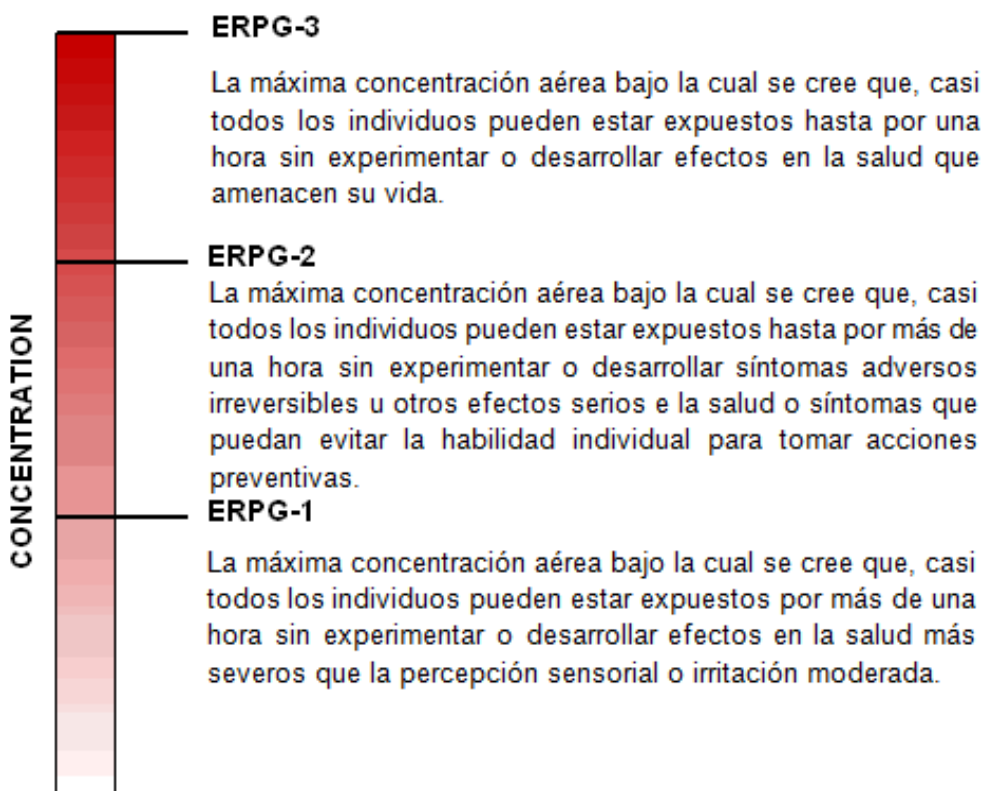


Figura 2.12. Límites Tóxicos de la Guía para la Prevención y Respuesta a Emergencias.

b) NOAA-TEEL

De acuerdo con la Herramienta de Respuesta Química desarrollada por la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica Estadounidense NOAA,(2009), los límites TEEL (Límites Temporales para Exposiciones de Emergencia) son niveles de precaución establecidos como tóxicos para aquellas sustancias químicas a los cuales los límites aéreos de concentración AEGL o ERPG aún no han sido definidos. Estos límites fueron establecidos para predecir el comportamiento del público general ante diferentes concentraciones durante un incidente químico. Cada límite incluye cuatro niveles los cuales se describen a continuación (Figura 2.13):

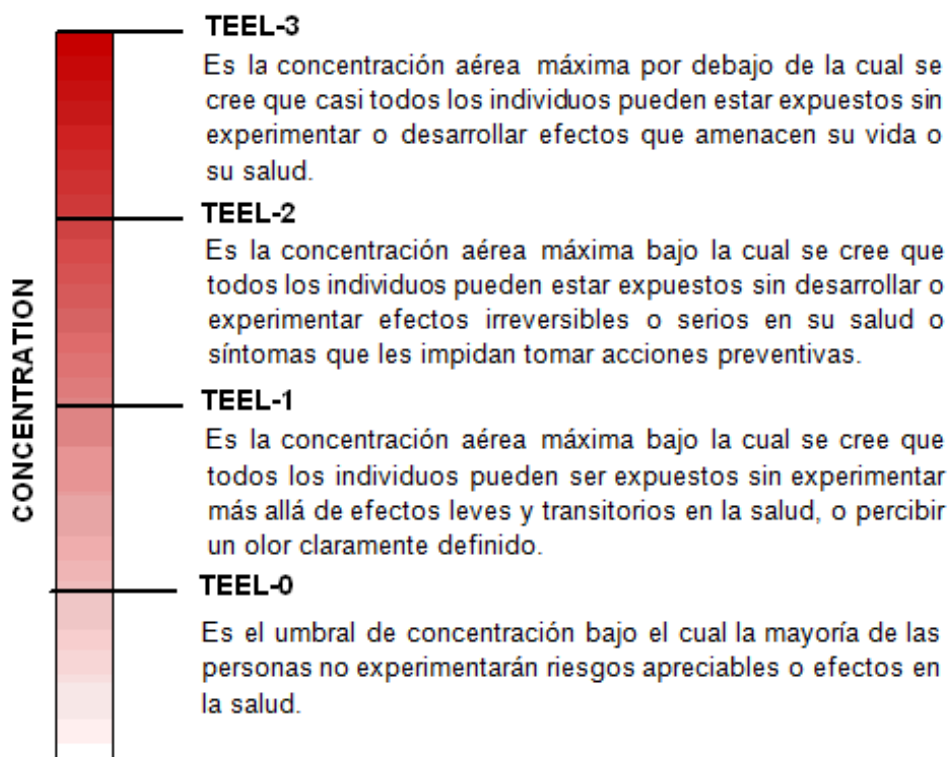


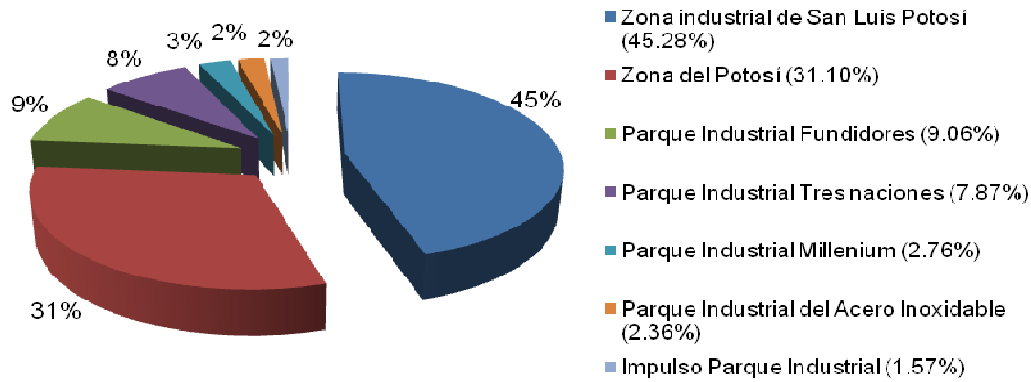
Figura 2.13. Límites tóxicos Temporales para Exposiciones de Emergencia.

2.3. APLICACIÓN DE LA ENCUESTA INDUSTRIAL.

Ante la falta de datos en materia de riesgo en las instituciones oficiales, en colaboración con la Dirección Estatal de Protección Civil se procedió a generar información identificando aquellas empresas de alto riesgo en la Zona Industrial Oriente de San Luis Potosí, se procedió a aplicar una encuesta en las 48 industrias más relevantes en el tema, de los tipos y cantidades de sustancias químicas que utilizan, el manejo que les dan y los programas de gestión del riesgo que desarrollan en el periodo del 24 de Noviembre de 2008 al 30 de enero de 2009 . (Ver anexo 2)

2.3.1 TIPO DE INDUSTRIAS.

De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Económico (SEDECO, 2007), en la Zona Industrial Oriente de la Ciudad de San Luis Potosí, existen 308 industrias distribuidas en 8 parques industriales. El número de industrias establecidas en cada uno ellos, según el Mapa Logístico Industrial y de Cadenas Productivas de la SEDECO, se muestra en la figura 2.14.



Fuente: SEDECO, 2007.

Figura 2.14. Número de industrias instaladas en los parques industriales de la Zona Industrial Oriente de San Luis Potosí.

En la figura 2.15 se observa que los parques industriales públicos, cuentan con mucho más industrias que los parques privados; esto se debe principalmente a la antigüedad de los primeros.

El giro de las industrias establecidas en estos parques industriales de la Zona Industrial Oriente de San Luis Potosí, es mayoritariamente del tipo metal mecánica y química (Figura 2.15) (SEDECO, 2007).

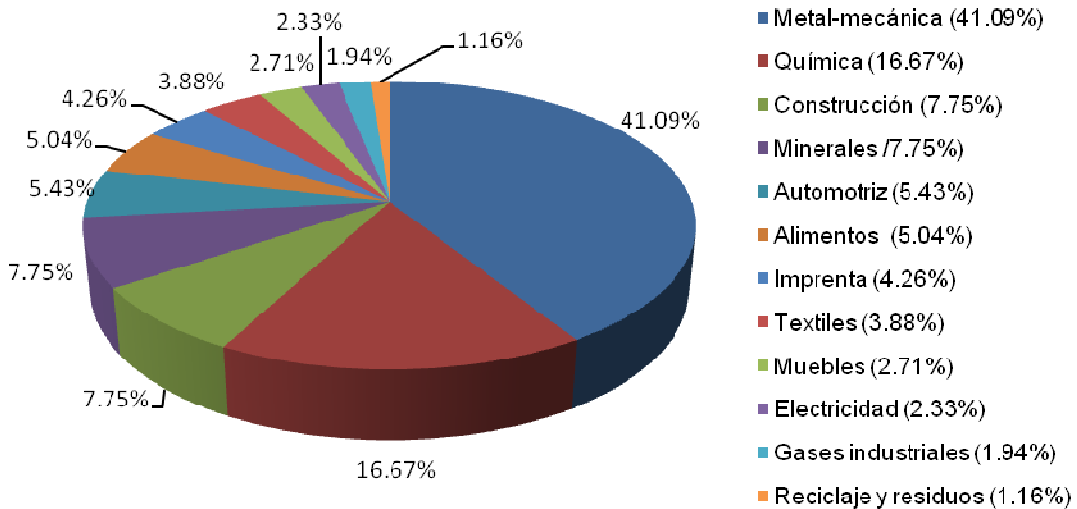


Figura 2.15. Giro de las empresas establecidas en la Zona Industrial Oriente de la ciudad de San Luis Potosí.

En la búsqueda de las empresas de alto riesgo en la zona Industrial Oriente de San Luis Potosí, se contó con el apoyo de la Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental del Gobierno del Estado de San Luis Potosí para conocer aquellas industrias de competencia estatal en materia de riesgo del conocimiento de esta dependencia.

Posteriormente, el área de Inspección y Verificación de la Dirección Estatal de Protección Civil, haciendo uso de su experiencia y del registro histórico de sus verificaciones industriales identificó aquellas empresas que representan un riesgo por almacenar grandes volúmenes de materiales peligrosos.

Los giros de las 48 industrias elegidas para ser encuestadas son: 1) fabricación de productos químicos 2) Industrias alimenticia, 3) Metal mecánico, 4) Automotriz, 5) Fundición, 6) Agroquímicos, 7) Manejo de Residuos Peligrosos y 8) Textil. (Figura 2.16)

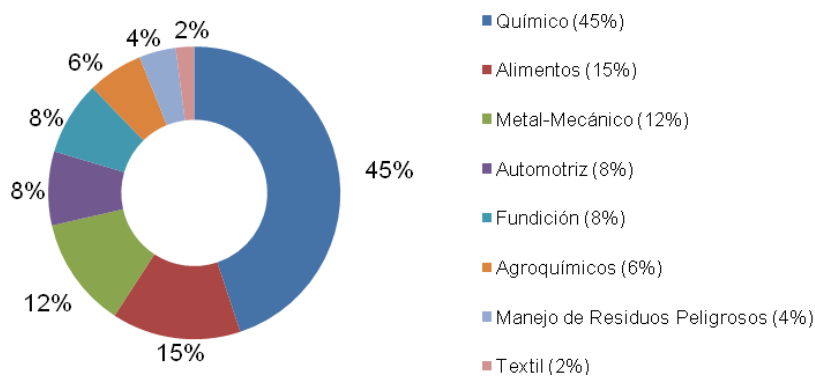


Figura 2.16. Giro de las empresas visitadas.

2.4. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DEL SISTEMA AFECTABLE.

2.4.1 VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL.

De acuerdo con el CENAPRED en muchas ocasiones la población no tiene una percepción clara del peligro que representa una amenaza de tipo natural o antrópica en su localidad, lo que incide directamente en la capacidad de respuesta de la población ante un desastre (García y Col., 2006).

Para determinar el grado de vulnerabilidad social de la población asentada en las inmediaciones de la Zona Industrial de San Luis Potosí, se utilizó la Guía para la Determinación de la Vulnerabilidad Física y Social, editada por el CENAPRED. En el anexo 1 de esta tesis se incluye la lista completa de indicadores de cada una de las cédulas para la Evaluación de la Vulnerabilidad Social asociada a desastres.

La guía consta de tres partes: en la primera se evalúan aspectos generales de indicadores sociales y económicos los cuales fueron obtenidos para el municipio de San Luis Potosí, por medio del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Por medio de esta serie de indicadores se puede conocer el estado general de los diversos aspectos poblacionales, de educación, salud, vivienda y trabajo; los cuales según CENAPRED, proporcionan un parámetro para mediar las posibilidades de organización y recuperación después del desastre.

La primera parte de la metodología se evalúa por medio de una cédula que incluye los distintos parámetros establecidos para la valoración de cada indicador, y que serán respondidos según los datos particulares del municipio de San Luis Potosí; al finalizar se obtendrá un promedio de los valores asignados según rubro (salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población). Por último, se promediará el valor de cada rubro dando como resultado final de la primera parte un número entre 0 y 1.

La siguiente parte de la metodología aplicada en esta tesis está enfocada a conocer las capacidades de prevención y de respuesta a las emergencias de los órganos responsables de llevar a cabo las tareas de atención a la emergencia y rehabilitación; en particular de las Unidades de Protección Civil.

Consiste en un cuestionario cuyo objeto es identificar los recursos, programas y planes de que dispone la Unidad de Protección Civil Estatal de San Luis Potosí, en caso de presentarse una emergencia. Ya que la capacidad de prevención y respuesta debe considerar acciones para planificar, organizar y mejorar las condiciones existentes frente a los posibles efectos de los eventos adversos (García y Col., 2006).

La última parte de la metodología para la determinación de la Vulnerabilidad Social asociada a desastres, tiene por objetivo evaluar la percepción social de los riesgos en la comunidad, por medio de una encuesta aplicada en la comunidad de interés, (que en el caso de la presente investigación son las áreas urbanas ubicadas dentro de las zonas de afectación por fenómenos químicos tecnológicos), en donde se recaban algunos datos socioeconómicos, se evalúa la organización, comunicación e identificación de los distintos tipos de peligros de la comunidad a fin de conocer el grado de comprensión que tiene la población acerca de las amenazas que existen en su comunidad y de su grado de exposición frente a las mismas. Luego de obtener todos los indicadores se les asigna un valor de acuerdo con el grado de desarrollo social e identificación de peligros y se obtiene una puntuación del grado de percepción social de los riesgos en la comunidad.

El resultado general del grado de vulnerabilidad se pondera: un 50% para las características socioeconómicas (primera cédula de indicadores sociales y económicos), 25% para la capacidad de prevención y respuesta de las instituciones encargadas (segundo cuestionario dirigido a los encargados de la protección civil) y 25% para la percepción social de los riesgos (tercera encuesta realizada en las viviendas de la zona de estudio).

Finalmente, el número que se obtiene de la operación anterior representa el grado de vulnerabilidad de una población, el cual incluye tanto a las condiciones socio-económicas, como a la capacidad de prevención y respuesta de la misma ante un desastre y la percepción local del riesgo. Los rangos para la medición de la vulnerabilidad social van de 0 a 1, donde 0 representa el grado más bajo de vulnerabilidad social y 1 representa el valor más alto de la misma. Se establecen de la siguiente manera:

Tabla 2.7. Tabla de valores índice de vulnerabilidad social asociada a desastres.

Valor Final	Grado de Vulnerabilidad Social Asociada a Desastres
De 0 a .20	Muy Bajo
De .21 a .40	Bajo
De .41 a .60	Medio
De .61 a .80	Alto
Más de .80	Muy Alto

Este número final representa el grado de vulnerabilidad social de una población

Los resultados de este cuestionario deberán permitir elaborar procedimientos, y definir medidas de prevención que sean aceptados y llevados a cabo por la población en conjunto con las dependencias responsables.

Al respecto de la capacidad de la comunidad de percibir los riesgos, se realizó una encuesta a una muestra representativa de la población asentada en las áreas de afectación reconocidas en la metodología del análisis del peor caso probable para sustancias inflamables.

Este cuestionario fue realizado de manera personal en cada una de las viviendas elegidas, y respondido por un habitante del domicilio mayor de 18 años. El número de muestras de encuestas fue de 160. Las preguntas que forman parte del cuestionario se refieren a dos rubros: 1) las características socioeconómicas de la población encuestada y 2) el grado de percepción social de los riesgos en la comunidad.

Con los resultados obtenidos se realizó el cruce de variables para conocer si alguna variable socioeconómica tiene influencia en el grado de vulnerabilidad de los encuestados.

El análisis estadístico de los datos de la encuesta se realizó por medio del procedimiento CATMOD, utilizando el software SAS Versión 6.0, para los procedimientos de máxima verosimilitud y componentes principales.

CAPITULO 3 BASE DE DATOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS.

3.1. ESTADO ACTUAL DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE EN MATERIA DE RIESGO.

Como se mencionó en el Capítulo 1, durante la búsqueda de fuentes de información para la realización del presente trabajo, se comprobó la falta de información y vinculación entre las instituciones encargadas de vigilar el cumplimiento de la normativa ambiental en el rubro de riesgo químico tecnológico en el municipio de San Luis Potosí.

De acuerdo al artículo 148 de la LGEEPA que indica que “para garantizar la seguridad de los vecinos de una industria que lleve a cabo actividades altamente riesgosas, sea necesario establecer una zona intermedia de salvaguarda, el Gobierno Federal podrá, mediante declaratoria, establecer restricciones a los usos urbanos que pudieran ocasionar riesgos para la población. La Secretaría promoverá, ante las autoridades locales competentes, que los planes o programas de desarrollo urbano establezcan que en dichas zonas no se permitirán los usos habitacionales, comerciales u otros que pongan en riesgo a la población”. Para tomar acciones las dependencias de gobierno federal en coordinación de las dependencias municipales y estatales deberán conocer cuales son las industrias de alto riesgo, desglosando las sustancias que se almacenan y la cantidad para planear una estrategia de protección civil a la población.

Se solicitó información a las instituciones oficiales tanto federales como estatales, respecto a los volúmenes de almacenamiento de materiales peligrosos en las industrias de alto riesgo, establecidas en la Zona Industrial Oriente de la ciudad con los resultados siguientes:

- 1) Instituciones locales.
 - a) La Delegación Estatal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), señala que los Estudios de Análisis de Riesgos son enviados a la ciudad de México para su revisión y eventual aprobación, sin conservar un ejemplar de los mismos. Aunque en el procedimiento para la recepción de los Estudios de Análisis de Riesgo, se establece que la Delegación Estatal debe conservar una copia de dicho documento (Balderas, 2008).
 - b) La Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental del Gobierno del Estado (SEGAM) es la encargada de vigilar el cumplimiento de la normativa ambiental en las empresas de competencia estatal; sin embargo, debido a que la normativa en materia de riesgo es relativamente nueva, la Dirección de Estudios y Proyectos de esta Dependencia cuenta únicamente con los estudios de las empresas instaladas en el Estado después del año 2003 (Soria, 2008).
 - c) La Delegación Estatal de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), señaló que no cuenta con información acerca de las industrias de

alto de riesgo, y la única información de que disponen es de las empresas que se encuentran dentro del Programa Voluntario de Auditoría Ambiental “Industria Limpia”. Las industrias de alto riesgo que se encuentran inscritas a dicho programa realizan al menos un simulacro por año (Hernández, 2008).

2) Instituciones Federales.

- a) El Centro Nacional para la Prevención de Desastres (CENAPRED), entregó información acerca de la base de datos ACQUIM (Sistema de Base de Datos de Accidentes Químicos) constituida mediante un acuerdo con la Dirección de Inspección Industrial de la SEMARNAT en la Ciudad de México; cabe señalar que esta base de datos no se ha actualizado desde su creación en 2003 (CENAPRED, 2008).
- b) La Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Altamente Riesgosas de la SEMARNAT, informó que se encuentra en proceso de digitalización de los Estudios de Análisis de Riesgos de las empresas potosinas; sin embargo, la información con que cuenta esta dirección no está actualizada. (Lorenzo, 2008).

Si todas las empresas de alto riesgo contaran con el estudio de análisis de riesgo ambiental, y lo actualizaran con regularidad, el estudio y la evaluación de la información contenida constituiría una herramienta muy valiosa para la comunicación, prevención y preparación ante emergencias para las autoridades locales; sin embargo, durante el curso de esta investigación se comprobó que en muchas empresas dicho documento no se tiene o bien no encuentra actualizado y no es del conocimiento de las autoridades municipales, encargadas de planear y preparar las acciones del manejo de las emergencias.

3.2. RESULTADOS DE LA ENCUESTA INDUSTRIAL

3.2.1. TIPO DE MATERIALES PELIGROSOS ALMACENADOS.

La clasificación de sustancias químicas peligrosas en instalaciones se realiza de acuerdo con la NOM-018-STPS-2000 “Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo”. Esta norma establece el sistema de identificación y señalización de peligros y riesgos de las sustancias químicas peligrosas, para proporcionar a los trabajadores información visual inmediata para prevenir daños a su salud y al centro de trabajo.

Este sistema establece dos opciones de clasificación, una en forma de rombo y otra en forma de rectángulo, el modelo de rombo coincide completamente con el sistema de identificación de materiales peligrosos establecido por la Asociación Nacional de

Protección Contra Incendios (National Fire Protection Association NFPA) en el estándar NFA 704 (Arcos e Izcapa. 2003).

Las cuatro divisiones tienen colores asociados con un significado. El azul hace referencia a los riesgos para la salud, el rojo indica el peligro de inflamabilidad y el amarillo los riesgos por reactividad: es decir, la inestabilidad del producto. A estas tres divisiones se les asigna un número de 0 (sin peligro) a 4 (peligro máximo). Por su parte, en la sección blanca puede haber indicaciones especiales para algunos materiales, indicando que son oxidantes, corrosivos, reactivos con agua o radiactivos. (Figura 3.4)

En esta norma se indican también los tamaños mínimos que debe tener la identificación de riesgo al colocarse en los contenedores de las sustancias químicas dependiendo del tamaño de estos para visualizar correctamente riesgo. La identificación de riesgo se puede utilizar tanto en rombo como en rectángulo respetando los colores y el orden de esto comenzando por el riesgo de Salud, Inflamabilidad, Reactividad y Riesgos Especiales.

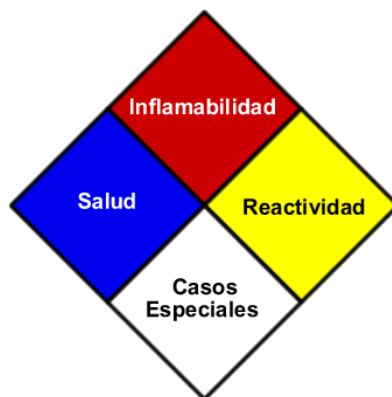


Figura 3.4. Rombo de riesgo para la identificación de sustancias peligrosas

Para realizar el presente estudio, los materiales peligrosos almacenados en las industrias visitadas, se dividieron en materiales inflamables y aquellos con riesgos a la salud.

A continuación se citan los materiales peligrosos más comúnmente utilizados en la Zona Industrial Oriente de San Luis Potosí, los cuales se clasificaron de acuerdo con la NOM-018-STPS-2000. La información que se presenta fue obtenida por medio de una visita a 48 industrias con el apoyo de la Dirección de Protección Civil del Estado de San Luis Potosí.

3.2.1.1. Materiales inflamables.

Las sustancias inflamables (analizadas en este estudio) se clasificaron como aquellas utilizadas en los servicios auxiliares y las utilizadas en el proceso productivo. Los resultados obtenidos se indican a continuación.

El alcohol etílico, el tolueno y el heptano son los materiales inflamables utilizados en procesos productivos que se almacenan en mayor volumen (figura 3.5).

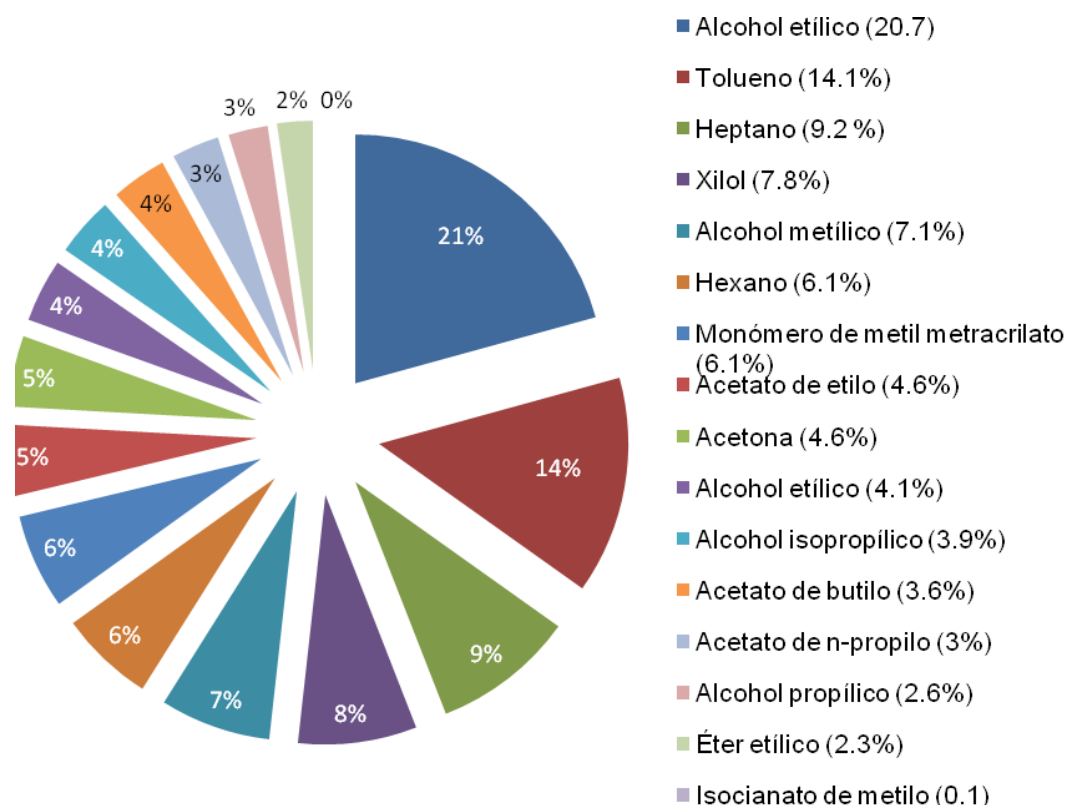


Figura 3.5. Materiales inflamables almacenados en volúmenes mayores.

En las hojas de seguridad de las sustancias anteriores se identificaron sus características de peligrosidad y se procedió a clasificarlos según la NOM-018-STPS-2000 “Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo”.

Tabla 3.1. Clasificación la NOM-018-STPS-2000 sustancias inflamables utilizadas en proceso.

Sustancia	Salud (azul)	Inflamabilidad (rojo)	Reactividad (amarillo)	Riesgos Especiales
Éter etílico	1	4	1	
Tolueno	2	3	0	
Xilol	2	3	0	
Acetato de butilo	2	3	0	
Acetato de etilo	1	3	0	
Heptano	1	3	0	
Alcohol metílico	1	3	0	
Hexano	1	3	0	
Acetona	1	3	0	
Alcohol isopropílico	1	3	0	
Acetato de n-propilo	1	3	0	
Alcohol propílico	1	3	0	
Alcohol etílico	0	3	0	
Isocianato de metilo	4	3	2	W
Monómero de metil metacrilato	2	3	2	

Fuente: Base de Datos CAMEO Chemicals NOAA, 2009

De la Tabla 3.1, se observa que el éter etílico que cuenta con la mayor clasificación de riesgo en este rubro, No. 4 “Sustancias que vaporizan rápida o completamente a presión atmosférica y a temperatura ambiente normal o que se dispersan con facilidad en el aire y que arden fácilmente”. Esta clasificación incluye:

- Gases inflamables.
- Sustancias criogénicas inflamables.
- Cualquier líquido o sustancia gaseosa que es líquida mientras está bajo presión, y que tiene un punto de ignición por debajo de 22.8°C (73°F) y un punto de ebullición por debajo de 37.8°C (100°F).
- Sustancias que arden cuando se exponen al aire.
- Sustancias que arden espontáneamente.

Las otras sustancias inflamables consideradas tienen una clasificación 3 “Líquidos y sólidos que pueden arder bajo casi todas las condiciones de temperatura ambiente” que se refiere a:

- Líquidos que tienen un punto de ignición por debajo de 22.8°C (73°F) y un punto de ebullición igual o mayor que 37.8°C (100°F), y aquellos líquidos que tienen un punto de ignición igual o mayor que 22.8°C (73°F) y un punto de ebullición por debajo de 37.8°C (100°F).

- Sustancias que de acuerdo a su forma física o a las condiciones ambientales pueden formar mezclas explosivas con el aire y que se dispersan con facilidad en el aire.
- Sustancias que se queman con extrema rapidez, porque usualmente contienen oxígeno.

La figura 3.5 indica que el éter etílico es una de las sustancias que se almacena en menor volumen en la Zona Industrial de San Luís Potosí.

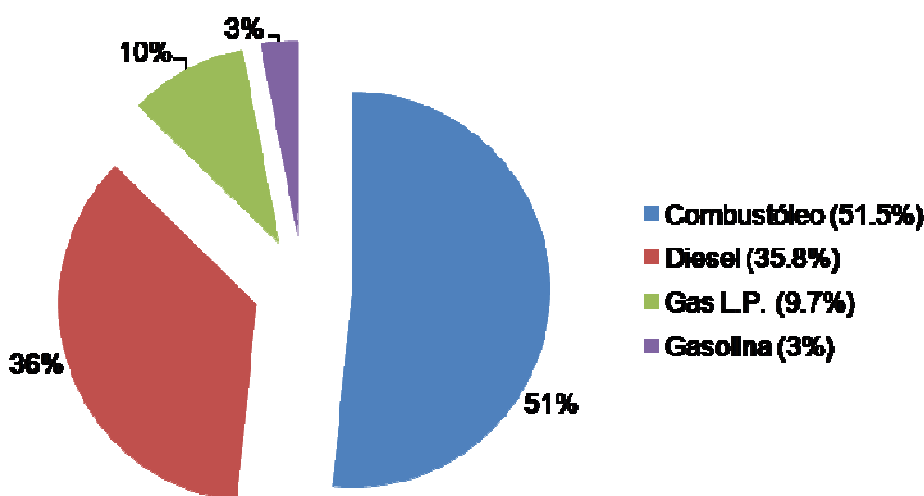


Figura 3.6. Sustancias inflamables utilizadas en los servicios auxiliares.

Tabla 3.2. Clasificación la NOM-018-STPS-2000 para las sustancias inflamables utilizadas en los servicios auxiliares.

Sustancia	Salud (azul)	Inflamabilidad (rojo)	Reactividad (amarillo)	Riesgos Especiales
Gas L.P.	1	4	0	
Gasolina	1	3	0	
Diesel	1	2	0	
Combustóleo	0	2	0	

Fuente: Base de Datos CAMEO Chemicals. NOAA, 2009

El gas licuado de petróleo cuenta con una clasificación de riesgo por inflamabilidad mayor (tabla 3.2) debido a que, según su clasificación de la NOM-018-STPS-2000 es una “sustancia que vaporizan rápida o completamente a presión atmosférica y a temperatura ambiente normal o que se dispersa con facilidad en el aire y que arden fácilmente”. Esta sustancia se almacena en menor volumen que el combustóleo o diesel ya que éstos son los combustibles más usados en las industrias encuestadas según la figura 3.6.

3.2.1.2. Materiales con riesgos a la salud.

Entre los materiales con riesgos a la salud más comúnmente almacenados se encuentran el Ácido acético glacial (41.97%), el Monómero de Metil Metacrilato (33.5%) y el Ácido sulfúrico (12.42%) (Ver figura 3.7).

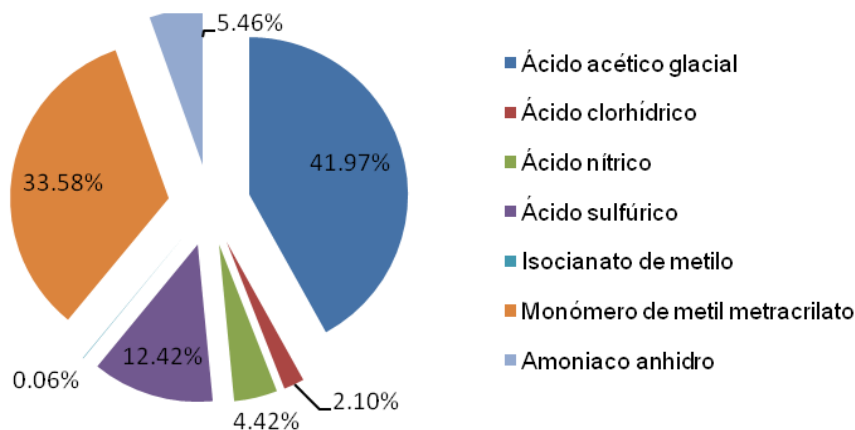


Figura 3.7. Materiales tóxicos almacenados en volúmenes mayores en las empresas encuestadas.

La sustancia con mayor clasificación de riesgo a la salud es el isocianato de metilo. (Tabla 3.3) Esta sustancia presenta su mayor riesgo de toxicidad debido a la inhalación por lo que se deben de tomar las medidas para evitar que se formen vapores, es reactivo con el oxígeno y el agua generando otras sustancias tóxicas.

Con lo que respecta al Monómero de metil metacrilato esta sustancia tiene baja toxicidad, se almacena en mayor cantidad en las industrias evaluadas, pero también es reactivo, debe mantenerse a temperaturas controladas en su almacenamiento y durante la manipulación por tener características inflamables, su riesgo por toxicidad es debido a que reacciona con agentes formadores de radicales libres como los peróxidos, sustancias reductoras, iones y metales pesados, generado vapores tóxicos en caso de descomponerse.

Tabla 3.3. Clasificación la NOM-018-STPS-2000 para las sustancias con riesgos en salud.

Sustancia	Salud (azul)	Inflamabilidad (rojo)	Reactividad (amarillo)	Riesgos Especiales
Isocianato de metilo	4	3	2	W
Ácido nítrico	3	0	0	OX
Acido acético glacial	3	2	0	
Ácido clorhídrico	3	0	1	W
Acido sulfúrico	3	0	2	W
Amoniaco anhidro	3	1	0	
Monómero de metil metacrilato	2	3	2	

W: reaccionan violentamente con agua. OX: Oxidantes

Fuente: Base de Datos CAMEO Chemicals. NOAA, 2009

3.2.1.3. Consideraciones especiales de las sustancias peligrosas del estudio.

Las sustancias peligrosas poseen propiedades de riesgo particulares, por lo que es conveniente enlistar sus características distintivas y definir como se debe actuar en una emergencia. Esta información es de gran importancia y debe estar disponible para planear la atención de emergencias.

La reactividad de una sustancia es debido a que libera energía rápidamente (se puede La reactividad de una sustancia se debe a que libera energía rápidamente y a que se puede combinar con otra sustancia. Estas sustancias cuando entran en contacto con agua, aire, con otros productos químicos y materiales o condiciones de temperatura y presión elevadas pueden liberar energía violentamente.

En la tabla 3.4 se muestran las sustancias almacenadas en el área de estudio y sus características de incompatibilidad; así como las condiciones de manejo de la sustancia par evitar que reaccionen violentamente.

Tabla 3.4. Consideraciones especiales de sustancias químicas almacenadas en la zona de estudio.

Sustancia	Incompatibilidad	EPP en emergencias	Agentes Extintores
Tolueno	Agentes oxidantes fuertes, ácido nítrico, ácido sulfúrico. tetróxido de dinitrógeno, perclorato de plata, dicloruro de azufre, tetranitrometano, hexafluoruro de uranio.	Equipo de aire autónomo de presión positiva.	Rocío de agua, niebla o espuma regular.
Xilol	Agentes oxidantes fuertes (incrementa riesgo de incendio), ácido nítrico (reacción violenta), ácidos fuertes.	Equipo de aire autónomo de presión positiva.	Rocío de agua, niebla o espuma regular.
Acetato de butilo	Agentes oxidantes.	Equipo de aire autónomo de presión positiva.	Rocío de agua, niebla o espuma resistente al alcohol. No usar chorros rectos.
Acido sulfúrico	Humedad, nitrocompuestos, carburos, dienos, alcoholes, agentes oxidantes como los cloratos, compuestos de alilo.	Equipo de respiración autónomo.	Polvos químicos secos o CO ₂ .

Fuente: ERGO 2008.

Continuación Tabla 3.4. Consideraciones especiales de sustancias químicas almacenadas en la zona de estudio.

Sustancia	Incompatibilidad	EPP en emergencias	Agentes Extintores
Acido acético glacial	Puede reaccionar violentamente con materiales oxidantes incluyendo acetaldehído, cromatos, otros ácidos, fosfatos, carbonatos, permanganatos, peróxidos, tricloruro de fósforo, metales, oleum, hidróxido de sodio y combustibles. Anhídrido, aldehídos, halogenuros de hidrógeno, oxidantes (ácido crómico, ácido perclórico, ácido cromosulfúrico), metales, hidróxidos alcalinos, halogenuros de no metales, etanolamina, cianuros, sulfuros.	Equipo de aire autónomo de presión positiva.	Polvos químicos secos, CO ₂ , rocío de agua o espuma resistente al alcohol.
Ácido clorhídrico	Metales y agentes oxidantes.	Equipo de aire autónomo de presión positiva.	Rocío de agua, niebla o espuma resistente al alcohol.
Amoniaco anhidro	Sales de oro y plata, halógenos, metales alcalinos, tricloruro de nitrógeno, clorato de potasio, cloruro de cromilo, haluros de oxígeno, vapores ácidos, azidas, óxido de etileno y ácido pícrico, entre otros.	Equipo de respiración autónomo.	Use rocío de agua, niebla o espuma regular.
Monómero de metil metacrilato	Agua y aire Polimerización explosiva: Agentes formadores de radicales libres como los peróxidos, sustancias reductoras Y/o iones y metales pesados.	Equipo de respiración autónomo.	Use rocío de agua, niebla o espuma resistente al alcohol.

Fuente: ERGO 2008.

3.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS EN LAS EMPRESAS VISITADAS.

El Artículo 147 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establece que “la realización de actividades industriales, comerciales o de servicios altamente riesgosas, se llevarán a cabo con apego a lo dispuesto por esta Ley, las disposiciones reglamentarias que de ella emanen y las normas oficiales mexicanas correspondientes”. “Quienes realicen actividades altamente riesgosas en los términos del Reglamento correspondiente, deberán formular y presentar a la Secretaría un 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”.

La Ley Ambiental de San Luís Potosí, en su artículo 99 establece que “La realización de actividades riesgosas, de llevarse a cabo se harán con apego a lo dispuesto en esta Ley, las disposiciones reglamentarias y la normatividad ambiental que se derive de lo previsto en el artículo anterior. Quienes realicen actividades riesgosas deberán formular y presentar a la SEGAM un estudio de riesgo ambiental bajo la modalidad de informe preliminar; así como someter a su aprobación los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades que pudieran causar impactos ambientales adversos”.

En las industrias estudiadas cada uno de los responsables del área de seguridad de las industrias, brindó información acerca de las medidas administrativas que se llevan a cabo para la prevención y respuesta a las posibles emergencias que se pudieran suscitar.

De esta manera:

- 1) La implementación, capacitación y asignación de recursos materiales de las brigadas contra incendio y/o de manejo de materiales peligrosos, según el tipo de sustancias utilizadas. En la medida en que en la empresa los recursos materiales estén disponibles y el personal capacitado, será más eficiente la respuesta a las emergencias. Requisito dispuesto en el apartado VII del Programa para la Prevención de Accidentes Directorio de la Estructura Funcional para la Respuesta a Emergencias (SEMARNAT, 2002).

Esta parte del programa para la prevención de accidentes se refiere a la atención ante una emergencia, considerando que no se tiene un efecto adverso a los alrededores de la empresa, por lo tanto se debe proteger sólo a los trabajadores y las propias instalaciones, se incluye la descripción de la organización de la unidad interna de coordinación del Programa de Prevención de Accidente, inventario de equipos y servicios de emergencia; procedimientos específicos para la atención de fugas, derrames, incendios y explosiones, así como por afectación debido a fenómenos naturales y Programa de capacitación y simulacros (Arcos e Izcapa, 2003).

El apartado 5.13 de la NOM-005-STPS- 1998 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas menciona como obligaciones del patrón: capacitar y adiestrar a los trabajadores en el Programa Específico de Seguridad e Higiene para el Manejo, Transporte y Almacenamiento de Sustancias Químicas Peligrosas. De igual manera el apartado 6 de la misma norma establece como obligación del trabajador participar en las brigadas de emergencia establecidas por la empresa, usar el equipo de protección personal asignado y participar en la capacitación y adiestramiento conforme a los riesgos a los que se encuentren expuestos

- 2) Programa de Contingencias o Programa Interno de Protección Civil. Este es un documento que reconoce los riesgos a los que está propensa la instalación industrial, las acciones a tomar en cada una de estas situaciones y los responsables de llevar a cabo dichas medidas. Se revisó que este documento estuviera actualizado y que hubiera evidencias de la realización de simulacros. Requisito establecido en la NOM-005-STPS-1998 Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas en el Apartado g) sección 8. El plan de emergencia en el centro de trabajo, que debe contener lo siguiente:
 - a. Los procedimientos de seguridad en caso de fuga, derrame, emanaciones o incendio.
 - b. El manual de primeros auxilios conforme a lo establecido en el apartado 5.6.
 - c. El procedimiento para evacuación.
 - d. Los procedimientos para volver a condiciones normales.
 - e. Los procedimientos para rescate en espacios confinados.

El capítulo VI, artículo 31 de la Ley de Protección Civil del Estado de San Luis Potosí menciona que: “en los inmuebles en que, por su propia naturaleza o por el uso al que se han destinado, se reciba una afluencia constante o masiva de personas, se deberá contar con un Programa Interno de Protección Civil, acorde con los lineamientos que establezca el Programa Especial.”

- 3) Vinculación a un Comité de Ayuda Mutua Empresarial o Industrial. Este aspecto es muy significativo, debido a que en caso de emergencia que afecte el exterior de la empresa, ésta requeriría del apoyo de otras empresas vecinas (apoyo externo). Aspecto considerado en el apartado VII del Programa para la Prevención de Accidentes Directorio de la Estructura Funcional para la Respuesta a Emergencias. El programa de prevención de accidentes a nivel externo se desarrolla considerando que el evento rebasa los límites de la empresa y es necesario solicitar ayuda de las empresas de los alrededores, de las autoridades y

de los servicios de emergencia locales, así como alertar a la población aledaña potencialmente afectable. Este plan externo abarca los siguientes puntos:

- a) Infraestructura y servicios. Se presenta el directorio de las instituciones de servicios que serían empleadas en caso de emergencia, señalando su ubicación y distancia con respecto a la planta. Además se deben señalar los recursos e infraestructura que no están disponibles en la localidad pero que serían necesarios para responder ante una emergencia.
 - b) Procedimiento de comunicación de la emergencia. Se describe el procedimiento de comunicación de alerta y alarma con grupos externos, autoridades locales y población involucrados, señalando claves, señales, tipos de alarma, duración y días de prueba. Se indica la persona que actuará como vocero comunicando oficialmente la situación de la emergencia a las autoridades, a la población y a los medios de comunicación.
 - c) Equipos de que dispone la empresa para emergencias: extintores, equipo de primeros auxilios, vehículos, carro de bomberos, etcétera.
 - d) Capacitación y simulacros. Se presenta una propuesta de temario de capacitación y simulacros para los posibles grupos de respuesta externa.
 - e) Para la evacuación, deben establecerse las rutas de evacuación al exterior de la planta hasta el límite de la distancia mayor obtenida en el estudio de riesgo. Asimismo deben indicarse las áreas o instalaciones que podrían utilizarse como áreas de concentración y aquellas que servirían como albergues.
 - f) Debe presentarse un documento firmado donde aparezca el nombre de cada una de las empresas afiliadas al grupo de ayuda mutua, especificando el nombre de las personas responsables y las condiciones en las que se comprometen a participar, el reglamento que regirá a las empresas afiliadas describiendo sus funciones y responsabilidades, así como el organigrama y directorio telefónico.
- 4) Emergencias ocurridas en las instalaciones industriales que involucran el manejo de materiales peligrosos. El registro histórico de accidentes muestra la efectividad de los sistemas de seguridad en una industria.

Del total de empresas visitadas se obtuvo que sólo el 67% cuenta con un Plan Interno de Contingencias o de Protección Civil, para guiarse en la coordinación de las acciones y definir responsables en una emergencia. Este porcentaje es bajo si se considera que éste es el instrumento principal para normar las actividades de seguridad de mayor consideración en una empresa y es obligatorio para las empresas riesgosas según la NOM-005-STPS-1998.

De manera similar, el 76% de las industrias no se encuentra vinculado a un Comité de Ayuda Mutua Industrial que las apoyará en las acciones de respuesta a contingencias con personal capacitado y recursos materiales. Como lo establece el programa para la prevención de accidentes a nivel externo.

Por otra parte un tercio de las empresas visitadas no tiene integrada ningún tipo de brigada de emergencias, el personal no se encuentra capacitado, y no cuentan con recursos materiales para atender una situación de riesgo debida al almacenamiento de sustancias peligrosas.

De las 48 empresas visitadas, únicamente 13 empresas (27%) cumplen los requisitos de volumen y tipo de sustancias almacenadas, para ser consideradas de alto riesgo en materia de riesgo ambiental, ya que rebasan la cantidad de almacenamiento establecida en el primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas publicadas el 28 de marzo de 1990 y el 7 de mayo de 1992 en el Diario Oficial de la Federación.

Esta categorización es importante debido a que existe una normativa ambiental particular para las industrias de alto riesgo ya que tanto en el Estudio de Análisis de Riesgo como el Programa para la Prevención de Accidentes las obliga, entre otras, a contar con brigadas para la atención de emergencias que involucren materiales peligrosos y a formar parte de algún comité de ayuda mutua industrial como parte del programa interno y externo de prevención de accidentes.

De las empresas de alto riesgo visitadas, un poco más de la mitad cuenta con vinculación a Comités de Ayuda Mutua, y dos tercios de ellas tienen brigadas para atender emergencias,

La Unidad de Protección Civil en conjunto con Bomberos requieren que la empresa cuente con un Plan de Emergencia (documento) y Plan de Ayuda Mutua Industrial así como la capacitación y equipos necesarios para organizar el programa de protección civil respecto a fenómenos químico tecnológicos. Capítulo VI, artículo 31 de la Ley de Protección Civil del Estado de San Luis Potosí

Tabla 3.5.Medidas preventivas en las 48 industrias encuestadas.

Requisito	Total de Industrias Visitadas	
	Sí	No
Integración de brigadas.	70%	30%
Grupo de ayuda mutua industrial.	24%	76%
Programa de contingencias.	67%	33%

Tabla 3.6- Medidas preventivas en industrias de alto riesgo encuestadas.

Industrias de Alto Riesgo		
Requisito	Si	No
Integración de brigadas.	69%	31%
Grupo de ayuda mutua industrial.	54%	46%
Programa de contingencias.	70%	30%

CAPÍTULO 4 MODELACIÓN DE ESCENARIOS Y VULNERABILIDAD SOCIAL

4.1. MODELACIÓN DE ESCENARIOS.

Haciendo uso de los modelos de ALOHA y SCRI Modelos 4, se simularon escenarios probables para aquellas empresas capaces de producir consecuencias al exterior. Los criterios utilizados en cada una de las metodologías se explican en el capítulo 2 de ésta tesis. A continuación se muestran los resultados obtenidos y la visualización de las áreas afectadas por medio del Sistema de Información Geográfica Mapinfo 7.8.

4.1.1 RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA DEL PEOR ESCENARIO PROBABLE SEGÚN LA EPA.

En el Análisis de las Consecuencias al Exterior de la EPA, siguiendo la Metodología del Peor Escenario Probable, se utilizó la información recabada a partir de las encuestas aplicadas a las empresas de la Zona Industrial Oriente de la ciudad de San Luis Potosí, para las sustancias inflamables y para el amoniaco.

En esta metodología se establecen las condiciones para la definición del peor escenario y se dan pautas para la construcción de escenarios alternativos de sustancias tóxicas e inflamables. La guía para la determinación del peor escenario probable para sustancias inflamables se utilizó de manera completa, mientras que para las sustancias tóxicas enlistadas en esta guía, la única que se encontró en la zona de estudio y para la que fue posible el establecimiento del peor escenario fue el amoniaco.

4.1.1.1 Sustancias inflamables.

Para la determinación del peor caso que involucra gases inflamables y líquidos volátiles, se asume que la cantidad total de la sustancia inflamable forma una nube de vapor que se encuentra dentro de los límites superior e inferior de inflamabilidad y que la nube detona.

Para un escenario conservador se asume que el 10% de la cantidad contenida en la nube de vapor participa en la explosión.

La figura 4.1 muestra las áreas que podrían verse afectadas debido a la liberación explosiva de los materiales inflamables almacenados en la zona de estudio.

Las áreas circulares representan las superficies en las cuales la onda de sobrepresión que se produciría durante la liberación súbita de una sustancia inflamable es de 1 psi (lb_f/in^2) (el cual puede causar demolición parcial de las casas, lesiones serias a las

personas, y la fractura de los cristales en las ventanas que producirían aceración cutánea por el impacto de los mismos).

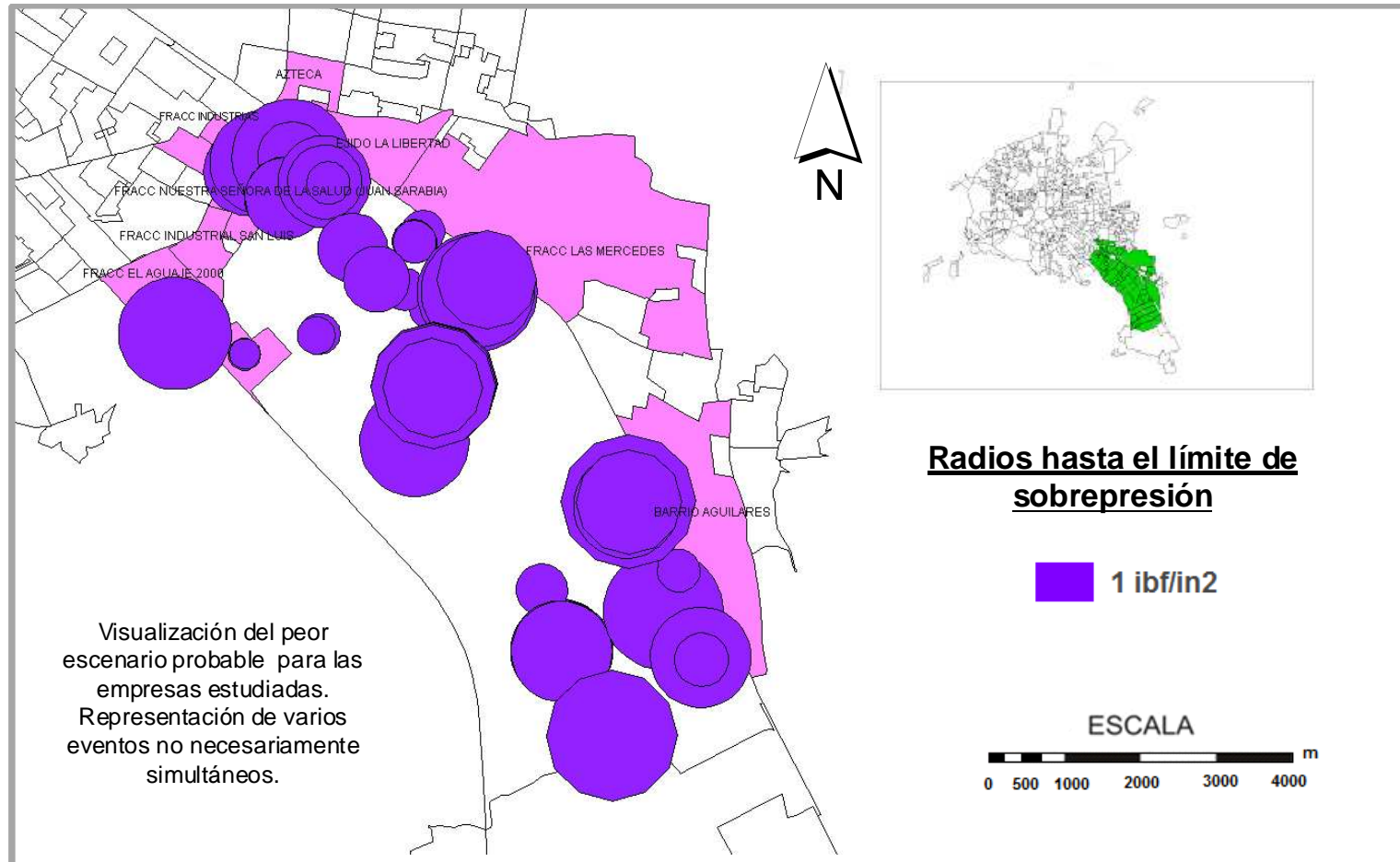
Tabla 4.1 Comparación entre niveles de sobrepresión de la metodología de “El Peor Escenario de la EPA” y la guía del estudio de Riesgo Ambiental de SEMARNAT.

Limite peor escenario probable EPA	Estudio de riesgo ambiental	
	Zona de alto Riesgo	Zona de amortiguamiento
1 lbf/in ² 0.07 kg/cm ²	0.07 kg/cm ² 1 lbf/in ² = 1 psi	0.035 kg/cm ² 0.5 kg/cm ² =0.5 psi

SEMARNAT 2002.

Como se observa en la tabla 4.1, los límites establecidos para la sobrepresión del peor escenario de la EPA coinciden con el nivel de sobrepresión para la identificación de la zona de alto riesgo en los escenarios del Estudio de Riesgo Ambiental.

Se obtuvo, que las ondas de sobrepresión iguales o superiores a 1 psi (1 lb_f/in²) pueden alcanzar radios de afectación que van de los 430 m a los 720 m. Las colonias establecidas al Este y Noreste de la carretera No. 57, así como aquéllas que colindan en la parte Noroeste del perímetro de la Zona Industrial de San Luis Potosí se localizan dentro de estos radios de influencia.



Guía para la Determinación de Consecuencias al Exterior EPA (1999)

FUENTE: Dirección Estatal de Protección Civil (2009)
Elaboró: Claudia Yazmin Ortega Montoya

Figura 4.1. Identificación de las áreas que podrían verse afectadas de acuerdo con la modelación del Peor Escenario Probable de la EPA para sustancias inflamables

Posteriormente, las zonas de sobrepresión determinada en esta metodología se identificaron según las medidas de preparación para atender una emergencia, según el criterio establecido en la tabla 4.2.

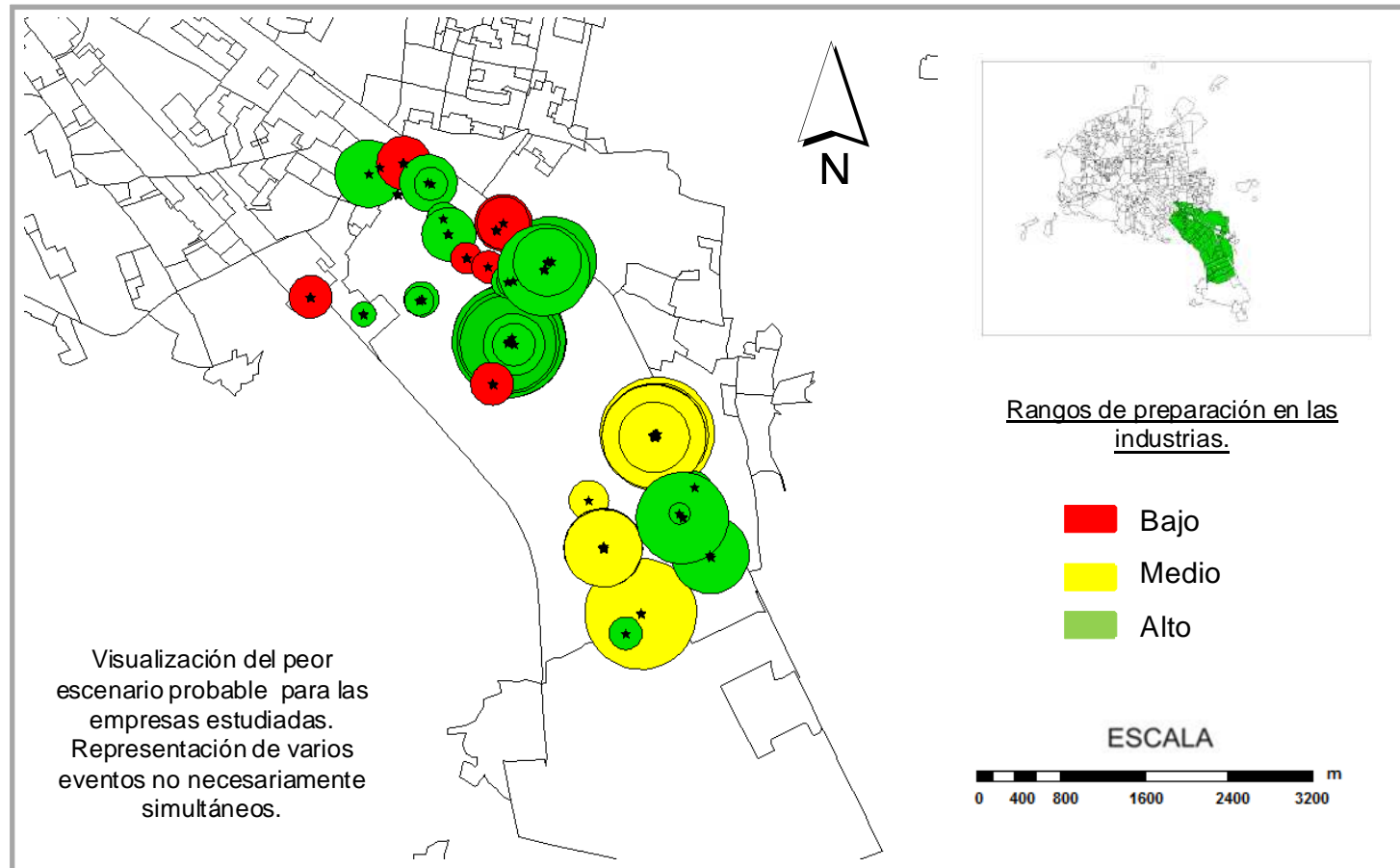
Tabla 4.2 Clasificación en la preparación a emergencias en los escenarios modelados.

CLASIFICACIÓN	Clasificación		Clasificación Alta
	Baja	Clasificación Media	
Antecedentes	NO	SI	SI
Brigada de materiales peligrosos	SI	SI	X
Grupo de ayuda mutua	SI	X	X
Programa de contingencias	SI	SI	X

Las medidas de preparación de las industrias fueron identificadas en las áreas de afectación obtenidas por esta metodología. Como resultado de este proceso se determinan zonas con categoría de preparación baja y media en áreas urbanas ubicadas al Este y Noreste de la Carretera Federal No. 57, así como en los asentamientos establecidos al noroeste del la zona industrial.

En la figura 4.2 se observan seis aéreas de posible afectación ubicadas al Norte y Noreste de la Zona Industrial, con rangos bajos de medidas de preparación ante emergencias, una zona con medidas de preparación medias cuyos radios de posible afectación se localizan al sur y sureste de la Zona de Actividad Industrial.

En la determinación del Peor Escenario Probable de la EPA para liberación de amoniaco y de sustancias inflamables los resultados indican que en ambos casos las áreas de influencia representarían amenazas para las comunidades establecidas en las inmediaciones de la Zona Industrial.



Guía para la Determinación de Consecuencias al Exterior EPA (1999)

Fuente: Dirección Estatal de Protección Civil de San Luis Potosí (2009)
Elaboró: Claudia Yazmín Ortega Montoya

Figura 4.2. Identificación de las áreas que podrían verse afectadas de acuerdo con la modelación del Peor Escenario Probable de la EPA para sustancias inflamables y medidas de preparación a emergencias de los escenarios evaluados.

4.1.1.2 Sustancias tóxicas: amoniaco.

Las condiciones atmosféricas que se emplean para la dispersión del amoniaco son críticas, con una velocidad del viento de 1.5 m/s y una estabilidad atmosférica de tipo F (según la clasificación de Pasquill- Gifford) (EPA, 1999).

De acuerdo con la asociación Americana de Higiene Industrial (AIHA) el límite tóxico de concentración aérea para el amoniaco es de 200 ppm (0.14 mg/L); esta es la concentración máxima por debajo de la cual se cree que todos los individuos pueden estar expuestos por más de una hora sin experimentar efectos serios o irreversibles en la salud, que podrían impedir la capacidad de los individuos para tomar acciones de protección. La regla asume que el límite tóxico es constante, aunque la duración de la liberación sea sólo de 10 minutos.

Las tasas de emisión de los contenedores de amoniaco anhidro en esta tesis se obtuvieron asumiendo la emisión gaseosa de la cantidad total en un periodo de 10 minutos. Para cada una de las emisiones de amoniaco, se obtuvo la distancia mayor de consecuencias al exterior, como se establece en la determinación del peor caso probable.

Tabla 4.3 Comparación entre concentraciones máximas permisibles en la industria según la NOM-010-STPS.1999 y la metodología del peor escenario de la EPA.

SUSTANCIA	NOM-010-STPS-1999 Límite máximo permisible de exposición o pico (P)	Peor escenario EPA
Amoniaco	35 ppm	200 ppm

Límite máximo permisible de exposición pico (P): es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe rebasarse en ningún momento durante la exposición del trabajador

La concentración de amoniaco hasta donde se fijan las consecuencias al exterior en la metodología del peor escenario de la EPA es mucho mayor que aquella especificada como valor límite que no debe sobrepasarse en una instalación industrial. Esto se debe a que la NOM-010-STPS-1999 se refiere a condiciones laborales aptas para los trabajadores, mientras que la concentración de 200 ppm fue establecida por la AIHA para situaciones de emergencia.

Los resultados de la modelación de la liberación de amoniaco anhidro mostrados en la figura 4.3 usando la metodología del peor escenario de la EPA para la liberación de amoniaco, permiten identificar dos zonas afectables con radios de afectación que van de 0.7 a 2.5 km en las que se podrían presentar concentraciones de amoniaco superiores o iguales a 200 ppm (0.14 mg/L).y que abarcan a las colonias vecinas a la Zona Industrial ubicadas al Este, Noreste y Noroeste de ésta. Es importante señalar que ésta metodología permite identificar las áreas en las que las consecuencias consideradas van

desde muy leves (como percepción o leve irritación de vías respiratorias) hasta graves (como intoxicación).

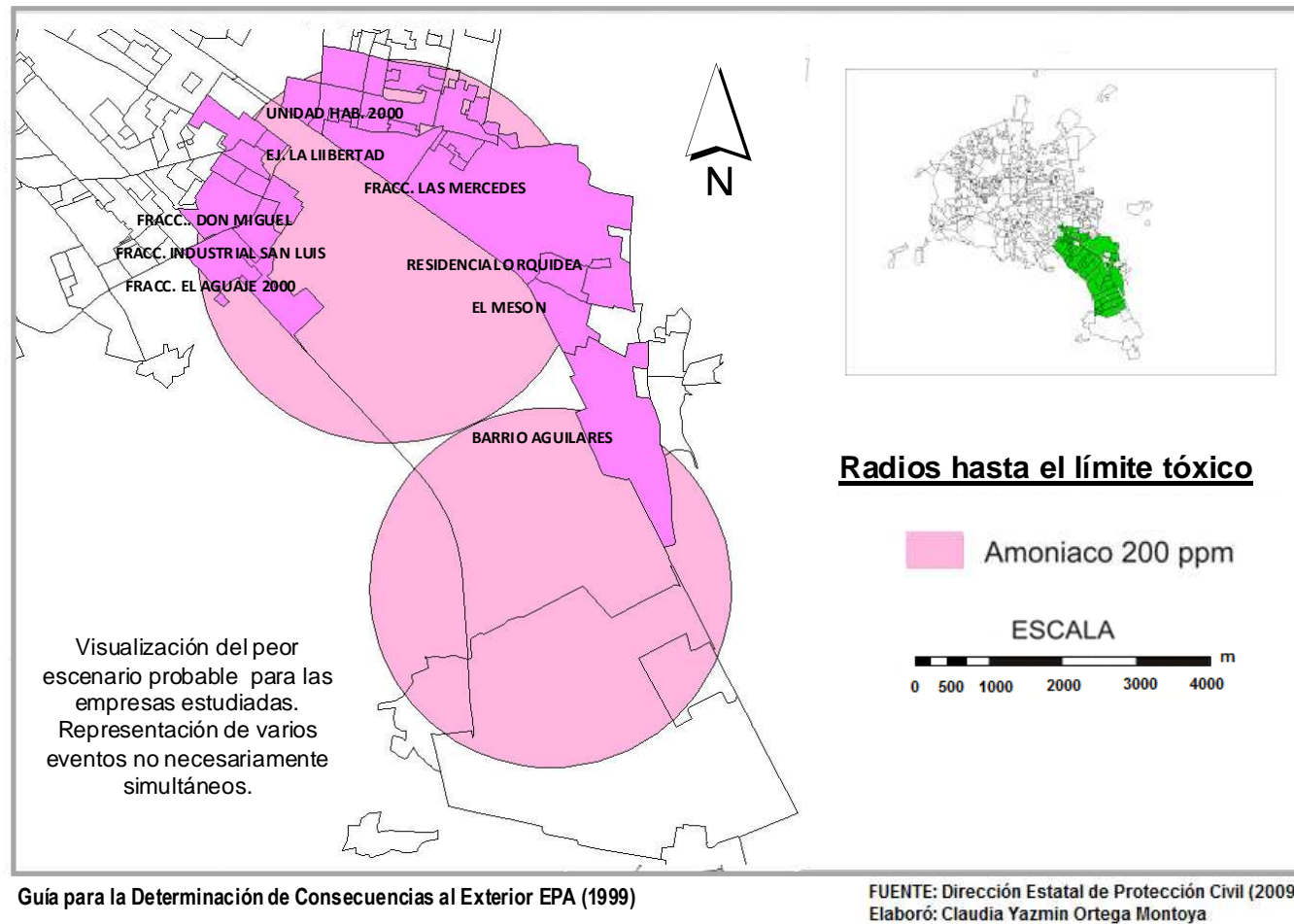
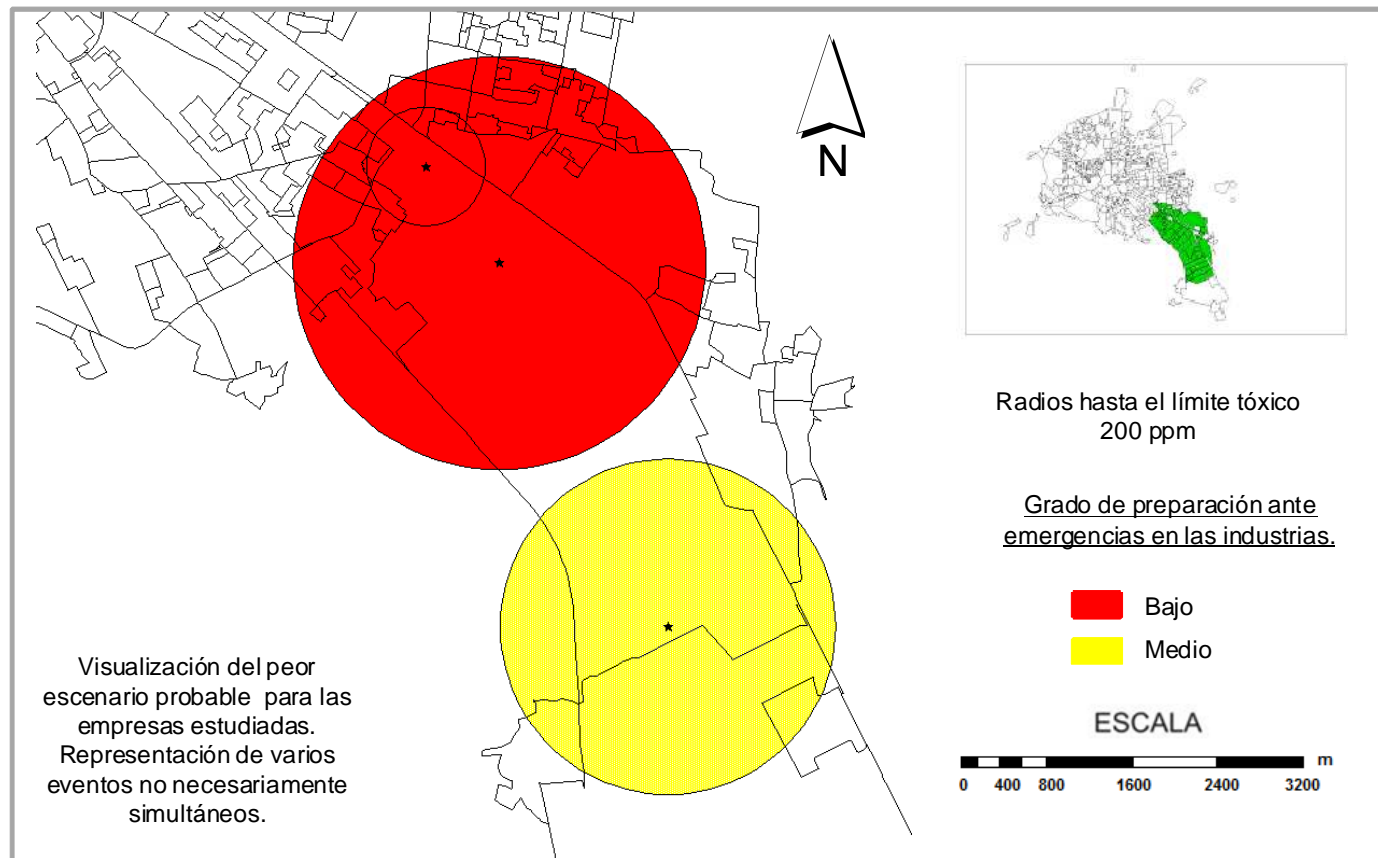


Figura 4.3 .Identificación de áreas que podrían verse afectadas de acuerdo con la modelación del Peor Escenario Probable de la EPA para la liberación de amoniaco anhidro.



Guía para la Determinación de Consecuencias al Exterior EPA (1999)

Fuente: Dirección Estatal de Protección Civil de San Luis Potosí (2009)
Elaboró: Claudia Yazmín Ortega Montoya

Figura 4.4. Identificación de áreas que podrían verse afectadas de acuerdo con la modelación del Peor Escenario Probable de la EPA para la liberación de amoníaco anhidro y medidas de preparación a emergencias de los escenarios evaluados.

En la figura 4.4 se muestran dos zonas donde se observarían consecuencias debidas a la liberación de amoniaco y que cuentan con medidas bajas de preparación ante emergencias, de igual manera existe un área situada al sur del perímetro de la Zona Industrial en la cual las medidas de preparación ante emergencias no son óptimas.

De acuerdo con la información obtenida de las encuestas aplicadas, las empresas que manejan estas sustancias no cuentan con medidas de preparación y control para casos de emergencia, por lo que se requiere llevar a cabo acciones efectivas para mejorar la actuación de las empresas, la comunidad y las autoridades de Protección Civil ante riesgos por fugas de amoniaco.

Es indispensable tener conocimiento del riesgo químico al que están expuestas las colonias vecinas a la Zona Industrial para que con esta información se desarrollen programas de información y comunicación del riesgo a la población.

4.1.2. METODOLOGÍA DE ESCENARIOS ALTERNATIVOS ALOHA.

A fin de conocer los escenarios más probables en caso de ocurrir una liberación de materiales con riesgos a la salud, se utilizó el simulador ALOHA desarrollado por la EPA, como resultado se identificaron las posibles áreas afectadas si se llegara a presentar una liberación intempestiva de alguna de estas sustancias.

El modelo ALOHA se alimentó con datos de entrada de dos escenarios meteorológicos con la dirección dominante del viento en las direcciones Este y Este-noreste con velocidades medias de 2.3 y 2.5 m/s, respectivamente y estabilidad atmosférica B, sin inversión térmica presente y una humedad atmosférica del 5%.

Para la determinación de los escenarios alternativos durante el almacenamiento de sustancias con riesgos a la salud, se eligieron los escenarios más probables que llevarían a la liberación de la sustancia regulada, en lugar de considerar la liberación total del contenido del tanque, como en el caso del peor escenario probable. De esta manera la liberación de las sustancias tóxicas se realiza a partir de una falla en las tuberías o válvulas de descarga de mayor diámetro del tanque en el sistema de almacenamiento de las sustancias químicas de riesgo. También se consideró como medida de mitigación el sistema de contención de derrames.

Los límites de concentración usados para la construcción de los escenarios alternativos son diferentes de aquellos propuestos en el peor escenario, ya que se utilizaron los límites ERPGL (Guías de Planeación y Respuesta a Emergencias) y TEEL (Límites Temporales para Exposiciones de Emergencia).

Tabla 4.4 Comparación entre las concentraciones máximas permisibles en la industria según la NOM-010.STPS.1999, y las establecidas en la construcción de los escenarios alternativos de sustancias con riesgo a la salud ERPG.

SUSTANCIA	NOM-010-STPS-1999	Concentración		
	Límite máximo permisible de exposición o pico (P)	ERPG-3	ERPG-2	ERPG-1
Acido Nítrico	4 ppm	78 ppm	6 ppm	1 ppm
Isocianato de Metilo	-	5 ppm	0.05 ppm	0.025 ppm
Acido Clorhídrico	5 ppm	150 ppm	20 ppm	3 ppm
Acido Sulfúrico	-	7.5 ppm	4.5 ppm	0.5 ppm

Límite máximo permisible de exposición pico (P): es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe rebasarse en ningún momento durante la exposición del trabajador

Tabla 4.5 Comparación entre las concentraciones máximas permisibles en la industria según la NOM-010.STPS.1999, y las establecidas en la construcción de los escenarios alternativos de sustancias con riesgo a la salud TEEL.

SUSTANCIA	NOM-010-STPS-1999	Concentración		
	Límite máximo permisible de exposición o pico (P)	TEEL-3	TEEL-2	TEEL-1
Acido Acético	15 ppm	250 ppm	35 ppm	5 ppm
Metacrilato de Metilo	125 ppm	1000 ppm	100 ppm	100 ppm

Límite máximo permisible de exposición pico (P): es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe rebasarse en ningún momento durante la exposición del trabajador

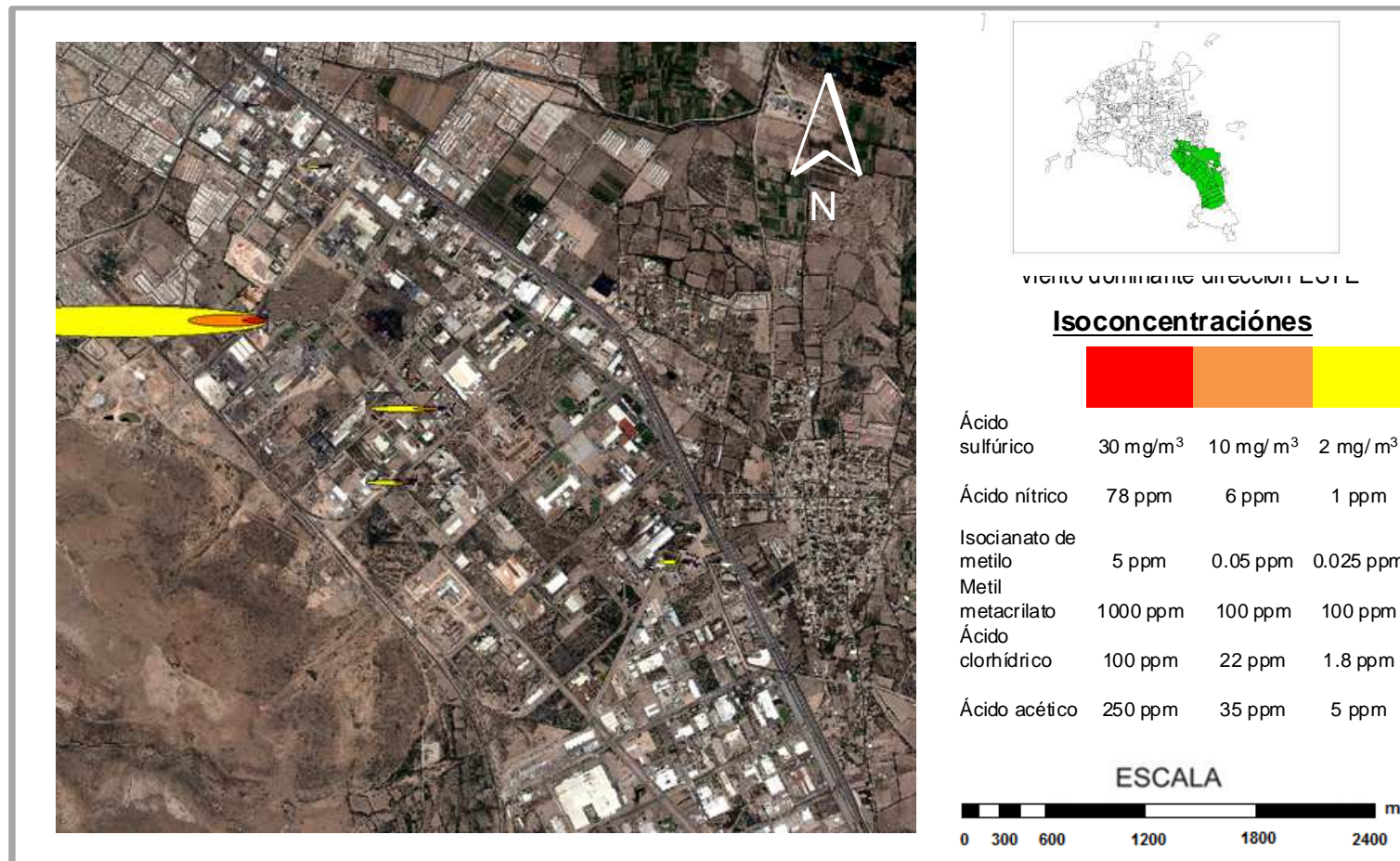
Como se puede observar en las tablas 4.4 y 4.5 en todos los casos (en que se cuenta con datos para la comparación) el límite de concentración establecido por la Guía para Respuesta a Emergencias ERPG-1 es menor que la concentración establecida como máxima permisible en una instalación industrial por la NOM-010-STPS-1999, debido a que en el límite ERPG-1 se busca conocer el radio de afectación hasta donde serán percibidas las últimas consecuencias debido a la liberación de la sustancia peligrosa sin provocar efectos nocivos a la salud.

En la figura 4.5 y 4.6 se observan las áreas de isoconcentración de los materiales con riesgos a la salud (ácido nítrico, isocianato de metilo, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico,

ácido acético y metacrilato de metilo) identificados durante la determinación de los escenarios alternativos.

Las mayores distancias de consecuencias se observan en el escenario meteorológico 1 en condiciones de viento dominante del Este-a 3.5 m/s, estabilidad atmosférica B, sin inversión térmica presente con distancias en dirección del viento de hasta 2.3 km para la zona de amortiguamiento.

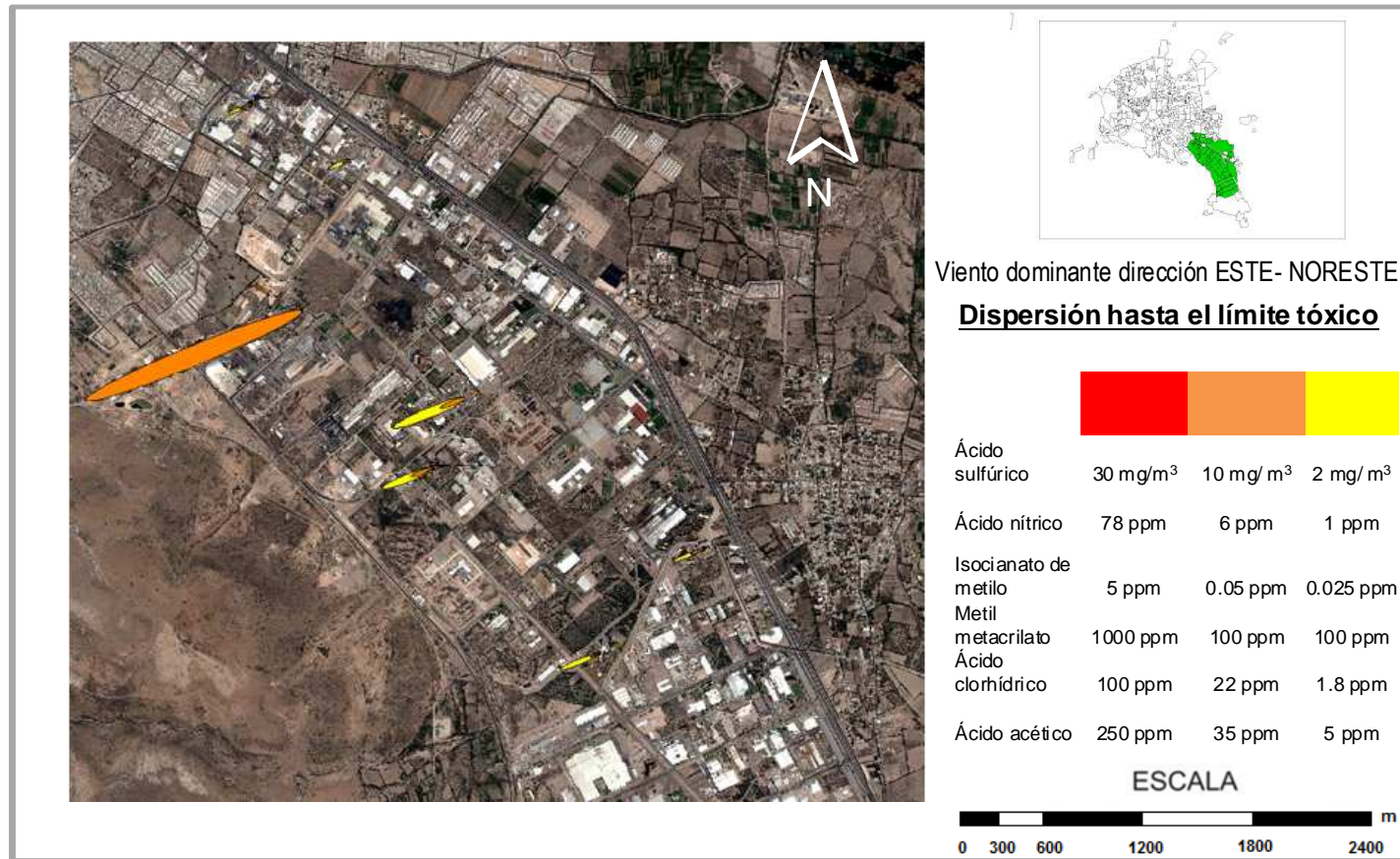
Las consecuencias identificadas implican amenazas para las empresas y los trabajadores de las mismas y los asentamientos humanos establecidos al Noroeste de la Zona Industrial.



Simulador ALOHA 5.4.1. EPA, NOAA.

Fuente: Dirección Estatal de Protección Civil de San Luis Potosí (2009)
Elaboró: Claudia Yazmín Ortega Montoya

Figura 4.5 .Identificación de áreas que podrían verse afectadas por la liberación de sustancias con riesgos a la salud de acuerdo con el simulador en condiciones de viento dominante del Este a 3.5 m/s, estabilidad atmosférica B.



Simulador ALOHA 5.4.1. EPA, NOAA.

FUENTE: Dirección Estatal de Protección Civil (2009)
 Elaboró: Claudia Yazmin Ortega Montoya

Figura 4.6. Identificación de áreas que podrían verse afectadas por la liberación de sustancias con riesgos a la salud de acuerdo con el simulador en condiciones de viento dominante del Este- Noreste a 2.3 m/s, estabilidad atmosférica B.

4.1.3. METODOLOGÍA DE ESCENARIOS ALTERNATIVOS SCRI.

El software de simulación SCRI Modelos 4 fue utilizado para conocer los escenarios más probables de ocurrir debidos a la liberación de amoniaco, bajo las condiciones meteorológicas establecidas. Se eligió separar la modelación de amoniaco de aquella realizada para las sustancias con riesgos a la salud, para poder comparar entre la modelación del peor escenario probable de la EPA y los escenarios alternativos usando el simulador SCRI (Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias).

En la construcción del escenario alternativo para liberación de amoniaco, se partió de considerar una falla en una tubería o válvula de mayor diámetro del tanque de almacenamiento de amoniaco que provoca la liberación súbita del material. Se establecieron dos condiciones atmosféricas con dirección dominante del viento en las direcciones Este y Este-noreste con velocidades medias de 2.3 y 2.5 m/s, respectivamente y estabilidad atmosférica B, sin inversión térmica presente y una humedad atmosférica del 5%

Se eligió el limite concentración ERPG (Guías de Planeación y Respuesta a Emergencias) la cual es indicada para esta situación ya que se desea conocer las personas involucradas y que requerirían atención por parte de las instituciones encargadas de la respuesta a emergencias en el municipio.

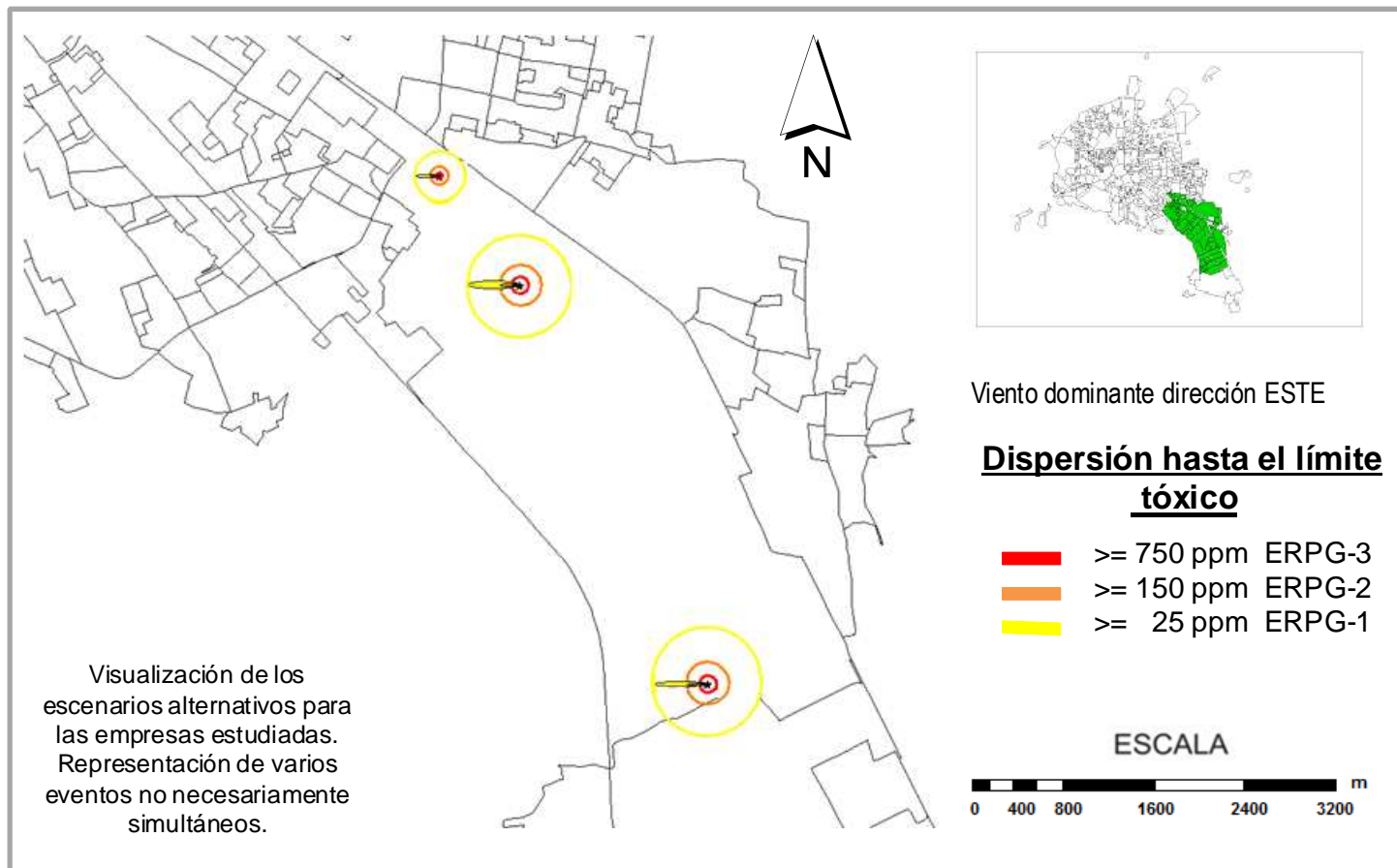
Los límites de concentración para el amoniaco se muestran en la tabla 4.6 en la cual comparamos estos limites con las concentraciones establecidas en la NOM-010-STPM-1999 que establece el límite máximo permisible de exposición pico (P) para el amoniaco en el medio ambiente laboral, que no debe rebasarse en ningún momento durante la exposición del trabajador.

Como puede observarse la concentración del limite ERPG-1 (25 ppm) es menor que el limite de exposición en el medio ambiente laboral (35 ppm), debido a que la guía de planeación y respuesta a emergencias en su limite inferior, busca conocer la máxima concentración aérea que casi todos los individuos pueden tolerar por más de una hora sin desarrollar efectos más serios que la percepción sensorial o limitación moderada.

Tabla 4.6. Comparación entre las concentraciones máximas permisibles en la industria según la NOM-010.STPS.1999, y los establecidos en la construcción del escenario alternativo para amoníaco.

SUSTANCIA	LMPE-CT o Pico NOM-010-STPS-1999 ppm	Concentración		
		ERPG-3	ERPG-2	ERPG-1
Amoníaco	35	750 ppm	250 ppm	25 ppm

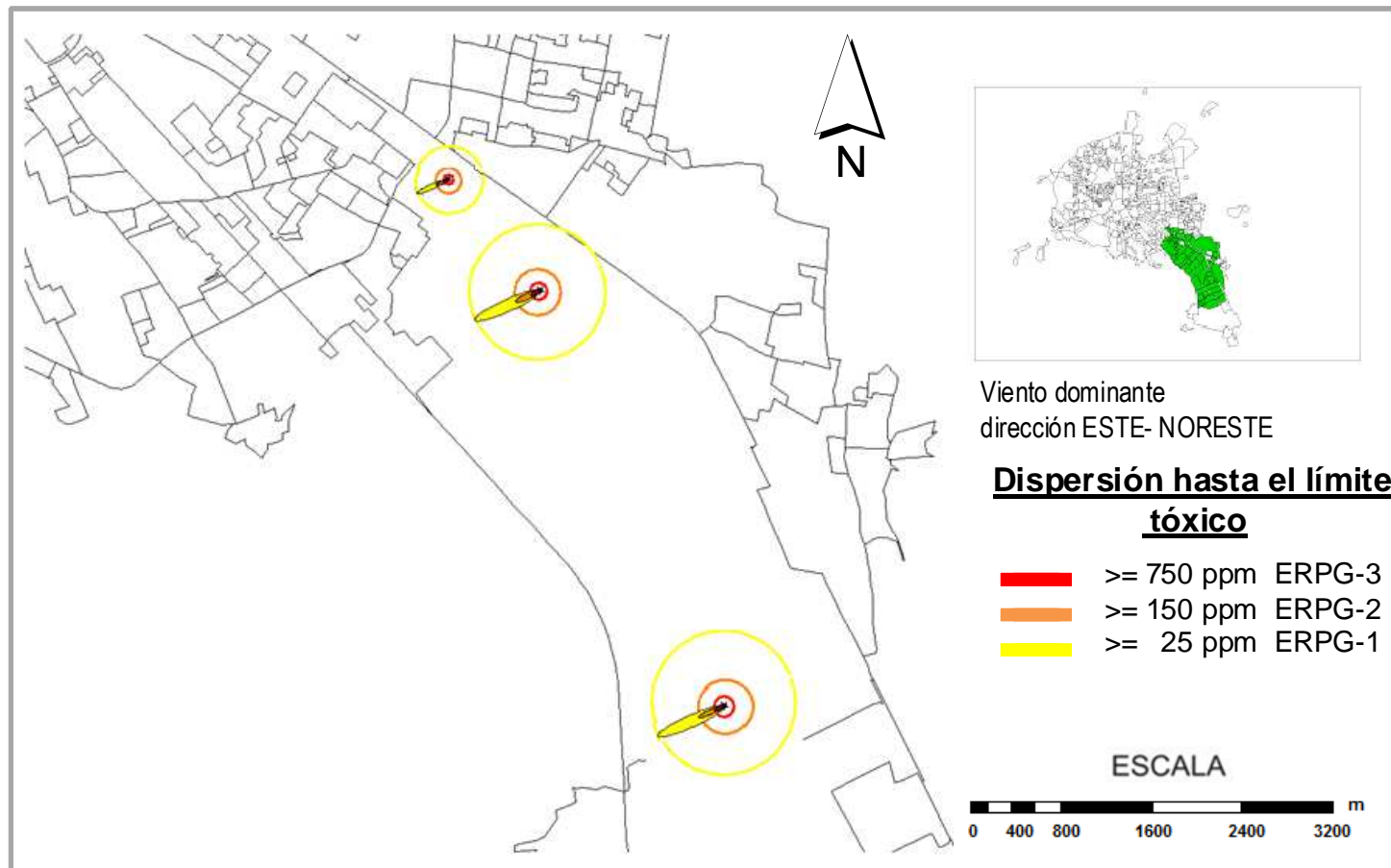
Límite máximo permisible de exposición pico (P): es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe rebasarse en ningún momento durante la exposición del trabajador



Simulador SCRI Modelos 4. Dinámica Heurística

Fuente: Dirección Estatal de Protección Civil de San Luis Potosí (2009)
Elaboró: Claudia Yazmín Ortega Montoya

Figura 4.7. Resultados del simulador SCRI Modelos 4 para escenario alternativo de liberación de amoníaco, viento dominante del Este a 3.5 m/s, estabilidad atmosférica B.



Simulador SCRI Modelos 4. Dinámica Heurística

FUENTE: Dirección Estatal de Protección Civil (2009)
Elaboró: Claudia Yazmin Ortega Montoya

Figura 4.8. Resultados del simulador SCRI Modelos 4 para escenario alternativo de liberación de amoniaco, viento dominante del Este- Noreste a 2.3 m/s, estabilidad atmosférica B.

En este caso, al igual que en la modelación de los escenarios alternativos para las sustancias tóxicas, las áreas de afectación son menores a la modelación usando la metodología del peor escenario probable de la EPA., ya que en ese caso se asume la liberación total de la sustancia contenida en el tanque de almacenamiento en condiciones atmosféricas críticas. Por lo tanto el escenario planteado en la figura 4.7 es más probable de ocurrir que el establecido en el peor escenario ya que la liberación procede de una falla en el sistema de almacenamiento que provoca la liberación parcial de la sustancia en condiciones atmosféricas propias de la ciudad de San Luis Potosí.

En el caso de la modelación de los escenarios alternativos para amoniaco, las distancias mayores de consecuencias al exterior se obtuvieron en el escenario meteorológico 2 (viento dominante del Este- Noreste a 2.3 m/s, estabilidad atmosférica B), se identificaron plumas de dispersión de hasta 220m de largo para la zona de alto riesgo con concentraciones iguales o superiores a 750 ppm (ERPG-3) y hasta 1,200 m para la zona de amortiguamiento (25 ppm ERPG-1).

La figura 4.8 muestra que el límite de concentración ERPG-1 de 25 ppm hasta donde se podría experimentar percepción sensorial o irritación moderada por la liberación de amoniaco, abarca el límite de la zona industrial con las colonias establecidas al Noreste de la misma.

4.1.4. INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

Como resultado de la presente investigación se conformó una base de datos de las 48 industrias más importantes en el rubro de Riesgo Químico-Tecnológico de acuerdo con la Dirección de Protección Civil del Estado de San Luis Potosí. Para cada una de ellas, se cuenta con datos de los responsables de seguridad industrial, los materiales peligrosos y sus volúmenes almacenados en la instalación industrial, la georeferencia de los tanques de almacenamiento, así como las medidas administrativas de preparación ante emergencias (Brigadas de materiales peligrosos y/o contra incendio, la participación en comités de ayuda mutua empresarial, formulación de un plan de contingencias e información de los antecedentes de accidentes en la empresa que involucran el uso de materiales peligrosos)

Partiendo de esta información y de las modelaciones del peor escenario probable de la EPA y la construcción de los escenarios alternativos para sustancias con riesgos a la salud, se integró la información en un Sistema de Información Geográfica (SIG) haciendo uso del software MapInfo 7.8.

En el mismo se identificaron los tanques de almacenamiento de materiales peligrosos de cada una de las empresas involucradas y se enlazó cada tanque con una base de datos que contiene la información general de la empresa y el responsable de seguridad, así como los radios de identificación de riesgos de acuerdo con las modelaciones realizadas.

Se realizó la identificación de las zonas de riesgo en el sistema de información geográfica para conocer las posibles áreas de afectación y se integraron enlaces a las hojas de seguridad de las sustancias almacenadas, a la guía de respuesta en caso de emergencia 2008 para la sustancia involucrada y a la imagen del tanque que almacena el material peligroso.

De esta manera, con ayuda del sistema de información geográfica, en caso de presentarse una emergencia en alguna de las empresas visitadas, se puede tener acceso a las zonas de riesgo modeladas, así como a las características fisicoquímicas de la sustancia por medio de la hoja de seguridad y apoyarse en la Guía para Respuesta en caso de Emergencias 2008 para conformar el plan de atención a la emergencia química.

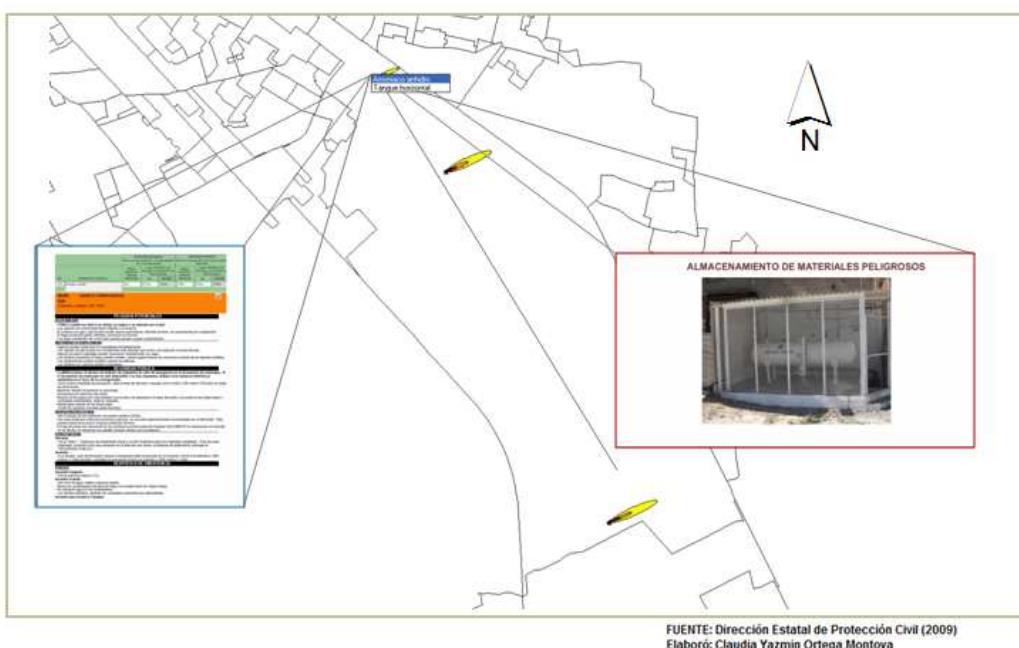


Figura 4.9. Vínculos incluidos en los tanques de almacenamiento identificados en el Sistema de Información Geográfica, donde se despliega información de la Guía para Respuesta a Emergencias 2008 y la foto del tanque de almacenamiento.

4.2. RESULTADOS DE VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL.

4.2.1. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS.

La primera parte de la metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social desarrollada por CENAPRED, consiste en la consulta de una serie de indicadores socioeconómicos, de salud, vivienda, empleo e ingresos, educación, y población. El resultado de esta serie de indicadores se muestra en la tabla 4.7 y brinda una aproximación a las características generales de la población en el municipio (García y Col. 2006).

Tabla 4.7. Resultados de la primera parte de la Determinación de la Vulnerabilidad Social Asociada a Desastres (cédula de Indicadores socioeconómicos).

INDICADOR	DATO	CLASIF.	VALOR ASIGNADO	PROM. RUBRO
Médicos por cada 1000 habitantes	1.238	Muy baja	0	
Mortalidad infantil	15.3	Muy baja	0	0.25
Porcentaje de la población no derechohabiente*	78.2	Alta	0.75	
Porcentaje de analfabetismo	3.8	Muy baja	0	
Porcentaje de 6-14 años que asiste a la escuela	97.1	Muy baja	0	0.08
Grado promedio de escolaridad	7.7	Baja	0.25	
% Viviendas sin servicio de agua entubada	2.7	Muy baja	0	
% vivienda sin servicio de drenaje	3.2	Muy baja	0	
% viviendas sin servicio de electricidad	1.1	Muy baja	0	0.21
Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón	29.8	Muy alta	1	
Porcentaje de viviendas con piso de tierra	21.7	Baja	0.25	
Déficit de vivienda (PEA) que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos	1.03	Muy baja	0	
Razón de dependencia	419124			0.25
Tasa de desempleo abierto	75.5	Baja	0.25	
Densidad de población	5.51	Baja	0.25	
Porcentaje de la población de habla indígena	38	Muy baja	0	
Dispersión poblacional	0.10	No indígena	0	0.25
	37.4	Alto	0.75	
PROMEDIO FINAL				0.21

* Datos disponibles únicamente de derechohabientes del ISSSTE

El resultado de la primera parte de la metodología es un índice general de 0.21 que es el promedio de los indicadores considerados, este índice será retomado posteriormente en el cálculo de la vulnerabilidad social.

4.2.2. CAPACIDAD DE RESPUESTA.

La siguiente parte de la metodología es una cédula con la capacidad de respuesta de las autoridades de Protección Civil en cuanto a sus recursos materiales y humanos, así como su capacidad de organización en una emergencia. Esta información fue obtenida a través de una entrevista con el subdirector de Protección Civil Estatal del Gobierno de San Luis Potosí; los resultados se muestran en la tabla 4.8:

Tabla 4.8. Resultados de la segunda parte de la Determinación de la Vulnerabilidad Social Asociada a Desastres (cédula de Capacidad de Respuesta).

INDICADOR	DATO	VALOR
Unidad de protección civil	SI	0
Plan de emergencia	SI	0
Consejo municipal de emergencia	SI	0
Normatividad	SI	0
Programa de apoyo	SI	0
Mecanismo de alerta temprana	SI	0
Canales de comunicación	SI	0
Programa de apoyo	SI	0
Programas de atención a la salud	SI	0
Rutas de evacuación	NO	1
Helipuertos	SI	0
Refugios temporales	SI	0
Stock de materiales	SI	0
Vínculo con centros de asistencia	SI	0
Simulacros	SI	0
Personal activo	SI	0
Personal capacitado	SI	0
Mapas con zonas de peligro	SI	0
Equipo para comunicación	SI	0
Información histórica	SI	0
Equipo para comunicación estatal o municipal	SI	0
Sistema de Información Geográfica	SI	0
Geo Posicionamiento Global	SI	0
TOTAL		1

Con los resultados de esta encuesta (tabla 4.9) se obtuvo que la capacidad local de prevención y respuesta a las emergencias es alta. Cabe mencionar que este cuestionario está formulado de manera general para todos los tipos de factores necesarios para una respuesta a emergencias en la comunidad y que como las respuestas son cerradas, es necesario verificar las recomendaciones propuestas en el siguiente capítulo para mejorar la actuación de las autoridades al respecto de los fenómenos químicos tecnológicos.

Tabla 4.9. Resultados de la cédula de Capacidad de Respuesta.

Rangos	Capacidad	Valor asignado	Calificación
De 0 a 3	Muy alta	0	0.25
De 3 a 6	Alta	0.25	Capacidad de prevención y respuesta alta
De 7 a 9	Media	0.5	
De 10 a 12	Baja	0.75	
Más de 12	Muy baja	1	

Fuente: (García y Col. 2006).

4.2.3. GRADO DE PERCEPCIÓN SOCIAL DEL RIESGO.

Al respecto de la capacidad de la comunidad de percibir los riesgos, se realizó una encuesta a una muestra representativa de la población asentada en las áreas de afectación reconocidas en la metodología del análisis del peor caso probable para sustancias inflamables.

$$n = \frac{Nt^2_{\alpha/2} \cdot S^2_N}{Nd^2 + t^2_{\alpha/2} \cdot S^2_N} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

n = Número de unidades de muestreo en la muestra.

N = Número de unidades de muestreo en la población.

S= Desviación estándar.

d= Precisión.

t=Distribución t.

Cálculo de la muestra de la población encuestada.

S_N	4.22989362
d	0.6688049
N	7869
t	2
n	156.811558

Este cuestionario fue realizado de manera personal en cada una de las viviendas elegidas, y respondida por un habitante del domicilio mayor de 18 años. Se obtuvo un número de muestra de 160 encuestas según la ecuación 4.1. Las preguntas que forman parte del cuestionario se refieren a dos rubros: 1) Las características socioeconómicas de la población encuestada y 2) El grado de percepción social de los riesgos en la comunidad.

De los datos generales de los encuestados, se obtuvo que el 68% de las personas entrevistadas fueron mujeres, especialmente por la disponibilidad de tiempo, ya que muchas de ellas se dedican a las labores del hogar.

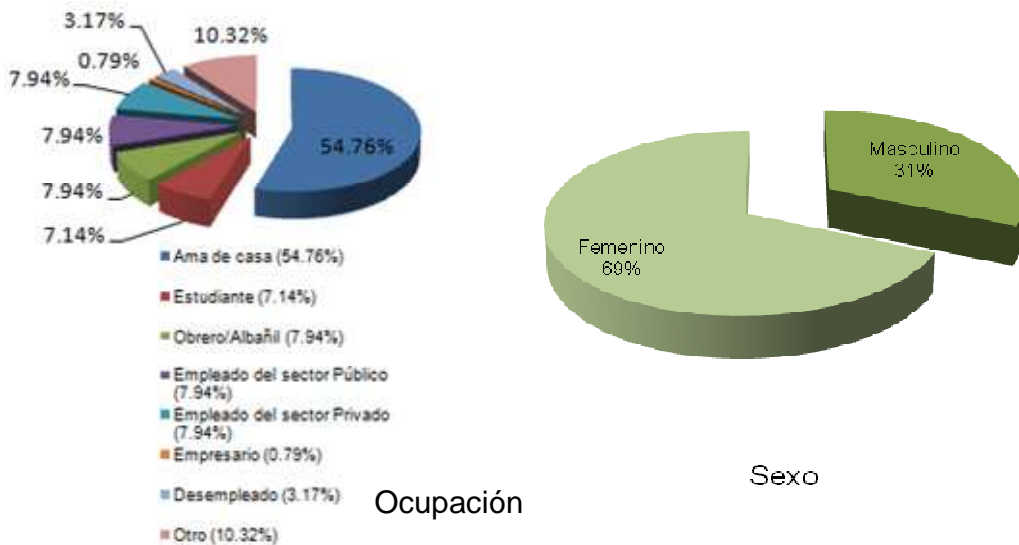


Figura 4.10. Proporción del sexo y ocupación de los individuos encuestados.

Los grupos de edad de los encuestados, se muestran en la figura 4.11, la mayoría de los encuestados tienen una edad entre 26 y 40 años. La escolaridad más frecuente de los individuos que formaron parte de esta encuesta es la educación media, siendo la educación primaria y el bachillerato otras escolaridades importantes encontradas en esta muestra poblacional.

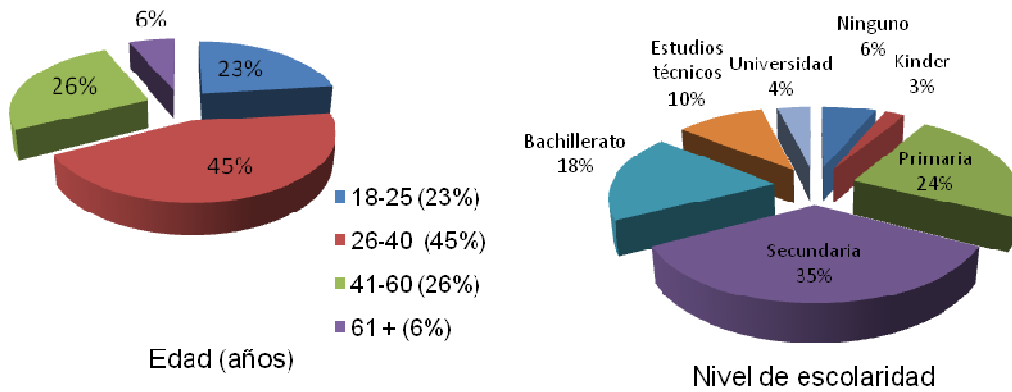


Figura 4.11. Proporción de la edad y escolaridad de los individuos encuestados.

Los ingresos percibidos de las viviendas encuestadas, son en su mayoría de dos a tres salarios mínimos, y el 76 % de los hogares visitados manifiestan que la vivienda que habitan es de su propiedad ya fue adquirida a través de las instituciones de interés social y en su mayoría se encuentran pagando la propiedad.

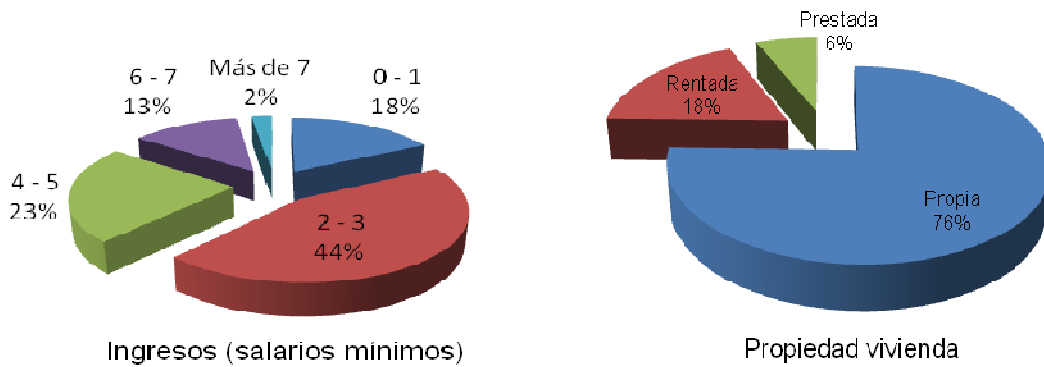


Figura 4.12. Datos económicos de la muestra analizada.

En cuanto a los servicios médicos para los habitantes de las viviendas, el 76% cuenta con este beneficio, al tener al menos un trabajador asalariado que proporciona el servicio a sus familiares.

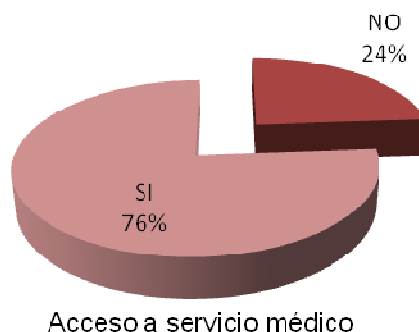


Figura 4.13. Acceso a servicios médicos de los habitantes encuestados y sus familias.

La segunda parte de la encuesta son preguntas para realizar la valoración de la percepción local de los riesgos; la cual se considera fundamental para conocer la vulnerabilidad social de la población frente a los desastres. En muchas ocasiones la población no tiene una percepción clara del peligro que representa una amenaza de tipo natural o antrópica en su localidad, lo que incide directamente en la capacidad de respuesta de la población ante un desastre (García y Col. 2006).

Una mayor percepción local significa menor vulnerabilidad y viceversa, por lo que en esta parte, una baja percepción local en la tabla de valores significará una mayor vulnerabilidad y tendrá un valor más alto.

De los resultados generales se obtuvo que:

- a) Únicamente el 42% de los individuos encuestados reconoce los riesgos químicos como agentes capaces de provocar una eventualidad que pueda provocar consecuencias en su vivienda.
- b) El 98% de los encuestados nunca ha participado en un simulacro.
- c) 57% de los encuestados no reconoce alguna fuente de amenaza para su vivienda.
- d) 65% de los encuestados declara no saber a quien recurrir en caso de emergencia.
- e) 86% de los individuos encuestados no conoce alguna institución que trabaje en la atención de emergencias.

Los resultados de las encuestas para conocer la percepción social del riesgo en las áreas de influencia por la liberación de materiales peligrosos, mostró que la percepción local respecto de los peligros no es homogénea; ya que en la zona de estudio existen dos áreas bien definidas con grados de percepción diferentes.

La figura 4.16 esquematiza los resultados de la aplicación de la encuesta donde se determinó la percepción local de los riesgos en la comunidad, y que brindó como resultado dos zonas de percepción de los riesgos con rangos medio y bajo.

Los asentamientos urbanos en la parte Este de la Zona Industrial tienen una percepción baja de los riesgos a los que pueden estar expuestos: casi todos los individuos encuestados (97%) desconocen la existencia de las instituciones de emergencia y el 74% de los encuestados no conoce la función ni la ubicación de las Unidades de Protección Civil.

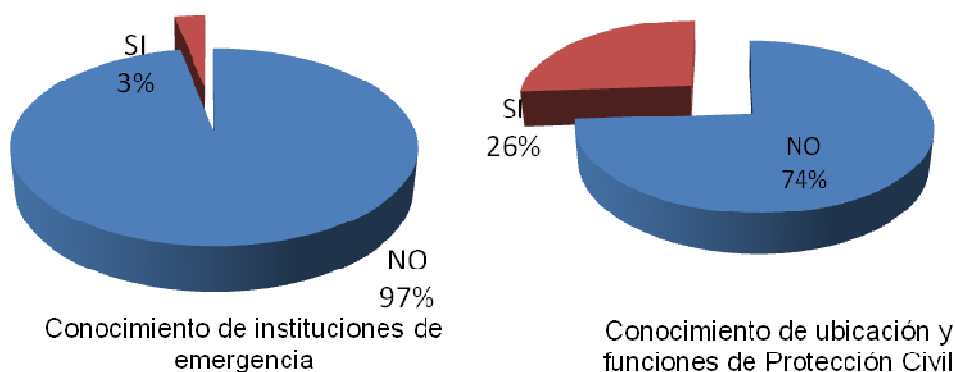


Figura 4.14. Resultados obtenidos en zona Este con grado bajo de percepción local del riesgo.

Por lo que se refiere al sector de la parte Oeste de la zona Industrial, el 42% de los individuos encuestados manifestó tener conocimiento de que su vivienda se localiza en un área susceptible de amenazas, y el 45% reconoce que su vivienda puede estar expuesta a amenazas de origen químico (figura 4.15). En esta zona mejora un poco el conocimiento de las fuentes de peligro y las instituciones de atención de emergencias.

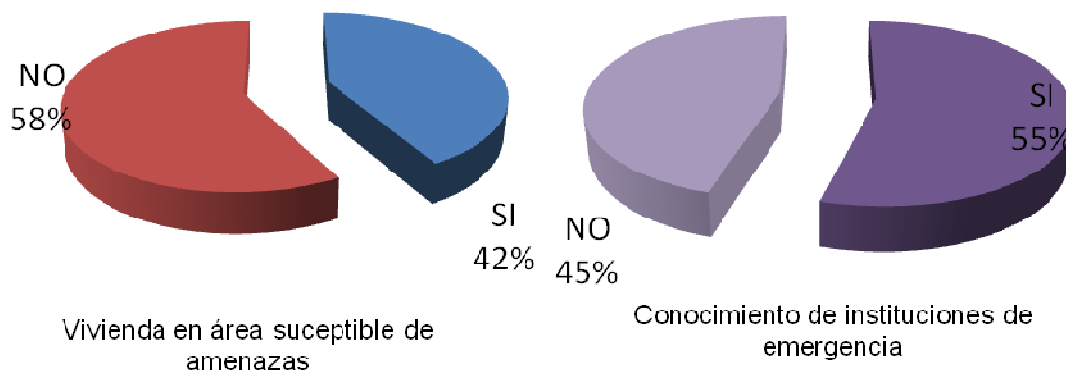


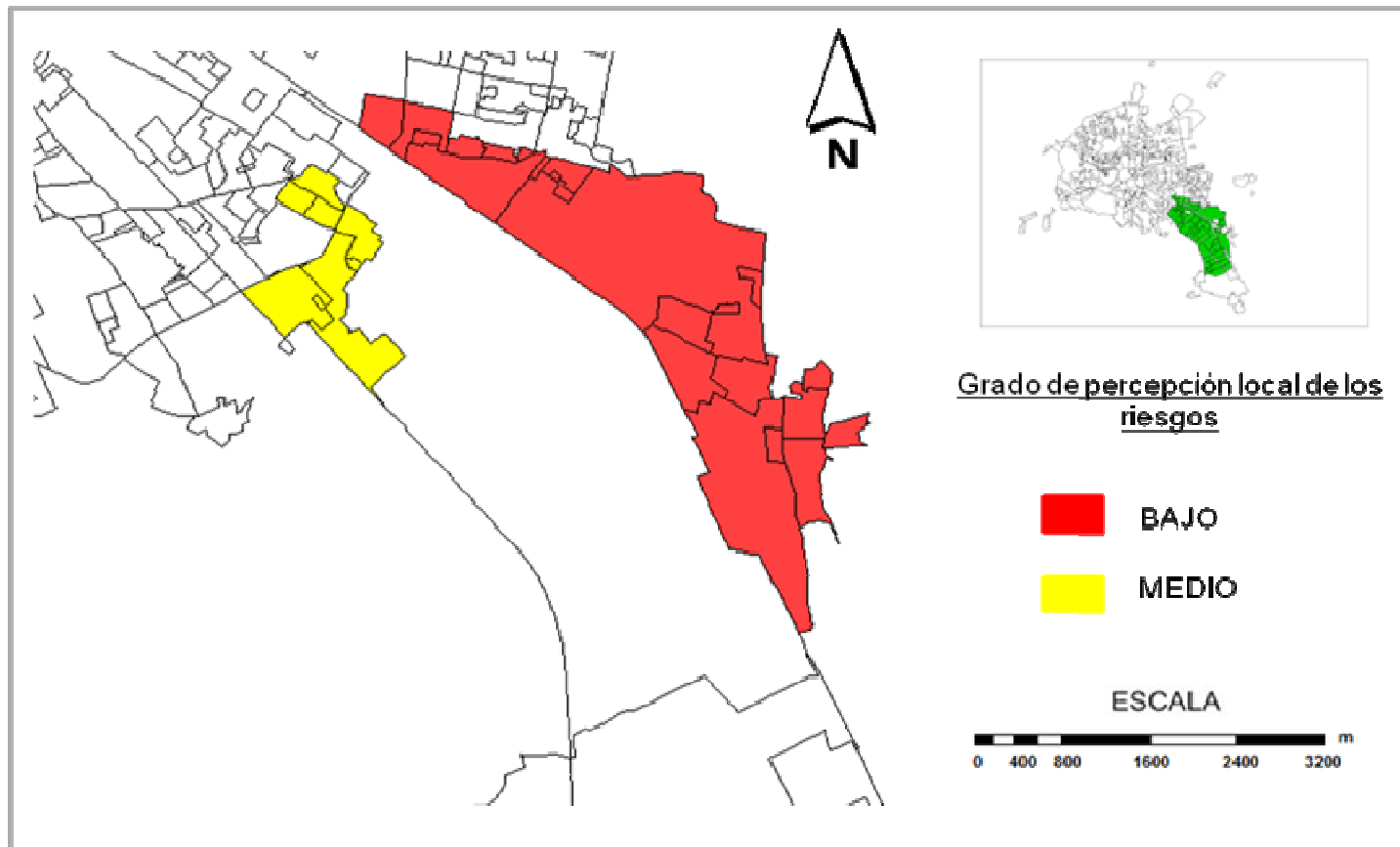
Figura 4.15. Resultados obtenidos en zona Este con grado medio de percepción local del riesgo.

El índice final de percepción social de los riesgos, se obtiene del promedio obtenido del total de las 160 encuestas realizadas y se muestra en la tabla 4.10.

Tabla 4.10. Resultados de la cédula de percepción social.

Rangos	Percepción Local	Valor asignado según vulnerabilidad	Calificación
De 0 a 5.0	Muy Alta	0	
De 5.1 a 10.0	Alto	0.25	
De 10.1 a 15.0	Medio	0.5	0.75
De 15.1 a 20.0	Bajo	0.75	
Más de 20.0	Muy Baja	1	

García y Col. 2006



Fuente: Dirección Estatal de Protección Civil de San Luis Potosí (2009)
Elaboró: Claudia Yazmin Ortega Montoya

Figura 4.16. Mapa de las colonias encuestadas donde se clasificó la percepción del riesgo como medio y bajo.

El número final para la medición de la vulnerabilidad social se obtiene de la siguiente manera:

$$GVS = (R1 * .50) + (R2 * .25) + (R3 * .25) \quad \text{Ecuación 4.1}$$

Donde:

GVS = Es el grado de Vulnerabilidad Social asociada a desastres

R1 = Resultado del primer cuestionario de la metodología. (Anexo, 1 sección 1)

R2 = Resultado del cuestionario de capacidad de prevención y respuesta. (Anexo 1, sección 2)

R3 = Resultado del cuestionario de percepción local de riesgo. (Anexo 1, sección 3)

El grado de Vulnerabilidad social asociado a desastres en las inmediaciones de la Zona Industrial Oriente de San Luís Potosí es:

$$GVS = (0.21 * 0.5) + (0.25 * 0.25) + (0.75 * 0.25)$$

$$GVS = 0.355$$

De los resultados se obtiene el grado de vulnerabilidad social producto de esta metodología.

Tabla 4.11. Resultados de la metodología para la determinación de la vulnerabilidad social.

Valor Final	Grado de Vulnerabilidad Social	Resultado Final
De 0 a 0.20	Muy Bajo	
De .21 a 0.40	Bajo	0.355
De 0.41 a 0.60	Medio	Vulnerabilidad social baja
De 0.61 a 0.80	Alto	
Más de 0.80	Muy Alto	

Con los resultados obtenidos se realizó el cruce de variables, para conocer cual es el grupo de edad que tiene mayor conocimiento sobre las amenazas que podrían afectar su vivienda:

Tabla 4.12. Cruce de variables entre edad y reconocimiento de amenazas.

Edad	¿Considera que su vivienda está localizada en un área susceptible de amenazas?	
	Si	No
18-25	21%	79%
26-40	86%	14%
41-61 +	0	100%

García y Col. 2006

En relación a los diferentes grupos de edad encuestados, se obtuvo que aquellos que reconocen amenazas en su comunidad se encuentran en el grupo de edad entre 25 y 40 años seguidos por el sector mas joven entrevistado, mientras que las personas con edad mayor de 40 años no reconocieron que alguna amenaza pudiera afectar su vivienda.

El análisis estadístico de los datos de la encuesta social mediante el procedimiento CATMOD, utilizando el software SAS Versión 6.0, mostró que no existen efectos asociados de dos variables para la determinación del índice de percepción de riesgos en la comunidad para el modelo de máxima verosimilitud; sin embargo, en el modelo de efectos principales se obtuvo el resultado siguiente:

Tabla 4.13. Resultado de la aplicación del procedimiento CATMOD mediante el modelo de efectos principales.

Source	DF	Chi-Square	r > ChiSq
Intercept	3	118.23	<.0001
SEXO	3	2.60	.4568
EDAD	6	17.92	.0064
Likelihood Ratio	38	31.27	.7719

En este caso la única variable que mostró influir significativamente ($P < 0.05$) en el índice de percepción local de los riesgos fue la edad de los encuestados.

Como afirma la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (1994) "A menudo se ha encontrado que la edad es importante para el horizonte de la planificación. No obstante, la forma en que se relacionan los horizontes de la edad y del tiempo depende del tema que se planifica. Svenson y Nilsson encontraron que los grupos

jóvenes tienen horizontes de planificación mucho más cortos que los grupos mayores cuando se trata de un tema personal. Ocurre lo opuesto cuando se trata de la planificación social, la responsabilidad sobre desechos nucleares y el manejo de la contaminación ambiental. Vale decir, cuando la planificación enfoca los temas sociales y ambientales, los grupos jóvenes tienen horizontes de planificación más largos que los grupos mayores. (Svenson y Nisson, 1988)".

Tabla 4.14. Cruce de variables escolaridad y percepción local de los riesgos.

Escolaridad	Percepción local			
	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo
Secundaria o menor	5%	34 %	56%	5%
Bachillerato (5)	0	52%	48%	0
Estudios técnicos o universitarios	5%	50%	44%	0

La percepción de los riesgos en la comunidad fue mayor (índices alto y medio) entre los sectores de la muestra con escolaridad de bachillerato y educación superior, mientras que el mayor porcentaje de los individuos con escolaridad básica de secundaria o menor se agrupó en los índices bajos y muy bajos.

Tabla 4.15. Cruce de variables género y conocimiento de instituciones de ayuda.

Sexo	¿Existe en su comunidad localidad/municipio alguna organización que trabaje en la atención de desastres?	
	Si	No
Masculino	18%	82%
Femenino	15%	85%

En cuanto al género de los encuestados, no se observa mayor diferencia, en ambos casos el conocimiento de las instituciones de apoyo en desastres fue bajo.

Tabla 4.16. Cruce de variables ocupación y percepción de riesgos químicos.

Ocupación	Percepción local riesgos químicos	
	Si	No
Ama de casa	37%	63%
Estudiante	33%	67%
Obrero/Albañil	71%	29%
Empleado del sector Público o Privado	66%	33%

Las personas con ocupación de obrero o empleados públicos y privados, tuvieron los porcentajes más altos de reconocimiento de riesgos químicos lo cual se explica en parte con su vinculación con el sector industrial en la Zona Industrial.

4.3. PRIORIZACIÓN SEGÚN AMENAZAS Y VULNERABILIDAD

Se priorizaron los escenarios de riesgo entre las industrias visitadas, para identificar cuáles de estos escenarios son mas relevantes al conjuntarse en ellos la falta de controles administrativos financieros, logísticos y humanos para la respuesta a emergencias, así como zonas de influencia en las cual la población humana no se encuentra alerta de los peligros de riesgo químico tecnológico que por esta causa pueden ocurrir.

De la información recabada en la encuesta industrial(en cuanto a las medidas de preparación ante accidentes implementadas por las diferentes empresas), se partió para establecer 3 clasificaciones (alta, media y baja) de sistemas de preparación contra accidentes en base a la presencia de:

- 1) Brigadas de materiales peligrosos o contra incendio según correspondiera,
- 2) La participación en comités de ayuda mutua empresarial,
- 3) La formulación de un plan de contingencias, y
- 4) La presencia de antecedentes de accidentes que involucran el uso de materiales peligrosos.

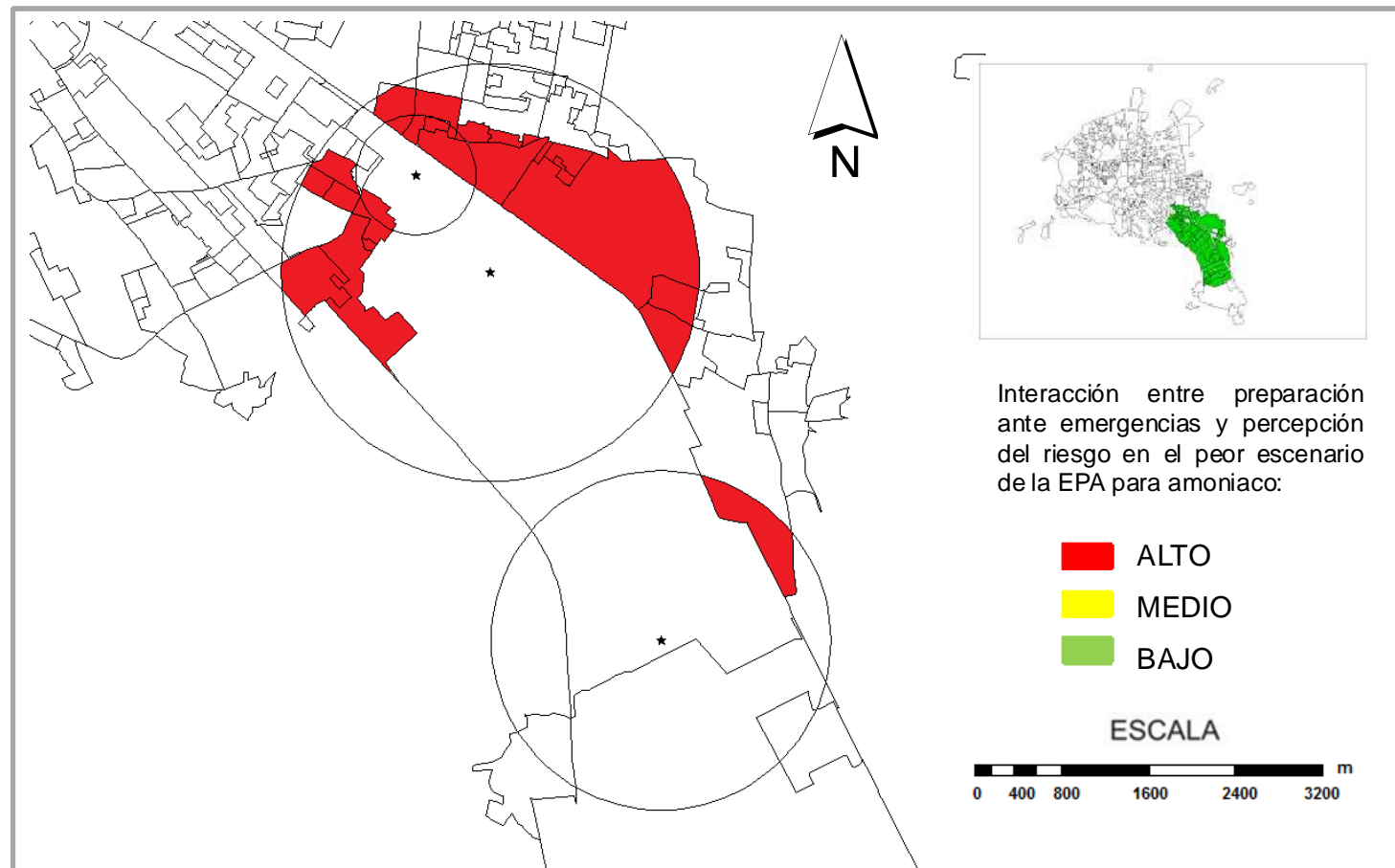
Posteriormente, tomando como base la priorización de los escenarios según las medidas de atención a emergencias y los resultados de percepción social de los riesgos, en las colonias encuestadas, se constituyen cuadros de doble entrada en los cuales se clasifica la interacción de estas dos variables. De esta manera se pueden identificar las zonas

donde resultaría mas urgente la comunicación y gestión del riesgo al coincidir la falta de preparación de accidentes con el desconocimiento de la comunidad al respecto. Se utilizaron las áreas definidas por la metodología del peor escenario de la EPA para la priorización.

Tabla 4.17. Clasificación de la interacción entre preparación ante emergencias y percepción del riesgo.

Percepción del riesgo	Sistemas de preparación contra accidentes.		
	Clasificación Baja	Clasificación Media	Clasificación Alta
Índice bajo	Bajo	Bajo	Medio
Índice medio	Bajo	Medio	Alto
Índice alto	Medio	Alto	Alto

De esta manera se pueden identificar las zonas donde resultaría más urgente la comunicación y gestión del riesgo al coincidir la falta de preparación de accidentes con el desconocimiento de la comunidad al respecto.



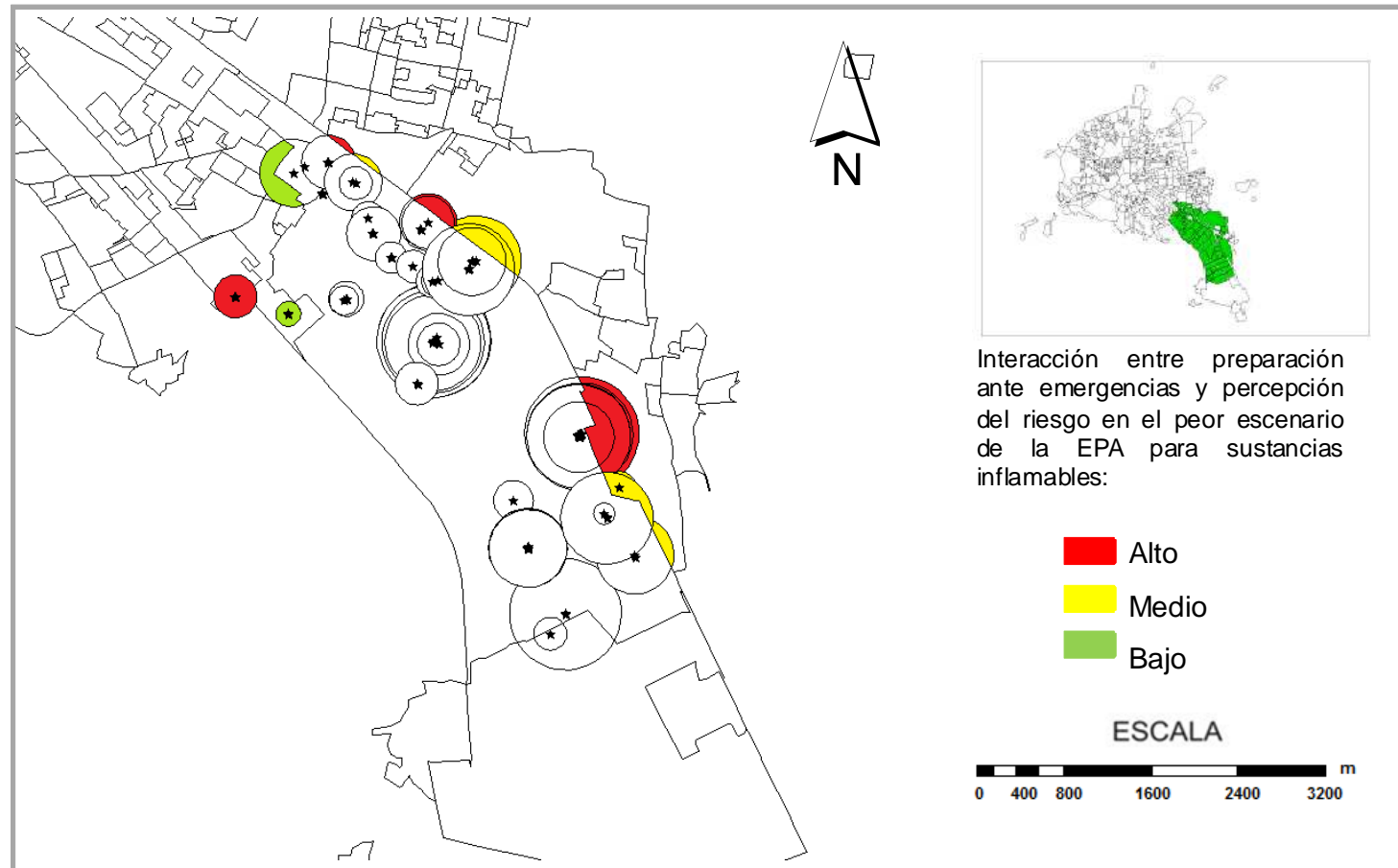
Fuente: Dirección Estatal de Protección Civil de San Luis Potosí (2009)
Elaboró: Claudia Yazmín Ortega Montoya

Figura 4.17. Mapa con los resultados de la interacción entre preparación ante emergencias y percepción del riesgo para peor escenario de la EPA de amoníaco.

La figura 4.17 muestra que en los escenarios de liberación de amoniaco planteados mediante la metodología del peor escenario probable de la EPA, requieren la atención de las autoridades locales en materia de riesgo para mejorar los sistemas de respuesta a emergencias en las empresas, así como la comunicación del riesgo en la comunidad.

En la figura 4.18 se observa que en la zona noreste y Noroeste de la zona Industrial existen áreas que deben ser tomadas en cuenta para la realización de campañas de comunicación entre la comunidad de la respuesta frente a fenómenos químico tecnológicos, de igual manera las empresas responsables de las áreas de afectación deben ser vigiladas por las autoridades para que las mismas cumplan con los requerimientos de seguridad exigidos en la normativa de riesgo ambiental.

En el capítulo siguiente se discuten estos resultados y se brindan sugerencias para el trabajo de las autoridades gubernamentales que deben realizar la gestión del riesgo en el municipio.



Fuente: Dirección Estatal de Protección Civil de San Luis Potosí (2009)
Elaboró: Claudia Yazmín Ortega Montoya

Figura 4.18. Mapa con los resultados de la interacción entre preparación ante emergencias y percepción del riesgo para peor escenario de la EPA de sustancias inflamables.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El diagnóstico de peligro en la Zona Industrial de San Luis Potosí implicó un enorme esfuerzo desde la generación de información actualizada de las capacidades de almacenamiento por medio de la visita a las industrias, la modelación de los escenarios, la realización de las encuestas sociales y la integración de los resultados en el Sistema de información Geográfica.

De acuerdo con los resultados de la presente investigación la información en las dependencias gubernamentales involucradas en la gestión del riesgo (de los tres niveles de gobierno) referente a las empresas de alto riesgo y a los volúmenes de materiales peligrosos que almacenan, es escasa y no se encuentra actualizada.

El objetivo general de esta investigación se cumplió al generar información de las zonas de influencia de los posibles fenómenos químicos tecnológicos para algunos materiales peligrosos almacenados en 48 industrias de la ciudad de San Luis Potosí.

La elección de los materiales peligrosos objeto de esta investigación se basó en el amoníaco como la única sustancia tóxica adecuada para el establecimiento del peor escenario y de los materiales inflamables en la metodología de consecuencias al exterior de la EPA.

Los escenarios alternativos analizados se limitaron a las sustancias tóxicas almacenadas en mayor volumen en las industrias visitadas (amoníaco, ácido nítrico, isocianato de metilo, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido acético y metacrilato de metilo).

En los casos de la modelación del peor escenario para la liberación de amoníaco y de líquidos inflamables, los radios identificados hasta los límites tóxico y de sobrepresión, respectivamente, indican la posibilidad de ocasionar daños tanto en los bienes materiales de las industrias, como en las comunidades vecinas

Además de la vigilancia de la normativa vigente en el rubro de Riesgo Ambiental es importante mejorar la vinculación entre las instituciones encargadas de la gestión del riesgo en el municipio. Se deben evaluar los escenarios de riesgo en la Zona Industrial y proponer acciones encaminadas a favorecer la generación de instrumentos eficientes que eviten que el escenario de riesgo se continúe agravando por la instalación de nuevos fraccionamientos en la zona.

Los resultados de la presente investigación indican de manera general que **las industrias** visitadas deben:

1. Mejorar el cumplimiento de la normativa para la preparación de las emergencias.
2. Proporcionar información sobre el manejo de sustancias químicas peligrosas a las autoridades competentes y coadyuvar en los programas municipales de protección civil.

3. Caracterizar sus situaciones de riesgo e implementar las medidas preventivas y los programas de respuesta a emergencias apropiados.
4. Incluir en sus planes externos de respuesta a emergencias la participación de la comunidad vecina susceptible de verse afectada por su actividad riesgosa.

Las **autoridades** relacionadas con la gestión del riesgo deben:

1. Mejorar su trabajo conjunto y delimitar claramente sus funciones.
2. Generar la información necesaria y los procedimientos que les permitan:
 - a. Identificar y evaluar los escenarios de riesgo.
 - b. Proponer y llevar a cabo acciones preventivas que involucren a los industriales, a la población vecina y a las autoridades competentes.
 - c. Responder de manera efectiva y rápida en situaciones de riesgo químico-tecnológico en la zona de estudio.
3. Vigilar el cumplimiento de la normativa en materia de Riesgo Ambiental.

Las autoridades de Protección Civil deben promover:

- 1) La realización de simulacros en los que participen los habitantes de las colonias ubicadas en áreas identificadas como riesgosas.
- 2) La creación de infraestructura que permita una respuesta rápida a situaciones de emergencia, ya que las colonias identificadas como ubicadas en áreas de carecen de vías rápidas de acceso lo que dificultaría la llegada de elementos de auxilio o la evacuación efectiva en caso de emergencia.

La conformación de un comité para la prevención y manejo de los riesgos químicos en la Zona Industrial de San Luis Potosí sería de gran ayuda para vincular a las diferentes dependencias gubernamentales (Protección Civil Estatal, Municipal, PROFEPA, SEGAM, SEMARNAT), a las Asociaciones Civiles (Bomberos y Cruz Roja) y a representantes ciudadanos para establecer planes conjuntos de manejo de riesgos.

Se deben crear manuales de procedimientos en caso de emergencia, detallando responsables de las actividades, perfil y puesto de trabajo con sus obligaciones.

La **comunidad** que vive próxima a la Zona Industrial Oriente de la ciudad de San Luis Potosí:

1. Tiene una percepción muy limitada del riesgo físico-químico al que puede estar expuesta.

2. No ha sido involucrada para participar en programas de respuesta a las emergencias que se pudieran suscitar.
3. Necesita disponer de información y ser entrenada **en Plan de Emergencia** para responder de manera adecuada ante situaciones de riesgo físico-químico.

La sola percepción del riesgo por una parte de la comunidad sin un entrenamiento adecuado para responder en caso de emergencia, no disminuye su vulnerabilidad.

Por otra parte, se debe favorecer la vinculación entre las instituciones encargadas de la gestión del riesgo, las industrias riesgosas y las Instituciones de Educación Superior, a fin de realizar trabajos conjuntos que contribuyan a identificar situaciones de riesgo y a proponer medidas preventivas y de respuesta a emergencias pertinentes en beneficio de la sociedad.

A fin de lograr una mejora caracterización de las situaciones de riesgo en la Zona Industrial Oriente de San Luis Potosí, la base de datos de las empresas de alto riesgo deberá complementarse, incorporando a nuevas industrias, y actualizarse de manera regular. De igual manera, la investigación desarrollada deberá ampliarse hacia el estudio de nuevos riesgos presentes en la zona (riesgo debido a gasoductos, transporte carretero de materiales peligrosos y riesgo de explosión de polvos).

REFERENCIAS

- Aboites, J., 1989. *Industrialización y desarrollo agrícola en México*. Colección Agricultura y Economía. Editorial Plaza y Valdés. México.
- Anderson, M. B., 1985. "A reconceptualization of the Linkages between Disasters and Development". *The Disasters: The International Journal of Disaster Studies and Practice* (Suplemento de Harvard).
- Arcos, M. E., Izcapa T. C., 2003. "Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México". Informes técnicos. Secretaría de Gobernación. *Centro Nacional de Prevención de Desastres*. 1 Edición Noviembre 2003.
- Arnaldos, J., Navalón, X., Pastor, E., Planas, E., Zarate L. , 2003. Manual de ingeniería básica para la prevención y extinción de incendios. Ediciones Mundi Prensa.
- Artola, M., 1968. *Textos fundamentales para la historia*. Revista de Occidente. Madrid.
- Balderas J., 2008. *Entrevista realizada al Lic. José Antonio Balderas Juárez, Jefe del Departamento de Impacto y Riesgo Ambiental de la Delegación de SEMARNAT en San Luis Potosí*. San Luis Potosí, SLP. 25 de Enero de 2008.
- Barbosa C. 2008. Implementación del método de árbol de fallas para la confiabilidad de subestaciones de alta tensión modelado en MatLab. Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Bogotá, D.C.
- CAMEO, 2009. *Computer-Aided Management of Emergency Operations*. EPA and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
<http://cameochemicals.noaa.gov/search/simple>
- Cardona, O. D., 1996. "Manejo ambiental y prevención de desastres: dos temas asociados. Ciudades en Riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y Desastres". *LA RED. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina*. María Augusta Fernández (Compiladora).
- Casal J., Montiel, H., Planas E., Vilchez J., 1999. "Análisis del riesgo en instalaciones industriales". Ediciones de la Universidad Politécnica de Cataluña. Primera edición
- Castro D. R., Arcos G.P., 1998. El riesgo de desastre químico como cuestión de salud pública. *Rev Eso Salud Pública N.* 6 - Noviembre-Diciembre 72: 481-500
- Cavender, F., Phillips, S., Holland M. 2008. *Development of Emergency Response Planning Guidelines (ERPGs)*. *Journal of Medical Toxicology*. Volume 4, Number 2
- CENAPRED, 2008. *Centro Nacional de Prevención de Desastres. Dirección General Oficio No.HOO-D:G:/348/2008. México D.F: a 10 de abril de 2008.*
- COLSAN., 2004. "Caracterización económica y socio-política del acuífero de San Luis Potosí". *Programa Agua y Sociedad*. Sitio internet: <http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectoaguaSLP/Documentos/Estudio%20t%E9cnico%20del%20acu%EDfero%20de%20San%20Lu%EDs%20Potos%ED-2.pdf>
- Comte. A, 1934. "*Discurso sobre el espíritu positivo. Orden y progreso*". Revista de Occidente XVI. Madrid.
- Cortinas C., 200 .Características de peligrosidad ambiental de plaguicidas. Instituto Nacional de Ecología. México.
- 2000 b. Comunicación de riesgos para el manejo de sustancias peligrosas con énfasis en residuos peligrosos. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Diario Oficial de la Comunidades Europeas.1997 Directiva 96/82/CE relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. DOCE núm L 1003, 4/1/1997. en Rafael Castro Delgado y Pedro Arcos González 1998. El

Referencias.

- riesgo de desastre químico como cuestión de salud pública. Rev. Eso Salud Pública N.º 6 - Noviembre-Diciembre 72: 481-500
- Dinámica Heurística. 2008. Curso práctico de análisis de Riesgos en los procesos utilizando el software SCRI-Modelos, SCRI Fuego, Scri Hazop, SCRI- FMEA y SCRI What if? Dinámica Heurística S.A. de C.V., desarrollos de software e internet. Enero 2008. San Luis Potosí, SLP. México.
- EPA 1999. "Risk management program guidance for offside consequences analysis". PMP series. Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office United States Environmental Protection Agency. April 15, 1999
- EPA 2009 What is CAMEO? ALOHA® - Areal Locations of Hazardous Atmospheres. March 19th, 2009. [<http://www.epa.gov/OEM/content/cameo/what.htm>]
- ERGO 2008. Versión Electrónica de la Guía de Respuesta en caso de Emergencias 2008 Versión 1.2.0.0.
- Fernández, M. A. 1996. *Ciudades en riesgo. Degradación Ambiental, Riesgos Urbanos y Desastres. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina*
- Frutos, L. M., 1983. *La Era Industrial. Cuaderno de estudio 9 Serie: Geografía. Editorial Cincel.*
- García, N., Marín, R., Méndez, K. 2006. *Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Sistema Nacional de Protección Civil.*
- González, M.T., Fernández G. V., 1994. *Acquim-Sistema de Base de Datos de Accidentes Químicos Ocurridos en la República mexicana* (reporte de eventos, junio 1990-diciembre 1993), publicación RQ/02/94. Cenapred.
- Guevara O. E., Quaaas W. R., Fernández V.G., 2004. "Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos". Lineamientos generales para la elaboración de atlas de Riesgos Serie Atlas Nacional de Riesgos. *Centro Nacional de Prevención de Desastres*. 1ª edición. México. SEGOB
- Hanna, S.R. ; Briggs, G.A. ; Hosker, R.P. Jr. 1982. *Handbook on atmospheric diffusion. Jan 01, DOE/TIC-11223. National Oceanic and Atmospheric Administration, Oak Ridge, TN (USA). Atmospheric Turbulence and Diffusion Lab.*
- Hernández, C. 2008. *Entrevista realizada a Ciro Hernández Sánchez. Subdelegado de Inspección Industrial. San Luis Potosí, SLP. 18 de agosto de 2008.*
- Herzer H. - Gurevich R., 1996. "Degradación y desastres: parecidos y diferentes: tres casos para pensar y algunas dudas para plantear". *Ciudades en Riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y Desastres. LA RED. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.*
- INEGI., 2000. *Ciudades capitales: una visión histórica urbana. Volumen 3.*
- INEGI., 2009. *Sistema de Cuentas Nacionales de México.*
- Kletz T, 1999. *Hazop and Hazan: Identifying and Assessing Process. Industry Hazards, 4th edition. 232 pp*
- Lavell, A., 1996. "Degradación ambiental, Riesgo y Desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una Agenda de investigación". *Ciudades en Riesgo. Degradación ambiental, riesgos urbanos y Desastres. LA RED. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.*
- Lemus P., Rábago J., Riveros F., (Comp) 1999 *Promoción de la prevención de accidentes químicos. No. 2 . Sistema de Publicaciones del INE. Primera edición.*
- Lorenzo A. 2008. *Entrevista vía telefónica realizada al Ing. José María Lorenzo Alonso. Dirección de Riesgos y Proyectos de SEMARNAT. México, D.F. 4 de octubre de 2008.*

Referencias.

- Merchand, M. A., 2004. *El patrón de industrialización de México subordinado a la maquiladora estadounidense*. Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad. Vol. XI No. 31. Septiembre / Diciembre de 2004.
- Meshakti, N., 2007. *The Safety and Reliability of Complex Energy Processing Systems*. Energy Sources, Part B, 2:141–154
- Monroy C., Calvillo, U. M. 1997. *Breve historia de San Luis Potosí*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Morales, J., 1992. “*La reestructuración industrial*”, en Morales, J. (coord.), *La reestructuración industrial en México. Cinco aspectos fundamentales*, México, UNAM-Ed. Nuestro Tiempo.
- Moreno M. A., 1992. *Condiciones de vida y medio ambiente en la zona metropolitana de San Luis Potosí*. En Ciudades medias de México. H Ayuntamiento de Morelia, Morelia
- Moreno M. A., 1998. *El impacto socioeconómico de la industrialización en las ciudades medias de México. Los casos de las zonas metropolitanas de Aguascalientes, San Luis Potosí y Toluca*, en Víctor Gabriel Muro. Ciudades provincianas de México, El Colegio de Michoacán Zamora.
- Mortimore, M., Bonifaz JL., Buitelaaret R., 2000 “*Un análisis de su competitividad internacional, desarrollo productivo*”, en Revista de la CEPAL, núm. 62, vol. 15 (serie: Desarrollo productivo), abril.
- Nelkin D., 1989. Communicating Technological Risk: The Social Construction of Risk Perception. *Annu Rev Public Health* 1989; 10: 9.5-1 13.
- NOAA. 2009. *Chemical Response Tool*. http://chemresponsetool.noaa.gov/loc_guide/teel.html
- NRC - US National Research Council,. 1983. *Risk Assessment in the Federal Government. Managing the Process*. National Academy Press, Washington, DC, USA
- Pasquill, F. 1961. The Estimation of the dispersion of windborne material. *Meteorological Magazine*. 90: 33-49.
- Pipitone, U., 1997. *Tres ensayos sobre desarrollo y frustración: Asia Oriental y América Latina*, México, Miguel Ángel Porrúa.
- Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina 1994. *Desastres y Sociedad*. Agosto-Diciembre 1994 / No.3 / Año 2 Especial: Desbordes, Inundaciones y Diluvios Revista Semestral de La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina <http://www.desenredando.org>
- SAE, 1986. *Society of Automotive Engineers Handbook – 1986*. SAE International
- Santamaría R. , Braña P., 1994. *Análisis y reducción de riesgos en la industria química*. 10 ed. Madrid: editorial MAPFRE;
- SEDECO, 2009. Mapa logístico. Industrial y de cadenas productivas. *Secretaría de Desarrollo Económico*. Gobierno del Estado de San Luis Potosí.
- SEDECO. 2007. *Secretaría de Desarrollo Económico. Perfiles Industriales*. Gobierno del Estado de San Luis Potosí.
- SEMARNAT, 2002. Guía para la presentación del estudio de riesgo ambiental. Nivel 2 Análisis de Riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Primera edición. México
- Seoanez, Mariano., 1997. *Ecología industrial: Ingeniería Medioambiental aplicada a la industria y a la empresa*. Colección Ingeniería Medioambiental. España. Ediciones Mundiprensa.
- Soria, 2008. *Entrevista realizada al Ing. David Soria Gutiérrez encargado del área de riesgo, impacto ambiental y monitoreo atmosférico de la SEGAM. San Luis Potosí, SLP. 25 de Enero de 2008*.
- Stamatis D. H., 2003. *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. American Society for Quality, 2nd. Ed. Quality Press, Milwaukee,

Referencias.

- Subprocuraduría de Inspección Industrial., 2008. Respuesta a oficio 15 de febrero del 2008. Listado de las emergencias ambientales relacionadas con sustancias químicas que fueron reportadas al Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales (COATEA) durante el periodo 2000 – 2007.
- Svenson, O., Goran N. 1988 "Time Orientation, Planning Horizons and Responsibility into the Future." Statens Karnbransle Namnd Report 20, January, National Board for Spent Nuclear Fuel, Stockholm.
- Turner D.B., 1994, Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates, Lewis Publishers.
- Wallace, I. 1996 Developing effective safety systems. Published by Institution of Chemical Engineers Rugby, Warwickshire
- Zepeda R. O., González M. S., 2001. "Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de desastres en México". Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. *Centro Nacional de Prevención de Desastres*, Sistema Nacional de Protección Civil, Secretaría de Gobernación; Talleres Gráficos de México, diciembre 2001, pp. 225.

ANEXO 1. DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL

Cédula Indicadores Socioeconómicos

Sector	Variable	Intervalos	Condición Vulnerabilidad	Valor	Calificación
SALUD	Médicos por cada 1,000 habitantes	De 0.20 a 0.39 Médicos por cada 1,000 habitantes	Muy Alta	1	
		De 0.4 a 0.59 Médicos por 1,000 habitantes	Alta	0.75	
		De 0.6 a 0.79 Médicos por cada 1,000 habitantes	Media	0.5	
		De 0.8 a 0.99 Médicos por cada 1,000 habitantes	Baja	0.25	
		Uno o más Médicos por cada mil habitantes	Muy Baja	0	
	Tasa de Mortalidad Infantil	De 17.2 a 27.1	Muy Baja	0	
		De 27.2 a 37.0	Baja	0.25	
		De 37.1 a 47.0	Media	0.5	
		De 47.1 a 56.9	Alta	0.75	
		57.0 ó más	Muy Alta	1	
Porcentaje de la Población no Derechohabiente	De 17.63 a 34.10	Muy Baja	0		
	De 34.11 a 50.57	Baja	0.25		
	De 50.58 a 67.04	Media	0.5		
	De 67.05 a 83.51	Alta	0.75		
	83.52 ó más	Muy Alta	1		
Promedio Salud					
EDUCACIÓN	Porcentaje de Analfabetismo	De 1.07 a 15.85	Muy Baja	0	
		De 15.86 a 30.63	Baja	0.25	
		De 30.64 a 45.41	Media	0.5	
		De 45.42 a 60.19	Alta	0.75	
		60.20 ó más	Muy Alta	1	
	Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela	De 42.72 a 54.17	Muy Alta	1	
		De 54.18 a 65.62	Alta	0.75	
		De 65.63 a 77.07	Media	0.5	
		De 77.08 a 88.52	Baja	0.25	
Grado Promedio de Escolaridad	88.53 ó más	Muy Baja	0		
	De 1 a 3.2	Muy Alta	1		
	De 3.3 a 5.4	Alta	0.75		
	De 5.5 a 7.6	Media	0.5		
	De 7.7 a 9.8	Baja	0.25		
De 9.9 o más	Muy Baja	0			
Promedio Educación					
VIVIENDA	Porcentaje de Viviendas sin Servicio de Agua Entubada	De 0 a 19.96	Muy Baja	0	
		De 19.97 a 39.92	Baja	0.25	
		De 39.93 a 59.88	Media	0.5	
		De 59.89 a 79.84	Alta	0.75	
		79.85 ó más	Muy Alta	1	
	Porcentaje de Viviendas sin Servicio de Drenaje	De 1.21 a 20.96	Muy Baja	0	
		De 20.97 a 40.71	Baja	0.25	
		De 40.72 a 60.46	Media	0.5	
		De 60.47 a 80.21	Alta	0.75	
		80.22 ó más	Muy Alta	1	
	Porcentaje de Viviendas sin Servicio de Electricidad	De 0 a 19.76	Muy Baja	0	
		De 19.77 a 39.52	Baja	0.25	
		De 39.53 a 59.28	Media	0.5	
De 59.29 a 79.04		Alta	0.75		
79.05 ó más		Muy Alta	1		
Déficit de Vivienda	De 1.63 a 13.72	Muy Baja	0		
	De 13.73 a 25.81	Baja	0.25		
	De 25.82 a 37.90	Media	0.5		
	De 37.91 a 49.99	Alta	0.75		

Cédula Indicadores Socioeconómicos

Sector	Variable	Intervalos	Condición Vulnerabilidad	Valor	Calificación
	Porcentaje de viviendas con piso de tierra	De 50 ó más	Muy Alta	1	
		De 1.52 a 20.82	Muy Baja	0	
		De 20.83 a 40.12	Baja	0.25	
		De 40.13 a 59.42	Media	0.5	
		De 59.43 a 78.72	Alta	0.75	
	Porcentaje de Viviendas con Paredes de Material de Desecho y Lámina de Cartón	78.73 ó más	Muy Alta	1	
		De 0 a 3.84	Muy Baja	0	
		De 3.85 a 7.68	Baja	0.25	
		De 7.69 a 11.52	Media	0.5	
		De 11.53 a 15.36	Alta	0.75	
Promedio Vivienda		15.37 ó Más	Muy Alta	1	
EMPLEO E INGRESOS	Porcentaje de la Población Económicamente Activa que Recibe Ingresos de Menos de 2 Salarios Mínimos	De 18.41 a 34.50	Muy Baja	0	
		De 34.51 a 50.59	Baja	0.25	
		De 50.60 a 66.68	Media	0.5	
		De 66.69 a 82.77	Alta	0.75	
		82.78 ó más	Muy Alta	1	
	Razón de Dependencia	De 37.72 a 57.69	Muy Baja	0	
		De 57.70 a 77.66	Baja	0.25	
		De 77.67 a 97.63	Media	0.5	
	Tasa de Desempleo Abierto	De 97.64 a 117.60	Alta	0.75	
117.61 ó más		Muy Alta	1		
De 0 a 3.09		Muy Baja	0		
Promedio empleo e ingresos		De 3.10 a 6.18	Baja	0.25	
POBLACIÓN	Densidad de Población	De 6.19 a 9.27	Media	0.5	
		De 9.28 a 12.36	Alta	0.75	
		12.37 ó más	Muy Alta	1	
		De 1 a 99 Habitantes por km ²	Muy Baja	0	
		De 100 a 499 Habitantes por km ²	Baja	0.25	
	Porcentaje de Población de Habla Indígena	De 500 a 999 Habitantes por km ²	Media	0.5	
		De 1,000 a 4,999 Habitantes por km ²	Alta	0.75	
	Porcentaje de Población que Habita en Localidades Menores a 2 500 Habitantes	Más de 5,000 Habitantes por km ²	Muy Alta	1	
		Más del 40% de la población	Predominantemente indígena	1	
		Menos del 40% de la población	Predominantemente no indígena	0	
de 0 a 9.9		Muy Baja	0.00		
de 10 a 19.9		Baja	0.25		
Promedio población		de 20 a 29.9	Media	0.50	
Total		de 30 a 39.9	Alta	0.75	
		40 o más	Muy Alta	1.00	

Resultado de la primera parte

Total de tabla primera parte	
------------------------------	--

Anexo1. Cédulas para la Determinación de la Vulnerabilidad Física y Social

Cédula Capacidad de Respuesta

NO.	Pregunta	SÍ	NO
1	¿El municipio cuenta con una unidad de protección civil o con algún comité u organización comunitario de gestión del riesgo que maneje la prevención, mitigación, preparación y la respuesta?	0	1
2	¿Cuenta con un plan de emergencia?	0	1
3	¿Cuenta con un consejo municipal el cual podría estar integrado por autoridades municipales y representantes de la sociedad civil para que en caso de emergencia organice y dirija las acciones de atención a la emergencia?	0	1
4	¿Existe una normatividad que regule las funciones de la unidad de Protección Civil (p. ej. manual de organización)?	0	1
5	¿Conoce algún programa de apoyo para la prevención, mitigación y atención de desastres?	0	1
6	¿Cuenta con un mecanismo de alerta temprana?	0	1
7	¿Cuenta con canales de comunicación (organización a través de los cuáles se pueda coordinar con otras instituciones, áreas o personas en caso de una emergencia)?	0	1
8	¿Las instituciones de salud municipales cuentan con programas de atención a la población (trabajo social, psicológico, vigilancia epidemiológica) en caso de desastre?	0	1
9	¿Tiene establecidas las posibles rutas de evacuación y acceso (caminos y carreteras) en caso de una emergencia y/o desastre?	0	1
10	¿Tiene establecidos los sitios que pueden fungir como helipuertos?	0	1
11	¿Tiene ubicados los sitios que pueden funcionar como refugios temporales en caso de un desastre?	0	1
12	¿Tiene establecido un stock de alimentos, cobertores, colchonetas y pacas de lámina de cartón para casos de emergencia?	0	1
13	¿Tiene establecido un vínculo con centros de asistencia social (DIF, DINCOSA, LICONSA, etc.) para la operación de los albergues y distribución de alimentos, cobertores, etc.?	0	1
14	¿Se llevan a cabo simulacros en las distintas instituciones (escuelas, centros de salud, etc.) sobre qué hacer en caso de una emergencia y promueve un Plan Familiar de Protección Civil?	0	1
15	¿Cuenta con un número de personal activo?	0	1
16	¿El personal esta capacitado para informar sobre qué hacer en caso de una emergencia?	0	1
17	¿Cuenta con mapas o croquis de su localidad que tengan identificados puntos críticos o zonas de peligro?	0	1
18	¿Cuenta con el equipo necesario en su unidad para la comunicación tanto para recibir como para enviar información (computadora, internet, fax, teléfono, etc.?)	0	1
19	¿Cuenta con acervos de información históricos de desastres anteriores y las acciones que se llevaron a cabo para atenderlos?	0	1
20	¿Cuenta con equipo para comunicación estatal y/o municipal (radios fijos, móviles y/o portátiles)?	0	1
21	¿Cuenta con algún Sistema de Información Geográfica (SIG) para procesar y analizar información cartográfica y estadística con el fin de ubicar con coordenadas geográficas los puntos críticos en su localidad?	0	1
22	¿Cuenta con algún sistema de Geo Posicionamiento Global (GPS) para georeferenciar puntos críticos en su localidad?	0	1
23	¿Cuál es el grado promedio de escolaridad que tiene el personal activo?		
24	¿Qué actividades realizan normalmente?		

Resultado final de la cédula (capacidad de y respuesta)

Rangos con respecto a la suma de respuesta	Capacidad de prevención y respuesta	Valor asignado según condición de vulnerabilidad	Calificación
De 0 a 3	Muy Alta	0	
De 3 a 6	Alta	0.25	
De 7 a 9	Media	0.5	
De 10 a 12	Baja	0.75	
Más de 12	Muy baja	1	

Anexo1. Cédulas para la Determinación de la Vulnerabilidad Física y Social

Cédula percepción local

No.	Pregunta	Valores			Total
		A	B	C	
1	¿Dentro de los tipos de peligro que existen (ver cuadro) cuántos tipos de fuentes de peligro identifica en su comunidad?	De 1 a 5	De 6 a 13	14 ó más	
		1	0.5	0	
2	Respecto a los peligros mencionados en la pregunta no. 1 recuerda o ¿sabe si han habido emergencias asociadas a estas amenazas en los últimos años?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
3	¿Considera que un fenómeno natural se puede convertir en desastre?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
4	¿Considera que su vivienda está localizada en un área susceptible de amenazas (que se encuentre en una ladera, en una zona sísmica, en una zona inundable, etc.)?	Si	NO	No sé	
		0	1	1	
5	¿Ha sufrido la pérdida de algún bien a causa de un desastre natural?	Si	NO	No sé	
		0	1	1	
6	En caso que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron:	Ninguna fatalidad, daños leves a viviendas e infraestructura (bajo)	Personas fallecidas, algunas viviendas con daño total y daños a infraestructura (medio)	Personas fallecidas, daño total en muchas viviendas y daños graves en infraestructura (alto)	
		0.25	0.5	1	
7	¿Alguna vez ha quedado aislada su comunidad a causa de la interrupción de vías de comunicación por algunas horas debido a algún tipo de fenómeno?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
8	¿Cree que en su comunidad identifica los peligros?	Si	NO	No sé	
		0	1	1	
9	¿Conoce algún programa, obra o institución que ayuda a disminuir efectos de fenómenos naturales (construcción de bordos, presas, terrazas, sistema de drenaje, sistema de alertamientos, etc.)?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
10	¿En los centros educativos de su localidad o municipio se enseñan temas acerca de las consecuencias que trae consigo un fenómeno natural?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
11	¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes en ella?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
12	En caso de haberse llevado campañas de información ¿Cómo se enteró?	No se enteró/no ha habido campañas	A través de medios impresos	A través de radio y televisión	
		1	0.5	0	
13	¿Ha participado en algún simulacro en alguna ocasión?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
14	¿Sabe a quién o a dónde acudir en caso de una emergencia?	Si	No		
		0	1		
15	¿Sabe si existe en su comunidad un sistema de alertamiento para dar aviso a la población sobre alguna emergencia?	Si	No		
		0	1		
16	En caso de haber sido afectado a causa de un fenómeno natural ¿se le brindó algún tipo de apoyo?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
17	¿Ha sido evacuado a causa de un fenómeno natural? (inundación, sismo, erupción)	Si	No	No sé	
		0	1	1	
18	¿De acuerdo con experiencias anteriores, ¿Considera que su comunidad está lista para afrontar una situación de desastre tomando en cuenta las labores de prevención?	Si	No	No sé	
		0	1	1	

Anexo1. Cédulas para la Determinación de la Vulnerabilidad Física y Social

Cédula percepción local

No.	Pregunta	Valores			Total
		A	B	C	
19	¿Existe en su comunidad localidad/municipio alguna organización que trabaje en la atención de desastre?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
20	¿Conoce la existencia de la Unidad de Protección Civil?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
21	¿Sabe dónde está ubicada y qué función desempeña la Unidad de Protección Civil?	Sé dónde se encuentra y sé sus funciones	No sé dónde se encuentra y no sé qué hace	Sé qué hace pero no sé dónde se encuentra	
		0	1	0.5	
22	¿Estaría preparado para enfrentar otro desastre como el que enfrentó?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
23	¿Considera que su comunidad puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
24	¿Qué tanto puede ayudar la Unidad de Protección civil?, ¿Puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Mucho	Nada	Poco	
		0	1	0.5	
25	¿Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en peligro estaría dispuesto a reubicarse?	Si	No		
		0	1		

Resultado final cédula (percepción local)

Rangos	Percepción Local	Valor asignado según condición de vulnerabilidad	Calificación
De 0 a 5.0	Muy Alta	0	
De 5.1 a 10.0	Alto	0.25	
De 10.1 a 15.0	Medio	0.5	
De 15.1 a 20.0	Bajo	0.75	
Más de 20.0	Muy Baja	1	

Grado de vulnerabilidad social

Valor Final	Grado de Vulnerabilidad Social	Resultado Final
De 0 a .20	Muy Bajo	
De .21 a .40	Bajo	
De .41 a .60	Medio	
De .61 a .80	Alto	
Más de .80	Muy Alto	

Cuestionario para aplicar en campo

INSTITUCIÓN QUE APLICA LA ENCUESTA		MEDICIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SOCIAL PARA ATENDER A LA EMERGENCIA	
CUESTIONARIO			
Entrevistador:	Capturista:	Fecha (DD/MM/AA):	Folio:
Entidad	Municipio	Localidad	Colonia
Calle y número			
"Buenas tardes, mi nombre es ***** estamos realizando un estudio para medir el grado de vulnerabilidad respecto a desastres, sería tan amable de contestarme algunas preguntas"			
DATOS GENERALES			
Nombre del entrevistado: _____			
1	Sexo		□□
		Masculino (1) Femenino (2)	
2	Edad		□□
		18-25 (1) 26-40 (2) 41-60 (3) 61 + (4)	
3	Estado civil		□□
		Soltero (1) Casado (2) Divorciado (3) Unión libre (4) Viudo (5) Otro (6)	
4	¿Hasta qué año cursó? (grado máximo de estudios)		□□
		Ninguno (1) Kinder (2) Primaria (3) Secundaria (4) Bachillerato (5) Estudios técnicos (6) Educación especial (7) Universidad (8) Otras especialidades (9)	
5	Grupo Familiar	_____	□□
		1-3 integrantes (1) 4-6 integrantes (2) 7-9 integrantes (3) 10 o más integrantes (4)	
CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS			
6	Religión		□□
		Católica (1) Cristiana (2) Protestante (3) Testigo de Jehová (4) Otro (5)	
7	¿Habla algún dialecto o lengua indígena?		□□
		Si (1) No (2)	
8	¿Cuál?	_____	
9	¿Sabe leer y escribir un recado?		□□
		Si (1) No (2)	
10	¿Tiene derecho a servicio médico?		□□
		Si (1) ir a pregunta 11 No (2)	
11	¿En qué institución?		□□
		IMSS (1) ISSSTE (2) PEMEX (3) Defensa o marina (4) Otra Institución (5)	
12	¿Tiene limitación para:	_____	□□
		Moverse o caminar o lo hace con ayuda? (1) Usar sus brazos o sus manos? (2) Es sordo o usa aparatos para oír? (3) Es mudo (a)? (4) Es ciego o sólo ve sombras? (5) Tiene algún retraso o deficiencia mental? (6)	

Anexo1. Cédulas para la Determinación de la Vulnerabilidad Física y Social

INSTITUCIÓN QUE APLICA LA ENCUESTA				MEDICIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SOCIAL PARA ATENDER A LA EMERGENCIA			
CUESTIONARIO							
Entrevistador:		Capturista:		Fecha (DD/MM/AA):		Folio:	
Entidad		Municipio		Localidad		Colonia	Calle y número
"Buenas tardes, mi nombre es ***** estamos realizando un estudio para medir el grado de vulnerabilidad respecto a desastres, sería tan amable de contestarme algunas preguntas"							
Otra (7)							
No tiene(8)							
13	¿En qué estado o país de la República nació?						
	En este estado (1)						
	Otro estado (2)						
	Otro país (3)						
14	Hace 5 años, ¿En qué estado de la República o país vivía?						
	Es este estado (1)						
	Otro estado (2)			¿Cuál?			
	Otro país (3)			¿Cuál?			
15	¿En que municipio o delegación vivía hace 5 años?						
	Aquí (1)						
	En otro (2)			¿Cuál?			
16	¿Qué ocupación tiene?						
	Ama de casa (1)			pasar a 18			
	Estudiante (2)			pasar a 18			
	Campeño (jornalero agrícola) (3)						
	Obrero/Albañil (4)						
	Empleado del sector Público (5)						
	Empleado del sector Privado (6)						
	Empresario (7)						
	Desempleado (8)			pasar a 18			
	Otro (9)						
17	¿A cuanto ascienden sus ingresos mensuales? (salarios mínimos)						
	0 - 1 (0- 1,026) (1)						
	2 - 3 (1,027 - 3,078) (2)						
	4 - 5 (3,079 - 5,130) (3)						
	6 - 7 (5,131 - 7,182) (4)						
	Más de 7 (7,183) (5)						
18	Cuenta con vivienda						
	Propia (1)						
	Rentada (2)			pasar a 19			
	Prestada (3)						
	Otro (4)						
19	¿Cuánto paga mensualmente?						
20	¿Cuántos cuartos tiene su vivienda sin considerar baños(s), cocinas y pasillos?					Cuartos	
21	¿Cuántos cuartos utiliza para dormir?					Cuartos	
22	¿Cuántos baños y letrinas tiene el lugar donde vive?					Cuartos	
23	¿Su vivienda es mayoritariamente de (piso, techo, paredes)?						
	Madera (1)						
	Cemento o concreto (2)					Piso	
	Ladrillo/bloc (3)					Techo	
	Lámina galvanizada o de aluminio (4)					Paredes	
	Lámina de cartón (5)						
	Adobe (6)						
	Tierra (7)						
	Otro (8)						
24	¿Con cuáles servicios cuenta su vivienda?						
	Agua potable o entubada (1)						
	Energía eléctrica (2)						
	Baño(drenaje) (3)						
	Letrina adosada a la construcción principal (4)						
	Letrina sin adosar a la construcción principal (5)						
	Pavimentación (6)						
	Teléfono (7)						
	Servicio médico a 15 minutos de su vivienda (8)						
	Escuela para sus hijos a 15 minutos de su vivienda (9)						
	Acceso a empleos par usted o su familia (10)						
25	¿Usted cuenta con						
	Refrigerador (1)						
	Estufa de gas (2)						
	Televisión (3)						
	Radio (4)						
	Teléfono celular (5)						
	Automóvil (6)						

Anexo1. Cédulas para la Determinación de la Vulnerabilidad Física y Social

INSTITUCIÓN QUE APLICA LA ENCUESTA				MEDICIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SOCIAL PARA ATENDER A LA EMERGENCIA				
CUESTIONARIO								
Entrevistador:		Capturista:		Fecha (DD/MM/AA):		Folio:		
Entidad		Municipio		Localidad		Colonia	Calle y número	
"Buenas tardes, mi nombre es ***** estamos realizando un estudio para medir el grado de vulnerabilidad respecto a desastres, sería tan amable de contestarme algunas preguntas"								
Licuadora (7)								
Lavadora (8)								
PERCEPCION LOCAL								
26	Dentro de los tipos de peligros que existen (ver cuadro)							
	¿Cuántos tipos de fuentes de peligro identifica en su comunidad?							
	De 1 a 5 (1)							
	6 - 13 (2)							
	Más de 13 (3)							
27	Respecto a los peligros mencionados en la pregunta no. 1 recuerda o ¿sabe si ha habido emergencias asociadas a alguna de éstas amenazas en los últimos años?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
28	¿Considera que un fenómeno natural se puede convertir en desastre?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
29	¿Considera que su vivienda esta localizada en un área susceptible de amenazas (que se encuentre en una ladera, en una zona sísmica, en una zona inundable, etc)?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
30	¿Ha sufrido la pérdida de algún bien material a causa de un desastre?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
31	En caso de qué recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron:							
	Ninguna fatalidad Daños en vivienda e infraestructura (1)							
	Pocas personas fallecidas, daños en infraestructura y vivienda (2)							
	Muchas personas fallecidas, daños en muchas viviendas e infraestructura (3)							
32	¿Alguna vez se ha quedado aislada su comunidad debido a la interrupción de vías de comunicación por algunas horas debido a algún tipo de fenómeno?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
33	¿Cree que en su comunidad identifica los peligros?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
34	Conoce algún programa ,obra o institución que ayuda a disminuir efectos de fenómenos naturales (construcción de bordos, presas, terrazas, sistemas de drenaje, sistemas de alertamiento, etc.)							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
35	¿En los centros educativos de su localidad o municipio enseñan temas acerca de las consecuencias que trae consigo un fenómeno natural?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
36	¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes?							
	Si (1)							
	No (2) Pase a la 39							
	NS/NC (3)							
37	¿Cuál? _____							
38	¿Cómo se enteró?							
	Anuncios o propaganda (1)							
	Por un amigo (2)							
	Por un familiar (3)							
	Por protección civil del gobierno municipal (4)							
	Por protección civil del gobierno estatal (5)							
	Por protección civil del gobierno federal (6)							
	Otro (7) _____							
39	¿Ha participado en un simulacro en alguna ocasión?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							

Anexo1. Cédulas para la Determinación de la Vulnerabilidad Física y Social

INSTITUCIÓN QUE APLICA LA ENCUESTA				MEDICIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SOCIAL PARA ATENDER A LA EMERGENCIA				
CUESTIONARIO								
Entrevistador:		Capturista:		Fecha (DD/MM/AA):		Folio:		
Entidad		Municipio		Localidad		Colonia	Calle y número	
"Buenas tardes, mi nombre es ***** estamos realizando un estudio para medir el grado de vulnerabilidad respecto a desastres, sería tan amable de contestarme algunas preguntas"								
Licuadora (7)								
Lavadora (8)								
PERCEPCION LOCAL								
26	Dentro de los tipos de peligros que existen (ver cuadro)							
	¿Cuántos tipos de fuentes de peligro identifica en su comunidad?							
	De 1 a 5 (1)							
	6 - 13 (2)							
	Más de 13 (3)							
27	Respecto a los peligros mencionados en la pregunta no. 1 recuerda o ¿sabe si ha habido emergencias asociadas a alguna de éstas amenazas en los últimos años?							
	Si (1) ¿Cuáles? _____							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
28	¿Considera que un fenómeno natural se puede convertir en desastre?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
29	¿Considera que su vivienda esta localizada en un área susceptible de amenazas (que se encuentre en una ladera, en una zona sísmica, en una zona inundable, etc)?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
30	¿Ha sufrido la pérdida de algún bien material a causa de un desastre?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
31	En caso de qué recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron:							
	Ninguna fatalidad Daños en vivienda e infraestructura (1)							
	Pocas personas fallecidas, daños en infraestructura y vivienda (2)							
	Muchas personas fallecidas, daños en muchas viviendas e infraestructura (3)							
32	¿Alguna vez se ha quedado aislada su comunidad debido a la interrupción de vías de comunicación por algunas horas debido a algún tipo de fenómeno?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
33	¿Cree que en su comunidad identifica los peligros?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
34	Conoce algún programa ,obra o institución que ayuda a disminuir efectos de fenómenos naturales (construcción de bordos, presas, terrazas, sistemas de drenaje, sistemas de alertamiento, etc.)							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
35	¿En los centros educativos de su localidad o municipio enseñan temas acerca de las consecuencias que trae consigo un fenómeno natural?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							
36	¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes?							
	Si (1)							
	No (2) Pase a la 39							
	NS/NC (3)							
37	¿Cuál? _____							
38	¿Cómo se enteró?							
	Anuncios o propaganda (1)							
	Por un amigo (2)							
	Por un familiar (3)							
	Por protección civil del gobierno municipal (4)							
	Por protección civil del gobierno estatal (5)							
	Por protección civil del gobierno federal (6)							
	Otro (7) _____							
39	¿Ha participado en un simulacro en alguna ocasión?							
	Si (1)							
	No (2)							
	NS/NC (3)							

Anexo1. Cédulas para la Determinación de la Vulnerabilidad Física y Social

INSTITUCIÓN QUE APLICA LA ENCUESTA				MEDICIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SOCIAL PARA ATENDER A LA EMERGENCIA	
CUESTIONARIO					
Entrevistador:	Capturista:	Fecha (DD/MM/AA):		Folio:	
Entidad	Municipio	Localidad	Colonia	Calle y número	
"Buenas tardes, mi nombre es ***** estamos realizando un estudio para medir el grado de vulnerabilidad respecto a desastres, sería tan amable de contestarme algunas preguntas"					
40	¿Sabe a dónde o a quién acudir en caso de una emergencia?	Si (1) No (2)	¿A quién? _____		
41	¿Sabe si existe en su comunidad un sistema de alertamiento para dar aviso a la población sobre alguna emergencia?	Si existe (1) No existe (2) No sabe (3)	¿Cuál? _____		
42	En caso de haber sido afectado por algún fenómeno natural ¿Se le brindó algún tipo de apoyo?	Si (1) No (2) NS/NC (3)			
43	¿Ha sido evacuado a causa de un fenómeno natural? (inundación, sismo, erupción)	Si (1) No (2) NS/NC (3)			
44	De acuerdo a experiencias anteriores, ¿Considera que su comunidad esta lista para afrontar una situación de desastre tomando en cuenta las labores de prevención?	Si (1) No (2) NS/NC (3)			
45	¿Existe en su comunidad localidad/municipio alguna organización que trabaje en la atención de desastres?	Si (1) No (2) NS/NC (3)			
46	¿Conoce usted la existencia de la Unidad de Protección Civil?	Si (1) No (2) NS/NC (3)			
47	¿Sabe dónde esta ubicada la Unidad de Protección Civil?	Si (1) No (2) NS/NC (3)			
48	¿Conoce la función que desempeña la Unidad de Protección Civil?	Si (1) No (2) NS/NC (3)			
49	En caso de haber vivido una experiencia de desastre ¿intervino la Unidad de Protección Civil?	Si (1) No (2) NS/NC (3)			
50	¿Qué tanto cree que puede ayudar la Unidad de Protección Civil?	Mucho (1) Suficiente (2) Poco (3) Nada (4)			
51	¿Qué sugiere para mejorar la unidad de Protección Civil?	Mayor difusión e información (1) Asesoría para organizarse (2) Más coordinación entre las instituciones(3) Mayor difusión y asesoría para organizarse (4) Mayor difusión y más coordinación entre instituciones (5) Asesoría para organizarse y más coordinación entre instituciones (6) Mayor difusión , asesoría para organizarse y más coordinación entre instituciones (7) Otro (8)	_____		
52	¿Ha sufrido pérdidas a causa de un fenómeno natural?	Si (1) No (2) pasar a 53 NS/NC (3)			

Anexo1. Cédulas para la Determinación de la Vulnerabilidad Física y Social

INSTITUCIÓN QUE APLICA LA ENCUESTA				MEDICIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD SOCIAL PARA ATENDER A LA EMERGENCIA				
CUESTIONARIO								
Entrevistador:		Capturista:		Fecha (DD/MM/AA):		Folio:		
Entidad		Municipio		Localidad		Colonia	Calle y número	
"Buenas tardes, mi nombre es ***** estamos realizando un estudio para medir el grado de vulnerabilidad respecto a desastres, sería tan amable de contestarme algunas preguntas"								
53	¿Estaría preparado para enfrentar otro desastre como el que enfrentó?							
	Si (1)		pasar a 53					
	No (2)							
	NS/NC (3)							
54	¿Por qué no se siente preparado?							
	Falta de información (1)							
	Falta de recursos económicos (2)							
	Desinterés del gobierno (3)							
	Falta de información y de recursos económicos (4)							
	Falta de información y desinterés del gobierno (5)							
	Falta de recursos económicos y desinterés del gobierno (6)							
	Falta de Información, falta de recursos económicos y desinterés del gobierno (7)							
	Otras causas (especificar)							
55	¿Considera que su comunidad puede afrontar una situación de desastre y tiene información necesaria?							
	Si (1)							
	No ¿por qué?							
	Falta de información (2.1)							
	Falta de recursos económicos (2.2)							
	Desinterés del gobierno (2.3)							
	Otras causas							
56	¿Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en peligro estaría dispuesto a reubicarse?							
	Si (1)							
	No (2)							
	¿Por qué?							

ANEXO 2. ENCUESTA INDUSTRIAL.

San Luis Potosí, S.L.P.

Fecha _____

ENCUESTA

“REGISTRO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN LA ZONA INDUSTRIAL DE SAN LUIS POTOSÍ”

Agradecemos su participación en este trabajo de investigación, le recordamos que la información proporcionada por este medio es confidencial y con el único propósito de contribuir al desarrollo de esta investigación.

Favor de proporcionar la información solicitada que se menciona a continuación:

NOMBRE O RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA:

.....
RFC DE LA EMPRESA:

.....
DOMICILIO:

.....
NOMBRE DEL RESPONSABLE DE SEGURIDAD INDUSTRIAL:

.....
TELÉFONOS:

.....
CORREO ELECTRÓNICO:

.....
¿La empresa, cuenta con brigadas para la atención de emergencias? (Primeros auxilios, bomberos, búsqueda y rescate, comunicación, plan de contingencia)

¿Forma parte de algún comité de ayuda mutua o corporativa? Documento que avala la integración del grupo.

¿Cuenta con programa de contingencias o programa interno de Protección Civil?

Historial de accidentes por fenómenos naturales y antropogénicos.

Ley out, diagramas de tubería e instrumentación.

Descripción de los escenarios alternativos con mayores consecuencias al exterior, identificado en el análisis de riesgos.

1.
2
3
4

ANEXO 3. FOTOGRAFICO



Industria de reciente instalación a un costado del Fraccionamiento Industrial San Luis.



Empresa de riesgo estatal que se localiza a un costado de la calle Eje 104 del Fraccionamiento Don Miguel.



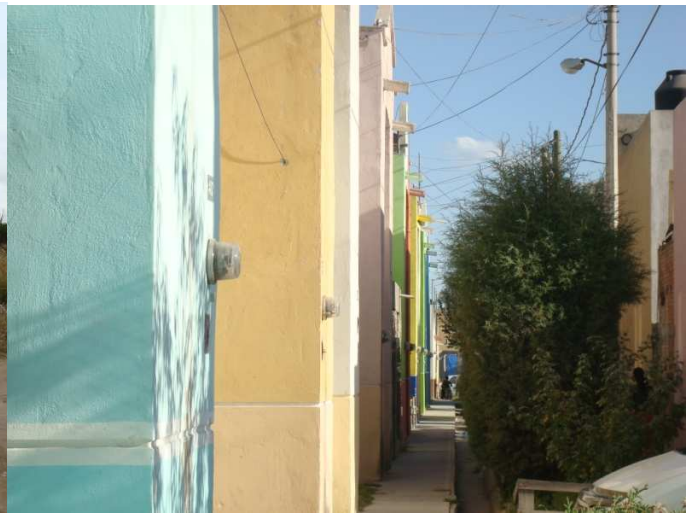
Niños jugando durante el recreo en la calle contigua a la empresa Bachoco, debido a la falta de instalaciones educativas adecuadas.



Falta de vías rápidas de comunicación a los fraccionamientos Don Miguel e Industrial San Luis I y II



Vía alterna de comunicación del Fraccionamiento Don Miguel con el Periférico Oriente en malas condiciones.



Organización de las casas habitación en la colonia Aguaje 200 en forma de corredores estrechos por los que es difícil transitar o una evacuación rápida.



Bardas y Rejas que impiden la comunicación entre callejones, que imposibilitan el tránsito peatonal de los residentes de la colonia Aguaje 2000.



Callejones obstruidos por coches de los habitantes del fraccionamiento Aguaje 2000.



Único acceso a la colonia Aguaje 2000 por el Periférico Oriente.

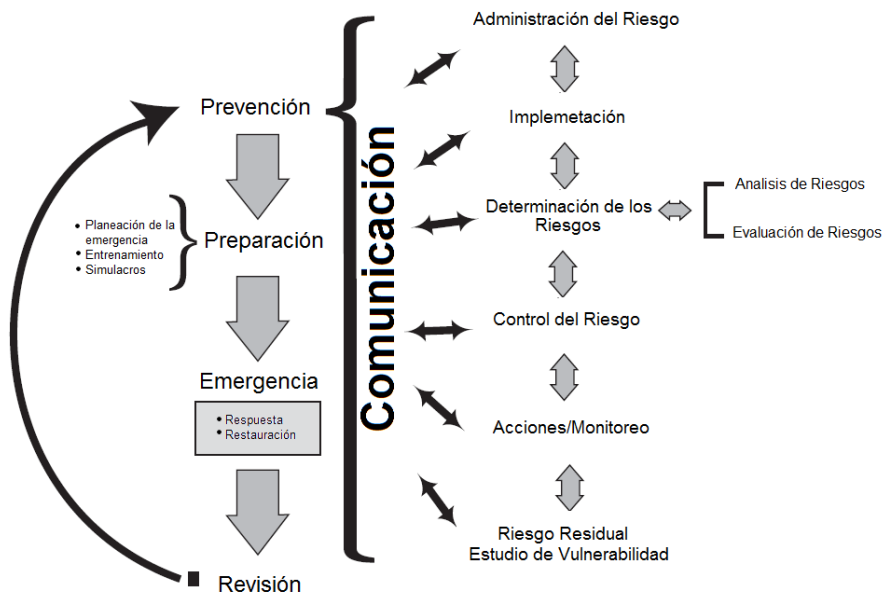
ANEXO 4. GUIA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS MAYORES DEL CRAIM.

El Consejo para la Reducción de los Accidentes Industriales Mayores (CRAIM), publica una Guía para la Administración de los Riesgos. El objetivo de esta guía es proteger la vida y salud del público, así como el cuidado del medio ambiente en los accidentes industriales mayores, brindando a los responsables de tomar decisiones un marco completo y sistemático para el establecimiento de prevención, medición de la emergencia y programa de comunicación.

Por medio de la vinculación entre los organismos gubernamentales, la industria y la comunidad se busca alcanzar el logro de cuatro objetivos particulares:

- 1) Asegurar la seguridad del público, de los trabajadores y de los organismos de atención a emergencias,
- 2) Reducir el daño a las propiedades y al medio ambiente,
- 3) Minimizar el tiempo de respuesta y
- 4) Lograr que los municipios, las industrias y el público sean conscientes del riesgo de los accidentes industriales mayores.

Figura 5.1. Proceso de Administración del Riesgo según la Guía para la Reducción de los Accidentes Industriales Mayores.



En el esquema propuesto por el CRAIM, la administración de los riesgos tiene tres componentes principales:

- 1.- La prevención,
- 2.- La implementación de esquemas para la preparación ante emergencias y
- 3.- Compartir información con los ciudadanos expuestos a los riesgos.

Las industrias deben implementar sus propias herramientas para la prevención y planeación ante emergencias, y los organismos gubernamentales deben vigilar el cumplimiento de las obligaciones de las industrias y prever un plan para dar respuesta a las emergencias que se susciten en caso de un accidente industrial mayor.

Una parte importante de la guía es la creación de un Comité Conjunto de Coordinación, el cual será el encargado de dirigir el plan de gestión de los riesgos en la comunidad. Este grupo está conformado por agencias gubernamentales, grupos de interés, representantes de las industrias y ciudadanos que representan la comunidad asentada en las inmediaciones de las actividades industriales. Sus objetivos son:

- 1) Identificar las industrias de mayor riesgo en el municipio debido a la utilización y almacenamiento de materiales peligrosos
- 2) Determinar el riesgo a la población,
- 3) Obtener e intercambiar información pertinente,
- 4) Armonizar los planes de emergencia municipales e industriales,
- 5) Establecer mecanismos de comunicación e intercambio de información entre el público y los medios de comunicación, tanto en la etapa de prevención mediante simulacros, entrenamiento y consensos mutuos entre los involucrados, como en caso de situaciones de emergencia.

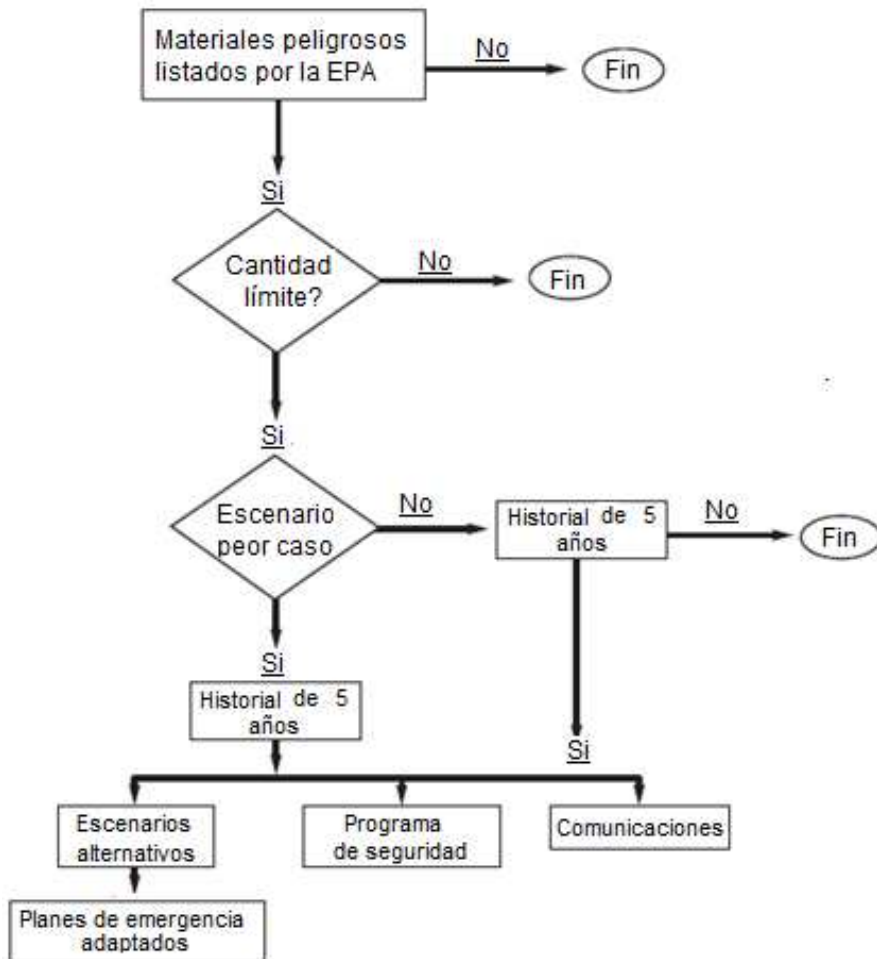
Una vez identificadas las empresas que almacenan materiales peligrosos en volúmenes considerables, se les pide que realicen el análisis de consecuencias al exterior de la EPA para el peor escenario y en caso de resultar consecuencias al exterior por medio de esta metodología, posteriormente se realiza el estudio de accidentes en los últimos 5 años y en caso de resultar algún accidente durante ese tiempo se les pide a los responsables de dichas industrias que establezcan escenarios alternativos y planes para el control de emergencias que serán turnados al Comité de Coordinación para que el municipio pueda establecer el plan de respuesta a emergencias a nivel local.

El plan de preparación para la emergencia incluye 6 pasos:

1. Conocimiento del entorno.
2. Un estudio de vulnerabilidad.
3. Implementación de medidas de prevención y mitigación.
4. Planeación de la respuesta en caso de desastre.

5. Implementación de medidas encaminadas a hacer que la organización sea capaz de responder.
6. Revisión y actualización.

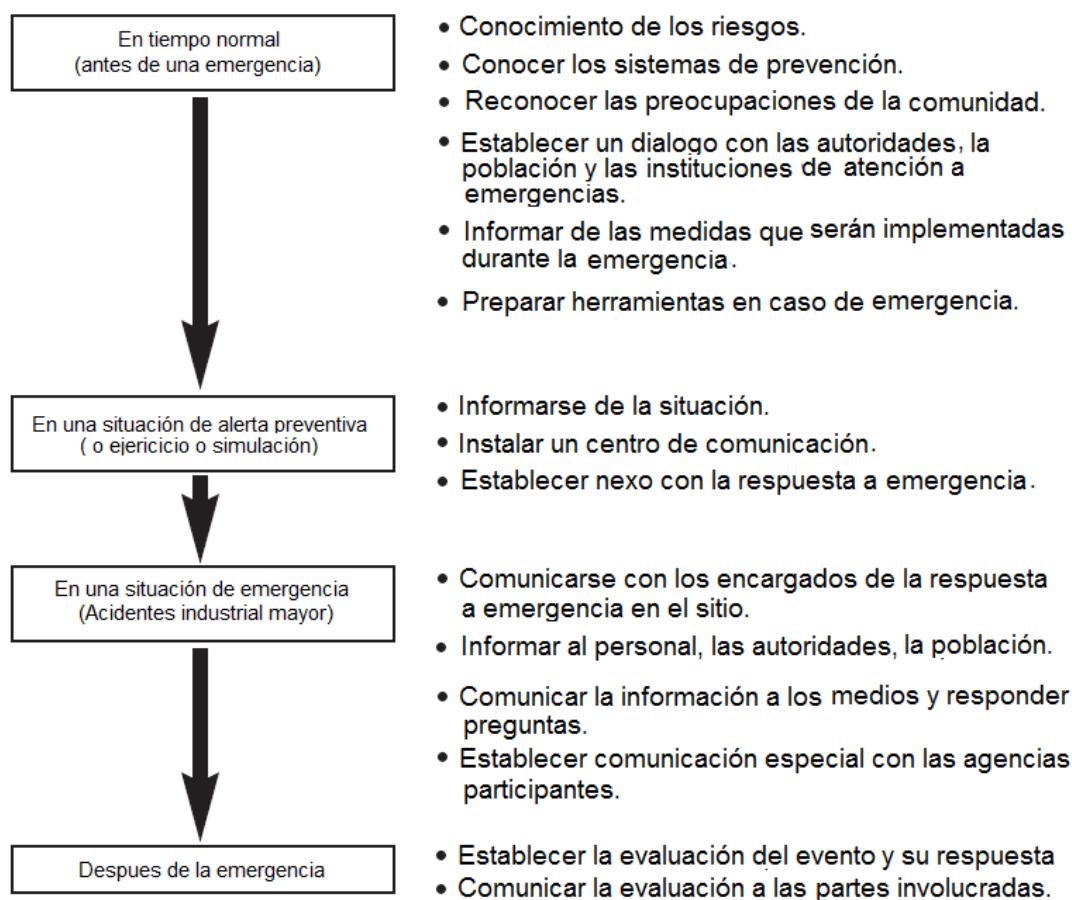
Figura 5.2 Proceso seguido por la EPA para el Programa de Evaluación de los Riesgos.



La comunicación del riesgo es un proceso interactivo y multilateral que involucra a todos (incluyendo a los ciudadanos y a los encargados de enfrentar la emergencia) en donde se enfrentan los riesgos de los accidentes industriales mayores. Los líderes deben tomar en cuenta el nivel de conocimiento del público, sus preocupaciones y sus percepciones en una situación determinada.

Es importante que en el proceso de comunicación del riesgo la información sea en condiciones normales de operación de las industrias, en condiciones de precaución mediante la práctica de simulacros. El plan de emergencia debe señalar los casos en que tenga lugar un accidente industrial, así como el manejo después del mismo.

Figura 5.3 Proceso de comunicación del riesgo propuesto por el CRAIM.



La comunicación del riesgo es importante ya que sin ella el público y los medios pierden confianza y credibilidad en las industrias e instituciones gubernamentales, la falta de comunicación causa confusión durante la emergencia. Un programa adecuado de comunicación es indispensable para la seguridad del personal que labora en las industrias, de la comunidad y del medio ambiente circundante; de esta manera se preserva la salud y se facilita la actuación en situaciones de emergencia.

En la primera parte de la comunicación del riesgo que se realiza en condiciones normales es importante incluir miembros de los grupos de interés y puede realizarse, por ejemplo, por medio de reuniones en la comunidad donde se pueda tener un acercamiento con la población y sus preocupaciones. Es importante que en dichas reuniones se involucren las autoridades y los representantes de las compañías industriales.

El Comité Coordinador debe iniciar este diálogo entre los sectores involucrados, de manera que al comunicar los riesgos y las medidas de seguridad a tomar, las instituciones y los ciudadanos puedan trabajar identificando los problemas y modificando sus percepciones, respetando siempre los intereses de cada parte.

Los ejercicios de simulación representan una oportunidad para involucrar a la población y poner a prueba el plan de comunicación y emergencia. En una emergencia, el público es la principal preocupación, luego de otros aspectos como la búsqueda de refugio, compensación, aseguramiento, impactos psicológicos y ambientales, así como devaluación de la propiedad.