



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**TRANSPORTE DE MATERIALES PELIGROSOS EN LA ZONA
METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO**

TESIS

QUE PARA OPTAR EL GRADO DE:

DOCTORA EN INGENIERÍA

INGENIERÍA DE SISTEMAS CON ORIENTACIÓN TRANSPORTES

P R E S E N T A:

Ma. de los Ángeles Muñoz Muñoz

Directora de Tesis:

Dra. Angélica del Rocío Lozano Cuevas

Año 2011



RESUMEN

Los objetivos principales de esta investigación son proponer una metodología para el análisis de la exposición de la población a accidentes de transporte urbano de materiales peligrosos (MPs) en zonas urbanas densamente pobladas, y mostrar un caso de aplicación sobre la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

La metodología tiene cuatro partes; la primera consiste en una clasificación del territorio según el “grado” de peligro debido a la presencia de materiales peligrosos (MPs); el resultado es un mapa de clasificación del territorio.

La segunda parte consiste en la identificación de los corredores más peligrosos de la red utilizados por vehículos de MPs.

La tercera parte de la metodología consiste en la estimación de la población expuesta a accidentes de transporte de MPs en los principales corredores de transporte de MPs, mediante el modelo de banda fija, para determinar un nivel y jerarquía de peligro con base en el número de habitantes y viajeros en el área de peligro de cada corredor. Esta estimación puede ser realizada para la generalidad de los MPs o para MPs seleccionados (como cloro y amoníaco).

La cuarta parte contempla la estimación de la población expuesta a accidentes de transporte de MPs químicos seleccionados, sobre algún corredor de primera jerarquía de peligro, mediante la aplicación de modelos de dispersión en escenarios de día y de noche, y bajo condiciones atmosféricas reales.

La metodología propuesta puede ser aplicada al caso de cualquier ciudad; la información requerida va de menos a más conforme avanzan las partes de la metodología.

La metodología fue aplicada al caso de la ZMVM; los resultados obtenidos pueden ser base para definir políticas públicas para reducir la población expuesta en caso de accidentes en el transporte de MPs.

Muy interesantes resultados fueron obtenidos de la aplicación al caso de la ZMVM. En la literatura no habían sido considerados los viajeros expuestos, por lo que se recomendaría transportar amoníaco durante el día, con base en la población expuesta obtenida mediante el modelo de Banda Fija. Sin embargo, si los viajeros son tomados en cuenta entonces da lo mismo el transporte de amoníaco durante el día-hora pico o la noche (de acuerdo a la población expuesta obtenida mediante el modelo de Banda Fija), por lo que sería mejor que fuera transportado durante el día pero fuera de horas pico (cuando hubiera la menor congestión).

Otro resultado interesante es que, mientras que con base en el modelo de banda fija la sugerencia es transportar el cloro de día a pesar de la congestión vehicular, la sugerencia basada en el modelo de dispersión es transportar el cloro de noche (de preferencia a horas que haya poco tráfico vehicular). Cabe señalar que este último resultado está basado en una estimación más realista de la población expuesta.

Las políticas relacionadas con el transporte de MPs en México, Estados Unidos y Canadá, basadas en modelos de Banda Fija con las áreas de impacto de la Guía de Respuesta Rápida a Emergencias (US EPA, 2008), tendrían que ser modificadas y tomar como base Modelos de Dispersión donde no sólo se tome en cuenta a la población expuesta sino a los viajeros expuestos en la red.

ABSTRACT

The main objectives of this research are to propose a methodology for the analysis of the population exposure to hazardous materials (hazmats) transportation accidents in urban areas, and to apply the methodology to the Metropolitan Zone of Mexico City (ZMMC).

The methodology is formed of four parts; the first one is a classification of the territory according to the "grade" of danger due to the presence of hazmats; the result is a territorial classification map.

The second part consists on the identification of the most dangerous corridors in the network, which is used by hazmat vehicles.

The third part of the methodology consists on the estimation of population exposure to hazmat transportation accident on the main corridors for hazmat transportation, by means of the Fix Band Model, for determining a danger hierarchy with base on the number of inhabitants and travelers within in the dangerous area of each corridor. This estimation can be carried out for the generality of the hazmats or for selected hazmats (for example, chlorine and ammonia).

The fourth part is the estimation of the population exposure to hazmat transportation accidents, for selected hazmats on some highly dangerous corridor, by means of the application of dispersion models in daytime and nighttime scenarios, considering real atmospheric conditions.

The proposed methodology can be applied to any city; the required information increases according the parts of the methodology advance.

The methodology was applied to the ZMVM case; the obtained results can be base for defining public policies to reduce population exposure in case of hazmat transportation accidents.

Very interesting results were obtained from the application to the ZMVM case. The exposed travelers had not been previously considered in literature; then the recommendation was to transport ammonia during the day, with base on the population exposure which is obtained by means of the Fixed Band model. However, when travelers are taken into account, it is the same transporting ammonia during the day-rush hour or at night (according to population exposure, obtained by means of the Fixed Band model); hence, the best is transporting ammonia during the day out-rush-hours (when congestion is low).

Another interesting result is that, the suggestion is transporting chlorine at daytime in spite of vehicular congestion, based on the Fixed Band model; but the suggestion is transporting chlorine at nighttime (preferably when traffic is low), based on Dispersion Models. The latter result is based on a population exposure estimation which is more realistic.

The policies related to hazmats transportation in Mexico, United States and Canada, based on Fixed Band Models where the impact areas are given by the "North American Emergency Response Guidebook" (US DOT, 2008), must be modified and must be based on Dispersion Models considering population exposure and travelers exposed in the network.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	a
ABSTRACT.....	b
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN	3
ESTRUCTURA DE LA TESIS	6
1.ESTADO DEL ARTE.....	8
2.DESORDEN URBANO Y VIAL EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (ZMVM)	19
2.1. Delimitación de la ZMVM.....	20
2.1.1 La ZMVM en los Planes Nacionales de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial	20
2.1.2 La ZMVM en los Programas Estatales de Desarrollo Urbano	22
2.2. Descripción General de la ZMVM.....	24
2.2.1 Distribución de la población en el territorio de la ZMVM.....	25
2.2.2 Concentración de las actividades económicas y usos del suelo	28
2.2.3 Conectividad metropolitana	31
2.2.4 Inventario vial metropolitano.....	35
2.3. El problema del transporte de carga y de materiales peligrosos (MPs) en la ZMVM	39
2.3.1 El transporte de carga y de MPs en el nivel metropolitano	39
2.3.2 Vialidades utilizadas para el transporte de carga y de MPs en la ZMVM.....	40
3.PROBLEMÁTICA DE LA GESTIÓN DE LOS MATERIALES PELIGROSOS (MPS)	45
3.1. Gestión de los materiales peligrosos (MPs)	45
3.1.1 Aspectos relevantes sobre la gestión de los MPs en el contexto internacional	46
3.1.2 La gestión de los MPs en México	47
3.1.3 Bases legales para la gestión de los MPs en México	49
3.2. Accidentes graves de materiales peligrosos (MPs)	57
3.2.1 Presencia de los MPs en el nuestro ámbito de vida.....	57

3.2.2	Accidentes graves de MPs ocurridos en el mundo.....	58
3.2.3	Accidentes graves de MPs ocurridos en el México.....	60
3.3.	El transporte como un instrumento clave en la gestión de los MPs en la ZMVM.....	65
3.4.	Identificación de los MPs.....	66
3.4.1	Principales códigos identificación de los MPs en transporte	67
3.4.2	Clases y división de los MPs en transporte.....	70
4.	TRANSPORTE DE LOS MPS QUÍMICOS SELECCIONADOS: CLORO Y AMONÍACO	83
4.1.	Características físico-químicas de los MPs seleccionados: Amoníaco (NH ₃) y Cloro (Cl ₂).....	84
4.1.1	Características físico-químicas del amoníaco (NH ₃).....	84
4.1.2	Características físico-químicas del cloro (Cl ₂).....	88
4.2.	Autotanques de transporte de amoníaco y cloro.....	92
4.2.1	Regulación para el diseño y fabricación de autotanques destinados al transporte de amoníaco y cloro	92
4.2.2	Componentes básicos de un tanque de transporte de amoníaco o cloro.....	94
4.2.3	Identificación de unidades de transporte de amoníaco.....	99
4.2.4	Identificación de unidades de transporte de cloro.....	101
4.3.	Prácticas de transporte urbano del cloro y amoníaco	103
5.	METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN A Accidentes de TRANSPORTE URBANO DE MPS	106
5.1.	PARTE 1: “Clasificación del territorio de acuerdo al grado de peligro debido a la presencia de MPs”	107
5.2.	PARTE 2: “Estimación de congestión y flujos en la red usada por el transporte de MPs”	109
5.3.	PARTE 3: “Población expuesta al transporte de MPs por el modelo de Banda Fija”	110
5.4.	PARTE 4: “Población expuesta al transporte de MPs químicos por Modelos de Dispersión”.....	112
6.	CLASIFICACIÓN DEL TERRITORIO DE ACUERDO AL GRADO DE PELIGRO DEBIDO A LA PRESENCIA DE MPS	117
6.1.	El peligro debido a la presencia de fuentes de generación de MPs en la ZMVM	117
6.2.	La industria química localizada en la ZMVM y gestión de los MPs.....	125
6.3.	Análisis multicriterio	130
6.3.1	Descripción del Método Electre IV	130
6.3.2	Selección de criterios y zonas	132
6.3.3	Aplicación del Método Electre IV	135
6.4.	Clasificación del territorio, obtención de mapas de peligro	147
7.	IDENTIFICACIÓN DE LOS CORREDORES CON MAYOR FLUJO DE VEHÍCULOS DE MPS	149
7.1.	Estimación de los flujos y la congestión en los arcos de la red vial de la ZMVM	149

7.2.	Identificación de los corredores más peligrosos en la red vial	152
7.2.1	Identificación de los arcos más congestionados y con mayor flujo de vehículos de MPs.....	152
7.2.2	Lista de “corredores de peligro”	153
7.2.3	Estimación del promedio de pasajeros según su el tipo de vehículo, en cada arco de los corredores peligrosos 155	
8.	ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN EXPUESTA A ACCIDENTES DE TRANSPORTE DE MPS, MEDIANTE EL MODELO DE BANDA FIJA	156
8.1.	Población Expuesta: Habitantes y Viajeros.....	157
8.2.	Enfoques para estimar la población expuesta.....	157
8.3.	Estimación de la Población Expuesta, MEDIANTE el Modelo de Banda Fija	159
8.3.1	Estimación de la población expuesta a accidentes de transporte, para la generalidad de MPs, en veintiún corredores metropolitanos	160
8.3.2	Jerarquización de corredores “peligrosos” en la red vial, según población expuesta.....	164
8.4.	Estimación de población expuesta en escenarios de día y de noche, para accidentes de transporte de los mps químicos seleccionados: cloro y amoníaco	180
9.	ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN EXPUESTA A ACCIDENTES DE TRANSPORTE DE MPS QUIMICOS MEDIANTE MODELOS DE DISPERSIÓN	182
9.1.	Influencia de las Variables Meteorológicas en los Modelos de Dispersión de MPS Químicos.....	183
9.2.	Modelos de Dispersión.....	191
9.3.	Modelo de Dispersión de Pluma Gaussiana	192
9.4.	Modelo “Dense Gas Dispersión (DEGADIS)”	193
9.5.	Áreas de Exposición por modelos de dispersión de Accidentes de Transporte de MPS Químicos, para varios Escenarios.....	197
9.6.	Estimación de la Población Expuesta Mediante Modelos de DispeRsió para varios Escenarios	203
	CONCLUSIONES	209
	RECONOCIMIENTO.....	213
	REFERENCIAS	214
	ANEXOS	223

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Sistema Urbano Nacional según el PNDU, 2007-20012.....	22
Figura 2.2 Imagen de satélite de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)	25
Figura 2.3 Densidad de población de la ZMVM	27
Figura 2.4 Distribución espacial de las actividades económicas en la ZMVM	29
Figura 2.5 Usos de suelo en la ZMVM	31
Figura 2.6 Ejes de conectividad regional y nacional (incluyendo proyectos).....	34
Figura 2.7 Inventario de la red vial metropolitana (vialidades principales)	36
Figura 2.8 Usos de suelo en la zona norte sobre el corredor Autopista México-Querétaro.....	38
Figura 2.9 Corte territorial del norte de la ZMVM.....	38
Figura 2.10 Red vial de transporte de carga en la ZMVM	41
Figura 2.11 Ejes de conectividad metropolitana para el transporte de carga en la ZMVM	42
Figura 3.1 Ciclo de vida de los materiales peligrosos (MPs)	50
Figura 3.2 Uso y manejo de materiales químicos peligrosos	58
Figura 3.3 Catástrofes mundiales por accidentes de materiales peligrosos	60
Figura 3.4 Imágenes de la explosión de la gasera de PEMEX en San Juanico, 1984.....	61
Figura 3.5 Imagen de la explosión de la gasera de PEMEX en San Juanico, 1996	61
Figura 3.6 Accidentes seleccionados de transporte de MPs ocurridos en México	64
Figura 3.7 Símbolos básicos de identificación de MPs	67
Figura 3.8 Símbolos complementarios de identificación de MPs.....	68
Figura 3.9 La placa naranja del sistema europeo.....	69
Figura 3.10 El cartel HAZCHEM	69
Figura 3.11 Diamante de seguridad.....	70
Figura 3.12 Tipos de unidades autorizadas de transporte por tipo de MPs.....	72
Figura 3.13 Simbología de carteles para MPs, clase 1, según su división.	73
Figura 3.14 Simbología de carteles para MPs, clase 2, según su división.....	75
Figura 3.15 Simbología de carteles para MPs, clase 3, según su división.....	76
Figura 3.16 Simbología de carteles para MPs, clase 4, según su división.....	77

Figura 3.17 Simbología de carteles para MPs, clase 5, según su división oxidantes.....	78
Figura 3.18 Simbología de carteles para MPs, clase 5, según su división peróxidos orgánicos	79
Figura 3.19 Simbología de carteles para MPs, clase 6, según su división.....	80
Figura 3.20 Simbología de carteles para MPs, clase 6, según su división.....	80
Figura 3.21 Simbología de carteles para MPs clase 7, según su división	81
Figura 3.22 Simbología de carteles para MPs, clase 7, según su división.....	81
Figura 3.23 Simbología de carteles para MPs, clase 8, para toda su división.....	82
Figura 3.24 Simbología de carteles para MPs, clase 9, para toda su división.....	82
Figura 4.1 Primera guerra mundial, primer ataque con cloro en Ypres, Bélgica el 22 de abril de 1915	91
Figura 4.2 Secuencia de un accidente de cloro ocurrido en planta de tratamiento de agua en Buies Creek, Estados Unidos. ..	91
Figura 4.3 Autotanque para el transporte de MPs a alta presión MC331,TC331;SCT-331.....	94
Figura 4.4 Códigos de identificación del peligro para autotanques de amoníaco.....	99
Figura 4.5 Forma de colocación de los carteles de identificación de las unidades destinadas al transporte de amoníaco y fotografías de vehículos que transportan amoníaco	100
Figura 4.6 Códigos de identificación del peligro para autotanques de cloro	101
Figura 4.7 Forma de colocación de los carteles de identificación de las unidades destinadas al transporte de cloro y fotografías de vehículos que transportan cloro	102
Figura 4.8 Accidentes de unidades de transporte de MPs, tipo volcadura por malas prácticas operacionales del conductor ..	105
Figura 5.1 Metodología propuesta para el análisis del “grado de peligro” en áreas y corredores, y la estimación de la población expuesta durante el transporte urbano de MPs	115
Figura 5.2 Metodología propuesta para el análisis del “grado de peligro” en áreas y corredores, y la estimación de la población expuesta durante el transporte urbano de MPs	116
Figura 6.1 Empresas generadoras de residuos peligrosos.....	122
Figura 6.2 Empresas generadoras de residuos peligrosos, generación de residuos y transportistas	123
Figura 6.3 Tomas fotográficas del sitio contaminado por cromo en Tultitlan, Estado de México	124
Figura 6.4 Empresas químicas productoras y distribuidoras	126
Figura 6.5 Transportistas metropolitanos de MPs Químicos y de RPs.....	127
Figura 6.6 Total de empresas de la industria química localizadas en la ZMVM.....	128
Figura 6.7 Fuentes de peligro población expuesta en la ZMVM.....	129
Figura 6.8 Criterios	134

Figura 6.9 Clasificación del territorio por grado de peligro de accidentes de transporte de MPs (Electre IV).....	148
Figura 7.1 Unidades o Camiones de Carga Tipo Mediano.....	150
Figura 7.2 Unidades o Tractocamiones Tipo Pesado	150
Figura 7.3 Flujos estimados en la red vial principal de la ZMVM.....	151
Figura 7.4 Congestión en la red vial sobre el territorio clasificado según peligrosidad por MPs.....	153
Figura 8.1 Modelos de áreas de impacto	158
Figura 8.2. Modelo banda fija.....	159
Figura 8.3 Eje Central Lázaro Cárdenas/Av. Cien Metros	164
Figura 8.4 Avenida Montevideo- Avenida Poniente 140	165
Figura 8.5 Avenidas del Trabajo y Ferrocarril Hidalgo.....	166
Figura 8.6 Avenidas Francisco del Paso y Eduardo Molina.....	166
Figura 8.7 Avenidas Revolución-Río Consulado y Río Churubusco	167
Figura 8.8 Calzada Vallejo.....	168
Figura 8.9 Avenidas Adolfo López Mateos- Aquiles Serdán y Ceylán.....	168
Figura 8.10 Avenidas Oceanía-Central-Carlos Hank González	169
Figura 8.11 Avenidas Mario Colín-Río de los Remedios.....	170
Figura 8.12 Avenida Insurgentes Norte-Autopista México-Pachuca	171
Figura 8.13 Calzada de Tlalpan.....	171
Figura 8.14 Calzada Ignacio Zaragoza y Autopista -México-Puebla	172
Figura 8.15 Avenidas Cuitlahuac-Cinco de Mayo y Sánchez-Colín	173
Figura 8.16 Avenidas Adolfo Ruíz Cortinez-Canal de Garay; Ermita Iztapalapa	173
Figura 8.17 Calzada Ignacio Zaragoza y Carretera Libre México-Puebla.....	174
Figura 8.18 Avenidas José López Portillo-Carretera Los Reyes Texcoco.....	175
Figura 8.19 Autopista Peñón-Texcoco.....	175
Figura 8.20 Corredor Vía Gustavo Baz Prada-Carretera Tlalnepantla-Cuautitlán	176
Figura 8.21 Periférico Norte-Boulevard Manuel Ávila Camacho y Autopista México Querétaro.....	177
Figura 8.22 Avenida Constituyentes-Carretera o Autopista México Toluca.....	178
Figura 8.23 Libramiento-Chamapa-Lechería	179

Figura 8.24 Modelación de un accidente de transporte de amoníaco para escenarios de día y de noche.	181
Figura 8.25 Modelación de un accidente de transporte de cloro para escenarios de día y de noche.....	181
Figura 9.1 Vista la huella de una nube tóxica con forma de una Pluma Gaussina.....	184
Figura 9.2 Diagrama esquemático del modelo de Pluma Gaussina.....	192
Figura 9.3 Diagrama esquemático del modelo DEGADIS (US-EPA, 1988)	194
Figura 9.4 Modelación de la dispersión del amoníaco mediante ALOHA	200
Figura 9.5 Modelación de la dispersión del cloro mediante ALOHA	202
Figura 9.6 Población expuesta en la huellas Gaussianas por dispersión de amoníaco	204
Figura 9.7 Población expuesta en la huellas Gaussianas por dispersión de cloro.....	207

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Principales indicadores metropolitanos.....	26
Tabla 2.2. Corredores de conectividad regional y nacional.....	35
Tabla 2.3 Inventario de la red vial metropolitana.....	37
Tabla 2.4 Principales vialidades y ejes de conectividad regional utilizados para el transporte de MPs	43
Tabla 3.1 Normas Oficiales Mexicanas Ecológicas para la gestión de los MPs.....	49
Tabla 3.2. Accidentes graves ocurridos en ciudades mexicanas	62
Tabla 3.3. Accidentes graves de transporte en México ocurridos en autopista, carretera o vialidad	63
Tabla 3.4 Accidentes graves de amonfaco ocurridos en México.....	63
Tabla 3.5 Accidentes graves de cloro ocurridos en México	64
Tabla 3.6. Normas Oficiales Mexicanas para la identificación de los MPs en México	71
Tabla 3.7. Grupos de sustancias tóxicas según los efectos en la salud humana.....	79
Tabla 4.1. Efectos en la salud asociados a situaciones <15 minutos, según niveles de concentración	87
Tabla 4.2. Efectos en la salud asociados a situaciones <15 minutos, según niveles de concentración.....	90
Tabla 4.3. Normas Oficiales Mexicanas sobre diversas disposiciones y características requeridas a las unidades de transporte de MPs.....	93
Tabla 4.4 Normas Oficiales Mexicanas sobre las especificaciones técnicas de envases, embalajes y métodos de prueba para el transporte de MPs	98
Tabla 4.5 Normas Oficiales Mexicanas para el transporte de MPs en México	103
Tabla 6.1 Principales puntos de generación y manejo de residuos peligrosos en el nivel nacional.....	119
Tabla 6.2 Empresas autorizadas a transportar residuos peligrosos en el Distrito Federal por Delegación	120
Tabla 6.3 Empresas autorizadas a transportar residuos Peligrosos en el Estado de México por Municipio.....	120
Tabla 6.4 Criterios.....	133
Tabla 6.5 Matriz de impacto: opciones y criterios	135
Tabla 6.6 Clasificación de grupos	137
Tabla 6.7 Comparación de opciones	139
Tabla 6.8. Sobre-clasificación de grupos	141
Tabla 7.1 Corredores de peligro por la presencia de unidades de transporte de MPs.....	154

Tabla 8.1. Corredores de transporte de materiales peligrosos	162
Tabla 9.1. Velocidades del viento	185
Tabla 9.2. Perfil o dirección del viento	186
Tabla 9.3. Grado de aspereza de un terreno según Equivalencias de Brutsaert	187
Tabla 9.4. Indicadores para la cubierta de nubes.....	188
Tabla 9.5. Clases y categoría de estabilidad de un sistema atmosférico.....	190
Tabla 9.6. Población expuesta por accidente de vehículo de amoníaco	205
Tabla 9.7. Población expuesta por accidente de vehículo de cloro	208

INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento de la población y el aumento de las actividades económicas así como el desarrollo industrial de cada país, han inducido a un incremento considerable del uso de los materiales peligrosos (MPs), los que pueden ser explosivos, gases, líquidos inflamables, sólidos inflamables, oxidantes y peróxidos orgánicos, sustancias tóxicas venenosas y agentes biológico-infecciosos, materiales corrosivos, radioactivos y misceláneos, los cuales deben ser transportados ya sea por su utilidad como materias primas durante el proceso productivo o como productos finales, y hasta como residuos para su disposición final.

Las rutas de transporte de los materiales peligrosos tienen una diversidad de orígenes y destinos que a menudo pasan por zonas densamente pobladas, por lo que para la mayoría de los países en el nivel internacional, sobre todo para las más desarrollados como Canadá, Italia, Alemania y Estados Unidos, es muy importante la prevención de accidentes en la gestión de los MPs y, en particular en materia de transporte ha sido manifiesta la preocupación de planear rutas para minimizar peligros a la población expuesta, al ambiente o daños económicos. Por tal motivo han sido realizadas investigaciones relevantes relacionadas con el estudio del transporte de los MPs, las cuales aportan metodologías e información para realizar una mejor gestión.

El caso de México y de algunos otros países latinoamericanos, el problema de la gestión y transporte de los MPs, ha sido un tema poco atendido, particularmente en nuestro país, apenas hace 25 años, el término de “peligro” comenzó a atraer la atención de las autoridades federales, particularmente hasta la ocurrencia en el año de 1985, del trágico accidente de una gasera localizada en el lugar llamado San Juanico, en el municipio conurbado de Tlalnepantla; fue hasta entonces cuando se inició un proceso formal para la definición de lineamientos y normas jurídicas para la gestión de los MPs, con un mayor énfasis en el control de los residuos peligrosos. Los avances logrados desde entonces y hasta el momento en la gestión de MPs, básicamente pueden resumirse a la definición de algunas Normas Oficiales Mexicanas mediante las cuales se adopta la clasificación e identificación internacional de materiales peligrosos; se establecen códigos de envase, embalaje y almacenamiento y; se definen lineamientos para el mejor diseño y fabricación de unidades que transportan este tipo de materiales.

No obstante parece que en México, en el nivel operativo, hace falta la ocurrencia de un mayor número de accidentes o peores consecuencias a la salud o vida de la población, para ejercer un verdadero control de la unidades que transportan libremente por la compleja red urbana, todo tipo de MP en cualquiera de las metrópolis, ciudades o zonas urbanas del país, en donde no queda clara la forma de aplicación de las normas generales o locales, en lo relativo al transporte de MPs.

Cabe señalar además de lo anterior, que la información sobre el establecimiento de formatos de autorización y compilación de estadística de gestión de MPs, sigue siendo muy limitada o no existe y no se tienen estudios serios para enfrentar los problemas de transporte de MPs en zonas urbanas.

El caso de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)¹, que se caracteriza por ser la primera metrópoli del país por su gran concentración poblacional de más de 20 millones de habitantes, intensa

¹ Se considera territorialmente a la Zona Metropolitana del Valle de México, a las 16 Delegaciones del Distrito Federal y a 34 municipios metropolitanos del Estado de México.

actividad comercial, industrial y de servicios, enmarca la movilización de un importante volumen de materiales y residuos peligrosos, siendo su transporte uno de los problemas urbanos y ambientales más importantes de la actualidad, razón por la cual se toma como caso de estudio de esta investigación y a partir de la identificación y caracterización del problema se desarrolla una metodología bajo dos enfoques para estimar la población expuesta en caso de accidente en el transporte de materiales peligrosos, en una zona urbana densamente poblada y con fuertes problemas de congestión.

OBJETIVOS

El objetivo general de esta investigación es proponer una metodología para el análisis de de la exposición de la población a accidentes de transporte urbano de materiales peligrosos (MPs) en zonas urbanas densamente pobladas.

Los objetivos específicos de la investigación son los siguientes:

- i. Estudiar el estado del arte de las investigaciones de transporte de materiales peligrosos para conocer sus alcances en poblaciones urbanas, en el caso de ocurrencia de accidentes no deseados.
- ii. Describir las características generales de la ZMVM, con énfasis en el tamaño y distribución de la población, usos del suelo, estructura urbana e infraestructura vial, para analizar el problema del transporte de MPs.
- iii. Estudiar la peligrosidad de los MPs químicos seleccionados, cloro y amoníaco, según sus propiedades físico-químicas y condiciones de transporte urbano para conocer las posibilidades de ocurrencia de un accidente de transporte que pudieran afectar la vida o la salud de las personas que vive en zonas densamente pobladas.
- iv. Clasificar el territorio de la ZMVM, según el grado de peligrosidad debido a la presencia de MPs, considerando la información disponible relacionada con la gestión de los MPs y aplicando análisis multicriterio.
- v. Estimar el flujo y la congestión en la red vial de la ZMVM para identificar los arcos con mayor flujo de unidades de transporte de MPs, que representan mayor peligro para habitantes y viajeros.
- vi. Estimar la población expuesta a accidentes de transporte de MPs en los principales corredores de transporte de MPs de la ZMVM, mediante el modelo de banda fija para determinar un nivel y jerarquía de peligro, con base en el número de habitantes y viajeros que pueden quedar inmersos en el área o zona de peligro de cada corredor.
- vii. Estimar la población expuesta a accidentes de transporte de MPs químicos seleccionados, cloro y amoníaco, sobre un corredor de primera jerarquía de peligro de la ZMVM, mediante la aplicación de modelos de dispersión en escenarios de día y de noche y bajo condiciones atmosféricas reales para determinar el nivel de peligro en diferentes escenarios.

- viii. Aplicar las herramientas de análisis para la aplicación de la metodología propuesta y que son: a) Sistema de Información Geográfica para la integración y procesamiento de la información sobre el territorio de estudio; b) Análisis Multicriterio, para ordenar zonas y corredores de acuerdo al grado de peligrosidad que implican para la población; c) Modelo de Asignación del Tráfico Equilibrio del Usuario, para estimar flujos y congestión sobre las vialidades en horas pico e identificar la red de transporte de MPs; d) Modelos de Dispersión, para estimar la población expuesta (habitantes y viajeros) a accidentes de transporte de MPs sobre corredores metropolitanos.

La metodología propuesta es aplicada al caso de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y con base en los resultados obtenidos es posible definir políticas públicas para minimizar el peligro de transporte de MPs para la población expuesta.

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN

Para abordar técnica y científicamente el problema del transporte de MPs, se llevó a cabo una extensa revisión del estado del arte dedicado al estudio de modelos y algoritmos matemáticos para la atención del problema del transporte de MPs, temática que se relacionan con investigaciones relacionadas con Sistemas Soportes Espaciales de Decisiones (SSED) y con Sistemas de Información Geográfica (SIG)².

Este trabajo, se basa principalmente en los aportes Erkut *et al.* (2005), bajo el eje de investigación de diseño de redes así como en la aplicación y uso de los Sistemas de Información Geográfica.

En este punto, destaco la experiencia adquirida con la Dra. Lozano, para contar con la oportunidad de conocer muy de cerca los trabajos de investigación en el tema de Giovanni Storchi, Investigador Titular del Departamento de Probabilidad y Estadística Aplicada de la Universidad de Roma La Sapienza de Italia y de Vedat Verter, Investigador Titular de la Universidad Mc Gill de Montreal Canadá.

El territorio de la Zona Metropolitana del Valle de México, quedo delimitado en 16 delegaciones del Distrito Federal y 34 municipios metropolitanos del Estado de México, compilándose información de los programas oficiales de desarrollo urbano sobre registros y estadísticas de población, actividades económicas, industria localizada (en particular de la potencialmente peligrosa), usos del suelo, vivienda, equipamiento urbano básico, normas técnicas y ambientales, así como empresas generadoras, transportistas, asociaciones y soportes de transporte de materiales peligrosos, además de datos históricos de accidentes ocurridos en el nivel internacional y nacional de transporte de materiales peligrosos.

La investigación inicia con la revisión del marco jurídico que norma la gestión del transporte de materiales peligrosos en México, observándose importantes lagunas jurídicas tanto en la legislación federal como en la local, que son causa de falta de control jurídico, administrativo y operativo del transporte de materiales peligrosos en zonas urbanas del país, en donde el peligro a la salud de la

² El Sistema Soporte Espacial de Decisión, integra las herramientas de asistencia para la toma de decisiones de la ruta para cada criterio y el GIS, contiene diferentes bases de datos para operaciones y manipuleo de la información espacial.

población expuesta ésta presente cotidianamente. Cabe comentar que en el Valle de México, convergen tres niveles de competencias político-administrativas y en ningún caso, hasta el día de hoy, estas autoridades locales o federales, han asumido la responsabilidad de establecer políticas de control al transporte de materiales peligrosos que permitan minimizar el peligro de la población expuesta en la metrópoli más grande del país. La tarea de la revisión del marco jurídico se realizó mediante trabajo de gabinete para la revisión documental y en campo, entrando en contacto con legisladores de distintas fracciones parlamentarias de la Comisión de Desarrollo Metropolitano de la H. Cámara de Diputados Federal.³

Las fuentes de información de la investigación documental, fueron las diversas oficinas gubernamentales responsables de la gestión de los materiales peligrosos en México, como la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Secretaría de Comunicaciones y Transporte del Gobierno Federal, así como las respectivas Secretarías de Medio Ambiente y de Transportes del Gobierno del Distrito Federal y la Secretaría de Ecología y de Comunicaciones del Gobierno del Estado de México.

Los datos estadísticos seleccionados de la diferentes fuentes de información, fueron integrados en una base de datos y en un Sistema de Información de Información Geográfica (SIG), utilizando el Software TRANSCAD para (a) el procesamiento de la información; (b) la clasificación del territorio; (c) la construcción de la Red Metropolitana de Transporte de Materiales Peligrosos; (d) la estimación de flujos y congestión sobre la red; (e) la modelación del área de peligro en el SIG y; (f) la estimación de la población expuesta (habitantes y viajeros).

Como parte de la Metodología definida por la investigación, fue necesario identificar la Red Metropolitana de Transporte de Carga (que incluye a los materiales peligrosos) y los Corredores de Peligro, para lo que se realizaron aforos vehiculares en puntos estratégicos de la red vial metropolitana, con el objeto de obtener datos específicos sobre la distribución modal y número de vehículos por tipo (automóviles, unidades de transporte de pasajeros y camiones de carga), en los corredores de peligro más importantes de la ciudad.

El trabajo de campo para los aforos se realizó con el apoyo de estudiantes en estancia profesional de la carrera de Técnicos Superior Universitario en Informática de la Universidad Tecnológica Netzahualcóyotl, quienes fueron capacitados para el levantamiento y procesamiento de la información requerida.

Para modelar las áreas de peligro de accidentes de transporte de MPs químicos seleccionados (cloro y amoníaco), considerando condiciones atmosféricas reales de la Zona Metropolitana del Valle de México, se utilizó el software ALOHA (US-EPA, 2004a; b), de la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, US-EPA), el cual es utilizado por las agencias reguladoras ambientales y de transporte norteamericanas de los Estados Unidos y Canadá, en donde se éste software para modelar accidentes químicos de fuentes fijas y móviles.

3 Como resultado de esta actividad, en colaboración con la Comisión de Desarrollo Metropolitano y la Comisión del Medio Ambiente de la H. Cámara de Diputados Federal durante la LIX, se logro la definición y aprobación de un Punto de Acuerdo en el que se exhorta a la autoridades responsable de la gestión a los materiales peligrosos en la Zona Metropolitana del Valle de México, ha identificar sitios contaminados y sanearlos y registrar las empresas potencialmente peligrosas tanto por su proceso productivo, como por la generación de residuos y manejo de materiales peligrosos.

La red base y la matriz O-D semilla, utilizada para generar la Red Metropolitana de Transporte de Carga (que incluye a los materiales peligrosos), fue generada por el grupo de investigaciones del Laboratorio de Transportes y Sistemas Territoriales del Instituto de Ingeniería de la UNAM, la cual fue utilizada a lo largo de todo el trabajo de investigación.

La metodología definida para el análisis de la exposición de la población a accidentes de transporte urbano de MPs, se divide en cuatro partes, considerando la información disponible para cada caso de estudio y dos posibles enfoques de estudio para la estimación de la población expuesta por modelos de dispersión:

Parte 1: “Clasificación del territorio de acuerdo al grado de peligro debido a la presencia de MPs”.

Parte 2: “Estimación de congestión y flujos en la red usada por el transporte de MPs”

Parte 3: “Población expuesta al transporte de MPs por el modelo de Banda Fija”

Parte 4: “Población expuesta al transporte de MPs químicos por Modelos de Dispersión”

Con la aplicación de la metodología se genera cinco resultados principales que son dependientes de la información disponible en ambiente urbano

- i. Mapa de peligro, como el instrumento informativo que nos permite visualizar de forma inmediata el peligro para la población debido a la presencia de MPs, considerando criterios como la existencia de instalaciones potencialmente peligrosas, el transporte de MPs y la distribución de la propia población sobre el territorio.
- ii. Identificación de los corredores más peligrosos en la red vial, que se genera como resultado de la estimación del flujo y la congestión en la red usada por vehículos de MPs.
- iii. Jerarquización de los corredores peligrosos para la generalidad de los MPs, según el tamaño de la población expuesta, habitantes y viajeros expuestos estimada por modelo de banda fija.
- iv. Estimación de la población expuesta, habitantes y viajeros, en caso de un accidente transporte de los MPs químicos seleccionados sobre un corredor de primera jerarquía, en escenarios de día y de noche, por modelo de banda fija.
- v. Estimación de la población a en cada área de impacto según el nivel de concentración del tóxicos, en caso de un accidente de transporte de MPs químicos seleccionados sobre un corredor de primera jerarquía, en escenarios de día y de noche con condiciones atmosféricas reales por modelos de dispersión.

No debe perderse de vista, que los resultados que se generen serán de mayor precisión, confiabilidad y calidad cuando se cuenta con mayor información y de ello, la definición de políticas estarán mejor soportadas tanto para mejorar el proceso de planeación y operación de las rutas de transporte urbano de MPs, como para la prevención de accidentes de transporte de MPs en zonas densamente pobladas.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

En el documento presenta la introducción; el objetivo general y específicos de la tesis doctoral; descripción del marco metodológico de la investigación y; estructura de la tesis. Enseguida se muestran nueve capítulos que se describen a continuación.

En el Capítulo 1, se presenta una revisión del estado del arte, a través de la selección de una serie de investigaciones relacionadas con la atención del problema del transporte de materiales peligrosos (MPs).

En el Capítulo 2, se presenta el problema del desorden urbano y vial en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), define el marco territorial de estudio y caracteriza el problema de desorden urbano en relación con el transporte de los MPs.

El Capítulo 3, sobre la gestión de los MPs presenta las consideraciones más importantes acerca del marco normativo y conceptual de los MPs, en el nivel internacional y nacional y local, para el caso de la ZMVM. Se estudia el problema de control por parte de las autoridades del Distrito Federal y el Estado de México, tomando en cuenta que la existencia de los MPs en la ZMVM, que implican una serie de actividades de almacenamiento, recolección y transporte para llevar su proceso de uso, rehúso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final y sobre todo que la autorización de vehículos y rutas, son otorgadas por las autoridades federales que “amparan” la operación de las unidades de transporte en cualquier zona urbana e incluso a través de áreas residenciales, en horarios comunes y sobre las mismas vialidades que el resto de los vehículos de transporte público y privado de pasajeros, limitando la actuación de las autoridades locales.⁴.

El Capítulo 4 transporte de los MPs químicos seleccionados: cloro y amoníaco, presenta las formas de identificación, características físico químicas y condiciones de transporte de los MPs químicos seleccionados, el cloro y el amoníaco. El

En el Capítulo 5, Metodología para el análisis de la exposición de la población a accidentes de transporte urbano de MPs, explica de forma introductoria en qué consiste cada uno de los pasos de la metodología propuesta para estimar habitantes y viajeros que pueden quedar expuestos a la inhalación de tóxicos dañinos. La metodología propuesta puede ser aplicable al estudio y análisis del problema del transporte de MPs, para cualquier zona urbana del país para minimizar el peligro de la población expuesta mediante la definición de políticas y normas de control y operativas para la mejor gestión de los materiales peligrosos.

En el Capítulo 6, se presenta la primera parte de la aplicación de la metodología propuesta para el análisis de de la exposición de la población a accidentes de transporte urbano de MPs para el caso de la ZMVM, en donde se muestra un método para clasificar el territorio de la metrópoli por nivel de peligro, mediante el análisis multicriterio (Electre IV) y Sistema de Información Geográfica. (Roy B., 1985 y Vincke P., 1989). Se toman como criterios de clasificación el número de empresas

4 Cabe distinguir los residuos peligrosos, que según la normatividad mexicana, se caracterizan por ser generados en la producción y/o consumo de bienes, cuya calidad no permite ser reutilizables, debido a sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y/o biológico infecciosas, que representan un peligro al ambiente y a la salud humana y se incluyen los residuos peligrosos de origen doméstico.

potencialmente generadoras de residuos peligrosos y transportistas autorizados a movilizar residuos; el número de empresas químicas productoras y distribuidoras y transportistas de químicos y; la densidad poblacional. Única información disponible sobre la gestión de los MPs en nivel metropolitano.

En el Capítulo 7, se muestra la segunda parte de la aplicación de la metodología, en donde se identifica el inventario de las vialidades principales usadas para el transporte de MPs y se estiman los flujos en los arcos de la red (red vial principal de la ZMVM), usando un modelo de Asignación de Tráfico de Equilibrio del Usuario (Sheffi, 1985), con base en información de aforos vehiculares y en un muestreo de orígenes y destinos de los viajes (el cual generó una matriz o-d semilla); de entre los arcos más congestionados e importantes de la red, se seleccionan aquéllos con mayores volúmenes de vehículos de materiales peligrosos y de estos arcos se seleccionan los 21 principales corredores metropolitanos de transporte de MPs, los cuales finalmente fueron sobrepuestos al territorio diferenciado por Electre IV, para su análisis posterior.

El Capítulo 8, explica la tercera parte de la aplicación de la metodología, mostrando un primer enfoque de estimación de la población expuesta a posibles accidentes de transporte, aplicando el modelo de bandas fijas para calcular habitantes y viajeros expuestos (población en la banda), que pudieran ser afectados por evacuación o daños en su salud o en su vida, al quedar inmersos en una cierta área de exposición (banda a lo largo del corredor) y, según el tamaño de la población expuesta, se realiza un jerarquización de corredores. Con la aplicación de este mismo modelo de bandas, se presenta el análisis comparativo de los MPs químicos seleccionados, Cloro y Amoníaco, para estimar la población expuesta para escenarios de día y de noche.

El Capítulo 9, muestra la cuarta parte de aplicación de la metodología, en donde se considera un segundo enfoque usado para estimar la población expuesta a posibles accidentes de transporte, aplicando los modelos de dispersión de Pluma Gaussiana, para los MPs en forma de gas neutralmente flotante o gases ligeros y, el modelo ALOHA-DEGADIS (US-EPA, 1988) para gases pesados. Éste último modelo de Dispersión se uso para analizar escenarios de posibles accidentes de transporte de los MPs químicos seleccionados, el Cloro y Amoníaco, ya que éstos se transportan como gases licuados comprimidos. Para escenarios de día y de noche, se estiman habitantes y viajeros así como posibles daños en su salud debido a los niveles de concentración de tóxicos y tiempos de exposición en el caso de un posible accidente de transporte de éste tipo de materiales peligrosos.

En el Capítulo de Conclusiones, se presentan la principales conclusiones entre las que se destaca que por primera vez en el estudio del problema de transporte de MPs, son contemplados como población expuesta tanto a los “habitantes” como los “viajeros” en las zona de exposición durante la ocurrencia de un accidente de transporte de MPs químicos que se dispersan y se sugieren algunas recomendaciones a considerar para la toma decisiones y definición de políticas de gestión de los materiales peligrosos.

Se concluye presentando las referencias que fueron base de este trabajo y los anexos que integran información adicional relevante de este trabajo de investigación.

1. ESTADO DEL ARTE

El peligro es elemento clave que diferencia el problema del transporte de materiales peligrosos de otros problemas de transporte de cualquier ciudad, metrópoli o región, porque pone en riesgo la salud y la vida de las personas y no obstante a ello, su presencia es necesaria en la diversidad de las actividades humanas y esto implica el necesario transporte terrestre, marítimo y hasta aéreo, de miles de materiales peligrosos en todo el mundo.

Minimizar por tanto el peligro del transporte de materiales peligrosos puede marcar la diferencia de vida de muchas personas, especialmente cuando se tiene la alta presencia de estos materiales en un determinado territorio, ya sea por la localización de industria químicas, plantas nucleares, empresas gaseras o de combustibles, refinerías o plataformas de explotación de petróleo, entre otras.

Mucho más delicado se vuelve el problema, cuando en el territorio se concentra el más importante número de actividades económicas que demandan un alto movimiento de materiales peligrosos, en vías compartidas con otros modos de transporte de personas y mercancías, y además en este territorio viven millones de personas distribuidas en complejo modelo de suelo urbano, que es el caso de las grandes ciudades del mundo.

Por todo lo anterior y para conocer como se han tratado los diferentes aspectos del problema por los expertos, se ha definido como objetivo de este capítulo, estudiar el estado del arte de las investigaciones de transporte de materiales peligrosos para conocer sus alcances en poblaciones urbanas, en el caso de ocurrencia de accidentes no deseados.

De la revisión del estado del arte, fue posible identificar valiosas aportaciones que tratan el problema del transporte de materiales peligrosos (MPs), con modelos y algoritmos matemáticos dedicados al diseño y selección de rutas seguras o bien para el diseño redes seguras de transporte MPs. Entre las diversas aportaciones se observó que algunas de estas investigaciones incluyen la evaluación del peligro al transporte de MPs con modelos probabilísticos y otras más, hacen uso de modelos matemáticos para presentar la modelación de dispersión de tóxicos de MPs, para estimar el espacio territorial de zonas afectadas y posibles consecuencias en la salud o vida de habitantes, daños al medio ambiente o sobre bienes de propiedad pública o privada. Cabe mencionar también que para el análisis del problema y de los resultados, algunas de las investigaciones hacen uso de herramientas como los Sistemas de Soporte Espacial de Decisión (SSED) o Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Por todo lo anterior, una posible clasificación de los diversos artículos de investigación revisados puede ser la siguiente:

A) Diseño de rutas:

- Diseño y selección de rutas
- Diseño de rutas y SEDD
- Diseño de rutas y GIS
- Diseño de rutas, SEDD y GIS

Estado del Arte: Lozano, *et al*, (2009, 2010a; b; c); Erkut y Gzara, (2007); Carotenuto, *et al*, (2007a y b); Akgün (2005 y 2000); Dell'Olmo *et al.*, (2005); Erkut e Ingolfsson (2005 y 2000); Huang y Cheu (2004); Huang (2003); Kara, *et al.* (2003); Storchi, *et al.*, (2002); Luedtke y Withe (2002); Marianov (2002); Verter Kara (2001); Leonelli (2000); Zoógrafos (2000); Zhang, *et al.*, (2000); Frank, *et al.*, (2000); Akgún *et al.*, (2000); Boulmakoul *et al.*, (1999); Coutinho, *et al.*, (1997); Brainard, *et al*, (1996); Gianninkos (19988); Abkowitz, *et al*, (1990); Baaj, *et al*, (1990); Lepofsky, *et al*, (1993);

B) Diseño de redes.

- Diseño de redes
- Diseño de redes y estimación probabilística de peligro
- Diseño de redes y SIG
- Diseño de redes, modelos de dispersión y habitantes expuestos:

Estado del Arte: Erkut y Gzara (2008 y 2005); Verter y Kara (2005) Berman (2005); Kara Y Verter (2004); Kara, *et al.*, (2003); Kara y Verter, (2002); Church y Cova (2000).

De entre las diversas investigaciones revisadas, a continuación se destacan las que han sido base para el trabajo de esta tesis doctoral.

Boulmakoul *et al.*, (1999), presentan un trabajo que describe la estructura y especificaciones generales de un sistema de control por tele-monitoreo del transporte de materiales peligrosos.

La estructura del sistema de tele-monitoreo, se basa en la integración de una serie de bases de datos del entorno de inter-operatividad del transporte de los materiales peligrosos y el uso de tecnologías informáticas para el análisis de la información espacial, siendo sus componentes principales los siguientes: i) el software gráfico de seguimiento del recorrido; iii) los operadores de telecomunicaciones entre vehículos y el sistema (GPS) para controlar su posición global y; iii) los canales de servicio disponibles a los usuarios para el diseño de rutas de transporte de materiales peligrosos: operadores públicos y privados.

El sistema de tele-monitoreo utiliza como herramientas para la integración de la información, un Sistema de Información Geográfica (SIG) y un Sistema de Soporte Espacial de Decisiones (SSED), que permiten hacer análisis de escenarios de impacto real o simulado de la ocurrencia de accidentes de materiales peligrosos y también brinda la posibilidad de prestar servicios de tele-vigilancia para el transporte de sustancias peligrosas en ruta.

Las bases de datos relacionadas en el sistema son dos: a) la primera que contiene información sobre el almacenamiento y recomendaciones de almacenamiento de los materiales peligrosos y; b) una base de datos con información sobre la gestión regular de los materiales peligrosos.

El SIG integra la información de usos de suelo, infraestructura urbana, red vial urbana, zona industrial, puerto de energía y petróleo, fábricas químicas y datos estadísticos y geográficos sobre accidentes que involucran el transporte de MPs.

El SSED contiene herramientas de asistencia para la toma de decisiones de acuerdo a los criterios de enrutamiento y análisis espacial de peligros, que se sustentan en: i) información real en tiempo real, que se obtiene a través de un servidor de comunicación que alimenta al SSED sobre las posiciones de los vehículos; ii) itinerarios usados de menor peligro y; iii) hechos de condiciones y accidentes ocurridos.

La aportación más importante que se presenta sobre el desarrollo de este sistema de tele-monitoreo de transporte de materiales peligrosos, para el diseño y selección de rutas, se considera que es la integración de la información sobre el conocimiento relativo a la dinámica de la gestión los MPs, que les permite asegurar los datos espacio-temporales disponibles sobre la operaciones de transporte de materiales peligrosos, las restricciones en tiempo real y, las historia de la operatividad de sistema, todo ello para proporcionar información confiable de la toma de decisiones.

La aplicación de investigación se llevó al caso de la zona periférica de la localidad Mohammedia en Marruecos, que es un área que se caracteriza por la intensa actividad de la industria química y petrolera y que implica una alta vulnerabilidad del territorio a accidente de transporte de MPs.

Akgún *et al.*, (2000), proponen planear y diseñar rutas para el transporte de MPs, retomando el problema de la ruta más corta, no solo para encontrar la mejor ruta, en términos de tiempo o distancia entre un origen y un destino, sino especialmente para encontrar una serie rutas alternativas a la más corta para ese mismo par de origen y destino y que pudieran apoyar la toma de decisiones para el caso en que las condiciones climatológicas o situaciones de mantenimiento o construcción de una cierta vía, pudieran afectar el uso de la “mejor” ruta (la menos peligrosa).

El problema para encontrar el conjunto de rutas alternativas, se formula como una función multi-objetivo y para su solución se proponen tres métodos:

a) Método de Penalización Interactiva (MPI), que se basa en la aplicación iterativa del algoritmo de la ruta más corta entre un origen y un destino, considerando que cada vez que se aplica el algoritmo se obtiene una penalización que va siendo acumulada sobre cada una de las rutas alternativas posibles, y la aplicación repetitiva de la subrutina y mecanismos de penalización se realiza sobre todo el conjunto de rutas, eliminando paso a paso rutas alternativas, hasta que se genera y encuentra la o las mejores rutas, distintas a la más corta.

b) Método de la Ruta más Corta entre Puertas de Enlace (Gateway Shortest Paths, GSP), que se basa también en los principios del problema de la ruta más corta entre un origen y un destino, con la diferencia de que en este método se tiene la restricción de que la ruta o el conjunto de rutas alternativas quedan sujetas a pasar por un nodo específico llamado “gateway”. Dicho de otra forma, se generan diferentes arreglos de rutas alternativas, sujetas al paso por ciertos nodos específicos, y la selección de la ruta se realiza mediante la evaluación de las similitudes o diferencias de las rutas que integran un conjunto de rutas alternativas.

c) Método Minimax, se aplica con el objeto de generar una serie de rutas “diferenciadas” entre un origen y un destino que es alternativo a la ruta más corta. De tal forma que el procedimiento inicia cuando se genera la ruta más corta entre un origen y un destino, enseguida se genera y selecciona un subconjunto de rutas de un gran conjunto, que resulta del análisis su similitud considerando su longitud

métrica de ruta y entonces el mínimo disimilar se maximiza para generar un conjunto final de rutas alternativas mutuamente excluyente.

Los tres métodos se aplican al caso de la red de autopistas de Alberta⁵ en Canadá, que incluye 305 nodos y 854 arcos. Los autores de este trabajo muestran los resultados de diversos experimentos de generación y selección de rutas, procesando la aplicación de los algoritmos de forma computacional. Destaca de los resultados que, se obtuvieron tres medidas importantes para determinar la “disimilitud” entre cada conjunto rutas: i) longitud promedio; ii) disimilitud promedio entre pares de rutas, y; iii) disimilitud mínima en el conjunto de rutas.

Se concluye al final de este trabajo, que cada uno de estos tres métodos tiene una serie de inconvenientes y los autores proponen como técnica alternativa de solución al problema, la aplicación del algoritmo “P-dispersión” para encontrar un conjunto alternativo de rutas (más cortas) para el transporte de MPs, que puede ser una extensión al trabajo que ellos presentan.

También, concluyen que la selección de un conjunto de rutas alternativas, puede apoyar la toma de decisiones, siempre que se consideren los habitantes que viven a lo largo de cada ruta, los cuales pueden estimarse mediante la utilización del modelo de banda fija o “buffers” que se determinan en función de cada tipo de MPs. Obviamente haciendo uso de este modelo el mejor conjunto de rutas alternativas, sería el menos peligroso según el menor número de habitantes afectados y justamente se explica que ésta es la mayor dificultad, por lo que la tarea podría facilitarse haciendo uso los Sistemas de Información Geográfica, que incluyan datos del área, población, red de carreteras, la topología y la estructura de distancias de la propia red.

Frank, *et al.*, (2000) buscan la forma de minimizar el peligro vía el diseño y selección de rutas diferenciadas utilizando como herramienta los Sistemas Soporte Espacial de Decisión (SSED), los cuales se recomiendan para generar una o más rutas compatibles a objetivos y restricciones de redes de gran tamaño.

En general, en su investigación se analizan y discuten los componentes del SSED que soporta la información útil en el diseño de rutas de materiales peligrosos por lo que describen en detalle el sistema de interfaz de usuario para una computadora personal, mediante el cual es posible establecer parámetros para el diseño de una ruta tomando en cuenta las características de cada arco y de las intersecciones de la red, con la opción de visualizar resultados en mapas que ayuden a la toma de decisiones.

Para el diseño del SEDD, el documento presenta el análisis de las estructuras de datos según los atributos de los arcos de la red: tiempos, costos y población en peligro, tasas de accidentes, y niveles de velocidad. Explican que el SEDD exige el desarrollo de software específico para resolver el problema de transporte de MPs, ya que debe llevar al usuario por un procedimiento lógico en el diseño de la ruta, la cual debe definirse en forma oportuna y dedicada a soluciones específicas según el resultado de la evaluación de escenarios y de la negociación entre los actores involucrados, productores y trasportistas u operadores.

⁵ Alberta es una provincia de Canadá, su capital es la ciudad de Edmonton y cuenta con una población de 3 473 984 habitantes.

Sobre el algoritmo para el diseño y generación de rutas soportado por el SSED, se explica la formulación matemática del problema y los métodos de solución tomando en cuenta tres retos importantes: i) el manejo de una red real de gran escala; ii) la generación sofisticada de una heurística de solución y iii) el funcionamiento adecuado del sistema instalado en una PC. Como resultado de la aplicación del algoritmo, las rutas seleccionadas para el transporte de MPs, fueron construidas de forma interactiva.

El documento presenta la aplicación del algoritmo para el diseño de rutas sobre la red de carreteras integradas por la Oficina de Estadísticas de Transporte del Condado de Bureau,⁶ que incluye cerca de 57 000 intersecciones, y concluye destacando como su principal aportación, la posibilidad de diseñar rutas diferenciadas soportadas en un SEDD.

Zhang, *et al.*, (2000) investigan el diseño de rutas seguras para el transporte de MPs, a partir del estudio de la probabilidad de peligro en los arcos de una red, en función de los posibles efectos de la exposición de tóxicos sobre los habitantes de una zona afectada por una sola fuente de dispersión de MPs.

En este estudio se propone como herramienta adicional al estudio de la probabilidad, la aplicación del modelo de Pluma Gaussiana (US-EPA, 1988) para determinar la zona afectada por accidente de transporte de MPs y estimar los niveles de concentración de tóxicos y después, combinando datos demográficos, calcular la probabilidad de que ciertos habitantes puedan resultar lesionados inmediatamente, enfermarse o morir al quedar expuestos en una zona afectada.

Los autores presentan una crítica a los métodos tradicionales mediante los cuales se evalúa la probabilidad de peligro de transporte de materiales peligrosos, tal como el caso del método usado en los Reglamentos de la Junta de Seguridad Nacional del Transporte de los Estados Unidos (US National Transportation Safety Board), el cual se divide en tres etapas: i) determinación de la probabilidad de un evento indeseable ante la liberación de tóxicos de un material peligroso; ii) estimación del nivel de exposición potencial, dada la naturaleza del evento; iii) estimación de la magnitud de las consecuencias (víctimas mortales, lesiones y daños a la propiedad) dado el nivel de exposición. En su crítica, los autores explican que cada etapa del proceso produce una o más distribuciones de probabilidad y dos de éstas son distribuciones condicionales, pero en la práctica rara vez se sigue un camino de tres etapas.

También discuten duramente, la estimación empírica de probabilidades utilizando tasas dispersión o bien, la estimación de la probabilidad de peligro, basada en el modelo “todo o nada”, en el que se asume que las personas que pueden ser afectadas son aquellas que quedan inmersas en el área fija (banda o buffers) que rodea una ruta por donde se transportan MPs y, ninguna persona que queda fuera puede resultar afectada.

En general, dicen que las formas tradicionales de estimar las consecuencias de un escape de materiales peligrosos en rutas de transporte son limitadas y carecen de realismo, sobre todo porque la probabilidad de una consecuencia depende del nivel de concentración de los tóxicos y de la forma en que los tóxicos se dispersan en el ambiente y afectan un área, especialmente debido a que las personas que se encuentran en el área en donde se tiene la mayor concentración son las que más probablemente

⁶ Bureau es un condado estadounidense, situado en el estado de Illinois y cuenta con una población aproximada de 35 503 habitantes.

sufrirán consecuencias en su salud o vida. Así que para modelar el área afectada, ellos adoptan el modelo de Pluma Gaussiana mediante el cual determinan el área afectada por nivel de concentración de tóxicos para la mayoría de los materiales peligrosos y con esta información, calculan matemáticamente la probabilidad de daño de uno o varios habitantes, ello, haciendo uso de la técnica de álgebra de mapas de los Sistemas de Información Geográfica. Esto es, se calcula matemáticamente el producto entre la probabilidad de accidente de materiales peligrosos por unidad de longitud de cada arco y la posible consecuencia, que se evalúa como los habitantes que se encuentran en la zona de impacto, esto para una sola fuente de dispersión de tóxicos dañinos debido a un accidentes de transporte de MPs.

La función de probabilidad que utilizan para modelar el peligro es la “Probit” y los cálculos se realizan de forma computacional y se presenta la aplicación del método propuesto para la red de carreteras de Edmonton⁷, Canadá.

Kara, *et al.*, (2003) presentan una crítica sobre la aplicación tradicional del modelo de la ruta más corta o menos peligrosa para proponer una metodología que permite calcular el peligro del transporte de MPs, con la aplicación de dos algoritmos para la selección de rutas. Primero aplican un algoritmo de ruta más corta, que es una adaptación del de etiquetas de Dijkstra⁸, con el que minimizan la “probabilidad” de ocurrencia de un accidente de transporte de MPs según el tamaño de la población expuesta (habitantes), que se obtiene utilizando el modelo de bandas fijas, y luego aplican otro algoritmo para corregir la sobreestimación de la población en los nodos de la ruta que forman algún ángulo.

En esta investigación se presentan un ejemplo numérico para el caso del suroeste de la red de autopistas de Ontario, encontrando con la aplicación de los dos algoritmos que, para el modelo de banda fija (con ancho de 800m) la solución fue mejorada respectivamente en 0.24% y 0.04% para las dos rutas mostradas (lo que significan 18 y 3 personas!).

Kara y Verter (2004) presentan una investigación sobre el diseño de redes de autopistas para el transporte de MPs, en donde se propone una metodología para el diseño redes de transporte de MPs, en la cual se aplica un modelo bi-nivel para analizar el problema, considerando la relación que puede presentarse entre autoridades y transportistas y que por tanto, este modelo puede representar la interacción de costos y peligro total de transporte de MPs en una red, según las distintas decisiones que pueden ser tomadas por una autoridad y las empresas trasportistas y como resultado se pueden identificar los segmentos de carretera que deben o pueden ser cerradas al transporte de MPs o bien, evaluar la aplicación de posibles regímenes de regulación y control horario.

Los autores de esta investigación, critican a otros autores que evalúan el peligro total al transporte de MPs, basados en el supuesto tradicional de que las rutas seleccionadas son las menos peligrosas, ya que este supuesto resulta poco realista si se considera el comportamiento normal de los transportistas, quienes utilizan la ruta más corta o la menos costosa de la red y no la menos peligrosa y explican que para evitar una situación de libertad de selección de ruta de MPs por los transportistas, podría ayudar la intervención de la autoridad y esto también podría resultar poco realista, ya que su decisión significaría minimizar el peligro para la población y el aumento de hasta el 100% del costo total de transporte MPs

⁷ Edmonton es la capital de la provincia canadiense de Alberta, tiene una población de 752 412 habitantes.

⁸ El algoritmo de Dijkstra es el algoritmo de rutas mínimas más conocido.

y entonces las empresas de transportistas no podrían soportar un incremento tan alto en costos operativos. Entonces ellos dicen, que es crucial que los esfuerzos del gobierno se orienten a desarrollar los mecanismos más adecuados para reducir el peligro y que este mecanismo a su vez, debe ser aceptable a los costos asociados para las empresas de transporte y por tanto, se justifica el uso de un modelo bi-nivel para sustentar su propuesta metodológica.

En general, la formulación de su modelo se basa en el principio de que las autoridades identifican la mejor forma de limitar las opciones de selección de ruta por parte de los transportistas, estableciendo estados temporales operativos para los arcos de la red carretera, como: a) abierto o cerrado y (b) permitido/no permitido a vehículos de transporte de MPs. Aclarando que esta formulación puede brindar otras opciones como resultado de la negociación entre actores involucrados, a manera de ejemplo se pueden hacer variaciones horarias del día, agregando o quitando arcos, de tal forma que se minimice el peligro total en la red. En todo caso, las decisiones pueden tomarse, siempre que se cuente con suficiente información estadística que ayude condicionar el uso de la red.

El estudio del diseño de redes de esta investigación, se llevó al caso de estudio de la red de carreteras del oeste de Ontario en Canadá⁹ y el problema se estudió bajo una perspectiva de largo plazo, considerando entre sus principales parámetros de estudio, el promedio anual de vehículos de gasolina, aceite combustible, petróleo y derivados y alcohol, que se movilizan entre diversos pares origen-destino y el censo de población de la ciudad, y entre los supuestos se asumió que el número promedio vehículos de carga entre cada par origen-destino es uniforme a lo largo de todo el año y que no existen diferencias significativas en el tamaño de la población (habitantes) para escenarios de día y la durante la noche.

Dell'Olmo *et al.*, (2005) presentan una metodología que tiene como objetivo encontrar un conjunto alternativo de rutas para el transporte de MPs, entre un origen y un destino, mediante la cual se distribuya el peligro total para los habitantes. Su propuesta se divide en dos fases:

- La primera, mediante la cual se busca encontrar un conjunto de caminos “Pareto óptimos”¹⁰ entre un origen y un destino, y que se obtiene mediante la aplicación de un algoritmo multicriterio de la ruta más corta, y;
- La segunda, que implica que para cada ruta encontrada, se construye una banda fija o búfer que revela una cierta zona afectada por dispersión de tóxicos generados por un accidente de transporte de MPs, que se usa para encontrar un índice de disimilitud entre cada par de caminos o rutas, es decir se encuentran las rutas espacialmente más disímiles. Enseguida, este método se aplica al estudio de un caso real y se comparan los resultados computacionales con los resultados de la aplicación del Método Iterativo de Penalización para el mismo caso de estudio. Finalmente se discuten las ventajas del uso del método propuesto, para problemas reales de diseño de rutas de transporte de MPs. Como herramienta en esta fase, se utilizan Sistemas de Información Geográfica (GIS).

⁹ Ontario es una provincias de Canadá y es la más poblada del país con cerca de 12 792 619 y una densidad de población 13.93 hab/km².

¹⁰ Un conjunto de soluciones “Pareto óptimos” es aquel donde las soluciones cumplen que no es posible mejorar algún criterios sin empeorar otros.

Para el análisis multicriterio, a cada arco se asocian dos criterios: a) longitud (expresada en kilómetros) y; b) una medida de peligro basada en función de la longitud del arco y un índice del volumen promedio de tráfico de MPs en el arco.

En este caso, la medida de peligro se relaciona con una cierta probabilidad de tener un accidente a lo largo de un arco, pero las consecuencias del accidente dependen estrictamente del material peligroso involucrado y el número de habitantes expuestos en la zona afectada a lo largo de cada arco, que se determina en función de la densidad de población.

La idea central en esta investigación, se relaciona con la determinación de rutas espaciales disimiles que permiten distribuir el peligro total para los habitantes expuestos, mediante la gestión de flotas de vehículos de transporte de MPs.

El método es aplicado para el caso de estudio de rutas de una subred de carreteras regionales alrededor de la ciudad de Roma¹¹ en Italia, la cual se integró por 699 nodos y 1 754 arcos, y para la modelación de las zona afectadas se consideró una banda fija o “buffer” de un posible accidente de un vehículo de combustible flamable GPL (gas propano líquido) viajando entre estaciones de servicio de gas, además de un solo origen (depósito) a un destino (la estación).

Carotenuto, *et al.*, (2007a) tratan sobre la generación de rutas de peligro mínimo para el transporte de MPs en carreteras regionales y entre un par origen-destino, la propuesta central se basa en considerar la selección de rutas que minimicen el peligro total a la población debido al transporte de MPs, de tal forma que este posible peligro se distribuya equitativamente entre rutas para no afectar siempre y en la misma medida a cierta población.

El problema es formulado matemáticamente incluyendo una relajación de Lagrange, y es propuesta una solución en dos algoritmos heurísticos que en esencia son versiones modificadas del algoritmo Yen¹² usado para resolver el problema de la ruta más corta. Se asume que el peligro se propaga a lo largo de las distintas rutas por donde se transportan MPs y que, es posible distribuir este peligro de forma equitativa entre las zonas de una región geográfica en donde se integra la red de transporte. Se muestra una serie de pruebas de cálculo sobre la red carretera de alrededor de la ciudad de Roma en Italia.

La investigación se centra en dos ideas principales, la primera que se relaciona con la evaluación del peligro provocado a la población debido al tráfico de vehículos de materiales peligrosos que viajan en los varios segmentos de la red de carreteras, y la segunda que implica la selección de las rutas más seguras para afectar lo mínimo a la población (habitantes). Lo anterior implica que, además de seleccionar un conjunto de rutas de peligro total mínimo, se logre distribuir el peligro en forma equitativa para los habitantes que viven en la proximidad de cada arco de la red, y ello implica limitar el uso de las rutas de peligro máximo.

Los autores concluyen que en el ámbito de tratamiento del problema del transporte de MPs, no solamente se debe evaluar el peligro o seleccionar las rutas seguras, sino que es muy importante hacer frente al problema de hacer gestión del transporte de MPs, para diseñar y programar rutas seguras de

11 La ciudad de Roma en Italia cuenta con una población de 2 728 296 habitantes, y si se considera la zona metropolitana la población suma 4 330 000 habitantes.

12 El algoritmo de Yen se presenta como una mejora del algoritmo Bellman-Ford para un grafo sin ciclos con peso negativo.

vehículos, evitando que los vehículos con diversos MPs coincidan en horarios y uso de vías de una red disponible y por tanto, el diseño de rutas es básico para la planificación del transporte de MPs.

Erkut y Gzara (2008), presentan una investigación similar a la de Kara y Verter (2002), para resolver el problema del diseño de una red de transporte de materiales peligrosos, sujeta a que el gobierno defina la red autorizada para el transporte de materiales peligrosos y los transportistas decidan la ruta que deben usar, y por tanto plantean el problema como un modelo de formulación bi-nivel y proponen un método de solución heurística.

Ellos explican que, a pesar de las buenas prácticas de la industria que genera o hace uso de los MPs, siempre se tiene una preocupación por la población por la posible ocurrencia de un accidente, aún cuando se tenga una baja probabilidad de ocurrencia, simplemente porque existe esa posibilidad y de llegar a ocurrir se pueden tener altas consecuencias en la vida o en la salud de las personas. Por ello, las autoridades a fin de minimizar el peligro de transporte de MPs, pueden limitar la operación de los vehículos de MPs, a un subconjunto de rutas sobre una red de carreteras o vías disponibles en un territorio y una vez que se ha definido la sub-red autorizada para el transporte de MPs, los transportistas están obligados a permanecer en ella tanto como sea posible, condicionados a elegir el camino más corto entre orígenes y destinos.

El planteamiento del problema en esta investigación, se basa en el problema del transporte de MPs en la red de vías de una ciudad, con distintos orígenes y destinos.

Se consideran como actores clave al gobierno local y los transportistas, y se asume que el gobierno está interesado en el minimizar el peligro, mientras que las empresas transportistas están interesadas en la minimización de costos, situación que define un problema bi-nivel para el diseño de la red. El gobierno representa el nivel 1 y las empresas representan el nivel 2.

Una vez que el gobierno decide la red autorizada, las compañías tienen menos posibilidad de elegir las rutas de costo mínimo entre el origen y el destino en esa red y esto no implica que ellos, elegirán una ruta menos peligrosa, por lo que habría que esperar que el gobierno presuponga el comportamiento de las empresas para seleccionar el sub-conjunto de rutas autorizadas.

El análisis para el diseño de la red se plantea para la ciudad de Ravenna en Italia¹³, la red de vías de la ciudad se integra por 105 vértices y 134 segmentos de red, y son considerados 35 distintos orígenes y destinos.

Se conocen costos de viajes por segmento de arcos, densidad de población de los segmentos de arco, y población por zona y de principales sitios de la ciudad, como son escuelas, iglesias, hospitales, fábricas y edificios de oficinas. Esta información se utiliza para calcular el peligro, el cual se determina como el producto de la tasa de liberación de tóxicos dañinos en el caso de un accidente y la población presente en un radio de 500 metros, con lo que se obtienen tres medidas para evaluar el peligro: i) en el arco; ii) alrededor del arco y; iii) una medida agregada de las otras dos. Finalmente el diseño de la red se hace bajo cuatro escenarios de cambios en la participación del gobierno.

13 La pequeña ciudad Rávena se encuentra situada al norte de Italia y tiene una población de cerca de 149 084 habitantes.

Del análisis de la comparación de resultados entre escenarios y los cálculos computacionales, los investigadores concluyen que la selección del diseño final de la red dependerá del nivel de peligro sobre la red y los costos de transportar las mercancías peligrosas, así como de las preferencias de los tomadores de decisiones y en todo caso, la mejor y más fácil decisión se tomará al comparar los distintos diseños de red sobre los cuales se estima el peligro y el costo total de transportar los MPs.

Para finalizar este capítulo, a continuación se presenta el trabajo más destacado encontrado sobre el estudio del transporte de materiales peligrosos y que es el realizado por Erkut, *et al.*, (2005), quienes realizan una revisión exhaustiva de las investigaciones dedicadas al análisis del transporte de materiales peligrosos, identificando diversos trabajos relevantes que clasificaron en cuatro ejes principales de investigación:

- A. Evaluación de peligro: bajo este eje se han presentado investigaciones que analizan la probabilidad de que una determinada población pueda ser afectada por accidentes de transporte de materiales peligrosos en los que ocurre la liberación de tóxicos y evalúan las consecuencias reales que pueden presentarse a lo largo de una ruta. La evaluación puede ser tanto cuantitativa como cualitativa. Para la evaluación cuantitativa se requiere: a) identificar el peligro y a la posibles personas receptoras; b) analizar la frecuencia de peligro y; c) modelar las consecuencias y el peligro.
- B. Diseño de rutas: bajo este eje se incluyen las investigaciones que tratan de minimizar el peligro mediante el diseño de rutas seguras, penalizando o restringiendo su operación en la selección de la vías u horarios de circulación de los vehículos.
- C. Diseño de redes: en este eje se consideran las investigaciones que buscan minimizar el peligro mediante el diseño de rutas seguras para el transporte de materiales peligrosos o bien, tratan de distribuir el peligro equitativamente en la red.
- D. Ubicación de instalaciones y diseño de rutas: en este eje se consideran las investigaciones que combinan evaluación de peligro para la localización de instalaciones peligrosas y el diseño de rutas que minimizan el peligro de transporte de materiales peligrosos.

De la literatura estudiada, cabe señalar que en ningún caso trataron aspectos críticos como los niveles de congestión de una red vial, intersecciones conflictivas, velocidad, tiempo de viaje, usos del suelo y viajeros expuestos (personas en vehículos o peatones sobre la red vial) a accidentes en el transporte de materiales peligrosos y tampoco han considerado una metrópoli tan extensa y densamente poblada como la del Valle de México.

Y si bien es legítimo estudiar formas alternativas para minimizar el peligro total al transporte de materiales peligrosos mediante el diseño de rutas equitativas para distribuir el nivel de peligro, también es cierto que un estudio basado en esta hipótesis podría aplicarse, cuando la red dispone de múltiples posibilidades de rutas entre distintos pares origen-destino. No valdría la pena obtener rutas equitativas en la ZMVM, ya que la red adecuada para el transporte de carga es esparza y no está completa en muchas áreas, además de que la población está en todas partes a lo largo de dicha red.

En el caso de aquellas investigaciones que proponen el uso de modelos probabilísticos para estimar el peligro al transporte de materiales peligrosos, resulta muy cuestionable su aplicación en zonas urbanas con alta congestión, primero porque se requeriría contar con información estadística de alto nivel de confiabilidad sobre accidentes ocurridos de transporte de MPs, por tipo de accidentes, y los arcos de mayor riesgo sobre la red urbana según el volumen de tráfico de vehículos de transporte de MPs y

segundo, si se contara con esa información, la probabilidad de ocurrencia de un accidente de transporte de materiales peligrosos en un arco tendería a cero, debido a que en la práctica suceden pocos accidentes de MPs y la mayoría de los arcos tendría cero accidentes registrados.

En cualquier caso, la probabilidad de ocurrencia por mínima que sea, existe y hasta ahora sólo ha podido determinarse con datos hipotéticos por lo que la usabilidad de modelos probabilísticos para determinar el peligro, siempre dependerá de la calidad de la información estadística con que se cuente.

La investigación reportada en esta tesis doctoral, presenta por primera vez en la literatura del problema del transporte de MPs, el estudio de la población expuesta tomando en cuenta tanto a los habitantes como a los viajeros de las zonas de exposición, ante la posible ocurrencia de accidentes en el transporte de MPs químicos que se dispersan.

A diferencia de la mayoría investigaciones y aplicaciones que hacen referencia al estudio de rutas regionales, carreteras principalmente, este trabajo fue dedicado al estudio de vialidades primarias de una metrópoli de alta densidad poblacional. Así que se presenta una innovación en el estudio del problema de transporte de rutas urbanas o metropolitanas en donde se tienen graves problemas de congestión, ocasionados por una alta demanda del uso de la infraestructura vial disponible para el transporte de pasajeros y de carga, que incluye a los materiales peligrosos especialmente químicos peligrosos.

Para determinar las zonas expuesta o de impacto y en consecuencia el tamaño de la población expuesta a accidentes de transporte de MPs químicos, se uso información real de las condiciones climatológicas prevalecientes en la Zona Metropolitana del Valle de México y se estudiaron diversos escenarios sobre el comportamiento químico real de tóxicos en el ambiente y sus posibles consecuencias, con el fin de obtener resultados lo más aproximados a una posible realidad.

Es importante señalar que para la selección del modelo mediante el cual se estiman las zonas de exposición, siempre debe tomarse en cuenta calidad de la información con disponible, ya que por ejemplo si la información es limitada o no se tiene, el modelo general de bandas fijas puede resultar de mucha utilidad especialmente para obtener información sobre los corredores con mayor exposición en función de habitantes expuestos que pueden quedar inmersos en las zonas de exposición, y entonces definir políticas públicas básicas para el transporte de MPs. No obstante, si se cuenta con mayor información sobre congestión, niveles de servicio, tipo y volumen de vehículos y viajeros en la red, es posible acercarse más al conocimiento de las posibles consecuencias de un accidente de transporte de MPs, determinando el peligro no sólo por el número de habitantes, sino especialmente sumando el número de viajeros sobre la ruta y dentro del área de exposición. En este caso, la definición de políticas públicas puede llegar a ser clave para la prevención de accidentes, evacuación de zonas afectadas y atención de población.

2. DESORDEN URBANO Y VIAL EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (ZMVM)

El fenómeno de urbanización de cada ciudad, metrópoli o megalópolis, especialmente en los países en desarrollo, se relaciona estrechamente con el crecimiento poblacional y conformación de su estructura urbana, porque se trata de un proceso de apropiación del territorio por los habitantes, el cual casi siempre se inicia de manera informal, cuando las personas se asientan en un determinado espacio físico e integran un conglomerado demográfico con el conjunto de sus sistemas de convivencia y la infraestructura materiales necesaria para abastecer sus necesidades básicas tales como vivienda, comercio y servicios y por tanto, también se concentran las diferentes actividades económicas para dar lugar al surgimiento de centros de población y pequeñas ciudades. Después, conforme avanza el tiempo, aunque este proceso de instalación de los asentamientos humanos y de las actividades económicas, se procura llevar de forma planeada para ordenar el territorio y distribuir de forma equilibrada y sustentable a la población, casi siempre se llega tarde al compromiso, prevaleciendo por un lado un proceso de desarrollo urbano formal y por otro lado, no se detiene el continuo y simultáneo proceso de apropiación informal del suelo, causando todo ello desorden urbano en las ciudades que conforme pasa el tiempo son cada vez más grandes. (Anexo 1)

Al final, la falta de visión futura de los gobiernos y el limitado entendimiento del fenómeno urbano, genera un territorio socio-diferenciado, con los consecuentes problemas que rebasan cualquier tipo de solución, tales como el transporte e infraestructura vial, vivienda deficiente, contaminación, falta de abasto de agua, servicios eléctricos insipientes, inseguridad, equipamiento urbano limitado, entre muchos otros.

Particularmente en una metrópoli, los problemas son de mayor dimensión debido al tamaño de la población, la alta concentración de las actividades económicas, la extensión del territorio y la diversificación de la mezcla de usos del suelo. En esta complejidad de problemas, se destaca el transporte de todo tipo de mercancías requeridas por los diferentes sectores productivos y de servicios, entre ellas, los miles de materiales peligrosos (MPs) que son demandados especialmente por el sector industrial e incluso también por la población que los consume de forma cotidiana como combustibles, limpiadores, medicamentos, pinturas, entre otros.

Por tanto, entender el problema del transporte de MPs, primero en la extensión del territorio de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y después, en la complejidad de la diversificación de los usos del suelo, no es una tarea fácil, por lo que el objetivo de este capítulo es describir las características generales de la ZMVM, con énfasis en el tamaño y distribución de la población, usos del suelo, estructura urbana e infraestructura vial, con el fin de posteriormente analizar el problema del transporte de MPs en un contexto urbano.

El capítulo se divide en cuatro apartados, en el apartado 2.1 se presenta la concepción de la ZMVM en los planes nacionales de desarrollo urbano y ordenamiento del territorio, y en los correspondientes planes y programas locales, y se retoma una base conceptual para delimitar la zona de estudio para este trabajo de tesis. Después en el apartado 2.2 se hace una descripción general de la ZMVM, considerando población, actividades económicas, usos del suelo y conectividad regional. Finalmente en el apartado 2.3 se presenta brevemente lo relativo al problema del transporte de carga y de MPs en el nivel metropolitano, y también se identifican las principales vialidades utilizadas por el transporte de carga y MPs.

2.1. Delimitación de la ZMVM

En México (Sobrino, 2000), el fenómeno de urbanización inicio en la década de los cuarenta en las ciudades de México, Monterrey, Tampico y Orizaba, sumándose con el tiempo algunas otras ciudades que por su importancia industrial, económica, política y social, jugaron un papel central en el proceso de urbanización del país.

Históricamente, cada una de las diferentes ciudades, según su categoría funcional, fue adquiriendo una cierta jerarquía en el Sistema Urbano Nacional, hasta que algunas de ellas han alcanzado el nivel de reconocimiento de grandes ciudades o metrópolis, mismas que conforman una compleja estructura territorial en donde se asocian entre otros componentes, población, especialización económica-funcional y expansión física entre dos o más unidades político-administrativas de nivel municipal, estatal o incluso nacional cuando se rebasa la frontera nacional.

Entre las metrópolis mexicanas, destaca el caso particular de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), por representar el espacio territorial de más alta concentración de la población en todo el país, caso que cabe destacar también en el nivel mundial al figurar como la segunda metrópoli más grande del orbe por tamaño de población.

Bajo esta dimensión demográfica y territorial de la ZMVM, es importante mencionar que en gobernabilidad, se mantiene la concurrencia de tres niveles de autoridad (federal, local y municipal o delegacional), cada gobierno con planes y programas propios que por lo general son definidos bajo visiones diferentes y disposiciones jurídicas y administrativas contrapuestas, que dificultan la coordinación interinstitucional para la planeación y ejecución de acciones encaminadas a la solución de los diversos y difíciles problemas metropolitanos entre muchos, el caso que ocupa este trabajo de estudio, el transporte de materiales peligrosos (MPs).

Por lo anterior, en este apartado se presenta una visión del lugar que ocupa la ZMVM en los planes nacionales de desarrollo urbano y ordenamiento territorial y se adopta una delimitación territorial para en los siguientes apartados, describir este territorio y explicar problemas de desorden urbano y de transporte de MPs.

2.1.1 La ZMVM en los Planes Nacionales de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial

En México, los referentes más inmediatos de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) son los Programas Nacionales de Desarrollo Urbano, en donde se definen los conceptos básicos de planeación para cada periodo de Gobierno. Como ejemplos explicativos de la concepción de lo metropolitano, se tiene el antecedente del Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenamiento (PNDUyOT) 2001-2006 del sexenio pasado (Sedesol, 2006) y el vigente Programa Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU), 2007-2012 (Sedesol, 2008).

En el PNDUyOT 2001-2006 se estimaba que la población urbana en el país era cercana al 66% (63.2 millones de habitantes) de un total de 95.76 millones de habitantes en 364 ciudades y describía al sistema Urbano Nacional (SUN), considerando diferentes categorías territoriales urbanas en su prospectiva y perspectiva de planeación:

- a) Las ciudades, definidas como aquellas localidades cuya expansión urbana no ha sobrepasado los límites del municipio en donde se localizan y, que a su vez se subdividían en 75 ciudades con más de 50 mil habitantes y en 244 ciudades de entre 15 mil y 49 mil 999 habitantes.¹⁴
- b) La aglomeración urbana, se consideraba como la unidad territorial resultante de un proceso de expansión urbana de una ciudad a municipios adyacentes dentro de la misma entidad federativa pero con población inferior a un millón de habitantes; en ese entonces el PNDUyOT reconocía a 28 aglomeraciones en el país.
- c) Las metrópolis, consideradas como unidades territoriales que sobrepasan el millón de habitantes y que se sub-clasificaban a su vez en:
 - Las transfronterizas, que involucran a ciudades fronterizas de México unidas con ciudades de naciones colindantes;
 - Las existentes entre dos o más municipios de una misma entidad federativa y;
 - Las constituidas por dos o más municipios de más de una entidad federativa; en esta categoría se consideraba a la ZMVM.
- d) El caso sui generis de la Megalópolis del Valle de México o del centro del país, integrada por las zonas metropolitanas de la Ciudad de México, las conurbaciones de Puebla-Tlaxcala, de Toluca-Lerma en el Estado de México, de Cuernavaca-Jiutepec-Cuatla en Morelos y, de Pachuca en Hidalgo.

El vigente Programa Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU), 2007-2012, presenta una visión conceptual diferente de las diversas categorías territoriales, con el objeto principal de poder realizar comparaciones claves entre el Sistema Urbano Nacional y otros sistemas urbanos del mundo. En este Plan, en su prospectiva de planeación, por un lado la tendencia general de crecimiento urbano en el nivel nacional y por otro lado, la marcada persistencia de la concentración de la población y de las actividades económicas en pocas ciudades del país con una disminución en la participación relativa de las grandes metrópolis.

Según el Plan vigente, el SUN actual (SEDESOL, 2008) se integra por (Figura 2.1): “358 ciudades mayores de 15 mil habitantes, cuya población agregada para el 2005 fue de 73.7 millones de personas, lo que representa el 70.92% de la población total del país. Se compone de una estructura principal denominada Sistema Urbano Principal (SUP), constituida con ciudades de más de 50,000 habitantes y una complementaria, denominada Sistema Urbano Complementario (SUC), con ciudades de menos de 50,000 habitantes. La primera está integrada por una mega ciudad, que concentra el 26.10% de la

14 Posteriormente, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), definía como Zona Metropolitana a una unidad territorial distinta del área urbana que constituye una envolvente de esta última. Sus límites no son tan irregulares como los del área urbana, pues conceptualmente está formada por unidades geopolíticas completas (municipios y delegaciones políticas en el caso del D.F.), por ende, el área o zona metropolitana de una ciudad, comprendería a la extensión territorial que incluye al centro de población tal como se define en la Ley General de Asentamientos Humanos, y a las unidades político administrativas contiguas a este, así como a otras unidades con características urbanas como lugares de residencia y sitios de trabajo no destinados a actividades agropecuarias, que mantienen una interrelación socioeconómica directa, cotidiana y permanente con el centro de población.

población total del SUN; ocho grandes ciudades, de 1 a 5 millones, que concentran el 23.55% de la población; 20 Ciudades Intermedias, entre 500 mil y un millón de habitantes, con el 19.94%; 60 Ciudades Medias, de 100 mil a 500 mil habitantes, con 18.45%; y 40 Pequeñas Ciudades, de 50 mil a 100 mil habitantes, con 3.78% de la población total del SUN; todas ellas se integran en 56 zonas metropolitanas, 64 conurbaciones y 238 localidades. Adicionalmente, el Sistema Urbano Complementario se compone de 229 Centros Urbanos, de entre 15 y menos de 50 mil habitantes, que concentran el 8.15% del total del Sistema”. (Ver Anexo 2)

Bajo este marco de planeación, la Zona Metropolitana del Valle de México queda considerada como parte de la categoría territorial de la megaciudad de México y no obstante a la descripción de este marco territorial, se asume para este estudio que la dinámica de constante de crecimiento urbano a nivel nacional y el manejo de la concepción espacial de las diversas categorías territoriales, no facilitan la tarea de definir límites territoriales del territorio que integra la ZMVM, particularmente en tanto el marco jurídico en su nivel más alto que corresponde a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (D.O.F., 1917, última actualización D.O.F. 2010) y de la Ley General de Asentamientos Humanos (D.O.F., 1993, última actualización 1994), no establezcan criterios jurídicos homologados sobre lo metropolitano para evitar vacíos conceptuales y de aplicación normativa, en el nivel federal, local y municipal.

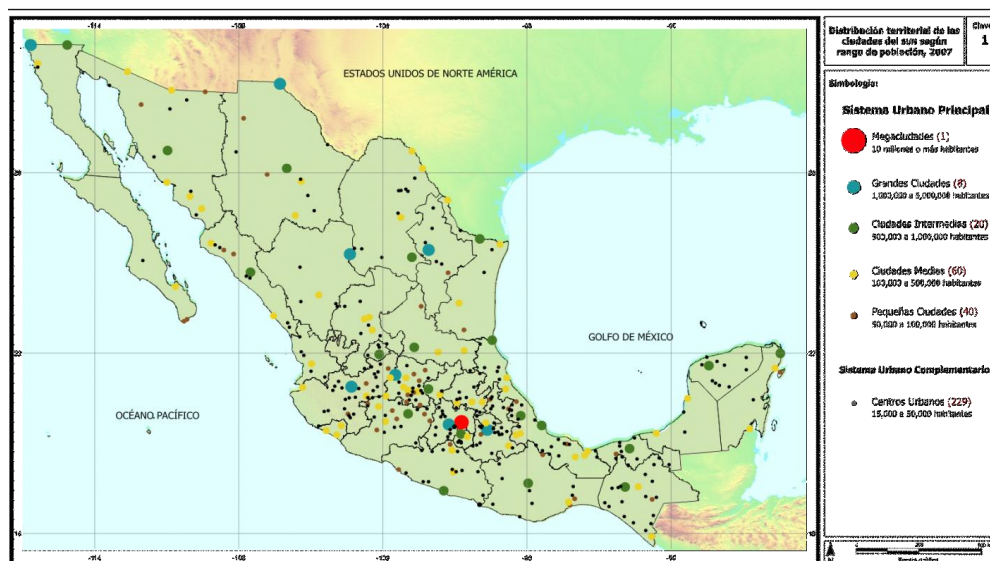


Figura 2.1 Sistema Urbano Nacional según el PNDU, 2007-2012

Fuente: SEDESOL, 2008

2.1.2 La ZMVM en los Programas Estatales de Desarrollo Urbano

En lo referente a los programas estatales y municipales de desarrollo urbano respectivos, es importante mencionar que la concepción de las diversas categorías territoriales es distinta de la considerada en el Programa Nacional de Desarrollo Urbano (SEDESOL, 2008), por las siguientes razones:

- a) El desfase de los periodos de los gobiernos locales y estatales, con respecto al nivel federal que provoca tener un marco de referencia territorial y temporal diferente.

- b) La negación política por parte de los gobernantes para permitir que los planeadores homologuen criterios conceptuales y territoriales.
- c) Desconocimiento de gobernantes y planeadores por mantener actualizadas sus bases conceptuales y poca relación con los especialistas o investigadores del tema.

A manera de ejemplo y para citar las diferencias de visión en la delimitación de la ZMVM, entre los gobiernos federal y los locales se tiene:

- i. En el año de 1995, el Consejo Nacional de Población (CONAPO), tomó las 16 delegaciones que integran el territorio del Distrito Federal, 37 municipios del Estado de México y un municipio del Estado de Hidalgo, para definir la integración del territorio de la ZMVM.
- ii. Posteriormente se definió y aprobó, el Programa de Ordenación de la ZMVM, aprobado por los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, incluyó a las 16 delegaciones del Distrito Federal, 58 municipios del Estado de México, y un municipio de estado de Hidalgo (SEDESOL, 1998).
- iii. En el año 2000, el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2000a) consideró 16 delegaciones del Distrito Federal, y 39 municipios del Estado de México.
- iv. Enseguida, en el año 2002, por primera vez fueron recurrentes las visiones de gobierno en cuanto la delimitación de la ZMVM, quedando establecido en el PNDUyOT y los Planes Estatal de Desarrollo Urbano (SEDUVI-GEM, 2002a) y el Programa Regional del Valle de Cuautitlán Texcoco (SEDUVI-GEM, 2002b), ambos del Estado de México, que esta metrópoli se integra por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 34 municipios metropolitanos. Estableciendo por otro lado que la Zona Metropolitana del Valle de Cuautitlán Texcoco, fue considerada como la integrada por 16 delegaciones del Distrito Federal y 58 municipios metropolitanos.
- v. La postura de delimitación de la ZMVM por los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, cambió en poco tiempo sobre un desacuerdo de conceptualización entre el nivel federal y el local, lo es cuando en el año 2005, los titulares de los gobiernos del Distrito Federal y del Estado de México, suscriben la “Declaratoria de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)”¹⁵ y entonces queda establecido que la ZMVM se integra por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 59 municipios del Estado de México.¹⁶

15 En el marco de la cuarta sesión plenaria de la Comisión Ejecutiva de Coordinación Metropolitana.

16 Los municipios del Estado de México que contempla esta Declaratoria son: Acolman, Amecameca, Apaxco, Atenco, Atizapán de Zaragoza, Atlautla, Axapusco, Ayapango, Coacalco de Berriozabal, Cocotitlán, Coyotepec, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Chalco, Chiautla, Chicoloapan, Chiconcuac, Chimalhuacán, Ecatepec de Morelos, Ecatepec, Huehuetoca, Hueypoxtla, Huixquilucan, Isidro Fabela, Ixtapaluca, Jaltenco, Jilotzingo, Juchitepec, La Paz, Melchor Ocampo, Naucalpan de Juárez, Nezahualcóyotl, Nextlalpan, Nicolás Romero, Nopaltepec, Otumba, Ozumba, Papalotla, San Martín de las Pirámides, Tecámac, Temamatla, Temascalapa, Tenango del Aire, Teoloyucan, Teotihuacán, Tepetlaoxtoc, Tepetlixpa, Tepotzotlán, Tequixquiac, Texcoco, Tezoyuca, Tlalmanalco, Tlalnepantla de Baz, Tonanitla, Tultepec, Tultitlán, Valle de Chalco Solidaridad, Villa del Carbón y Zumpango.

- vi. Lo anterior se redefine en el corto plazo con la publicación *Delimitación de Zonas Metropolitanas* publicado por la SEDESOL, CONAPO y el INEGI, en el que se conceptualiza el territorio metropolitano en 16 delegaciones del Distrito Federal, 56 municipios del estado de México y 1 municipio del Estado de Hidalgo, (SEDESOL, 2004).
- vii. El PNDU-2007-2012. (SEDESOL, 2008) son considerados 16 Delegaciones políticas, 73 municipios del estado de México y 1 municipios del estado de Hidalgo.

En cualquier caso, el concepto de lo metropolitano para el Valle de México, ha quedado reservado como un principio de valoración y circunstancia política y no de orden para efectos de diagnóstico de problemas y planeación territorial.

2.2. Descripción General de la ZMVM

En las últimas décadas, la ciudad capital de México ha integrado a municipios de otras entidades federativas cada vez más alejados de la zona urbana central, ampliando su influencia funcional sobre el territorio. Este proceso se ha tratado de reflejar en las diversas delimitaciones de lo metropolitano, que esencialmente han respondido a intereses políticos cambiantes y que en la mayoría de los casos no coinciden en concepto, criterios, cobertura territorial o tamaño de población.

Para fines de este trabajo doctoral y una vez que es reconocida la posibilidad de una discusión teórica del concepto territorial de la ZMVM, fue realizado un recorrido de campo en los municipios considerados en la “Declaratoria de la ZMVM” hecha por los gobiernos locales, a fin de delimitar la zona de estudio para la presente investigación, encontrándose que varios de los municipios considerados como metropolitanos, aún se encuentran a una distancia considerable de ser contiguos a la ciudad central y sus características predominantes aún distan mucho de ser urbanas.

Por lo anterior, la zona de estudio considerada como ZMVM¹⁷ es aquella integrada por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 34 municipios metropolitanos. En la Figura 2.2 se muestra la mancha urbana sobre una imagen de satélite de la zona de estudio.

¹⁷ En congruencia con la definición de Naciones Unidas citada en Unikel et al (1976) que explica que la zona metropolitana es la extensión territorial que incluye a la unidad político-administrativa que contiene a la ciudad central, y a las unidades político administrativas contiguas a ésta que tienen características urbanas, tales como, sitios de trabajo o lugares de residencia de trabajadores dedicados a actividades no agrícolas, y que mantienen una interacción socio-económica directa, constante e intensa con la ciudad central, y viceversa.

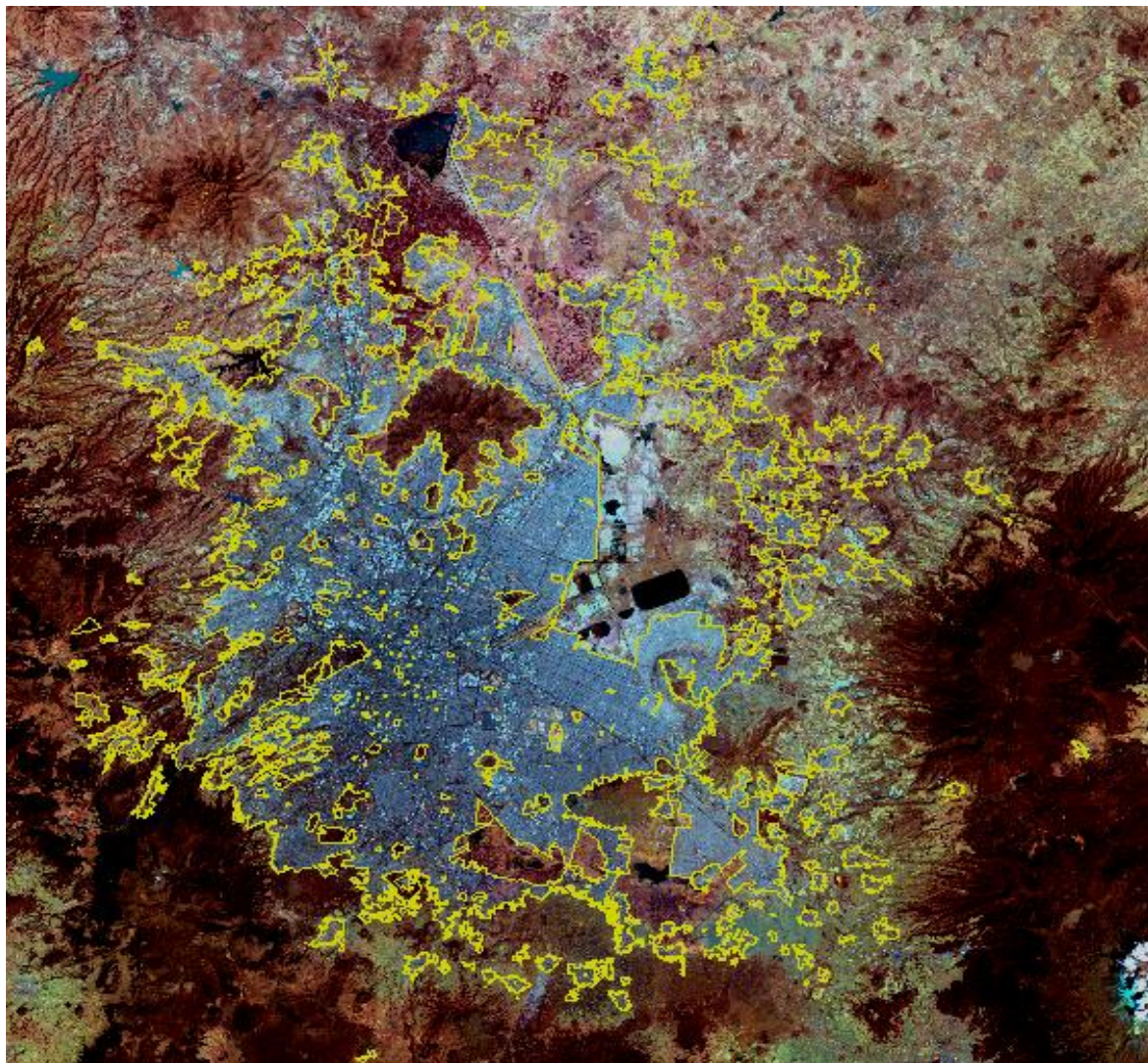


Figura 2.2 Imagen de satélite de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Laboratorio de Transporte y Sistemas Territoriales

2.2.1 Distribución de la población en el territorio de la ZMVM

Cabe señalar que la ZMVM considerada en este estudio, según el Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2000 (INEGI, 2000b) y el Conteo Nacional de Población del año 2005 (INEGI, 2000b), tiene una población del orden de 18.3 millones de habitantes; mantiene una densidad de población de 3 651 hab/km² y; tiene una población económicamente activa (PEA) de 11.7 millones (Ver Tabla 2.1 y Anexo 3).

Del antecedente de esta ZMVM, se puede destacar que el proceso de metropolización del territorio se inició desde los años ochentas, a partir de un fuerte proceso de expansión de población desde la ciudad central hacia la periferia, observándose en los últimos años un comportamiento diferencial, que está

dando como resultado que se invierta la proporción de la población en favor de los municipios metropolitanos del Estado de México con respecto de las delegaciones del Distrito Federal. No obstante, el Distrito Federal mantiene jerarquía en cuanto a densidad poblacional en una proporción de 2.6 veces más que los municipios metropolitanos. Igualmente la PEA es mayor en las delegaciones del Distrito Federal, en una proporción de 1.3 veces más que en los municipios metropolitanos.

Tabla 2.1 Principales indicadores metropolitanos

Indicadores	Estado de México	Municipios 34 Metropolitanos	Distrito Federal 16 Delegaciones	ZMVM
Población Total (Millones de habitantes)	14 007 495	9 860 522	8 720 916	18 581 438
Territorio (km ²)	22 499	4 527	1 486	6 013
Densidad de Población hab/km ²	622.5 hab/km ²	2 165	5 868.7	3 090.2

Fuente: Elaboración propia con base en resultados de Censo de Población y Vivienda 2005 (INEGI, 2005), planes y programas oficiales del Gobierno del Estado de México y el Distrito Federal.

Para describir de la forma más general la estructura urbana del territorio de la ZMVM¹⁸, es retomado el indicador de densidad de población y es dividido el territorio en cinco sectores según este indicador, como se muestra en la Figura 2.3. A partir de ello son identificados aspectos generales sobre las características urbanas del territorio, basados en: el trabajo realizado por Rubalcaba y Schteingart (2000), planes y programas locales y municipales, y trabajo de campo realizado en cada uno de los 34 municipios metropolitanos.

El primer sector del territorio presenta una alta densidad poblacional y el nivel más alto de consolidación urbana que integra la parte principal del núcleo central de la metrópoli. La población de los estratos sociales medio alto y alto se asienta en las delegaciones Álvaro Obregón, Coyoacán, Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero y el municipio de Tlalnepantla; la población de nivel socio-económico bajo y medio se encuentra en las delegaciones Azcapotzalco e Iztacalco y en los municipios de Ecatepec y Coacalco y; la población de nivel socioeconómico muy bajo se encuentra en los municipios de Netzahualcóyotl, Chimalhuacán y la Paz.

18 En los diferentes documentos oficiales referentes a la ZMVM, se incluyen conceptos diversos de otras categorías territoriales como el de Región Centro, o Región de Conurbación del Centro del País, o el de Corona Regional, lo cual da lugar a considerar otras escalas espaciales además de la ZMVM para comprender el proceso de urbanización del territorio, por lo que cabe señalar que un análisis más profundo de las categorías territoriales, de los grados de metropolitanismo de cada unidad espacial o de un modelo específico de la estructura urbana, quedan fuera del alcance de este trabajo.

El segundo sector en densidad de población se encuentra hacia el poniente y también presenta un alto nivel de consolidación urbana; está compuesto por los municipios de Naucalpan y Atizapán de Zaragoza, en donde se mantiene la población de nivel socio-económico medio bajo, medio y alto.

El tercer sector en densidad de población se encuentra en una parte al sur y se integra por las delegaciones Magdalena Contreras, Tláhuac y Xochimilco, en donde el nivel de consolidación urbana es medio. En este sector habita la población de estratos socioeconómicos medio bajo y bajo. Por otro lado, hacia el norte se encuentran los municipios de Tultitlan y Tultepec, que tienen un nivel de consolidación urbana bajo y, en donde habita una población de estratos socioeconómicos muy bajo y bajo. En el mismo sector se encuentra el municipio de Cuautitlán Izcalli, con un nivel de consolidación urbana alto, en donde vive una población de estratos socioeconómicos medio y medio alto.

Los sectores cuarto y quinto se observan más dispersos en cuanto a distribución de la población y se caracterizan por mantener la población de estratos socio-económicos bajos y muy bajos, y un nivel de consolidación urbana bajo y muy bajo.

En general en la ZMVM, el territorio continúa su estructuración bajo un proceso de metropolización, que avanza mucho más hacia municipios del Estado de México.

Las delegaciones y municipios donde existen corredores de transporte de materiales peligrosos pueden tener mayor población expuesta ante un accidente, conforme su densidad de población es mayor.

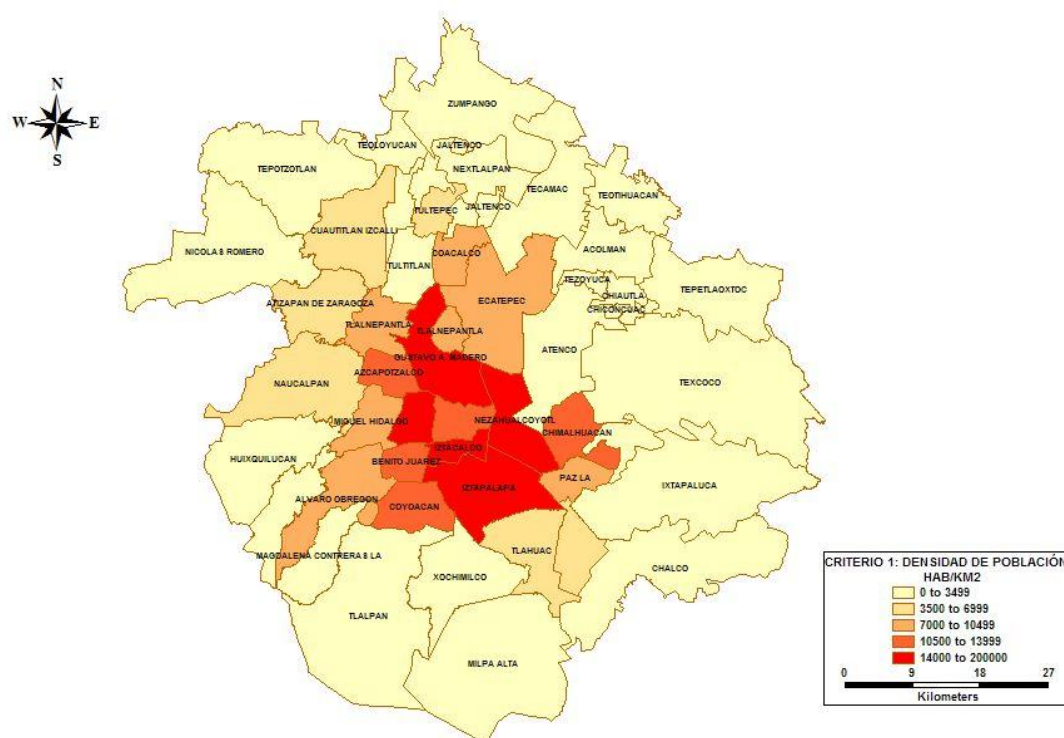


Figura 2.3 Densidad de población de la ZMVM

Fuente: Elaboración propia con base en información estadística del año 2005 del INEGI (2005); planes y programas oficiales de desarrollo urbano del Estado de México y del Distrito Federal, así como planes municipales Respectivos del año 2006.

2.2.2 Concentración de las actividades económicas y usos del suelo

El número de habitantes de una metrópoli presenta una relación recíproca y necesaria, con respecto al tamaño y forma de su estructura productiva, debido a que las economías externas y de urbanización se elevan conforme aumenta el tamaño de población de la propia ciudad, lo cual promueve el crecimiento económico y con ello, la expansión urbana (Garza y Sobrino, 2000)¹⁹.

Por lo anterior, a continuación se presentan algunos aspectos económicos que caracterizan la ZMVM, considerando las principales actividades productivas presentes en el territorio y su relación con respecto a los diversos usos del suelo, para visualizar un poco más la complejidad de la estructura del territorio. Particularmente, la ZMVM desde 1998 fue absorbiendo un gran número de actividades especializadas en comercio y servicio, hasta llegar a ser el principal polo de las actividades terciarias del país y tener en el nivel nacional el 41.1% de este sector terciario, el 64.8% de servicios al productor y el 49.5% del comercio al mayoreo (Garza y Sobrino, 2000).

En la actualidad, la ZMVM sostiene una tendencia hacia la especialización de las actividades terciarias en el nivel intra-urbano. En la Figura 2.4 se puede observar que los cambios de la estructura territorial y económica están asociados a la presencia o disminución de los sectores productivos en el territorio en diversos polos de desarrollo económico, y además se observa la compleja distribución de las actividades económicas de desarrollo de actividades comerciales, de servicios y de manufactura e industria en las diversas delegaciones y municipios que integran la metrópoli.

Particularmente en el Distrito Federal, el sector de la industria y la manufactura pierde de manera absoluta dinamismo de empleos e instalaciones, mientras que los municipios metropolitanos del Estado de México se fortalecen cada vez más como sede actual de este sector, aunque en esta parte del territorio se mantiene con niveles bajos de desarrollo económico por la falta de re-domiciliación fiscal que les permita un mayor crecimiento.²⁰

19 Según Garza y Sobrino (2000), la distribución de las actividades económicas dentro de una ciudad depende del acceso al suelo y su renta diferencial, la disponibilidad de infraestructura y vías de comunicación, las características geográficas, la etapa de la evolución y de las disposiciones legales existentes.

20 Entre 1993 y 1999, de acuerdo con la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), el DF pasó de 22 mil 270 establecimientos industriales 19 mil 72 y de 556 mil 607 empleos industriales a 513 mil 118 es decir perdió 3 mil 207 fabricas y 43 mil 489 empleos registrados en el Instituto Mexicano del Seguro Social (Garza y Sobrino (2000),

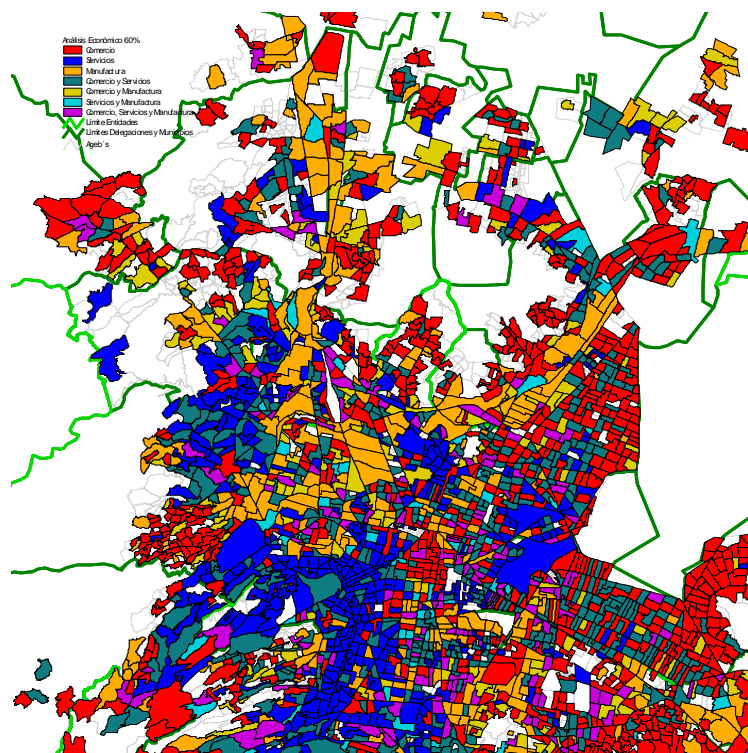


Figura 2.4 Distribución espacial de las actividades económicas en la ZMVM

Fuente: Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México, Instituto de Ingeniería (Lozano et al., 2006b)

En la mayor parte del territorio de la ZMVM predominan las actividades de servicio y la combinación de servicio y comercio; las actividades comerciales se distribuyen en casi todo el territorio en importantes subsectores hacia la periferia y; en lo que corresponde al sector manufactura e industria, se identifican cuatro corredores, dos que van del centro hacia la periferia norte y nor-oriente, otro que va del centro al norponiente y uno más que va del centro hacia el norponiente, marcando significativamente la salida este tipo de actividades hacia la periferia.

El sector secundario se destaca por la producción relacionada con sustancias químicas; productos derivados del petróleo, hule y plástico; automotriz, productos metálicos, maquinaria y equipo; productos minerales no metálicos, cemento, cal y yeso; productos textiles, prendas de vestir y cuero. Las delegaciones que destacan por la presencia del sector secundario son Azcapotzalco y Gustavo A. Madero y los respectivos municipios metropolitanos son Naucalpan, Tlalnepantla, Ecatepec, Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán México, Tultitlan, Tepotzotlán y Huehuetoca (Garza y Sobrino, 2000).

En el poniente, en los municipios de Naucalpan y Atizapán predominan los servicios y la manufactura, y en el oriente del territorio se tienen más actividades comerciales y de servicios que de otro tipo, especialmente en el municipio de Netzahualcóyotl y la delegación Iztapalapa.

De este modo se explica que, las delegaciones del Distrito Federal integran un territorio funcional en el que predomina el desarrollo de actividades de servicios, seguidas por las comerciales y al final la industria, todas ellas se ubican en la compleja trama urbana, según su tipo, siendo que los servicios al productor y el comercio al mayoreo son los que tienden a ocupar los viejos espacios industriales y comerciales para transformarse en los nuevos centros de negocios que ocupan el núcleo urbano y el

poniente de la ZMVM, mientras que los servicios personales y el comercio minorista se distribuyen siguiendo el patrón de distribución de la población (Garza y Sobrino, 2000). Dicho de otra manera, en la ZMVM prevalece la tendencia del crecimiento de las actividades económicas hacia la servicialización con expansión megalopolitana.

Aunado a lo expuesto sobre la densidad de población y la estructura económica territorial, también se puede agregar lo relativo al patrón de usos de suelo en la ZMVM. La compleja tipología de usos del suelo se muestra en la Figura 2.5, distinguiendo los siguientes usos de suelo: a) habitacional; b) comercial; c) industrial; d) servicios; e) mixto de suelo habitacional con comercio; f) mixto de suelo habitacional con industria; g) mixto de suelo habitacional con servicios; y h) mixto de suelo habitacional con mixto diverso.

Obviamente, la estructura territorial de usos del suelo vincula físicamente todo lo relacionado con la estructura territorial por densidad poblacional y con la correspondiente estructura territorial económica, antes descritas, al incluir el suelo habitacional.

Las zonas habitacionales predominantes se encuentran en los municipios metropolitanos del norponiente y norte, como Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla y Cuautitlán Izcalli, y en las delegaciones del sur del Distrito Federal como Tlalpan y Magdalena Contreras.

En las delegaciones del centro y poniente Distrito Federal se observa la combinación del suelo habitacional con servicios, especialmente en las delegaciones de Benito Juárez, Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Álvaro Obregón y Coyoacán.

Destaca el caso de las delegaciones y municipios con una combinación de suelo industrial e industrial con habitacional, que van hacia el norte por las delegaciones de Azcapotzalco y Gustavo A. Madero seguidas de los municipios de Tlalnepantla y Cuautitlán Izcalli; hacia el poniente con Naucalpan; en el nororiente Ecatepec; y en el oriente Netzahualcóyotl, los Reyes la Paz y Chimalhuacán.

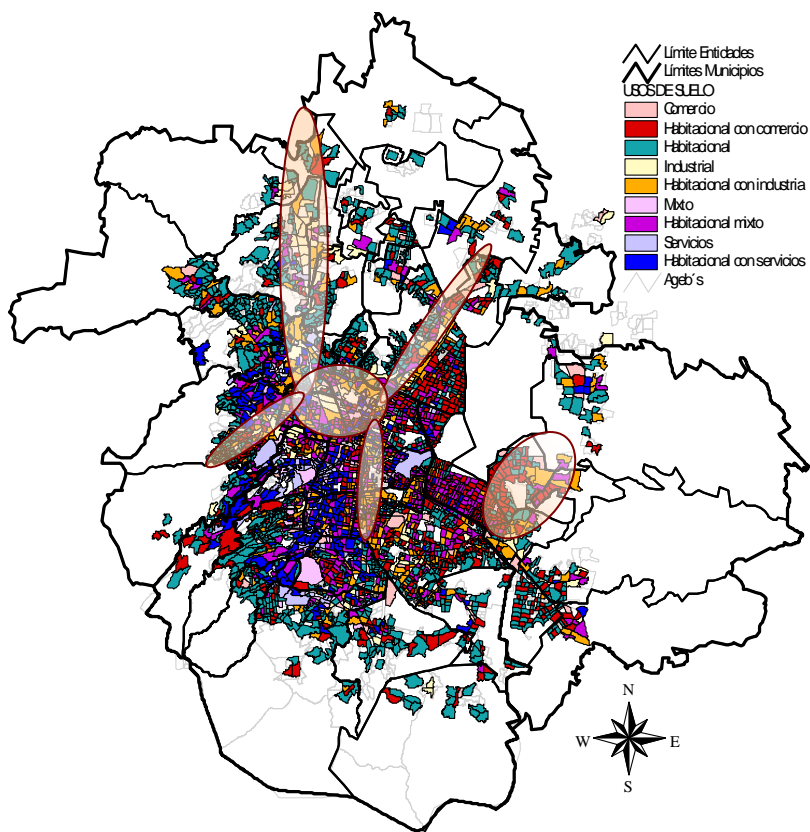


Figura 2.5 Usos de suelo en la ZMVM

Fuente: Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México, Instituto de Ingeniería (Lozano et al., 2006b)

Por lo tanto, la ZMVM mantiene una compleja estructura del territorio, ya sea que éste sea descrito por tamaño y densidad de población o según la concentración de las actividades económicas o bien, por usos del suelo. Existe desorden urbano y una cierta desarticulación del territorio en el nivel intraurbano, que se debe esencialmente al incontrolable proceso de urbanización y a la falta de visión de gobierno para la mejor planeación del ordenamiento territorial, especialmente de aquél suelo que día a día se va integrando como parte de la metrópoli o la megalópolis más importante de nuestro país.

En el nivel regional se puede observar que, la ZMVM mantiene la preeminencia sobre todas las ciudades del país, aún a pesar de que se encuentra limitada al mejor aprovechamiento de sus ventajas competitivas por su ubicación, que ha llevado a que en los últimos años se presente un proceso desindustrialización del territorio y el redespliegue especial de diversas unidades productivas hacia la periferia u otras ciudades.

2.2.3 Conectividad metropolitana

Las mercancías o productos de los diversos sectores de la economía se movilizan en el sistema de transporte metropolitano, regional, nacional o internacional, con diferente intensidad según la importancia e influencia funcional de cada ciudad. Por lo que siendo la ZMVM, la primera en la

jerarquía del SUN, el transporte de carga significa un desafío para los especialistas de transporte y logística²¹ de aprovisionamiento y distribución física, porque en este territorio se mueve todo tipo de mercancías, desde materiales para la industria, alimentos, productos de consumo calificado (ropa, zapatos, muebles, electrónicos entre otros) y hasta materiales y residuos peligrosos. ¿Cuánto se mueve? ¿Por dónde se mueve? y ¿Cuáles son los orígenes y destinos? De todo esto se tiene información muy limitada, especialmente respecto al transporte de materiales peligrosos.

Como parte de este trabajo, se encontró que un aspecto clave para la ZMVM o cualquier otra metrópoli, es el grado de influencia funcional que puede ejercerse en el SUN, a partir de la conectividad que brindan las autopistas de altas especificaciones y carreteras federales para permitir el movimiento de unidades de transporte de carga, desde diferentes orígenes y destinos, ya sea que salgan, lleguen o simplemente pasen por su territorio. Con el fin de caracterizar el transporte de carga en los principales ejes de conectividad de la ZMVM, se llevó a cabo la tarea de compilar y organizar información útil de distintas fuentes. A continuación se describen los principales elementos que caracterizan a los ejes de conectividad (SCT, 2008), mismos que se muestran en la Figura 2.6 y en la Tabla 2.2.

- a) Libramiento Norte del Periférico a Querétaro: Eje de conectividad entre oriente y poniente, localizado en el noreste de la ZMVM, se le identifica como la primera corona de conectividad metropolitana; mantiene un Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) de 9 232 vehículos, estimándose que el 57% corresponden al transporte de carga. En una segunda corona de conectividad metropolitana, se tiene como ruta alterna a la Vía José López Portillo.
- b) Autopista México-Querétaro: Eje estructurador y de enlace de la zona metropolitana, su nivel de conectividad es macro-regional y nacional, al comunicar la ZMVM con el norte del país y con el mercado norteamericano. Sobre este eje se desarrolla un importante corredor industrial que parte desde Azcapotzalco en el Distrito Federal y continúa por los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla y hasta Cuautitlán Izcalli. Asimismo, permite la comunicación de espacios habitacionales de nivel medio y medio alto. El TPDA se estima en 45 278 vehículos de los cuales 28% son camiones de carga de diferente tipo.
- c) Autopista México-Puebla: Eje de enlace de zonas habitacionales de nivel bajo y muy bajo del oriente de la ZMVM, desde el municipio de Netzahualcóyotl hasta el de Valle de Chalco Solidaridad. Comunica al centro y oriente de la ZMVM con la ruta al Golfo de México. Su TPDA es del orden de 38 275 vehículos, siendo el 16% camiones de carga.
- d) Autopista México-Cuernavaca: Eje de enlace macro regional y nacional, hacia el sur del país, representa más un corredor turístico que demanda un importante volumen de mercancías comerciales. En este eje se tiene un TPDA de 33 039 vehículos, estimándose que el 10% son camiones de carga.
- e) Autopista Peñón- Texcoco: Eje vinculado con la carretera Federal México-Texcoco, comunica el centro de la ZMVM con la región oriente de Texcoco, enlazando los municipios de los Reyes, Ixtapaluca y Chicoloapan, sobre el que se desarrolla un pequeño corredor industrial

21 La logística involucra todas las operaciones que determinan el movimiento de mercancías, localización de unidades de producción y almacenes, aprovisionamiento, gestión de físicos en el proceso de fabricación, embalaje, almacenamiento, y manejo de inventarios, administración de productos en unidades de carga y preparación de lotes a clientes, transporte y diseño de la distribución física de productos. (Antún, J.P., 1994)

entre mezclado con zonas habitacionales, comerciales y de servicios; su importancia radica en la expansión futura de la metrópoli, especialmente en el caso de que se llegue a construir un Aeropuerto Internacional alterno al de la Ciudad de México. El TPDA en la Autopista es de 30 745 vehículos, correspondiendo el 7% a camiones de carga.

- f) Libramiento Chamapa-Lechería: Eje que se enlaza con las Autopistas México-Querétaro, México-Toluca y Naucalpan-Toluca, sobre este corredor se localizan las plataformas logísticas importantes del sector privado²², por lo que el movimiento de la carga se ha visto intensificado con salida y entrada hacia el norte del país. Asimismo comunica zonas habitacionales dispersas de nivel medio alto y alto. El TPDA en este libramiento es 37 417 vehículos correspondiéndole el 5 % a camiones de carga.
- g) Autopista México- Pachuca: Eje vinculado a la Carretera Federal México Pachuca, representa un eje de expansión metropolitana hacia el norte en donde se consolida uno de los corredores industriales más importantes entre los municipio de Ecatepec y Tecámac. En la autopista se estima un TPDA de 56 587 vehículos de los cuales 6% son vehículos de carga, con altos niveles de saturación, especialmente en el tramo de conexión metropolitana con la Avenida Insurgentes.
- h) Autopista Ecatepec-Pirámides: Eje que básicamente comunica en el norte de la ZMVM, a un importante conjunto de zonas culturales y turísticas. Es la principal vía de comunicación con el Golfo de México. Su TPD 19 706 de vehículos, de los cuales el 7% son camiones de carga.
- i) Autopista México-Toluca: Eje vinculado con la Carretera Federal Naucalpan-Toluca, conecta la ZMVM con la Zona Metropolitana del Valle de Toluca-Lerma, fortaleciendo las actividades industriales principalmente del subsector de la industria automotriz y de auto-partes. Se considera de comunicación macro-regional y nacional hacia el centro y norte del país, al conectar con las Autopistas de México-Toluca por Naucalpan, y Constituyentes-La Marquesa, así como con el Libramiento Chamapa- Lechería. El TPDA es de 50 181 vehículos, correspondiendo el 12% vehículos de carga.
- j) Autopista México –Toluca por Naucalpan: Eje que conecta hacia el norte con el Libramiento Chamapa-Lechería y las Autopista México-Querétaro y hacia el norponiente con la Autopista México-Toluca, le brinda accesibilidad estratégica a potenciales zonas de actividad industrial del poniente y norte de la metrópoli, localizada especialmente en el municipio de Naucalpan. El TPDA es de 49 893 vehículos y se mantiene el 10% de unidades de carga.
- k) Autopista Constituyentes-La Marquesa: Eje que conecta con la Autopista México-Toluca, básicamente atraviesa zonas de reserva ecológica y pequeños centros de esparcimiento para la población que habita en la Ciudad de México. En este punto se suma el aforo de vehículos de toda la Autopista México-Toluca desde el entronque en Chamapa-Lechería-Querétaro y el tramo correspondiente de la Autopista México-Toluca por Naucalpan, estimándose en total un TPDA de 43 655 correspondiendo el 10% de camiones de carga.

22 Las Plataformas Logísticas, son equipamientos y/o infraestructuras de carácter urbano que facilitan la realización y perfeccionamiento de procesos logísticos, en particular por operadores logísticos y empresas de transporte. Permiten desconsolidar unidades de carga del transporte local-metropolitano y viceversa al apoyar el proceso de alimentación de enlaces troncales a partir de cargas en el medio metropolitano.

En promedio, la composición del volumen vehicular que circula diariamente por estos ejes es de cerca el 73% de vehículos particulares, 20% de transporte de carga y 7% autobuses de pasajeros. Por lo que cabe señalar que cerca de 50 mil vehículos diarios que circulan por estos ejes de conexión regional movilizan del orden de 376 mil toneladas de mercancías metropolitanas, regionales y hasta de la categoría internacional.

En general, se puede decir que el problema real para el transporte de carga foráneo, local y de paso, radica en que estos ejes regionales que le dan apertura de comunicación a la ZMVM no son suficientes porque no existe una buena conectividad en dirección poniente y oriente y viceversa; no se han construidos los libramientos carreteros que den paso a los vehículos de carga pesada que no necesitan transitar a través de la ZMVM, excepto el Arco Norte. Por tanto, los ejes macro-regionales mantienen las siguientes funciones (Muñoz *et al.*, 2004):

- i. Como ejes de conectividad o apertura de la ZMVM con el resto del país y de comunicación intra-metropolitana.
- ii. Como corredores metropolitanos que soportan el desarrollo de las actividades industriales.
- iii. Como ejes estructuradores del territorio urbano, que se expanden en un modelo centro periferia hacia los municipios metropolitanos.

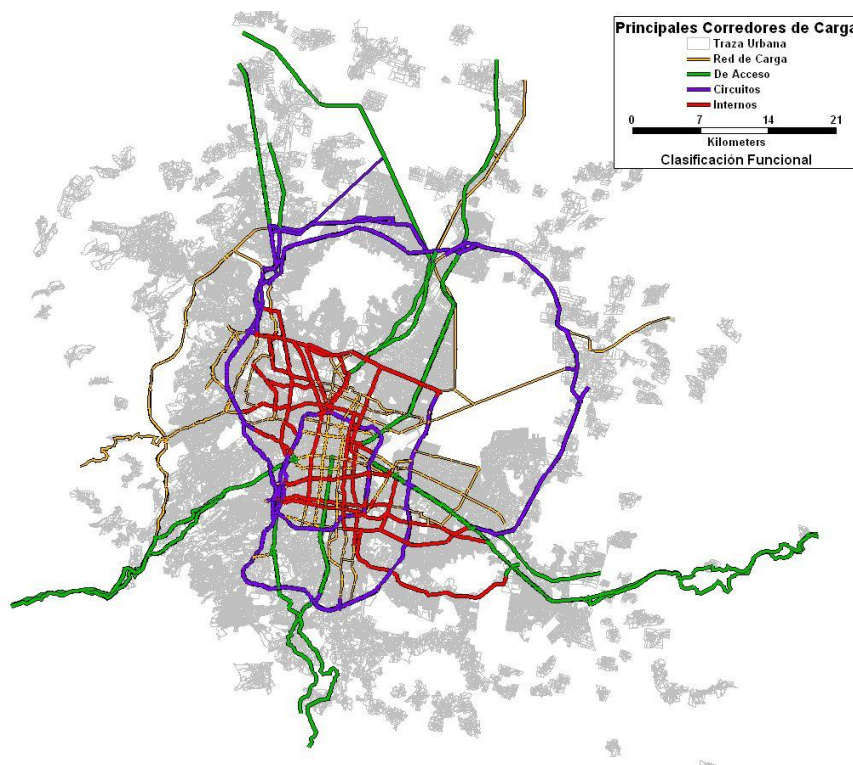


Figura 2.6 Ejes de conectividad regional y nacional (incluyendo proyectos)

Fuente: Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México, Instituto de Ingeniería (Lozano *et al.*, 2006b)

Tabla 2.2. Corredores de conectividad regional y nacional

No	Corredor por Autopista	Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) Según Cifras SCT (2008)	Camiones de Carga (Aforo Vehicular Puntual durante días típicos)	Porcentaje (%) de Camiones de Carga del Total del TPDA	Corredor Alternativo
1	Libramiento Noreste a Querétaro	9 232	5 306	57%	Vía José López Portillo
2	México-Querétaro	45 278	12 573	28%	Sin ruta alterna
3	México-Puebla	38 275	6 264	16%	Carretera Federal México Puebla
4	México-Cuernavaca	33 039	3 230	10%	Carretera Federal México Cuernavaca
5	Peñón-Texcoco	30 747	2 037	7%	Carretera Federal México-Texcoco
6	Chamapa-Lechería	37 417	1 920	5%	Sin ruta alterna
7	México-Pachuca	56 587	3 533	6%	Carretera Federal México Pachuca
8	Ecatepec-Pirámides	19 706	1 354	7%	Carretera Federal a las Pirámides
9	Constituyentes-La Marquesa	50 181	5 800	12%	Carretera Federal a la Marquesa
10	México- Toluca	49 893	4779	10%	Carretera Federal Naucalpan Toluca
11	Naucalpan- Cuajimalpa	43 655	4185	10%	Carretera Federal Naucalpan Toluca

Fuente: Elaboración propia con base en el Aforo Vehicular de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes Federal (SCT, 2008) y Aforo propio vehicular puntual para TPD en días típicos durante 2008.

2.2.4 Inventario vial metropolitano

El inventario de la red vial metropolitana (primaria y secundaria) se presenta en la Figura 2.7, donde se puede observar la estructura de conectividad regional con la red vial intrametropolitana, que se caracteriza por mantener trazos ortogonales regulares bien definidos y que en el nivel operativo se consideran vías en estado de conservación regular. Esta red tiene 13 964 arcos y 8 830 nodos (Lozano *et al.*, 2006b).

Tanto la vialidad primaria como la secundaria tienen en promedio una sección adecuada para la circulación de vehículos de alto tonelaje, por lo que el transporte de carga utiliza las vialidades sin restricciones ocasionando graves problemas de congestión y de peligros de accidentes. (Lozano *et al.*, 2006b).

Cabe señalar que los indicadores de infraestructura vial según se presentan en la Tabla 2.3, muestran que el Distrito Federal es una ciudad central consolidada y con un alto nivel de conectividad hacia el interior de la misma. Sin embargo, no es el caso de los municipios que metropolitanos, con un territorio mayor y que tienen una menor longitud de red de vías de circulación continua y una longitud similar de vías primarias, por lo que se tienen importantes problemas de saturación especialmente en la interconexión con los ejes metropolitanos- regionales.



Figura 2.7 Inventario de la red vial metropolitana (vialidades principales)

Fuente: Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México, Instituto de Ingeniería (Lozano et al., 2006b)

Tabla 2.3 Inventario de la red vial metropolitana

Indicador (en Km)	Estado de México (Km)	34 Municipios (Km)	Distrito Federal (Km)
Longitud de la Red Principal	14 097	2 921.5	9 061.2
Vías Primarias	131	616.5	913.15
Vías de acceso controlado	386		47.3
Arterias Principales			320.57
Ejes Viales	-		421.16
Vías Secundarias	No disponible	No disponible	9 287
Carreteras y autopistas	13 580	2 257.71	148

Fuente: Con base en cifras de SETRAVI (2009) y estadísticas de inventarios de equipamiento del estado de México, 2004.

El tejido físico de la red vial y carretera de la ZMVM se asocia al territorio, de forma relativamente densa al interior y en expansión hacia el exterior, por lo que la red vial atraviesa un territorio diferenciado física, funcional y socialmente.

La especificidad de los diversos usos del suelo, considerando habitantes y actividades económicas, así como las condiciones de accesibilidad vial pueden explicarse mejor con un ejemplo, el cual se describe a continuación.

La Figura 2.8 muestra un corte territorial en la zona norte con un corredor vial que corresponde al Periférico, el cual atraviesa la metrópoli de norte a sur y en sentido contrario hasta convertirse hacia el norte en la Autopista México-Querétaro, y es una de la vialidades de más importante de conectividad intra-metropolitana, regional y nacional, con alta movilidad de personas y mercancías. A esta vía se asocia también, uno de los más importantes corredores industriales, especialmente sobre los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Cuautitlán y Tultitlan. Además de que sobre el corredor, se pueden encontrar ocho de los más importantes mega-centros comerciales de la ciudad y, hacia el norte en los municipios de Cuautitlán y Tultitlan, se encuentran las más importantes plataformas logísticas de diferentes firmas empresariales. Aunado a esto, en Cuautitlán se encuentran cerca de diez mil viviendas de diferentes desarrollos inmobiliarios. Debido a la importancia en conectividad del corredor, el proceso de urbanización a lo largo de éste continúa.

Esta vía Periférico - Autopista México-Querétaro permite la conexión con el Anillo Periférico Arco Norte y la Vía José López Portillo, en donde confluyen las avenidas Eje Central Lázaro Cárdenas, Vallejo, Ceylán-Jesús Reyes Heróles, Mario Colín, Iztacala, Aquiles Serdán, Granjas. Gustavo Baz y Presidente Juárez. Las vías mencionadas son parte de varios corredores industriales. Así, la vía Periférico - Autopista México-Querétaro representa para el transporte de carga en general así como para los MPs, uno de los corredores metropolitanos estratégicos y que además pasa por espacios urbanos con uso de suelo habitacional con industrial, comercial y servicios (Figura 2.9).

Más adelante se presenta el análisis detallado de este y otros corredores, con el fin de estimar la población expuesta ante la posibilidad de accidentes en la ruta de transporte de materiales peligrosos.

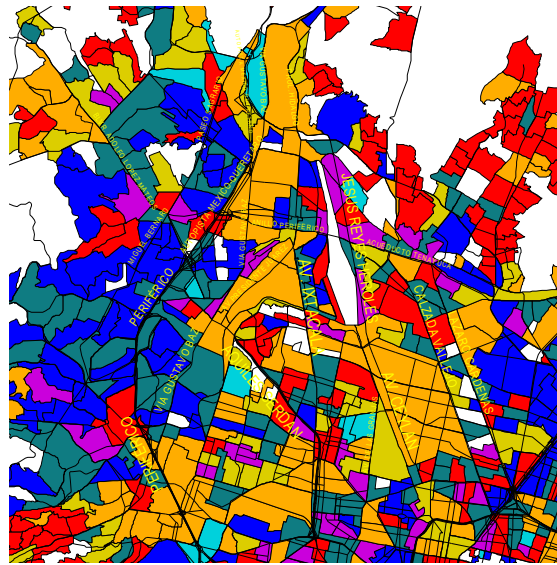


Figura 2.8 Usos de suelo en la zona norte sobre el corredor Autopista México-Querétaro

Fuente: Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México, Instituto de Ingeniería (Lozano et al., 2006b)

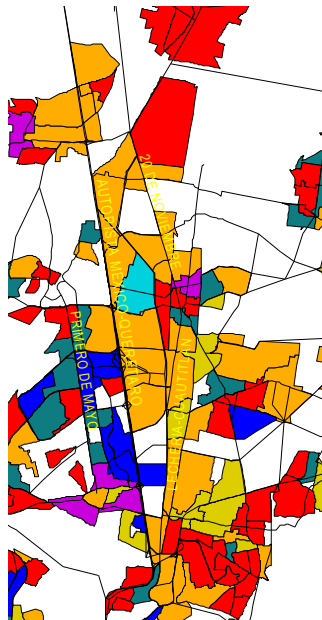


Figura 2.9 Corte territorial del norte de la ZMVM

Fuente: Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México, Instituto de Ingeniería (Lozano et al., 2006b)

2.3. El problema del transporte de carga y de materiales peligrosos (MPs) en la ZMVM

Un problema grave para la planificación de la infraestructura y operación del transporte de carga en general y que incluye al de los MPS, es la falta de la información para la elaboración de planes adecuados, especialmente cuando no se conocen la distribución espacial de la carga en la metrópoli, ni las características de los vehículos utilizados de la carga que éstos transportan o de la infraestructura que utilizan.

En la ZMVM, los vehículos de carga y de MPs utilizan toda la infraestructura vial disponible y, en la mayoría de los casos la inadecuada operación de las unidades de carga rebasa la capacidad de control de tránsito de las autoridades, tanto en vías primarias como en secundarias, especialmente porque casi todas las vías existentes tienen en promedio una sección vial que permite la circulación de vehículos de alto tonelaje, por lo que éstas son utilizadas sin restricciones, contribuyendo a graves problemas de congestión y peligro de accidentes.

Por lo anterior, en este apartado se presenta de manera muy general el problema del transporte de carga y de MPs en el nivel metropolitano, teniendo presentes cifras relevantes del alto tonelaje de mercancías que se mueven diariamente en la ZMVM con los consecuentes problemas que conllevan para la metrópoli y después, se presentan las principales vialidades identificadas como las más utilizadas por el transporte de carga y de MPs.

2.3.1 El transporte de carga y de MPs en el nivel metropolitano

Se estima que en la ZMVM, diariamente se movilizan 150 000 toneladas de carga hacia afuera de la metrópoli; 226 000 toneladas de bienes llegan como insumos y; 250 000 toneladas de mercancías son movidas al interior de la metrópoli, todo ello para satisfacer los requerimientos de la población (Granados *et al.*, 2002).

Para movilizar esta cantidad de mercancías se estima la operación de cerca de 500 000 vehículos de transporte de carga local y federal, que operan sin restricción alguna sobre toda la red vial metropolitana, contribuyendo a problemas de congestión, contaminación, consumo de combustible y salud de la población.

Obviamente, la deficiente operación del transporte de carga en un espacio urbano desordenado, aumenta el peligro de accidentes de todo tipo, particularmente un accidente de transporte de MPs siempre será de una magnitud elevada en el caso de que éste suceda en un espacio urbano densamente poblado. No obstante a la dimensión del problema, se carece de datos precisos sobre el número de vehículos de MIPS que operan diariamente en la ZMVM y el tonelaje que se moviliza de mercancías peligrosas en el nivel inter-urbano e intraurbano.

En general, entre los problemas más importantes debido al transporte de MPs en la ZMVM, se tienen los siguientes (Lozano *et al.*, 2006a):

- a) Falta de la información necesaria para la elaboración de planes adecuados. No se conocen la distribución espacial de la demanda de transporte de MPs en la metrópoli, ni las características de los vehículos utilizados o las características de la carga que éstos transportan.

- b) No se dispone de información de los orígenes y destinos de los viajes de vehículos de transporte de MPs, es decir no dispone de una Matriz O-D Base para el transporte de MPs.
- c) No se tiene identificada la red de alto, medio y bajo tonelaje del transporte de MPs.
- d) Se carece de señalamientos para definir rutas o corredores de MPs.
- e) No existen horarios de circulación y de operaciones logísticas del transporte de MPs, de acuerdo con los tipos de carga y de vehículos para cada corredor.
- f) Faltan procedimientos efectivos de promoción y verificación del cumplimiento de las disposiciones regulatorias.

2.3.2 Vialidades utilizadas para el transporte de carga y de MPs en la ZMVM

El “Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente” realizado por el Grupo del Laboratorio de Transporte y Sistemas Territoriales, del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por encargo de la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM), tuvo como objetivo sistematizar y analizar información sobre la movilidad, la infraestructura y el equipamiento, así como lo relativo a la oferta y demanda del transporte de carga en la ZMVM (Lozano *et al*, 2006a). Destaca en este estudio, la información ordenada, confiable y que vincula el estudio de problemas de transporte de carga con aspectos territoriales. Dicho estudio consideró una red vial utilizada para el transporte de carga (vehículos medianos y pesados), integrada por 5 637 arcos y 3 584 nodos, que suman 976 154 kilómetros distribuidos en 75 corredores, como se muestra en la Figura 2.10 (Lozano *et al*, 2006a).

A partir de los resultados de dicho estudio, fue identificada la red de vial metropolitana para el transporte de MPs.

A pesar de que buena parte de la red de vial metropolitana se utiliza para la movilización de la carga, la red metropolitana de transporte de MPs (Figura 2.11) fue integrada por vialidades donde: a) fue identificado el mayor número de vehículos de transporte de MIPS; b) se brinda la mayor conectividad en el nivel intra-metropolitano y a su vez; c) se permite de forma continua la entrada o salida de vehículos en el nivel regional. Cabe aclarar que para la identificación de las vialidades con mayor presencia de unidades de transporte de MPs, como parte del trabajo de campo para la elaboración de esta tesis, fueron realizados aforos vehiculares en diversos puntos de la red metropolitana principal para el transporte de carga.

Una vez que fue identificada la red metropolitana de transporte de MPs, fueron seleccionadas las 30 vialidades con el mayor número de unidades de transporte de MPs, las cuales se listan en la Tabla 2.4. Todas estas vialidades conectan a importantes zonas que concentran actividades económicas del sector secundario. Más adelante, se presenta el estudio de la integración de las 30 vialidades en forma de corredores que transportan MPs.

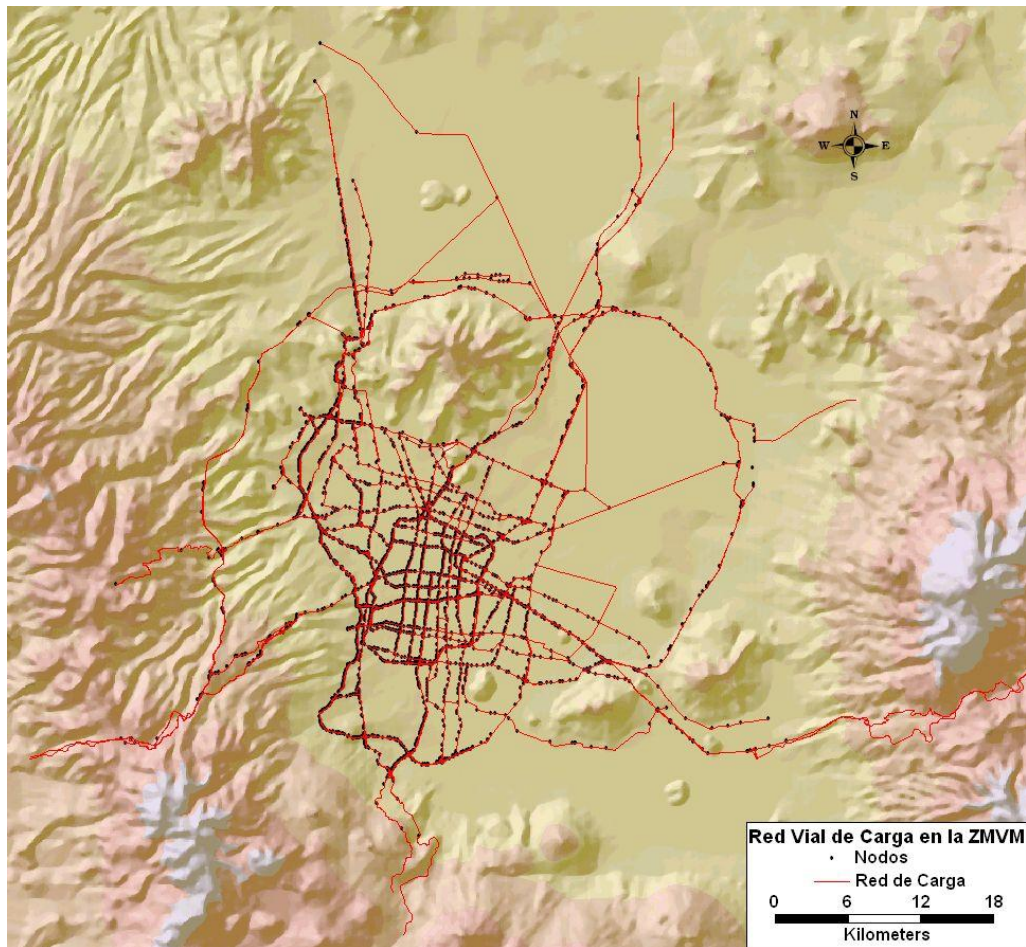


Figura 2.10 Red vial de transporte de carga en la ZMVM

Fuente: Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México, Instituto de Ingeniería (Lozano et al., 2006b)



Figura 2.11 Ejes de conectividad metropolitana para el transporte de carga en la ZMVM

Fuente: Estudio Integral Metropolitano de Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México, Instituto de Ingeniería (Lozano et al., 2006b)

Tabla 2.4 Principales vialidades y ejes de conectividad regional utilizados para el transporte de MPs

No.	Vialidades usada por Unidades de Transporte de MPs	Posible Ejes de Conectividad Regional
1	Avenida Ferrocarril Hidalgo.	Autopista México Pachuca-
2	Calzada Vallejo.	Autopista México Pachuca-
3	Avenida Insurgentes Norte.	Autopista México Pachuca.
4	Periférico Norte, Boulevard Manuel Ávila Camacho-Autopista México Querétaro.	Autopista México Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería.
5	Avenida Presidente Juárez.	Autopista México Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería.
6	Avenida Tlalnepantla Tenayuca.	Autopista México Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería.
7	Avenidas Cuitlahuac- Cinco de Mayo.	Autopista México Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería.
8	Avenida Mario Colín.	Autopista México Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería.
9	Avenida la Quebrada-Libramiento Chamapa Lechería.	Autopista México Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería.
10	Avenida o Vía Gustavo Baz Prada.	Autopista México Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería.
11	Avenida del Durazno.	Autopista México Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería.
12	Avenida Poniente 140- Montevideo.	Autopista México Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería.
13	Avenida o Vía José López Portillo.	Autopista México Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería o Autopistas o Carreteras México-Puebla o Peñón Texcoco
14	Calzada de Tlalpan.	Autopista o Carretera México- Cuernavaca
15	Avenida Constituyentes.	Autopista o Carretera México Toluca
16	Avenida Oceanía.	Autopistas México Pachuca o Ecatepec Pirámides.
17	Avenida Ceylán.	Autopistas México Pachuca o Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería
18	Avenida Adolfo López Mateos.	Autopistas México Pachuca o Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería
19	Aguiles Serdán.	Autopistas México Pachuca o Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería
20	Gobernador Sánchez Colín.	Autopistas México Pachuca o Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería
21	Río de los Remedios.	Autopistas México Pachuca o Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería
22	Avenida de los Cien Metros o Eje Central Lázaro Cárdenas.	Autopistas México Pachuca o Querétaro o Libramiento Chamapa-Lechería
23	Avenida Adolfo Ruíz Cortinez.	Autopistas o Carreteras México-Puebla o Peñón Texcoco
24	Avenida Canal de Garay.	Autopistas o Carreteras México-Puebla o Peñón Texcoco
25	Avenida Ermita Iztapalapa.	Autopistas o Carreteras México-Puebla o Peñón

No.	Vialidades usada por Unidades de Transporte de MPs	Posible Ejes de Conectividad Regional
		Texcoco
26	Avenidas Francisco Del Paso-Eduardo Molina.	Autopistas o Carreteras México-Puebla o Peñón Texcoco
27	Avenidas Revolución- Río Consulado- Río Churubusco.	Autopistas o Carreteras México-Puebla o Peñón Texcoco
28	Calzada Ignacio Zaragoza.	Autopistas o Carreteras México-Puebla o Peñón Texcoco
29	Avenida los Reyes Texcoco.	Autopistas o Carreteras México-Puebla o Peñón Texcoco
30	Avenida Central o Carlos Hank González.	Autopistas o Carreteras México-Puebla o Peñón Texcoco

3. PROBLEMÁTICA DE LA GESTIÓN DE LOS MATERIALES PELIGROSOS (MPS)

La historia de 90 años de seguimiento de más de 23 500 accidentes ocurridos en el mundo que involucran materiales peligrosos (MPs) (FACTS, 2009), en donde se han perdido vidas humanas o se ha dejado dañada la salud de un importante número de personas, nos llevan a reflexionar sobre los aspectos regulatorios vigentes que son aplicables en cada en cada país para llevar a cabo las diferentes etapas de la gestión de los materiales peligrosos y prevenir efectivamente accidentes de este tipo.

La realidad parece ser otra, ya que no hemos aprendido las lecciones dejadas por estos miles de accidentes de materiales peligrosos y seguimos descuidando aspectos de orden legal, urbano y ambiental para la localización de instalaciones peligrosas, transporte de materiales peligrosos, contaminación de sitios por desechos tóxicos o residuos peligrosos, entre muchos otros problemas que dejan vulnerable a la población.

En México, como en otros países en proceso de desarrollo, aún se mantienen políticas públicas convencionales o poco realistas que se ocupen de resolver el problema de la gestión de los materiales peligrosos y siendo el transporte de los materiales peligrosos una etapa de la gestión, los problemas son potenciales para la vida y la salud de la población en el nivel de ciudades, metrópolis o regiones.

A fin de conocer de manera general el problema de la gestión de los materiales peligrosos, para este capítulo se ha definido como objetivo, revisar la problemática de la gestión de los MPs en el nivel federal y local para encontrar las insuficiencias jurídicas del marco regulatorio que traen como consecuencia la ocurrencia accidentes graves o mortales, que involucran este tipo de materiales.

Este capítulo se divide cuatro apartados, en el apartado 2.1 se aborda de manera general la problemática de la gestión de los materiales peligrosos, para lo cual se hizo una revisión detallada de la información documental de la legislación y las experiencias prácticas del manejo y control gubernamental de los MPs; enseguida, en el apartado 2.2 se presenta una descripción de los accidentes graves de MPs ocurridos en México y en el mundo; posteriormente en el apartado 2.3 se destaca la importancia del transporte como un instrumento clave en la gestión de los MPs y; finalmente en el apartado 2.4 se presentan de acuerdo con la clasificación internacional, los códigos de identificación de los MPs, de acuerdo a su clase y división, mismo que deben respetarse para su transporte y en su caso, para la debida atención de emergencia por algún accidente.

3.1. Gestión de los materiales peligrosos (MPs)

En este apartado se retoman primero los aspectos más relevantes de la gestión de los materiales peligrosos (MPs), en el contexto internacional a fin de conocer los instrumentos y compromisos mediante los cuales se procura llevar la mejor gestión de los materiales peligrosos en los diversos países del mundo. En seguida, se revisan los aspectos generales de la gestión de los materiales peligrosos en México, sobre todo para conocer un estatus crítico de la forma en que actúa la autoridad federal ambiental de nuestro país para llevar el proceso de gestión de los materiales peligrosos, especialmente en lo que corresponde a la creación bases estadísticas y de información nacional confiable. Como último punto de este apartado, se estudian las bases legales que regulan la gestión de los materiales peligrosos en México para conocer los distintos ordenamientos jurídicos aplicables al proceso de gestión de los MPs y que incluye el correspondiente transporte de MPs, para saber si se

cuenta con los medios suficientes y adecuados para llevar adecuadamente este proceso de gestión y generar las estadísticas e indicadores de información que permitan verificar y evaluar el cumplimiento del marco regulatorio aplicable.

3.1.1 Aspectos relevantes sobre la gestión de los MPs en el contexto internacional

Los Materiales Peligrosos (MPs) son necesarios para realizar un sin número de actividades económicas industriales, comerciales y de servicios, en este sentido su adecuada gestión²³ representa una gran responsabilidad de todos los gobiernos en el nivel internacional, especialmente porque existen compromisos para atender amenazas a la salud humana relacionadas con la contaminación del agua, suelo y aire.

Hace apenas treinta años, en los países desarrollados como Canadá, Italia, Alemania, Dinamarca y Estados Unidos, se comenzaron a normar y a aplicar programas de gestión de MPs; a la fecha se ha logrado el desarrollo de una considerable infraestructura para atender las necesidades de generación, almacenamiento, tratamiento, disposición final y transporte de los MPs. Los países en desarrollo, como México, Brasil, Colombia, Venezuela y Chile, comenzaron a finales de la década de los años ochenta a realizar esfuerzos por controlar el manejo de los MPs. En general, los resultados se consideran aún limitados y en muchos casos ya no ha sido posible atender a tiempo el compromiso de salvaguardar la vida de muchos seres humanos que han muerto por graves accidentes debido a la falta de gestión oportuna de los MPs.

Así, entre los compromisos internacionales para el manejo de los MPs, destaca la “Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano” (Estocolmo, 1972); las “Directrices y Principios del Cairo para el Manejo Ambientalmente Racional de Desechos Peligrosos”, aprobados por el Consejo de Administración del “Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente” por su decisión 14/30 del 17 de junio de 1987; las recomendaciones del Comité de expertos en el Transporte de Mercaderías Peligrosas de las Naciones Unidas (formuladas en 1957 y actualizadas cada dos años); las recomendaciones, declaraciones, instrumentos y reglamentaciones pertinentes adoptadas dentro del Sistema de las Naciones Unidas; la “Carta Mundial de la Naturaleza” aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en su Trigésimo Séptimo Período de Sesiones (1982), como norma ética con respecto a la protección del medio humano y a la conservación de los recursos naturales; el “Acta de Conservación y Recuperación de Recursos” (RCRA, 1976) para reducir los peligros en el medio ambiente producidos por los residuos peligrosos (RPs), y el Convenio de Basilea (1989), sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, Acta Final²⁴.

²³ Una adecuada gestión comprende los procesos de generación, manipulación, acondicionamiento, recolección, transporte, almacenamiento, reciclaje, tratamiento y disposición final de residuos, de manera segura, sin causar impactos negativos al medio ambiente, y con un costo reducido.

²⁴ En la legislación internacional, se observa como especialmente importante lo referente al transporte trans-fronterizo de los MRPs, sea éste en forma directa es decir, el transporte del propio material o residuo con el objetivo de utilizarlo, tratarlo, reciclarlo o en su caso o disponerlo fuera de cada país generador; o bien de forma indirecta especialmente al disponer los residuos peligrosos a través de la contaminación de cursos de agua u otros medios ambientales. (Benavides L. y Risso W., 1991)

México, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo “Cumbre de la Tierra”, realizada en Brasil en 1992, se adhirió a los principios contenidos en los Capítulos 19 y 20 de la Agenda 21, para llevar a cabo un manejo ambientalmente adecuado de los MPs; se acordó asimismo durante el Foro Intergubernamental de Seguridad Química (FISQ), creado en 1994, promover la puesta en práctica de las disposiciones del Capítulo 19 de la Agenda 21, e informar permanentemente al respecto, en la Comisión de Desarrollo Sustentable; en 1994 a su ingreso en la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en 1994²⁵, se estableció el compromiso de incorporar en las políticas públicas, regulaciones y procedimientos administrativos las consideraciones contenidas en las Actas del Consejo de Ministros de la propia Organización, y que son decisiones vinculadas a los temas ambientales, relacionados con la gestión de las sustancias químicas, RPs y los accidentes químicos; en el marco del Tratado de Libre Comercio (TLC) y el Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (CCAAN)²⁶, se establecieron compromisos que tienen relación con la gestión de los plaguicidas y el desarrollo de planes de acción regional para reducir los peligros en el manejo de sustancias tóxicas prioritarias, en particular las que son persistentes y bio-acumulables como el DDT, el clordano, los bifenilos policlorados y el mercurio (Resolución 95-5); asimismo las autoridades mexicanas aceptaron contribuir a crear un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) para América del Norte.

Bajo este marco, los acuerdos y convenios internacionales ofrecen a nuestro país la posibilidad de apoyos para la instrumentación de programas de cooperación, que permitirán acelerar el proceso de fortalecimiento del marco normativo para gestión MPs y aprender tanto de las experiencias exitosas de otros países, como de sus errores para evitar cometerlos.

Las características geográficas, industriales, económicas, políticas y naturales caracterizan en forma distinta los problemas y atención del transporte de los MPs en cada país, pero sin duda la importancia de lograr una adecuada gestión de los mismos son motivo de atención reciente.

3.1.2 La gestión de los MPs en México

Según la OCDE, los países en vías de desarrollo producen del estimado total de RPs generados en el planeta, cerca de 5 millones de toneladas al año de residuos tóxicos²⁷, es decir el 10% del total mundial. En este sentido, resulta de especial interés, el lograr la debida transferencia tecnológica para la gestión de los MPs, tomada de los países más desarrollados

En México (Díaz B., 1996), quien norma, analiza y dictamina sobre la gestión de los MPs, es la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y participan con un rol

25 De acuerdo con la Ley de Tratados Internacionales, cuando se ha suscrito un convenio o acuerdo internacional aprobado por el Congreso de la Unión y por el Poder Ejecutivo, adquiere el carácter de Ley nacional, este es el caso de la adhesión a la OCDE y de la firma del TLC.

26 El convenio o acuerdo internacional sólo fue firmado por el Titular de la SEMARNAT, por tanto es responsabilidad de dicha Secretaría su cumplimiento a través de leyes, políticas y programas.

27 U.S. Environmental Protection Agency. Waste Minimization Opportunity Assessment Manual. En: EPA/625/7-88/003. New York, 1988

secundario la Secretaría de Salud (SSA), la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), así como los gobiernos locales, esto implica una deficiencia en la atención de los aspectos de salud ambiental, la falta de control en la aplicación de la normatividad y de programas de gestión, el aumento de sitios contaminados con RPs, carencia de infraestructura especialmente de transporte y no se tienen estadísticas nacionales confiables sobre la cantidad de toneladas de MPs que son utilizados en los diferentes sectores productivos. Por lo anterior, solamente es posible hacer referencia a las cifras estimadas que se tienen disponibles sobre la gestión de RPs y que se generan a nivel nacional, esto para dimensionar la escala del problema en general de la gestión del MPs que se movilizan en carreteras y vías urbanas, especialmente en zonas metropolitanas.

Así podemos decir que como resultado de las diferentes actividades económicas, a nivel nacional existen alrededor de 100 mil generadores potenciales de residuos peligrosos, registrándose oficialmente tan solo 27 mil 289, mismos que generan alrededor de 3 millones 706 toneladas/año. (SEMARNAT, 2003). Cifras que solamente se refieren a la generación de RPs y por tanto, son muy limitadas y poco confiables ya que difieren de diversas revisiones de datos históricos sobre la generación de RPs en México y que entre otras señalan que simplemente en 1986, se estimaba ya la generación anual de 2 millones 737 ton/Año; en 1990 llegó a 5 millones 657 ton/ año y en 1995 se calculaba una generación de entre 7 y 7.5 millones de ton/año. (Díaz B., 1996)

Lo cierto es que a la fecha, aún no se tiene un registro confiable a nivel nacional y se observa la falta de controles para verificar el cumplimiento de disposiciones legales, esto a su vez, puede incrementar las cifras sobre generación de residuos peligrosos consideradas en el nivel internacional. Un caso de especial atención son los residuos biológico-infecciosos²⁸ de los cuales el sector salud estima que actualmente se genera 1.5 Kg/cama al día, por lo que de acuerdo al número de camas censales existentes en el país y que es de aproximadamente 127 mil. Es decir se están generando al día 191 mil toneladas de residuos biológico-infecciosos o 69 millones 715 ton/Año de estos residuos.

Por tanto, hace falta revisar y reflexionar sobre la fortaleza del marco jurídico federal y local así como de acciones emprendidas por las propias instancias responsables, tanto en el nivel intra-institucionales como inter-gubernamentales para atender el problema, no solamente del manejo de los RPs, sino de todo el proceso regulatorio que implica la gestión²⁹ de los MPs, especialmente en lo que corresponde a la creación bases estadísticas y de información nacional confiable.

28 Los residuos biológico-infecciosos, para que puedan llegar a ocasionar una enfermedad requieren reunir de las condiciones siguientes: que estén vivos; que sean capaces de provocar una enfermedad infecciosa; que se encuentren en una cantidad o dosis suficiente; que encuentren una vía de ingreso al cuerpo de los individuos expuestos; que los individuos infectados tengan debilitados sus mecanismos de defensa habituales para combatir a los agentes infecciosos.

29 “Se define la ecoeficiencia como el proceso por medio del cual se colocan en el mercado bienes y servicios a precios competitivos y que, además de mejorar la calidad de la vida, contribuyen a mejorar el valor de la empresa a largo plazo; reducir el impacto ambiental de la producción; minimizan el peligro a la salud y al ambiente y disminuyen la intensidad del uso de los recursos que se emplean, manteniéndola a un nivel que no rebase la capacidad de carga estimada del sitio en el que se produce”. (CAM,2002)

3.1.3 Bases legales para la gestión de los MPs en México

En el marco de la legislación internacional, los países coinciden en una definición legal de los MPs bajo criterios similares, sin embargo las listas de control son diferentes según los criterios de origen, propiedad y, contenido específicas.³⁰ En México, las disposiciones legales que permiten la regulación y el control de los materiales y residuos peligrosos, están contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (D.O.F, 1988) y su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos (D.O.F., 1988 última actualización D.O.F., 2004) y que requiere ser actualizado, así como en nueve Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) Ecológicas para el manejo de residuos peligrosos que se muestran en la Tabla 3.1. (<http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio>).

La LGEEPA, define los materiales peligrosos (MPs), como los elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos, que independientemente de su estado físico, representen un peligro para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas.³¹

Por tanto, los residuos peligrosos (RPs)³², son parte del ciclo de vida de los materiales peligrosos (MPs), que se muestra en la Figura 3.1, considerado éste desde la extracción de las materias primas que son procesadas industrialmente, su transporte, almacenamiento, uso, reciclaje y en su caso disposición final y, tanto MPs como RPs, poseen las mismas características de peligrosidad a la salud humana y al ambiente.

Tabla 3.1 Normas Oficiales Mexicanas Ecológicas para la gestión de los MPs

Norma Oficial Mexicana	Disposición	Fecha de Publicación
NOM-052-SEMARNAT-1993	Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	NOM-052-ECOL-1993 22-OCTUBRE-1993.
NOM-053-SEMARNAT-1993	Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	NOM-053-ECOL-1993 22-OCTUBRE-1993.

30 En España, la Ley 10/1998, de Residuos, establece que un residuo peligroso es "aquel que figure en la [lista de residuos peligrosos](#) aprobada por el Real Decreto 952/1997, así como los recipientes y envases que lo hayan contenido. Los que hayan sido calificados como peligrosos por la normativa comunitaria y los que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en convenios internacionales de los que España sea parte".

31 Información obtenida de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Federal de México, Dependencia responsable del control de los materiales peligrosos en el ámbito nacional. (Página de Internet www.semarnat.gob.mx)

32 La Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-93 y; NOM-053-ECOL-93, establecen correspondientemente las características de los residuos peligrosos, y sus listados, así como el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. No se tienen Normas Oficiales para el caso de los materiales peligrosos.

Norma Oficial Mexicana	Disposición	Fecha de Publicación
NOM-054-SEMARNAT-1993	Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.	NOM-054-ECOL-1993 22-OCTUBRE-1993.
NOM-055-SEMARNAT-1993.	Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de los radiactivos.	NOM-055-ECOL-1993 22-OCTUBRE-1993.
NOM-056-SEMARNAT-1993.	Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.	NOM-056-ECOL-1993 22-OCTUBRE-1993.
NOM-057-SEMARNAT-1993.	Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.	NOM-057-ECOL-1993 22-OCTUBRE-1993.
NOM-058-SEMARNAT-1993.	Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.	NOM-058-ECOL-1993 22-OCTUBRE-1993.
NOM-133-SEMARNAT-2000.	Protección ambiental - Bifenilos policlorados (BPCs) - Especificaciones de manejo.	NOM-133-ECOL-2000 10-DICIEMBRE-2001.
Modificación de la NOM-133-ECOL-2000	Protección ambiental - Bifenilos policlorados (BPCs) - Especificaciones de manejo.	NOM-133-ECOL-2000 5-MARZO-2003.

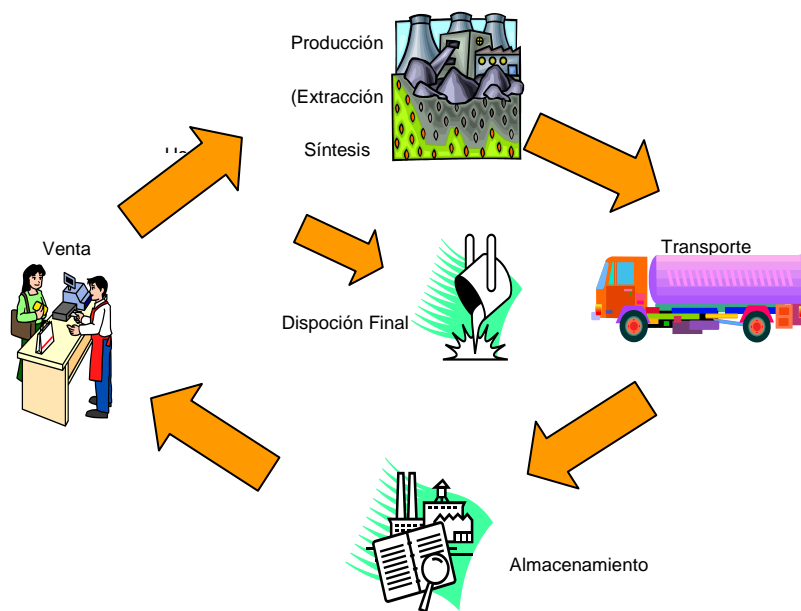


Figura 3.1 Ciclo de vida de los materiales peligrosos (MPs)

Según criterios ambientales de la LGEEPA, los materiales peligrosos pueden ser:

- i. Los materiales corrosivos, que son aquellos muy ácidos o muy alcalinos ($\text{pH} < 2.0$ o bien $\text{pH} > 12.5$) que pueden reaccionar peligrosamente con otros residuos o provocar la migración de contaminantes tóxicos, o bien que son capaces de corroer el acero en ciertas condiciones y en cierto tiempo, con lo cual pueden llegar a fugarse de sus contenedores y liberar otros residuos.
- ii. Los materiales reactivos, son aquellos que son normalmente inestables y pueden llegar a reaccionar violentamente sin explosión o que pueden formar una mezcla explosiva con el agua, generar gases tóxicos, vapores y humos; que pueden contener cianuro o sulfuro y generar gases tóxicos; o bien que pueden ocasionar explosiones en distintas situaciones, ya sea de temperatura y presión estándares, si se calientan en condiciones de confinamiento o se someten a fuerzas considerables.
- iii. Los materiales explosivos, son aquellos que tienen una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenceno, o bien que son capaces de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y a 1.03 kg/cm^2 de presión.
- iv. Los materiales tóxicos, son los que contienen sustancias capaces de causar la muerte o provocar efectos nocivos en la salud de la población, en la flora o en la fauna, que varían en características y severidad de acuerdo con las formas e intensidades de la exposición.
- v. Los materiales inflamables, son aquellos capaces de causar un incendio en diferentes condiciones tales como fricción, absorción de humedad, cambios químicos espontáneos, y que al incendiarse arden tan vigorosa y persistentemente que pueden representar un peligro.
- vi. Los materiales químicos potencialmente tóxicos, pueden ocasionar efectos adversos en los seres vivos, dependiendo de la exposición en términos de concentración o dosis, de tiempo y de frecuencia.
- vii. Los residuos químicos, son todos aquellos que cuando se desechan ya no tienen valor para seguirlos aprovechando en el sector industrial o doméstico, e incluye toda clase de envases y contenedores contaminados por las propias sustancias o residuos químicos, así como también aquellos MPs desperdiciados al usarlos como insumos en los procesos productivos industriales, comerciales o de servicios y al generar subproductos o desechos peligrosos no deseados en dichos procesos.

Un tipo de RPs que se generan al realizar una de las actividades más necesarias y de mayor sentido humano, las del sector salud, son los llamados residuos peligrosos biológico-infecciosos³³, que contienen microbios o gérmenes que provienen del cuerpo de seres humanos o animales infectados o enfermos como la sangre, fluidos corporales, órganos extirpados en operaciones y cadáveres, cultivos

33 Los residuos biológico-infecciosos, para que puedan llegar a ocasionar una enfermedad requieren reunir de las condiciones siguientes: que estén vivos; que sean capaces de provocar una enfermedad infecciosa; que se encuentren en una cantidad o dosis suficiente; que encuentren una vía de ingreso al cuerpo de los individuos expuestos; que los individuos infectados tengan debilitados sus mecanismos de defensa habituales para combatir a los agentes infecciosos.

de microbios usados con fines de investigación, materiales de curación y objetos punzo cortantes contaminados.

En cualquier caso, la peligrosidad de los diferentes MPs es diferencial y, va de acuerdo a sus propiedades inherentes o intrínsecas de cada MPs³⁴ y siempre se deben diferenciar los conceptos de peligro y peligro según lo siguiente:

"Peligro, es una propiedad inherente o intrínseca de las sustancias o agentes biológicos contenidos en los materiales o residuos, que les dota de características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o infecciosas".

“El riesgo, se define como la probabilidad de que un material o residuo peligroso produzca un efecto adverso o dañino en función de la exposición. En caso de materializarse el peligro, la magnitud o intensidad del efecto o del daño dependerá del número de individuos que pueden ser afectados, tanto actualmente como en el futuro”.

Cabe señalar, que los MPs pueden o no causar daños al ambiente, a los ecosistemas o a la salud, ya que para que esto ocurra es necesario que se encuentren en una forma “disponible” que permita que se difundan en el ambiente, alterando la calidad del aire, suelos y agua, así como que entren en contacto con los organismos acuáticos o terrestres o con los seres humanos. Por lo anterior, es importante asociar la gestión de las actividades económicas altamente peligrosas a la de los propios MPs, ya que los volúmenes manejados de los mismos así como de sus condiciones de uso, son las que propiamente determinan en mayor o menor medida la posibilidad de un accidente, por lo que la propia LGEEPA en su Artículo 28, determina aquellas actividades consideradas como peligrosas, según puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas y evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Entre ellas se cuentan las siguientes relacionadas con el tema de gestión de los materiales peligrosos:

- a) Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carbo ductos y poliductos;
- b) Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica;
- c) Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear;
- d) Instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, así como residuos radiactivos y;
- e) Parques industriales donde se prevea la realización de actividades altamente peligrosas.

34 Así por ejemplo, en el caso de los residuos químicos tóxicos, la exposición depende de la concentración o dosis de la sustancia tóxica contenida en un material o residuo que entra en contacto o ingresa al organismo del individuo receptor, así como del tiempo que dura la exposición y la frecuencia con la que ocurre.

En un sentido amplio, de la revisión de marco normativo para la gestión de materiales peligrosos, se observa que la regulación es limitativa y confusa, en la medida en que distintas Secretarías están facultadas para actuar sobre los mismos aspectos, tales como el transporte, el almacenamiento, el proceso y uso de materiales o residuos peligrosos así como de la seguridad de las propias instalaciones que los manejan.

Muy importantes también son los ordenamientos jurídicos para el transporte de materiales y residuos peligrosos y que quedan establecidos en la Ley de Vías Generales de Comunicación, LGVC, (D.O.F., 1940) y en Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, RTTMRP (D.O.F., 1993) y las Normas Oficiales Mexicanas de Transporte, aplicables. (<http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio>)

A todo lo anterior se agrega que, inter-institucionalmente no existe coincidencia en la clasificación de los MPs, ni si quiera en el concepto de peligro. Basta con mencionar que el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos (RTTMRP), define a los materiales peligrosos como aquellas sustancias peligrosas, sus remanentes, sus envases, embalajes y demás componentes que conformen la carga que será transportada por las unidades; a las sustancias peligrosas, como todo aquel elemento, compuesto, material o mezcla de ellos que independientemente de su estado físico, represente un peligro potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad de terceros; también se consideran bajo esta definición los agentes biológicos causantes de enfermedades y; los residuos peligrosos, como todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente. Dichos conceptos son similares pero no homólogos a los enmarcados por la LGEEPA.

Además la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) ³⁵ clasifican los materiales en nueve clases: los explosivos, los gases, los líquidos inflamables, los sólidos inflamables, los oxidantes y peróxidos orgánicos, las sustancias tóxicas venenosas y los agentes biológico-infecciosos, los materiales corrosivos, los radioactivos y los misceláneos o varios (CENAPRED, 2008). Esto con fundamento en lo establecido por la Organización Mundial de las Naciones Unidas (UN, 2009).

La legislación disponible en la materia, presenta lagunas jurídicas importantes que hacen cada vez más complejas las resoluciones que debieran ser aplicadas a los procesos de inspección o verificación a empresas y transportistas, especialmente en zonas urbanas saturadas, en donde se tienen empresas cautivas a un sin número de visitas de inspección y otras de las que se tiene un total descontrol.

Además las empresas que buscan mantener un orden administrativo, requieren obtener licencias de funcionamiento o autorizaciones de múltiples dependencias para la operación de procesos productivos ambientalmente amigables, las cuales imponen requerimientos de información que se duplican además de los conocidos trámites lentos que bloquean la actividad económica, sin necesariamente lograr los objetivos ambientales, sanitarios o de otra índole que se persiguen.

35 Según el Reglamento de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos (RTTMRP).

Es por demás mencionar que, aún cuando las empresas desean cumplir con los ordenamientos legales, en muchos casos se ven rebasadas por la falta de capacitación de sus trabajadores o por la resistencia de poner en práctica las medidas de seguridad y protección para prevenir riesgos.

Así también para el caso de los transportistas, la regulación local sobre el tráfico de este tipo de mercancías, aparentemente no es aplicable, esto porque supuestamente los vehículos con placas federales de la SCT y autorización de la SEMARNAT y SCT, no pueden ser sancionados por faltas a los reglamentos de tránsito o a las disposiciones de control ambiental locales, lo que ocasiona graves problemas de congestión y peligro del transporte de MPs.

La información que se solicita a las empresas y transportistas de MPs para construir y difundir estadísticas, es muy limitada, dispersa o no existe, situación que enfrentan las autoridades con poca preocupación.

Finalmente, se reporta uno de los avances más significativos para el manejo de los materiales peligrosos en México, la “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”, publicada el 8 de octubre de 2003 (<http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio>), y que tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención, generación, valorización y la gestión integral de los RPs, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación, así como establecer las bases entre otros lineamientos para:

- Regular la generación y manejo integral de RPs, así como establecer las disposiciones que serán consideradas por los gobiernos locales en la regulación de los residuos que conforme a esta Ley sean de su competencia.
- Crear un sistema de información relativa a la generación y gestión integral de los RPs, sólidos urbanos y de manejo especial, así como de sitios contaminados y remediados.
- Determinar las medidas de emergencia que las autoridades apliquen en caso fortuito o fuerza mayor, tratándose de contaminación por RPs.

Esta Ley mantiene la rectoría al gobierno federal para:

- i. Expedir reglamentos, normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas para regular el manejo integral de los RPs, su clasificación, prevenir la contaminación de sitios o llevar a cabo su remediación cuando ello ocurra.
- ii. Expedir las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) específicas en la materia.
- iii. Regular y controlar los RPs provenientes de pequeños generadores, grandes generadores o de micro-generadores, cuando estos últimos no sean controlados por las entidades federativas.
- iv. Regular los aspectos ambientales relativos al transporte de los RPs peligrosos.
- v. Verificar el cumplimiento de la normatividad en las materias de su competencia, e imponer las medidas de seguridad y sanciones que en su caso correspondan.

- vi. Celebrar convenios con los gobiernos de las entidades federativas para participar en la autorización y el control de los RPs generados por micro- generadores, y brindarles asistencia técnica para ello.
- vii. Autorizar el manejo integral de RPs, así como la prestación de los servicios correspondientes.
- viii. Promover, en coordinación con los gobiernos de las entidades federativas, de los municipios, de otras dependencias y entidades involucradas, la creación de infraestructura para el manejo integral de los residuos con la participación de los inversionistas y representantes de los sectores sociales interesados.
- ix. Autorizar la importación, exportación o tránsito de RPs por el territorio nacional.
- x. Establecer y operar, en el marco del Sistema Nacional de Protección Civil, en coordinación con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, el sistema para la prevención y control de contingencias y emergencias ambientales relacionadas con la gestión de RPs.
- xi. Agrupar y sub-clasificar los RPs, sólidos urbanos y de manejo especial en categorías, con el propósito de elaborar los inventarios correspondientes, y orientar la toma de decisiones basada en criterios de peligro y en el manejo de los mismos.
- xii. Identificar las fuentes generadoras, los diferentes tipos de residuos, los distintos materiales que constituyen los residuos y los aspectos relacionados con los mercados de los materiales reciclables o reciclados, entre otros, para orientar a los responsables del manejo integral de residuos.
- xiii. Prevenir y reducir los peligros a la salud y al ambiente, asociados a la generación y manejo integral de RPs.

Asimismo, la Ley mencionada establece como facultades de las entidades federativas para el manejo de materiales peligrosos:

- i. Formular, conducir y evaluar la política estatal, así como elaborar los programas en materia de residuos de manejo especial, acordes al Programa Nacional.
- ii. Prevenir y gestionar integralmente a los residuos y remediar sitios contaminados con éstos.
- iii. Expedir conforme a sus respectivas atribuciones, y de acuerdo con las disposiciones de esta Ley, los ordenamientos jurídicos que permitan darle cumplimiento conforme a sus circunstancias particulares, en materia de manejo residuos de manejo especial, así como de prevención de la contaminación de sitios con dichos residuos y su remediación.
- iv. Autorizar el manejo integral de residuos de manejo especial, e identificar los que dentro de su territorio puedan estar sujetos a planes de manejo.
- v. Verificar el cumplimiento de los instrumentos y disposiciones jurídicas referidas en materia de residuos de manejo especial e imponer las sanciones y medidas de seguridad que resulten aplicables.

- vi. Autorizar y llevar a cabo el control de los RPs generados o manejados por micro-generadores, así como imponer las sanciones que procedan, de acuerdo con la normatividad aplicable y lo que establezcan los convenios que se suscriban con la Secretaría y con los municipios.
- vii. Establecer el registro de planes de manejo y programas para la instalación de sistemas destinados a su recolección, acopio, almacenamiento, transporte, tratamiento, valorización y disposición final, conforme a los lineamientos establecidos en la Ley y las NOMs que al efecto se emitan, en el ámbito de su competencia.
- viii. Promover, en coordinación con el gobierno federal y las autoridades correspondientes, la creación de infraestructura para el manejo integral de residuos sólidos urbanos, de manejo especial y RPs, en las entidades federativas y municipios, con la participación de los inversionistas y representantes de los sectores sociales interesados.
- ix. Coadyuvar en la promoción de la prevención de la contaminación de sitios con MPs y su remediación.
- x. Participar en el control de los RPs generados o manejados por micro-generadores, así como imponer las sanciones que procedan, de acuerdo con la normatividad aplicable y lo que establezcan los convenios que se suscriban con los gobiernos de las entidades federativas respectivas, de conformidad con lo establecido en esta Ley.
- xi. Coadyuvar en la prevención de la contaminación de sitios con MPs y su remediación.
- xii. Autorizar y el controlar las actividades realizadas por los micro-generadores de RPs de conformidad con las Nomas correspondientes.
- xiii. Controlar los RPs que estén sujetos a los planes de manejo.

El esfuerzo de expedir esta Ley es de reconocerse, ya que se establecen las bases jurídicas para la “gestión de los residuos peligrosos” en el nivel federal y delegar lo relativo a los micro-generadores a las entidades federativas.

No obstante, para el caso de interés de este estudio, la dimensión de la problemática es mucho mayor porque debemos considerar no sólo lo relativo a la “gestión de los residuos peligrosos”, sino a la gestión del total de los “materiales peligrosos” que se movilizan en las zonas metropolitanas y ciudades de todo el país. Esto implica, todo el proceso regulatorio de gestión de MPs que pudiera elevarse a rango de Ley, en especial lo relativo a la delegación de facultades a las autoridades locales para regular el tránsito y operación de vehículos de transporte de MPs en áreas urbanas saturadas, porque es un problema que queda fuera del control de las autoridades federales y que deja muy limitada la actuación de las autoridades locales, generando recurrentemente afectaciones peligrosas a la salud y vida de la población expuesta, el ambiente y su entorno material urbano.

Por otro lado, uno de los grandes problemas que se observan en el nivel de la ZMVM, es que los grandes generadores de residuos peligrosos están obligados a registrarse ante la SEMARNAT, quedando bajo el control total del nivel federal y que por tanto también deja muy limitada la actuación de la autoridad local y municipal, problema que podría superarse si existiera una eficiente coordinación intergubernamental, lo cual está lejos de la realidad, y por tanto, muy probablemente el espíritu para lo que fue hecha esta Ley simplemente nunca se verá aplicado.

Asimismo, el caso de los micro-generadores de residuos peligrosos que se mantienen bajo el control de las autoridades competentes de las entidades federativas o municipales, se pueden visualizar como un gran sector pulverizado dentro de la ZMVM, por lo que los costos económicos, ambientales y sociales, se perciben a priori muy altos, de no contar con el respaldo del gobierno de nivel federal.

Como comentario de este apartado, se puede decir que los distintos ordenamientos jurídicos y sus instrumentos complementarios, no garantizan por sí solos la regulación del proceso de gestión de los MPs, si no se cuenta con los medios suficientes y adecuados para su instrumentar y verificar su cumplimiento y si no se desarrollan y utilizan estadísticas e indicadores para evaluar dicho cumplimiento.

Además, no se es posible dejar de aquellos, otras Leyes a observar en la gestión de los materiales peligrosos y que son los siguientes; Ley Federal del Trabajo, LFT, (D.O.F., 1970); Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, LFAFyE, (D.O.F., 1972); Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, LOAPF, (D.O.F., 1976); Ley General de Salud, LGS, (D.O.F., 1984); Ley Federal sobre Metrología y Normalización, LFSMyN (D.O.F., 1992); Ley Minera (D.O.F., 1992); Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, LCPyAF (D.O.F., 1993); Ley de Comercio Exterior, LCE (D.O.F., 1993); Ley Federal de Sanidad Vegetal, LFSV (D.O.F., 1994); Ley Aduanera, LA, (D.O.F., 1995) y; Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, LRAC27en MN (D.O.F., 1998). (<http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio>)

3.2. Accidentes graves de materiales peligrosos (MPs)

En este apartado se presenta una reflexión sobre la necesaria presencia de materiales peligrosos como parte en la vida cotidiana de la humanidad. En seguida, se hace una descripción histórica de los hechos accidentes graves de materiales peligrosos ocurridos en el mundo y que afectaron un número importante de personas, tanto en su vida como en su salud, destacando algunos accidentes que todavía tiene secuelas para la población y se incluye un anexo informativo más completo de hechos accidentes de materiales peligrosos en el mundo, elaborado con información de bases de datos especializadas en el seguimiento de este tipo de hechos.

Como un trabajo muy específico para conocer la importancia del tema en México, se presentan los accidentes más graves de materiales peligrosos ocurridos en el México, y además se presenta un anexo completo de hechos ocurridos en México, elaborado en este caso con información periodística nacional y local compilada para este trabajo y complementada con información de bases de datos especializadas en el seguimiento de accidentes de transporte de materiales peligrosos. Para cerrar este apartado, se presenta, de la estadística internacional, la información relacionada con accidentes de transporte de amoníaco y cloro.

3.2.1 Presencia de los MPs en el nuestro ámbito de vida

Bajo una visión integradora, se puede decir que los procesos productivos que implican actividades altamente peligrosas se vinculan estrechamente con el transporte de todo tipo de mercancías peligrosas, ya que son el manejo de estas mercancías en grandes volúmenes y sus condiciones, las que pueden propiciar un accidente.

Gran parte de los progresos que ha tenido la humanidad (Espinoza, 2000), sobre todo en los dos últimos siglos, están relacionados con el uso de sustancias químicas distintas, en procesos productivos y en productos de consumo y, se sabe que todo lo que nos rodea está conformado de una manera o de otra, de sustancias químicas.

Hasta la época actual (CEPIS, 1994), se han identificado alrededor de 12 millones de sustancias químicas en el planeta, de las cuales cerca de 100 mil son productos comerciales; unos tres mil productos constituyen el 90 por ciento del consumo mundial; alrededor de ocho mil están sujetos a la regulación de su etiquetado y; se tiene alrededor de 600 sustancias que han sido prohibidas o restringidas entre diversos países del mundo, de las cuales alrededor de 15 de ellas, son objeto de un procedimiento de notificación entre gobiernos importadores y exportadores.³⁶ (Ver lista de sustancias químicas en <http://www.epa.gov/emergencies/tools.htm#lol>). Estas cifras nos brindan la posibilidad de tener una dimensión más real del campo que puede abarcar la gestión de los MPS y en particular de los MPs químicos, muchos de ellos con cualidades muy peligrosas a la salud y vida de las personas (Figura 3.2).

A pesar de que es muy difícil concebir hoy en día, lo que sería vivir por completo sin medicamentos, aditivos y preservativos de alimentos, sin plaguicidas, combustibles, pinturas, materiales diversos para la producción de textiles, muebles, equipos electrónicos y otros, en cuyo proceso se usan sustancias químicas, también se ha aprendido dolorosamente que el manejo de los materiales químico peligrosos en condiciones inseguras pueden causar enfermedad y muerte, tal como ha ocurrido con trabajadores expuestos a los plaguicidas o contaminantes químicos de muchas industrias que operan sin la protección adecuada, o como ha sucedido tras accidentes muy trágicos ocurridos por la realización de actividades altamente peligrosas.



Figura 3.2 Uso y manejo de materiales químicos peligrosos

3.2.2 Accidentes graves de MPs ocurridos en el mundo

Los accidentes trágicos ocurridos en el mundo y que vale la pena recordar a todos, especialmente a las autoridades responsables de la gestión de los materiales peligrosos, se presentan en el Anexo 4, destacando a continuación solamente algunos de los eventos mundiales que provocaron daños irreparables a la humanidad (Figura 3.3).

³⁶ Cabe señalar, que todo país debe contar con las tecnologías para la prevención, control y minimización de los peligros que implica el consumo comercial de una sustancia química o en su caso, para proceder a prohibir o a restringir uso y manejo.

En Seveso, Italia, el 10 de junio de 1976, aproximadamente a las 12:37 horas, en la planta de "Icmesa Chemical Company" ocurrió una emisión de tóxicos de 0.5 a 2 kg del MPs químico conocido como Dioxina (2,3,7,8-tetraclorodibenzo para dioxina). El accidente tuvo lugar debido a fallas humanas en las medidas de seguridad y el inadecuado diseño y operación de un reactor. Se estima que la nube tóxica tenía una concentración de 3 500 ppm y viajó largas distancias y por varios días, sobre el territorio de zonas pobladas. Aunque al día siguiente del evento se declaró contaminada un área de 5 km², después se conoció que el área afectada era 5 veces mayor y 15 días después, fueron evacuadas más de 2 000 personas. El gobierno Italiano, tuvo que solicitar la ayuda de expertos internacionales para el tratamiento médico de los intoxicados y para la limpieza de la zona contaminada. El daño registrado fue sobre la salud de un importante número de personas, daño ambiental y la muerte de un número importante de animales domésticos y de granja.

En Bophal, India, el 3 de diciembre de 1984 a las 11:00 horas, proveniente de la Empresa Unión Carbide, se fugó una nube tóxica de 25 toneladas de Demetilisocianato, debido a fallas humanas y la inadecuada aplicación de los sistemas de seguridad en los procesos productivos, específicamente no se conservó la temperatura de refrigeración adecuada de un tanque. Los daños ocurridos son los históricamente reconocidos como más graves del mundo, fallecieron 2 000 personas inmediatamente, alrededor de 8 000 fallecieron posteriormente y aproximadamente 300 000 fueron afectadas en mayor o menor grado en su salud. La Empresa Unión Carbide pagó un total de 520 millones de dólares (470 millones de dólares a las víctimas y 50 millones de dólares a sus abogados), no obstante esta cifra no puede tomarse como el pago justo de las víctimas que fue estimado en alrededor de 4.1 billones de dólares y que aún siguen sufriendo las consecuencias del accidente químico. La empresa aceptó la "responsabilidad moral" de la catástrofe pero nunca pagó el costo real del daño ocasionado. (Vea <http://www.greenpeace.org/international/photosvideos/slideshows/bhopal-the-world-s-worst-ind> y <http://www.bhopal.net>).

En Chernobyl, Ucrania, el 26 de abril de 1986, aproximadamente a la 1:23 horas, ocurrió la explosión de una planta núcleo-eléctrica, causada por fallas humanas, de diseño de la propia planta y serias violaciones de las normas de operación y seguridad del reactor. Para extinguir el grafito incendiado y eliminar la liberación de radiactividad, fue necesario arrojar al interior del reactor y mediante helicópteros más de 5 000 toneladas de materiales de control, entre los que se cuentan: 40 toneladas de sustancias químicas con contenido de Boro y atrapadores de neutrones; 2,400 toneladas de plomo; 1,800 toneladas de arena y arcilla; 600 toneladas de Dolomita, Fosfato Tri-Sódico y líquidos polimerizantes. Después del accidente se construyó sobre la planta núcleo-eléctrica una de las obras de ingeniería más complicadas a nivel mundial "El Shelter" (refugio), concluida en 1986 debido a las condiciones de alta radiactividad que se tenía en la zona. Los daños registrados en la Ex-Unión Soviética fueron: el efecto de Cesio Radiactivo en una extensión de aproximadamente 130 000 km²; la evacuación total de la población asentada en 30 km a la redonda de la planta y; el fallecimiento de 30 personas de las brigadas contra incendio y del staff de construcción de "El Shelter", debido a las altas dosis de radiación recibidas.

Nube Tóxica de Icmesa Chemical Company en Seveso, Italia



Restos de Unión Carbide en Bophal India



Planta Núcleo Eléctrica en Chernobyl Ucrania



Figura 3.3 Catástrofes mundiales por accidentes de materiales peligrosos

3.2.3 Accidentes graves de MPs ocurridos en el México

El caso de México no está exento de contarse entre los eventos trágicos del mundo (PROFEPA, 2005), especialmente el del accidente que muchos de nosotros no podremos olvidar en nuestra vida y ocurrido el 19 de septiembre de 1984, en la Terminal Satélite Norte de Petróleos Mexicanos (PEMEX), localizada en el sitio de San Juan Ixhuatepec localizado en el municipio metropolitano de Tlalnepantla Estado de México. En esa fecha ocurrieron una fuga y una serie explosiones (BLEVE) de más de 15 mil metros cúbicos de Gas Licuado de Petróleo (Gas LP). En total se presentaron doce explosiones mayores, las cuales generaron un gran número de explosiones menores que afectaron un radio de más de 800 metros alrededor de la estación gasera y se tuvo radiación térmica y ondas de presión. La causa de la fuga de Gas LP, fue originada en una de las tuberías de alimentación de 8" de diámetro hacia una de las esferas de almacenamiento, el gas fugado alcanzó la flama de un mechero de piso generándose el fenómeno de "flash back", el cual alcanzó las tuberías de alimentación, dando inicio al calentamiento de las esferas y la posterior explosión de una de ellas, desencadenando una serie de explosiones posteriores. El evento se controló con la ayuda de más de 7 mil personas, incluidos del orden de 200 bomberos de PEMEX, del Distrito Federal y de diferentes municipios del Estado de México, socorristas, policías, voluntarios y el ejército mexicano, quienes una vez ocurridas las explosiones, se limitaron al enfriamiento de las esferas de almacenamiento, mediante la aplicación de chorros de agua y al rescate y evacuación de la población. Se registraron 650 defunciones, 2 500 lesionados, más de 25 mil damnificados, 60 mil evacuados y daños materiales estimados en más de 2 mil millones de pesos (Figura 3.4).

Años después, en la misma Terminal Satélite Norte, el día 11 de noviembre de 1996 a las 14:00 horas, se volvió a registrar otro evento de fuga e incendio de aproximadamente 83 000 barriles de gasolinas y 2 250 barriles de producto fuera de especificación. La causa en esta ocasión fue la ruptura de una válvula del sistema de inyección de espuma sub-superficial en un tanque de almacenamiento, ocasionada por el empleo de un material fuera de especificación y norma, así como por fallas de aplicación de procedimientos de control de calidad y seguridad. En esa ocasión el evento fue controlado mediante la aplicación de 200 000 litros de líquido formador de espuma (agua ligera) y 6.5 millones de litros de agua, y en el operativo participaron alrededor de 1 000 elementos de distintos cuerpos de bomberos. Después de 35 horas de haberse iniciado el evento se reportaron 4 personas fallecidas y 15 lesionadas, alrededor de 5 000 personas tuvieron que ser evacuadas de las colonias

aledañas; los daños materiales fueron estimados en 3 000 millones de pesos. Además, la cantidad de emisiones contaminantes lanzadas a la atmósfera fueron equivalentes al doble de lo que en condiciones normales se emitía entonces en el ZMVM y dadas las altas temperaturas alcanzadas, las emisiones superaron la altura de la capa de mezclado lo que permitió que la dispersión de contaminantes se diera en altura suficientemente, de lo contrario el daño ambiental hubiese tardado mayor tiempo. (Figura 3.5)



Figura 3.4 Imágenes de la explosión de la gasera de PEMEX en San Juanico, 1984



Figura 3.5 Imagen de la explosión de la gasera de PEMEX en San Juanico, 1996

Con el primer acontecimiento de San Juan Ixhuatepec, se inició la preocupación de la autoridad por el tema de la gestión de los materiales peligrosos, especialmente debido a la presión que ejercieron los medios de comunicación para publicitar el evento y que en otras ocasiones, simplemente se limitaba la información a la población en general. (Anexo 5)












Con el objeto de conocer más sobre accidentes no deseados por la gestión de los MPS y ocurridos en México, se realizó la consulta de diversas bases de datos internacionales, en las que se registran accidentes trágicos ocurridos en el mundo. Se retomó la base de datos de “Failure and Accidents Technical Information System, (FACTS)”, para hacer un análisis de eventos ocurridos en México, registrándose un total de 138 accidentes ocurridos en nuestro país, de un total de 2 212 eventos ocurridos en el mundo desde el año 1950 al año 2007 (Ver Anexo 6). De ellos 7 accidentes ocurrieron en ciudades mexicanas (

Tabla 3.2) y solamente se contabilizaron un total 10 accidentes ocurridos en autopistas, carreteras o vialidades (Tabla 3.3).

Específicamente la base de datos FACTS, en lo que se refiere a información de accidentes graves de manejo de amoníaco ocurridos en México, presenta un total de 11 eventos de los cuales 2 ocurrieron en carreteras federales, 2 en transporte por barco, 3 en ductos y 4 en fábricas (Vea Tabla 3.4).

En lo que corresponde a información de accidentes graves de Cloro ocurridos en México, la Base de Datos FACTS, contiene información de solamente dos accidentes de transporte de Cloro por el modo de transporte por ferrocarril (Tabla 3.5).

Tabla 3.2. Accidentes graves ocurridos en ciudades mexicanas

AÑO	País	Actividad	Lugar	Muertes	Heridos
2005	MEX	Transporte en ductos	Ciudad		
2002	MEX	Use/Aplicación	Ciudad		
2002	MEX	Transporte en ductos	Ciudad		
2001	MEX	Use/Aplicación	Ciudad		
1999	MEX	Use/Aplicación	Ciudad		
1991	MEX	Transporte en ductos	Ciudad		
1988	MEX	Use/Aplicación	Ciudad		

Fuente: <http://www.factsonline.nl/>

Tabla 3.3. Accidentes graves de transporte en México ocurridos en autopista, carretera o vialidad

AÑO	País	Actividad	Lugar	Muertes	Heridos
1978	MEX	Transporte por Carretera	Autopista/Carretera/Vialidad		
1981	MEX	Transporte por Carretera	Autopista/Carretera/Vialidad		
1982	MEX	Transporte por Carretera	Autopista/Carretera/Vialidad		
1985	MEX	Transporte por Carretera	Autopista/Carretera/Vialidad		
1987	MEX	Transporte por Carretera	Autopista/Carretera/Vialidad		
1998	MEX	Transporte por Carretera	Estacionamiento		
2005	MEX	Transporte por Carretera	Autopista/Carretera/Vialidad		
2005	MEX	Transporte por Carretera	Autopista/Carretera/Vialidad		
2005	MEX	Transporte por Carretera	Trabajos de ingeniería/Obras		
2007	MEX	Transporte por Carretera	Autopista/Carretera/Vialidad		

Fuente: <http://www.factsonline.nl/>

Tabla 3.4 Accidentes graves de amoníaco ocurridos en México

AÑO	País	Actividad	Lugar	Muertes	Heridos
1977	MEX	Use/Aplicación	Fábrica		
1980	MEX	Transporte por barco	Fábrica de químicos		
1983	MEX	Transporte en ductos	Fábrica de químicos		
1984	MEX	Transporte por barco	Almacenamiento/Depot		
1990	MEX	Use/Aplicación	Fábrica		
1991	MEX	Use/Aplicación	Fábrica		
1992	MEX	Use/Aplicación	Almacenamiento/Depot		
1998	MEX	Transporte en ductos	Otro		
1998	MEX	Transporte por Carretera	Estacionamiento		
2005	MEX	Transporte por Carretera	Autopista/Carretera/Vialidad		
2005	MEX	Transporte en ductos	Ciudad		

Total 11 Accidentes de transporte de amoníaco ocurridos en México de base de datos FACTS.

Fuente: <http://www.factsonline.nl/>

Tabla 3.5 Accidentes graves de cloro ocurridos en México

AÑO	País	Actividad	Lugar	Muertes	Heridos
1979	MEX	Ferrocarril	En vía	☠	+
1981	MEX	Ferrocarril	Envía	☠	+

Total 2 Accidentes de transporte de cloro ocurridos en México de la base de datos FACTS.

Fuente: <http://www.factsonline.nl/>

Adicional a lo compilado en la estadística internacional, también se buscaron aquellos accidentes específicos en los que se han visto involucradas unidades de transporte, como resultado no se encontró ninguna fuente oficial confiable en el nivel urbano en nuestro país y tanto estudios (Moran, *et al.*, 2002) y estadísticas federales como la estadística FACTS, observaron limitaciones sobre el tema del transporte de materiales peligrosos en el nivel urbano, por lo que se llevó la tarea de compilar información de fuentes diversas de medios escritos y electrónicos, sobre los eventos más publicitados obteniéndose que del año 2000 al año 2008, se han publicitado 51 accidentes de transporte de materiales peligrosos de los cuales 12 han ocurrido en vialidades de la ZMVM. Es decir, que de los accidentes de transporte de materiales peligrosos publicitados en el nivel nacional, al menos el 24 % han ocurrido en la metrópoli más importante del país (Figura 3.6 y Anexo 7)



Figura 3.6 Accidentes seleccionados de transporte de MPs ocurridos en México

Por tanto, la estadística internacional para el caso de México es aún incompleta y ello, seguramente debido a la falta de seguimiento del problema del transporte de MPS; limitaciones de levantamientos de hechos de los accidentes y falta de transparencia de las autoridades involucradas, tanto a nivel nacional como local y municipal así como de las limitaciones impuestas de acceso a la información hacia los medios de comunicación, que pueden permitir conocer este tipo de información y facilitar una estadística confiable de comparativa internacional, aunque no sea hecha por las propias autoridades .

De todo lo anterior, se destaca la importancia de contar con uno de los instrumentos de gestión más importante y que es el acceso a la información de las empresas que hacen peligroso a cada material o sustancia química, las condiciones de exposición en las que pueden ocasionar peligros, y la relativa forma de manejo para prevenir dichos peligros, especialmente en su transporte, inclusive en caso de accidentes. Esta información obligatoriamente, debe ser dada a conocer a los consumidores a través del etiquetado de productos y a los trabajadores mediante las hojas de seguridad de los materiales, no obstante en la práctica, en la mayoría de los accidentes ocurridos en México y en la ZMVM, los operadores desconocen que están transportando y en el peor de los casos los controles no corresponden al tipo de materiales o sustancias químicas autorizada a transportarse.

La información acerca de las propiedades que hacen peligrosas a las diversas sustancias químicas se obtiene a partir de pruebas de laboratorio y sirve en primer lugar para clasificarlas de acuerdo con dichas propiedades y comunicar a su vez las medidas a seguir para prevenir o reducir sus peligros para la salud y el ambiente. Asimismo, las Normas Oficiales Mexicanas, fijan límites máximos permisibles de cada sustancia tóxica contenida en los productos de consumo, en el ambiente laboral, en el aire, agua, suelos, alimentos e incluso en tejidos corporales humanos, animales o vegetales. Se norma también, el manejo de los materiales peligrosos, a todo lo largo de su ciclo de vida para crear condiciones de seguridad en su producción, almacenamiento, transporte, utilización, tratamiento y disposición final. Además, se ha establecido la obligación, por parte de las empresas que realizan actividades altamente peligrosas, de desarrollar estudios de riesgo para determinar la probabilidad de que ocurran accidentes en sus instalaciones que involucren a materiales peligrosos. El problema en la ZMVM, es la falta de cumplimiento de las diversas disposiciones oficiales.

3.3. El transporte como un instrumento clave en la gestión de los MPs en la ZMVM

Si en este momento nos hacemos la pregunta ¿Es suficiente la infraestructura de manejo de MPs y su distribución geográfica es adecuada?-. Seguramente la respuesta general de todos a quienes nos toca trabajar sobre el transporte de carga en general, sería simplemente “no” y un doble “no” para el caso del transporte de MPs, la razón es que ninguno de los trabajos relacionados con el tema y hecho por la autoridad competente, ha dado la importancia debida al problema del transporte en la gestión de los MPs, a pesar de resultar clave de ello y, solamente se han considerado parcialmente elementos para el desarrollo de sistemas de información y rastreo de los MPs, vinculando información proporcionada por los generadores que voluntariamente se manifiestan, por lo que las acciones no han pasado de la definición de normas oficiales y la continua limitación de la actuación de las autoridades locales, delegacionales y municipales por la federales, especialmente en lo que respecta a la vigilancia y control del problema, lo que impide la promoción de inversión de infraestructura y la participación de más supervisores que controlen la aplicación de la normatividad en la materia.

Además, desafortunadamente la construcción de más infraestructura para la gestión de los MPs, al menos para la ZMVM se está dando de forma reactiva y no planeada y, los habitantes de la metrópoli, nos vamos acostumbrando cada vez más, a evitar tomar la responsabilidad de conocer y actuar participativamente en el control del flujo de mercancías peligrosas que se mueven en el territorio más poblado del país.

Sin embargo, ¿qué pasará cuando los habitantes de la gran ZMVM se den cuenta del problema? Simplemente como ejemplo de reflexión se hace referencia al caso del transporte urbano de la gasolina que se realiza en auto-tanques que provienen desde las refinerías y abastecen diferentes puntos de distribución para el consumo de los millones de vehículos, autobuses y camiones que circulan diariamente en la compleja red vial de esta metrópoli. Si ocurriera algún accidente por coalición de unidad que transporte este tipo de MPs, pudiera suceder una explosión en la que se perdieran vidas humanas y solo entonces se dimensionaría el eminente peligro que viven las personas que habitan en la ZMVM. Basta solamente pensar que solamente en un mundo perfecto los accidentes no ocurren (Frank, W., *et al.*, 2000).

Por tanto, el transporte resulta clave en el proceso de gestión de los MPs, y hasta ahora no se conoce ningún trabajo para la ZMVM, en el que se soporten decisiones, programas o acciones de ningún tipo para controlar el problema del flujo de mercancías altamente peligrosas que recorren las diferentes vialidades primarias y secundarias, y se reitera, el peligro es inminente todos los días cuando los vehículos (muchos en mal estado y sin la identificación debida) utilizan rutas sin restricciones, la mayoría muy congestionadas y que recorren espacios urbanos densamente poblados. En todos los casos este peligro, siempre estará asociado a daños en la salud o vida de las personas, sobre bienes de propiedad pública o privada, y ambientales, que por el momento parecen estar en el olvido.

Solamente cabe destacar el esfuerzo reciente realizado por integrantes de la Comisión Ambiental Metropolitana del Valle de México (CAM)³⁷, para fortalecer las políticas públicas para la gestión de los MPs y RPs en la ZMVM y que se presentan en dos documentos: el primero intitulado “Bases Conceptuales y de Diagnóstico del Programa para la Prevención y Manejo Integral de Residuos Peligrosos” (CAM y GTZ, 2002a), y el segundo llamado “El Programa de Comunicación y Participación Social y Concertación” (CAM y GTZ, 2002b). Ambos trabajos auspiciados por la Agencia Alemana de Cooperación Técnica – GTZ , los cuales compilan prácticamente toda la información disponible sobre los primeros pasos para la gestión de los MPs y RPs en el Valle de México.

3.4. Identificación de los MPs

En este apartado se presentan los diversos códigos de identificación de los materiales peligrosos (MPs) que se utilizan en el nivel internacional etiquetas, embases, embalajes y para la identificación de las unidades de transporte y los cuales son establecidos según: a) el código de la Organización Mundial de las Naciones Unidas (ONU); b) el código Europeo para la placa naranja y; c) el código de la

³⁷ La CAM, creada en 1996, se integra por autoridades de los Gobiernos Federal, del estado de México y del Distrito Federal, involucradas en la protección al ambiente y preservación y restauración del equilibrio ecológico.

“National Fire Protection Association-USA, NFPA”, también conocido como el diamante de peligro y que es recomendado para productos químicos peligrosos (UN, 2009) y (SCT y UAM, (1993).

Después, se presentan en detalle los códigos de identificaciones de las unidades de transporte según su clase y división de acuerdo el código de la ONU (UN, 2009)

3.4.1 Principales códigos identificación de los MPs en transporte

El Número ONU es el principal código de identificación de los MPs a nivel internacional, es un número de cuatro cifras asignado para cada uno de ellos, con este número se evita la confusión de los nombres técnicos de los diversos materiales con el que se les conoce por idioma o la diferente denominación comercial de una misma mercancía riesgosa. (ONU, 2009)

En el transporte, para distinguir vehículos por tipo de MPs, se hace uso del número ONU en carteles y etiquetas según cuatro procedimientos básicos, que permiten la rápida identificación de la mercancía peligrosa que se transporta y del peligro que ésta implica en caso de accidente, los cuales se describen a continuación.

El Cartel de Peligro o Código General es otro procedimiento que permite identificar a distancia a las unidades de transporte y otros recipientes, mediante símbolos, colores y formas que indican la naturaleza del peligro del MPs que se transporta, según la Figura 3.7, que corresponde a los símbolos básicos que a continuación se enuncian:

- A. La bomba indica peligro de explosión.
- B. La llama, peligro de incendio.
- C. La calavera y las tibias cruzadas, peligro de envenenamiento.
- D. El trébol esquematizado, peligro de radiactividad.
- E. Los líquidos goteando de dos tubos de ensayo sobre una mano y una plancha de metal, indican peligro de corrosión.



Figura 3.7 Símbolos básicos de identificación de MPs

Los símbolos complementarios se presentan en la Figura 3.8 y éstos son:

- a) Una llama sobre un círculo, indica que puede ser comburente.
- b) Una botella con gases comprimidos no inflamables.
- c) Tres medias lunas sobre un círculo es para las sustancias infecciosas.
- d) Un aspa sobre una espiga de trigo indica que son materiales peligrosos que deben colocarse a distancia de los alimentos.
- e) Siete franjas verticales es para las sustancias peligrosas varias o misceláneas.



Figura 3.8 Símbolos complementarios de identificación de MPs

En general, los carteles o rótulos se colocan en las paredes externas de las unidades de transporte y advierten que tienen una dimensiones de 25x25 centímetros, forma de rombo y se deben colocar de verticalmente sobre uno de sus vértices y, contienen la información necesaria para el caso de presentarse algún tipo de emergencia según el MP que se transporta, son indelebles, resistentes a las intemperie y condiciones del tiempo, de color estándar según los códigos internacionales, legibles, estar siempre a la vista, y cabe señalar que está prohibido el uso de porta carteles.

El número ONU del MP se coloca en el centro del cartel, las unidades de transporte deben portar rótulos en al menos dos lados opuestos de la unidad y, según su nivel de peligrosidad pueden llegar a portar hasta cuatro carteles especialmente cuando la mercancía peligrosa tiene un nivel jerárquico internacional de movilidad.

El Placa Naranja o Código Europeo, es una placa de color naranja con un reborde negro cuya dimensión es de 40x30 centímetros ó 40x40 (cm), se divide horizontalmente por una raya negra para colocar en la parte superior un código numérico específico de peligro del MPs que se transporta, este código puede ser de dos o tres cifras y a veces una letra y, a cada número en la cifra le corresponde un significado diferente, es decir el número que esté situado en el primer lugar indica el peligro principal de la mercancía transportada y los correspondientes segundo o tercer lugar indican los peligros secundarios, y si en la cifra se tienen números repetidos esto significa que se tiene una intensificación del peligro; cabe señalar que si la placa contiene en la primera cifra una “X”, esto significa la prohibición total de utilizar agua. En la parte inferior de la placa se coloca el número ONU del MP (Figura 3.9).



Figura 3.9 La placa naranja del sistema europeo

El Cartel HAZCHEM o Código Inglés, se utiliza principalmente en el transporte de MPs en el Reino Unido y está definido para realizar las acciones inmediatas de emergencia en caso de un incidente y garantizar la seguridad de las personas y del personal de los equipos de emergencia, se divide en cinco partes que se muestran en la Figura 3.10 y las cuales son: (a) el Número ONU; (b) El código de emergencia; (c) La etiqueta del peligro principal; (d) El logotipo de la empresa; (e) El número de teléfono de emergencia.

El código de emergencia, consiste en un número seguido por un máximo de dos letras. El número es de una sola cifra y permite la identificación de los medios de extinción que deben ser utilizados durante las acciones emergencia y, siempre que sea necesario se podrá utilizar un medio de extinción que tenga un número mayor que el indicado; de esta manera el número -1- significa que podrán realizarse acciones de emergencia aplicando agua en chorro; el -2- es agua en forma de niebla; el -3- es espuma; el -4- es agente seco.

Las letras -W, X, Y y Z-, indican que se debe contener el producto y prevenir en lo posible su entrada en sistemas de drenaje y prevenir daños al medio ambiente; -P,R,S y T-, advierten la necesidad de diluir la sustancia y permitir su drenaje si ello no causa daño al medio ambiente; -P, R W y X-, indican también que debe ser utilizada protección personal completa con el traje de protección química; -S, T, Y y Z- dicen que hay que protegerse con el traje completo de protección contra incendios y, si las letras son blancas y están sobre fondo negro son circunstancias normales, se requiere exclusivamente el uniforme completo de protección contra incendios y sólo cuando la sustancia esté incendiada se requerirá del uso de equipos de respiración; -P, S, W e Y- indican que la sustancia puede reaccionar violentamente, y los que intervienen en la emergencia deberán asegurar que las operaciones se realizan desde una distancia segura o a cubierto, lo que indica que se debe considerar la evacuación de la zona, teniendo en cuenta que muchas veces es más seguro permanecer resguardado dentro de un edificio con puertas y ventanas cerradas.

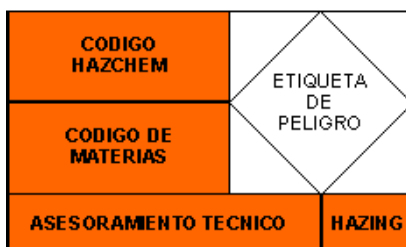


Figura 3.10 El cartel HAZCHEM

El Diamante de seguridad o Código NFPA es un sistema de identificación recomendado para productos químicos peligrosos, por la NFPA (National Fire Protection Association-USA). Tiene por objeto, alertar con información básica de los peligros para la salud o la vida de las personas expuestas y del personal de emergencia (Figura 3.11).

Este sistema de identificación da una idea general de los peligros inherentes a cada producto químico, así como una indicación del orden de severidad de dichos peligros bajo condiciones de emergencia en tres categorías, denominadas "Salud", "Inflamabilidad" y "Reactividad" y las cuales tiene a su vez, un nivel de severidad de cinco niveles numéricos que va desde el número -4- que indica el peligro más severo o peligro extremo, hasta el cero -0- que indica la no existencia de un peligro especial.

En color azul, la posición en el diamante del peligro en la "salud" está a la izquierda en el diagrama; en color rojo se identifica la "inflamabilidad" y se coloca en la parte superior; en amarillo se coloca la "reactividad", a la derecha del diamante.

El espacio inferior es utilizado para identificar una reactividad no usual con el agua. Si se encuentra vacía indica que puede normalmente utilizarse agua como agente extintor; si hay una -W- con una línea atravesada en su centro, significa alerta sobre el peligro de utilizar agua para extinguir el fuego. Este espacio inferior también puede utilizarse para identificar peligros de emisión radiactiva mediante el símbolo correspondiente del trébol o también señala si se trata de MPs químicos oxidantes, con las letras -OX-.

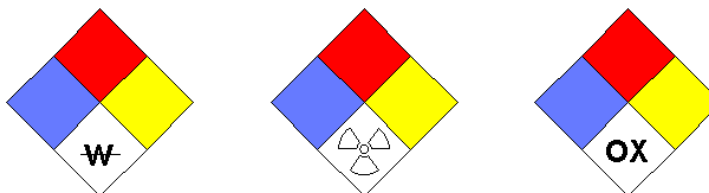


Figura 3.11 Diamante de seguridad

En síntesis, en transporte un buen sistema de identificación siempre permitirá hacer una selección adecuada de estrategias, procedimientos y tácticas de emergencia utilizadas en un accidente de MPs, evaluar resultados y mejorar decisiones.

No obstante a lo anterior, en muchos casos la experiencia demuestra que un número substancial de vehículos destinados al transporte de MPs, están señalizados incorrectamente o incluso no portan los carteles de identificación debidos. En lo que respecta al caso de estudio en la ZMVM, se observó durante el trabajo de campo que la mayoría de las unidades de MPs que transitan en la ZMVM portan uno de cuatro carteles, sin importar que el MPs sea muy peligroso y además se observaron unidades de transporte con carteles intercambiables o en muy mal estado.

3.4.2 Clases y división de los MPs en transporte

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), para la identificación del transporte los Materiales Peligrosos (MPs), los clasifica en nueve clases y cada una de éstas, tiene una subdivisión según el nivel de peligro que representan en caso de un accidente.

En México, se han adoptado medidas internacionales para la identificación de los MPs y las condiciones de su transporte en nueve Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, las cuales se presentan en la Tabla 3.6, en donde pueden observarse las diversas disposiciones generales que deben cumplirse al transportar materiales peligrosos por carreteras y autopistas federales. No habiendo normas urbanas específicas de transporte de mercancías peligrosas, las correspondientes normas federales también deben observarse en las ciudades, y estas normas incluyen desde lo correspondiente a la identificación de las unidades, hasta lo relativo la información técnica de las placas y los carteles que deben portar los tanques.

Tabla 3.6. Normas Oficiales Mexicanas para la identificación de los MPs en México

Norma Oficial Mexicana	Disposición	Fecha de Publicación
NOM-004-SCT2-1994	Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.	13 de Septiembre de 1995
NOM-021-SCT2-1994	Disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos, en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos.	25 de Septiembre de 1995
NOM-025-SCT2-1994	Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1, explosivos.	22 de Septiembre de 1995
NOM-010-SCT2-1994	Disposiciones de compatibilidad y segregación, para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.	25 de Septiembre de 1995
NOM-011-SCT2-1994	Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas.	25 de Septiembre de 1995, 12 de Agosto de 1996 (Aclaración)
NOM-019-SCT2-1994	Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.	25 de Septiembre de 1995
NOM-023-SCT2-1994	Información técnica que debe contener la placa que portarán los autotanques, recipientes metálicos intermedios para granel (RIG) y envases de capacidad mayor a 450 litros que transporten materiales y residuos peligrosos.	25 de Septiembre de 1995

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México 2000 (www.sct.gob.mx).

Específicamente la Norma Oficial Mexicana 004 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (NOM-004-SCT/2000), tiene por objeto establecer el sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos cumpliendo con criterios internacionales, algunos ejemplos de tipos de unidades de transporte de materiales peligrosos se muestran en la Figura 3.12, cada una de las cuales cumple con la normatividad internacional para el transporte por tipo de material químico peligroso.

Cabe destacar que los MPs en forma de gases comprimidos que se transportan más comúnmente son los gases licuados de petróleo (propano y butano o mezclas de gas propano/butano), amoníaco anhidro, cloro y dióxido de carbono; estos autotanques están presurizados en todo momento con una mezcla de vapor y líquido y, tienen un alto potencial de riesgo por lo que es muy importante su funcionamiento seguro.



Unidad Acrílico Estabilizado



Unidad Acido Salquisulfónico



Unidad Aminas Liquidas



Unidad Cloro



Unidad Anhídrido Ftálico



Unidad Anhídrido Melaico Fundido



Unidad Azufre fundido



Unidad Cloruro de Aluminio



Unidad Cloruro de Hierro en Solución



Unidad Compuesto Soluble de Plomo



Unidad Diisocianato de Isoforano



Unidad Dióxido de Carbono Líquido



Unidad Fenol Fundido



Unidad Isopropenil Bencenico



Unidad Diisocianato de Tolueno



Unidad Estireno Estabilizado



Unidad Peróxido de Hidrógeno



Unidad Unidades Amoníaco Anhídrido



Amoníaco Anhídrido



Unidades Amoníaco Anhídrido

Figura 3.12 Tipos de unidades autorizadas de transporte por tipo de MPs

Por otro lado, con objeto de destacar elementos básicos de la clasificación del transporte por tipo de material peligroso, a continuación se presentan sus diversas clases y subdivisiones por Clase internacional.

Clase1, Explosivos.- En esta clase se distinguen todos los MPs que tienen una constante de explosividad igual o mayor al dinitrobencono, o bien, son capaces de producir una reacción o descomposición detonante explosiva a 25 °C y a 1.03 kg/cm² y éstos pueden ser (a) materias explosivas, ya sean de forma sólida o líquida o bien mezclas de materias que pueden tener una reacción química y desprender gases tóxicos que se pueden dispersarse según las condiciones atmosféricas y; (b) materias pirotécnicas: hechas de ciertas materias o mezclas de materias, que ya están predestinadas a generar un efecto calorífico, sonoro, luminoso, gaseoso o fumígeno, o bien, la combinación de diferentes efectos.

La División de los MPs Clase 1, se subdividen en cinco subclases que a continuación se describe y cuya simbología se presenta en la Figura 3.13.

- i. Con peligro de una masa explosiva o explosión en masa. Que afecta de forma instantánea con la explosión, a toda la carga que se transporta o almacena, tal como la nitroglicerina o la dinamita.
- ii. Con peligro de una proyección. En este caso puede ocurrir una proyección de fragmentos o partes de objeto de considerable tamaño y a grandes distancias, pero es muy poco probable que ocurra una explosión en masa, es decir, que en condiciones normales de transporte existe una mínima probabilidad de que la combustión se transforme en detonación de toda la carga.
- iii. Con peligro predominante de fuego. Cuando se tiene una muy alta probabilidad de que se presente un incendio, pero que los efectos posibles de onda de choque o proyección o de explosión en masa son muy pequeños. En condiciones normales de transporte, por lo general los efectos se limitan a incendio de los bultos.
- iv. Con peligro no significativo de onda expansiva. Son materias poco sensibles a una explosión en masa y en condiciones normales de transporte, sólo existe la probabilidad reducida de que la combustión se transforme en detonación, generalmente los daños se reducen a la parte del embalaje de la carga.



Figura 3.13 Simbología de carteles para MPs, clase 1, según su división.

Clase 2, Gases comprimidos, licuados a presión o refrigerados, disueltos o no comprimidos. Son los gases puros o las mezclas de uno o varios gases o las mezclas de gases con una u varias materias. Siempre entendiendo por gas a la materia que: (a) una temperatura de 50° C, tiene una tensión de vapor superior a 300 kPa (3 bar) y; (b) dicha materia se encuentre en completo estado gaseoso a 20° C, a presión normal de 101,3 kPa.

Un gran número de MPs, especialmente los materiales químicos deben ser transportados en forma de gas y en diferentes condiciones de temperatura y presión, en general según estas condiciones pueden identificarse como a continuación se explica:

- a) Gas comprimido.- La materia que se embala a presión para su transporte, es enteramente gaseoso a -50 °C; esta categoría comprende todos los gases que tengan una temperatura crítica menor o igual a -50 °C.
- b) Gas licuado.- La materia en forma de gas que se embala a presión para su transporte y que es parcialmente líquida a temperaturas superiores a los -50 °C. Se distingue (a) el gas licuado a alta presión los cuales son gases que tiene una temperatura crítica superior a -50 °C y menor o igual a +65 °C y; (b) el gas licuado a baja presión y que son los gases con temperatura crítica superior a +65 °C.
- c) Gas licuado refrigerado.- Son los MPs, cuya materia se encuentra en forma de gas y que al embalsarse para su transporte, se encuentra parcialmente en estado líquido y debe mantenerse a baja temperatura.
- d) Gas disuelto.- Es la materia en forma de gas que se embalan a presión para su transporte y se encuentran disueltos con algún tipo de disolvente en fase líquida.
- e) Gases no comprimidos.- Son gases sometidos a disposiciones especiales, generalmente son muestras de gases.

La División de los MPs Clase 2 en forma de gas, por su peligrosidad se distinguen en las siguientes subclases y su simbología se presenta en la Figura 3.14.

- i. Gases inflamables, incluyen generalmente a hidrocarburos procedentes de la destilación del petróleo o de fuentes de gas natural como el propano o el hidrógeno.
- ii. Gases no inflamables, no venenosos y no corrosivos, son gases que no se queman con facilidad, y la combustión puede llevarse a cabo sólo en condiciones extremas como el nitrógeno y el helio.
- iii. Gases venenosos, son gases que se forman por mezclas estables de gases, pero que son capaces de reaccionar con compuestos orgánicos de las células produciendo la muerte como el Cloro y Fosgeno.

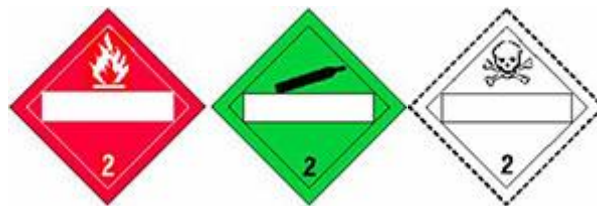


Figura 3.14 Simbología de carteles para MPs, clase 2, según su división.

Clase 3, Líquidos Inflamables.- Son los MPs cuya materia se encuentra en forma líquida y ésta puede ser resultado de la mezcla de líquidos o de líquidos conteniendo sólidos en una solución o suspensión, en ambos casos pueden liberar vapores inflamables a temperaturas relativamente bajas y causar un incendio por diferentes condiciones, generalmente por cambios de temperatura.

Los líquidos inflamables reaccionan según su punto de inflamabilidad, esto es, la temperatura más baja a la que el líquido desprende vapores en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable en la proximidad de una superficie y tienen las siguientes características:

- a) Son líquidos a 50 °C, tienen una tensión de vapor máxima de 300 kPa (3 bar) y no son completamente gaseosos a 20 °C y a la presión estándar de 101,3 kPa. Tiene un punto de inflamación máximo de 60 °C
- b) Los líquidos inflamables y las materias sólidas en estado fundido cuyo punto de inflamación sea superior a 60 °C y que sean entregadas para su transporte en caliente a una temperatura igual o superior a su punto de inflamación. Estos MPs tienen asignado al N° ONU 3256.
- c) Se incluyen las materias líquidas explosivas desensibilizadas.
- d) El combustible para motores diesel, el gasóleo y el aceite mineral para calefacción (ligero) con un punto de inflamación superior a 60 °C, pero no superior a 100 °C, son ejemplo se los MPs de la Clase 3 y éstos tienen el número de las ONU “1202”.

La División de los MPs Clase 3, se establece según su punto de inflamabilidad y se presentan enseguida, mostrando su símbolo en la Figura 3.15.

- i. Con un punto de inflamación menor de 18° C.
- ii. Con un punto de inflamación entre 18° y 23° C.
- iii. Con un punto de inflamación entre 23y 61° C.



Figura 3.15 Simbología de carteles para MPs, clase 3, según su división.

Clase 4, Sólidos Inflamables.- Son sustancias que pueden ser espontáneamente inflamables y sustancias que en contacto con el agua emiten gases inflamables, se encienden con facilidad, debido a diferentes condiciones durante su manejo principalmente por rozamiento, reacción química espontánea o absorción de humedad, entre otros. En general pueden tener las siguientes características:

- a) Son materias sólidas fácilmente inflamables y pulverulentas, granuladas o pastosas, son muy peligrosas y siempre existe la posibilidad de que se inflamen por contacto con una fuente de ignición, como una chispa eléctrica, cerillo ardiendo o propagación del fuego.
- b) También son materias de las que el peligro puede provenir además del fuego, por combustión tóxicos.
- c) Los polvos metálicos son particularmente peligrosos, pues resultan difíciles de extinguir una vez inflamados; los agentes extintores normales, como el dióxido de carbono o el agua, pueden aumentar el peligro.

La División de los MPs de la Clase 4, es de tres subclases, las cuales se describen a continuación. La simbología de los carteles según el nivel de peligro se presenta en la Figura 3.16.

- i. Materias sólidas inflamables, materias auto-reactivas³⁸ y materias sólidas explosivas desensibilizadas como el magnesio y el fósforo rojo y en particular se incluyen:
 - Las materias y objetos sólidos fácilmente inflamables
 - Las materias auto-reactivas sólidas o líquidas
 - Las materias sólidas explosivas desensibilizadas
 - Las materias relacionadas con materias auto-reactivas

³⁸ Cabe señalar que las materias autorreactivas son materias térmicamente inestables que pueden experimentar una descomposición exotérmica aún en ausencia de oxígeno (o de aire). Una materia no se considera materia autorreactiva de la clase 4.1 si: (a) es explosiva según los criterios de la Clase 1; (b) es comburente de la Clase 5.1, con excepción de mezclas de materias comburentes con un contenido igual o inferior al 5% de materias orgánicas combustibles; (c) es peróxido orgánico de la clase 5.2; (d) tiene un calor de descomposición inferior a 300 J/g o; (e) su temperatura de descomposición auto acelerada TDAA es superior a 75 °C para un bulto de 50 kg.

- ii. Materiales que pueden experimentar inflamación espontánea como el fósforo blanco y en particular se incluyen:
- Las materias pirofóricas, que son las materias, incluidas las mezclas y soluciones (líquidas o sólidas), que en contacto con el aire, aun en pequeñas cantidades, se inflaman en un período de cinco minutos. Éstas son las materias de la clase 4.2 que son más expuestas a la inflamación espontánea y;
 - Las materias y los objetos que experimentan calentamiento espontáneo, que son las materias y objetos, incluidas las mezclas y soluciones que puedan calentarse en contacto con el aire, sin aporte de energía. Estas materias únicamente pueden inflamarse en gran cantidad (varios kilogramos) y después de un largo período de tiempo (horas o días).
- iii. Materias que al contacto con el agua desprenden gases inflamables y que pueden formar mezclas explosivas con el aire como el sodio y el potasio y se incluyen:

Los materiales que cuando desprenden el gas, éste se inflama espontáneamente.

Los materiales que cuando registran una pérdida de gas inflamable igual o superior a un litro por kilogramo de materia por cada hora.



Figura 3.16 Simbología de carteles para MPs, clase 4, según su división.

Clase 5, Oxidantes y Peróxidos Orgánicos.- Tiene la misma División enunciada, la cual se explica a continuación, presentando la simbología de los carteles para su transporte en la Figura 3.17 y la Figura 3.18.

Clase 5, División Oxidantes.- Son las materias líquidas o sólidas que fácilmente pueden liberan oxígeno u otra sustancia tóxica³⁹, tales como el nitrato de amonio, peróxido de hidrógeno, bromo, cloro o fluoruro. Esta clase de MPs pueden provocar o favorecer la combustión de otras materias y de los objetos que los contengan, e incluyen a aquellos materiales que pueden reaccionar químicamente para oxidar a los combustibles (son como abrasivos).

³⁹ Existen otros químicos que son materiales oxidantes como el aire líquido por sus propiedades oxidantes ya que contiene cerca del 30% de oxígeno lo que lo hace un oxidante poderoso.

El oxígeno de este tipo de MPs, al combinarse químicamente con el otro material, mantiene una alta posibilidad de generar fuego o explosión, ya sea por una reacción química espontánea a temperatura ambiente o en el caso de un ligero calentamiento. En particular pertenecen a esta clase los MPs que son:

- a) Una materia sólida.- Si en mezclas de 4/1 o de 1/1 con celulosa (en peso), se inflama o arde, o tiene una duración de combustión media igual o inferior a la de una mezcla de bromato de potasio / celulosa de 3/7 (en peso).
- b) Una materia líquida.- Si en la mezcla de 1/1 (en peso) de la materia y la celulosa sometida a ensayo tiene una subida de presión al menos de 2.070 kPa (presión manométrica) y un tiempo medio de subida de presión igual o inferior al de una mezcla de ácido nítrico en solución acuosa a 65%/celulosa de 1/1 (en peso).



Figura 3.17 Simbología de carteles para MPs, clase 5, según su división oxidantes

Clase 5, División Peróxidos Orgánicos.- Son los compuestos orgánicos con estructura bivalente O-O y que pueden ser consideradas como derivados del peróxido de hidrógeno, en el cual uno o dos de los átomos de hidrógeno son sustituidos por radicales orgánicos.

Los peróxidos orgánicos son térmicamente muy inestables y pueden descomponerse en forma explosiva y violenta por su sensibilidad al calor y a la fricción⁴⁰. Los peróxidos orgánicos y las preparaciones de peróxidos orgánicos se pueden subdividir como sigue:

- i. Peróxidos orgánicos que no necesitan regulación de la temperatura.
- ii. Peróxidos orgánicos que necesitan regulación de la temperatura.
- iii. Peróxidos orgánicos que pueden generar vapores y/o gases inflamables o tóxicos.

En el transporte, las condiciones de la descomposición de un peróxido orgánico puede producirse por el calor, contacto con impurezas o frotamiento y por tanto, para la movilización de algunos peróxidos es obligatoria la regulación de la temperatura. Algunos otros peróxidos orgánicos son más peligrosos durante el almacenamiento ya que pueden presentar condiciones de reacción explosiva violenta, que generalmente se previene añadiendo diluyentes o empleando envases o embalajes apropiados.

⁴⁰ La velocidad de descomposición se presenta en función de la temperatura y de la composición del peróxido orgánico.

Los peróxidos orgánicos se clasifican en siete tipos según el grado de peligrosidad que presenten. Los tipos varían entre el tipo A, que no se admite al transporte en el envase o embalaje en el que haya sido sometido a los ensayos; los tipos B a F, que dependen de la cantidad máxima de materia autorizada por bulto y; el tipo G, que no está sujetos a las disposiciones que se aplican a los peróxidos Clase 5.



Figura 3.18 Simbología de carteles para MP, clase 5, según su división peróxidos orgánicos

Clase 6, Tóxicos Agudos (o Venenos) y Agentes Biológicos Infecciosos.- Con la misma División enunciada, la cual se explica a continuación.

- i. Clase 6, División Sustancias Tóxicas.- Son sustancias que pueden causar la muerte o lesiones graves o pueden producir efectos perjudiciales para la salud del ser humano si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel, como el Cianuro de Potasio y Cloruro de Mercurio. La División de las Sustancias Tóxicas Clase 6 se define con base en los efectos en la salud humana,⁴¹ y se presentan en la Tabla 3.7 que se refiere a los grupos de sustancias tóxicas según los efectos que pueden causar en la salud humana; la simbología de los carteles se presenta en la Figura 3.19

Tabla 3.7. Grupos de sustancias tóxicas según los efectos en la salud humana.

Grupo de embalaje/envase	Toxicidad por ingestión	Toxicidad por absorción	Toxicidad por inhalación de polvos, nieblas o vapores.
I: Sustancias y preparados que presentan un peligro de toxicidad elevado	≤ 5	≤ 50	≤ 0,2
II: Sustancias y preparados que presentan un peligro de toxicidad medio	> 5,0 y ≤50	> 50 y ≤ 200	> 0,2 y ≤2,0
III: Sustancias y preparados que presentan un peligro de toxicidad bajo.	> 50 y ≤300	> 200 y ≤ 1000	> 0,2 y ≤4,0

41 Esta subdivisión toma en cuenta los efectos observados en el ser humano para casos de intoxicación accidental, con base en las propiedades específicas de cada sustancia tales como el estado químico, volatilidad, propiedades de absorción y efectos biológicos especiales así como en los tiempos de exposición. En general esta información se tiene para la mayoría de los MP químicos y solamente en los casos en que no exista información sobre los efectos en la salud de los seres humanos, se consideran datos obtenidos en experimentos animales.



Figura 3.19 Simbología de carteles para MPs, clase 6, según su división

- ii. Clase 6, División Sustancias Biológicas- Infecciosas.- Son sustancias que se sabe o se cree que contienen agentes patógenos como microorganismos bacterias, virus, rickettsias, parásitos y hongos así como de otros agentes que pueden causar enfermedades infecciosas en los seres humanos o animales como el Ántrax, VIH o Teletubbies entre otros; su simbología se presenta en la Figura 3.20. En general estos materiales pueden ser:
- Productos biológicos, derivados de organismos vivos, autorizados, fabricados y distribuidos de conformidad con lo dispuesto en los lineamientos aplicables de cada país aunque también existen normas internacionales. Generalmente estos MPs están destinados al diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades humanas o de animales y, también para fines de investigación como el caso de la elaboración de nuevas vacunas.
 - Cultivos, que son el resultado de un proceso por el que los agentes patógenos se propagan deliberadamente.
 - Especímenes de pacientes, son materiales extraídos directamente de pacientes humanos o animales como los excrementos, secreciones, sangre, tejidos y líquidos tisulares y los órganos transportados con fines de investigación, diagnóstico, estudio, prevención o tratamiento médico.
 - Microorganismos y organismos modificados genéticamente, éstos son los materiales que mediante la ingeniería genética se ha alterado deliberadamente por lo general con fines de investigación.
 - Desechos médicos o clínicos, los desechos derivados del tratamiento médico de animales o de seres humanos, o bien de la investigación biológica.



Figura 3.20 Simbología de carteles para MPs, clase 6, según su división.

Clase 7, Radioactivos.- Son todos los materiales que contienen radio nucleídos que poseen una actividad mayor a 70 kBq/Kg (kilobequerelios por kilogramo) o su equivalente de 2 nCi/g (nanocurios por gramo); ejemplo de estos materiales son el Uranio y el Plutonio. Esta Clase no tiene División y la simbología que se ha venido utilizando en carteles de transporte se presenta en la Figura 3.21 y, la nueva simbología actualizada se presenta en la Figura 3.22.

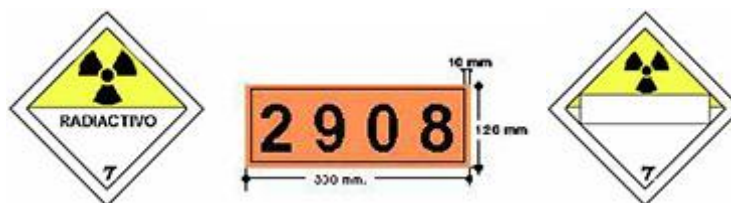


Figura 3.21 Simbología de carteles para MPs clase 7, según su división



Figura 3.22 Simbología de carteles para MPs, clase 7, según su división

Clase 8, Corrosivos.- Son sustancias ácidas o básicas capaces de corroer el acero y otros metales, en ciertas condiciones y tiempos, y sobre todo causan lesiones visibles en la piel y otros tejidos vivos. Algunas de estas sustancias son volátiles y desprenden vapores irritantes o gases tóxicos cuando se descomponen y también pueden provocar la migración de contaminantes tóxicos; como ejemplo de estos MPs se cita al Hidróxido de Sodio y el Ácido Sulfúrico.

En transporte es muy importante considerar que si se produce un escape de algún tipo de MP corrosivo, puede causar daños de consideración a otras mercancías o a los medios de transporte, o incluso destruirlos. Por tanto, la asignación de los MPs por Grupos de Embalaje o Envase es muy importante; es esta asignación la que determina la División de los MPs Clase 8, la cual se describe a continuación y, su símbolo se presenta en la Figura 3.23.

División de MPs Clase 8, Corrosivos:

- iii. Grupo de Embalaje/Envase, son sustancias y preparados muy peligrosos, en éstas se asignan las sustancias que causan la destrucción, en todo su espesor, de un tejido cutáneo intacto, durante un período de observación de 60 minutos iniciado inmediatamente después de un período de exposición de tres minutos o menos.

- iv. Grupo de Embalaje/Envase II, las sustancias y preparados moderadamente peligrosos, por tanto se asignan las sustancias que causan la destrucción, en todo su espesor, de un tejido cutáneo intacto, durante un período de observación de 14 días iniciado inmediatamente después de un período de exposición de más de tres minutos pero de no más de 60 minutos.
- v. Grupo de embalaje/Envase III, sustancias y preparados poco peligrosos para la asignación de sustancias que causan la destrucción, en todo su espesor, de un tejido cutáneo intacto durante un período de observación de 14 días iniciado inmediatamente después de un período de exposición de más de 60 minutos pero de no más de cuatro horas o respecto de las cuales se considera que no causan la destrucción, en todo su espesor, del tejido cutáneo intacto, pero cuya velocidad de corrosión en superficies de acero o de aluminio sobrepasa los 6.25 mm por año a la temperatura de ensayo de 55 °C, cuando la prueba se realiza en ambos materiales.



Figura 3.23 Simbología de carteles para MP, clase 8, para toda su división

Clase 9 Misceláneos.- Son sustancias y objetos varios que presentan peligros para el hombre y el medio ambiente, pero que sus efectos en la salud humana sobre todo, no permiten clasificarse en ninguna de las clases anteriores, como el hielo seco. La División de los MP, Clase 9 es de cuatro subclases las cuales se presentan a continuación y su símbolo de cartel se presenta con la Figura 3.24.

- i. Cargas peligrosas que están reguladas en su transporte pero no pueden ser incluidas en ninguna de las clases antes mencionadas, como el asfalto caliente.
- ii. Sustancias peligrosas para el medio ambiente.
- iii. Residuos peligrosos.
- iv. Materiales peligrosos varios.

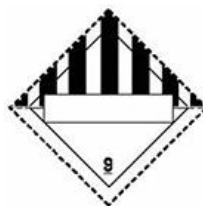


Figura 3.24 Simbología de carteles para MP, clase 9, para toda su división.

4. TRANSPORTE DE LOS MPS QUÍMICOS SELECCIONADOS: CLORO Y AMONÍACO

En el nivel internacional (UE, 2003), se han hecho listas de materiales químicos potencialmente peligrosos para la vida o la salud de las personas, considerando su toxicidad inherente, que implica la posibilidad de causar los mayores efectos negativos en los seres humanos que están expuestos cuando se presenta una liberación accidental, tales como el edema pulmonar, daño hepático o renal, toxicidad reproductiva y del desarrollo, trastornos neurológicos, efectos cardíacos, irritación cutánea y la corrosión. Bajo estos criterios, el amoníaco y el cloro están incluidos como materiales potencialmente peligrosos, que pueden ser mortales por su toxicidad y efectos corrosivos, especialmente en altas concentraciones para periodos cortos y al cambiar sus condiciones físico-químicas durante su almacenamiento o transporte, pueden multiplicar la gravedad de las consecuencias de un accidente por liberación de tóxicos, por lo que normativamente se establecen lineamientos rigurosos casi siempre por las empresas químicas, para prevenir accidentes y no obstante, la posibilidad de ocurrencia siempre existe.

En todo caso, son varios los actores involucrados tanto del sector privado como del gobierno, que tienen algún tipo de responsabilidad en el transporte de los materiales peligrosos y de la posibilidad de ocurrencia de un accidente por falta de planeación o control operativo de las unidades que transportan materiales potencialmente peligrosos (UN, 2001). Por lo que para manejar una situación de peligro y las consecuencias asociados al problema, se debe estar siempre preparado para cuidar la seguridad de las personas que deben ser evacuadas, refugiadas o rescatadas, especialmente porque este tipo de materiales peligrosos tiende a formar nubes tóxicas que pueden viajar hacia zonas densamente pobladas.

Cabe señalar que tradicionalmente, el peligro técnico al transporte de los materiales peligrosos (MPs), significa la probabilidad de ocurrencia de un accidente de transporte por dispersión, incendio o explosión⁴² de algún tipo de material a lo largo de una ruta, multiplicado por su consecuencia en cuanto al número de muertes, lesiones o evacuaciones de personas; daños al medio ambiente o pérdidas económicas sobre propiedad pública o privada. Pero este análisis detallado de probabilidades de peligro (Erkut, et al 2007), siempre requiere de información suficiente y confiable acerca del tipo y la frecuencia de accidentes ocurridos en un cierto camino, vialidad, carretera o autopista y esta información casi nunca se tiene por las empresas responsables de la gestión de los MPs y mucho menos por el gobierno que otorga los permisos y autorizaciones para realizar dicha gestión. Por tanto, la información no existe o es poco confiable, al menos para el caso de México, ya que tenerla significaría sanciones, prohibiciones y pérdidas económicas, que obviamente afectan intereses de índole diferente del interés público.

Por todo lo anterior, el objetivo de este capítulo, es estudiar la peligrosidad de los MPs químicos seleccionados, cloro y amoníaco, según sus propiedades físico-químicas y condiciones de transporte urbano, para conocer las posibilidades de ocurrencia de accidente de transporte que pudieran afectar la vida o la salud de las personas que vive en zonas densamente pobladas.

42 Los escenarios para el caso de incendio y explosión, no fueron considerados en esta investigación.

En este capítulo se presentan en el apartado 4.1, las características generales del cloro y del amoníaco, en lo que corresponde a: clasificación internacional y propiedades físico-químicas para conocer sus propiedades inherentes o intrínsecas que pueden hacer estos materiales tóxicos, corrosivos, reactivos, explosivos o inflamables; consideraciones en cuanto al nivel de peligro que significan en el transporte; usos en la industria química; y efectos en la salud a fin de conocer elementos básicos sobre el manejo de estos materiales químicos peligrosos. Enseguida en el apartado 4.2 se presentan las especificaciones normativas que deben cumplir los vehículos destinados al transporte de amoníaco y cloro. Finalmente en el apartado 4.3 se presentan de forma general algunas de las prácticas operativas de transporte urbano y manejo de los materiales peligrosos seleccionados, cloro y amoníaco, que podrían explicar la posibilidad de ocurrencia de algunos accidentes de transporte de MPs en el nivel urbano.

4.1. Características físico-químicas de los MPs seleccionados: Amoníaco (NH₃) y Cloro (Cl)

Para determinar la peligrosidad de los materiales químicos peligrosos a estudiar, es necesario conocer cuáles son las propiedades físicas y químicas de las sustancias, cómo es su movimiento en el medio ambiente, y en caso de accidente, cómo pueden afectar la salud humana (o a otros organismos vivos acuáticos y terrestres), especialmente considerando: la posibilidad de generar tóxicos dañinos que pueden transportarse en el aire; la volatilidad, determinada por la presión de vapor; la solubilidad en agua, que puede afectar su infiltración en el suelo hacia los mantos freáticos; el coeficiente de reparto octanol/agua, que determina la capacidad del material para penetrar a través de las membranas biológicas y de acumularse en el tejido adiposo; y la persistencia del material, que indica cuál es la vida media de las sustancias en el ambiente conservando sus propiedades tóxicas.

Por todo lo anterior, a continuación se presenta información de interés general para el transporte de los materiales químicos seleccionados para este estudio, cloro y amoníaco, tales como: propiedades físico-químicas, para conocer sus propiedades inherentes o intrínsecas como materiales peligrosos tóxicos y como corrosivos, reactivos, explosivos o inflamables; consideraciones sobre el nivel de peligro para su transporte; usos en la industria química, y efectos en la salud.

4.1.1 Características físico-químicas del amoníaco (NH₃)

Los códigos de clasificación internacional, el símbolo y fórmula química, las propiedades físico-químicas, condiciones de transporte, y efectos en la salud, del amoníaco son presentados enseguida (US-EPA/CAMEO, 1999)

- a) Clasificación internacional y propiedades físico-químicas

Número ONU: N° 1005, producto venenoso, tóxico y corrosivo

Número DOT: Clase 2, división. 2.3, gas venenoso

Número CAS: 07664-41-7

Símbolo: NH₃

Formula química o como molécula: NH_3

Número atómico: 33

Peso atómico: 74.9216

Peso molecular: 17.03

Punto de congelación: $-77.7\text{ }^\circ\text{C}$

Punto de ebullición: $-33\text{ }^\circ\text{C}$

Temperatura crítica: $132\text{ }^\circ\text{C}$

Densidad relativa del gas (aire=1): 0,6 a $25\text{ }^\circ\text{C}$ es un gas y, >1 es un aerosol que al dispersarse se vuelve gas.

Densidad relativa del líquido (agua=1): 0,7 a $-34\text{ }^\circ\text{C}$

Estado químico natural: gaseoso, menos denso que el aire (0.6) aproximadamente poco más de la mitad.

Color: incoloro

Olor: penetrante y característico.

Concentración: anhidro con concentración mayor al 50%.

Impurezas y otros gases residuales: no contiene otros componentes o impurezas.

b) Clasificación del peligro en transporte

Se transporta como un gas licuado a presión, por lo que en caso de accidente con posibles daños en el tanque o válvulas el MPs químico, puede liberarse a alta presión en forma de nube jet pluma. Se considera corrosivo para los ojos, piel y sistema respiratorio y muy tóxico por inhalación.

c) Usos

La producción mundial de amoníaco, de forma química es de aproximadamente 15 millones de ton/año, de los cuales el 80% se usa como fertilizante; el 10% para la producción de fibras y resinas; el 5% se usa para explosivos; el 1.5% para la elaboración de alimentos de animales; el 0.6% para la producción de celulosa y papel; el 0.5% para la elaboración de gomas y; el restante 1.9 % tiene otros usos en la industria de productos de limpieza, refrigerantes, alimentos y bebidas, plateado de espejos y sales aromáticas, entre otros.

d) Descripción

El amoníaco es una sustancia química que se integra por una parte de nitrógeno (N) y tres partes de hidrógeno (H₃) y es de destacar que cada año, la naturaleza produce de forma natural casi la misma cantidad de amoníaco que el que es producido de forma química por los seres humanos. El amoníaco es un gas incoloro de olor muy penetrante. Esta forma del amoníaco se conoce también como amoníaco gaseoso o amoníaco anhidro ("sin agua"), el cual puede ser comprimido y bajo presión puede transformarse en un líquido, que es una forma más segura de transportarlo.

De forma cotidiana, las personas se relacionan diariamente con el amoníaco, debido a que este MP se encuentra en sales aromáticas, detergentes de uso doméstico y productos para limpiar vidrios; el olor de estos productos siempre es característico.

El amoníaco de forma natural se encuentra en el agua, el suelo y el aire, es una fuente vital de nitrógeno que necesitan las plantas y los animales y en particular es esencial para los mamíferos, ya que es necesario para la síntesis de material genético y proteínas y juega un papel muy importante en el mantenimiento del equilibrio ácido-base en los tejidos de mamíferos.

El amoníaco en esta forma se genera por la descomposición natural de estiércol, de plantas y animales muertos.

e) Reacciones Químicas

El amoníaco se disuelve fácilmente en agua, en esta forma se conoce como amoníaco líquido, amoníaco acuoso o solución de amoníaco. (US-EPA, 1999)

En agua, la mayor parte del amoníaco se transforma en la forma iónica del amoníaco, conocida como iones de amonio, representada por la fórmula NH₄⁺, los iones⁴³ de amonio no son gases y no tienen olor, comúnmente la forma iónica del amoníaco se encuentra en pozos, ríos, lagos y suelos húmedos.

El amoníaco también puede combinarse con otras sustancias para formar compuestos de amonio, como por ejemplo sales como el cloruro de amonio, sulfato de amonio, nitrato de amonio y otras sales.

Debido a que el amoníaco se encuentra naturalmente en el ambiente, todos estamos expuestos rutinariamente a bajos niveles de amoníaco en el aire, el suelo y el agua. El amoníaco existe naturalmente en el aire en niveles entre 1 y 5 partes en un billón de partes de aire (ppb). Los niveles de amoníaco en ríos y bahías generalmente son menores de 6 partes por millón (ppm; 6 ppm = 6,000 ppb). El suelo contiene típicamente entre 1 y 5 ppm de amoníaco. Los niveles de amoníaco varían durante el día, y también de temporada a temporada y generalmente los niveles más altos de amoníaco se detectan en el verano y la primavera.

⁴³ El "Ión", es un átomo o grupo de átomos, que ha adquirido una carga eléctrica neta al ganar o perder uno o más electrones.

Para evitar reacciones químicas violentas no debe haber contacto con gases oxidantes, cloro, bromo, hipoclorito de iodo mineral, halógenos, calcio y ácidos fuertes. Evite contacto con cobre, plata, zinc y aleaciones de los mismos. Mercurio, óxido de plata y compuestos explosivos enlatados.

f) Efectos en la Salud

Los efectos adversos en la salud humana de un material peligroso liberado por accidente dependerán siempre de las condiciones bajo las cuales queden expuestas las personas considerando: a) La cantidad de la sustancia que se libera en el ambiente y entra en contacto con cierta población receptora o bien, de la dosis que alcanza a entrar dentro de su organismo y; b) El tiempo bajo el cual quede expuesto durante el contacto con la tóxicos dañinos (Figura 4.1).

Tabla 4.1. Efectos en la salud asociados a situaciones <15 minutos, según niveles de concentración

Concentración	Efectos en la Salud
5 ppm	Olor perceptible lejano.
20-50 ppm	Olor detectable, es el límite permisible de exposición (LPE) ⁴⁴ para 8 horas de trabajo.
50-100 ppm	No se presentan todavía molestias generales o deterioro crónico en la salud.
150-200 ppm	Nube visible que puede ocasionar molestias generales y lagrimeo, normalmente no se presentan efectos posteriores en la salud para periodos cortos de exposición.
300 ppm	Límite Inmediatamente Peligroso a la Salud o a la Vida, en inglés es "Immediately Dangerous to Life and Health (IDLH)"
400-700 ppm	Se presenta severa irritación en las membranas mucosas, en ojos, oídos, nariz y sistema tracto-respiratorio.
1 700 ppm	Hay asfixia y tos por inhalación.
2,000 – 3,000 ppm	Nivel fatal de exposición por inhalación menor a media hora.
5,000-10,000 ppm	Fatal rápidamente, edema pulmonar y asfixia.
>10,000 ppm	Inmediatamente fatal.

44 En inglés es el "Permissible Exposure Limit (PEL)".

4.1.2 Características físico-químicas del cloro (Cl)

Los códigos de clasificación internacional, el símbolo y fórmula química, las propiedades físico-químicas, condiciones de transporte, y efectos en la salud, del cloro son presentados enseguida (US-EPA/CAMEO, 1999):

a) Clasificación Internacional y Propiedades Físico-Químicas

Número ONU: N° 1017, producto tóxico, corrosivo y, venenoso

Numero DOT: Clase 2, división 2.3, gas venenoso

Número CAS: 7783-50-5

Símbolo: Cl

Formula química o como molécula Cl₂

Número atómico: 17

Peso atómico: 35,453

Peso molecular: 70,906

Punto de congelación: - 101 °C

Punto de ebullición: - 34 °C

Densidad relativa del gas (aire=1): 0,6 a 25 °C es un gas y, >1 es un aerosol que al dispersarse se vuelve un gas.

Densidad relativa del líquido (agua=1): 0,7 a -34 °C

Estado químico natural: gaseoso.

Color: amarillo verdoso

Olor: penetrante

Concentración: 99.5% (mínimo)

Impurezas y otros gases residuales: 0.040% (máximo)

Humedad: máximo a 150 ppm (0.015% de peso)

b) Clasificación del Peligro en Transporte

Se transporta como un gas licuado a presión, por lo que en caso de accidente con posibles daños en el tanque o válvulas, el MPs químico puede liberarse a alta presión en forma de nube jet pluma. Se considera altamente corrosivo para los ojos, piel y sistema respiratorio y muy tóxico por inhalación.

c) Usos

El cloro es principalmente usado como potabilizador del agua, oxidante y blanqueante, por sus efectos neuro-tóxicos; se usó durante la Primera Guerra Mundial como arma química y se sabe que en la actualidad también es usado como arma de defensa en Irak, por el hecho de la invasión de los Estados Unidos a este país (Figura 4.1).

d) Descripción

El Cloro pertenece a la familia de los halógenos y en su estado natural es un gas color amarillo verdoso y de olor penetrante, y es 2,5 veces más pesado que el aire con una pureza al 99.5%. En estado líquido el cloro es de color ámbar y tiene una densidad de 1.5 veces más pesado que el agua.

A presión de 1 atmósfera, el Cloro hierve a los -34.05°C y se congela a -100.98°C . Ejerce una presión de vapor que varía con la temperatura, es decir a 23°C ejerce una presión de vapor de 600 kPa y a 37.8°C la presión de vapor aumenta hasta 1000 kPa, en el caso de que la presión baje el cloro se vaporiza y se vuelve un gas de color amarillo verdoso 2.5 veces más pesado que la densidad del aire.

El peso de un volumen de cloro líquido, es igual al peso de 457.6 volúmenes de cloro gaseoso, en condiciones normales de 0°C y una atmósfera. A 15.6°C y con presión de una atmósfera, 8 Kilogramos de cloro son solubles en 1000 Kilogramos de agua.

Conviene aclarar que el cloro gas es el elemento cloro en estado gaseoso, y el cloro líquido es el propio elemento cloro sólo que en estado líquido, y este término no debe confundirse con el referente a la solución de hipoclorito.

El cloro seco es el elemento cloro en su estado líquido o gaseoso más su respectivo contenido de agua disuelta en solución, este término es distinto al de los compuestos clorados sólidos como el hipoclorito o los clorisocianatos.

El cloro húmedo es el cloro en estado líquido o gaseoso con contenido de agua que excede en cantidad a la solución en que está disuelto, y es un término diferente al usado para describir al cloro en estado líquido.

Finalmente, una solución clorada es la solución de cloro en agua y es un término distinto al usado para describir la solución de hipoclorito.

e) Reacciones Químicas

El cloro puro es ligeramente soluble en agua y en su estado gaseoso o líquido no es explosivo ni inflamable, pero sí ayuda a la combustión.

Un volumen de cloro líquido cuando se evapora, produce 460 unidades de volumen de cloro gas, esta condición reactiva es muy importante de considerar en virtud de que el cloro cuando se transporta de forma terrestre, se moviliza como gas licuado.

El cloro líquido reacciona violentamente con muchas sustancias como butano, acetileno así como con materia orgánica, entre otros.

Por lo general, el cloro seco no reacciona y sí corroe a la mayoría de los metales excepto al cobre y al acero al carbón. Cuando hay presencia de humedad reacciona más rápido con cualquiera de los metales y en particular reacciona de forma espontánea con el fierro o el acero a 251°C, y se sabe de otras reacciones similares con el cobre a temperaturas elevadas y con el titanio metálico.

El cloro con agua es extremadamente reactivo y oxida a los metales como el cobre y el acero al carbón. Los metales inertes al cloro son el oro, platino y talano.

El volumen de cloro puede incrementarse con la temperatura, lo que puede provocar rupturas por efectos de una sobrepresión o expansión del cloro; un ejemplo se muestra en la Figura 4.2, hecho ocurrido el 15 octubre 2001, que generó una fuga de cloro potencialmente tóxica resultando afectada una zona residencial y un campo de golf de la proximidades.

f) Efectos en la Salud

Es por lo antes señalado que se considera que el riesgo de las sustancias peligrosas es función de la exposición a ellas, es decir, depende de la forma en que se manejen, por lo tanto, los efectos del material en la salud pueden ser prevenidos o reducidos, dependiendo de la situación en que la o las personas queden expuestas a un cierto nivel de concentración de tóxicos dañinos medido en partículas por millón en la mezcla de aire y tiempo de aspiración, según como se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Efectos en la salud asociados a situaciones <15 minutos, según niveles de concentración

Concentración	Efectos en la Salud asociados para situaciones de exposición <15 minutos, según niveles de concentración
0.08 ppm	Olor perceptible.
0.5-7 ppm	Irritación en ojos, nariz y tórax, estornudos, salivación, excitación general. Sin consecuencias posteriores en la salud de inhalación de exposiciones cortas.
1.00 ppm	Límite Inmediatamente Peligroso a la Salud o a la Vida, en inglés es "Immediately Dangerous to Life and Health (IDLH)"
>29 ppm	Irritación muy severa por inhalación que incluso puede provocar quemaduras de las membranas mucosas, ojos, nariz, oídos y tórax; provoca asfixia, tos y dolor de pecho, náusea, vomito, dolor de cabeza, lagrimeo y síncope; edema pulmonar y reacciones por el síndrome de RADS; neumonía química, hipoxemia y muerte.



Figura 4.1 Primera guerra mundial, primer ataque con cloro en Ypres, Bélgica el 22 de abril de 1915

Fuente: Corporate Press Inc.



Figura 4.2 Secuencia de un accidente de cloro ocurrido en planta de tratamiento de agua en Buies Creek, Estados Unidos.

Fuente: Corporate Press Inc.

4.2. Autotanques de transporte de amoníaco y cloro

Este apartado está dedicado a presentar la regulación establecida para el diseño y fabricación de autotanques destinados al transporte de amoníaco y cloro, con el objeto de presentar las Normas Oficiales Mexicanas que debe cumplir cualquier unidad de transporte, las características de los componentes que integran el tanque así como los códigos y formas de identificación de unidades de transporte de amoníaco y cloro.

4.2.1 Regulación para el diseño y fabricación de autotanques destinados al transporte de amoníaco y cloro

En el nivel internacional y en la mayoría de los países (Mayenburg, 1996), se tienen regulaciones de diseño y fabricación de los tanques y de la unidad motriz, para transportar materiales peligrosos (MPs). Los tanques utilizados para el transporte de MPs, están diseñados y construidos con las especificaciones DOT- MC331, que establece las características específicas para autotanques aplicable a todo tanque de carga de especificación DOT en 49 CFR 178.320 y 49 CFR 178.337 y, se complementan con las especificaciones DOT-MC300 -Tanques Semejantes: MC-330, tanque Non-especificación, fabricado a los normas de ASME en acuerdo con 49 CFR 173.315. Los autotanques de MPs comprimidos o licuados, están diseñados y fabricados para operar con un diseño de presión de entre 7 y 35 kg/cm² (100 y 500 psig), estampado con el Código de la ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos); Materiales de Cabeza de Casco, HSLA Alta Fuerza Baja Aleación, SS Acero Inoxidable y MS Acero Dúctil y; Sistema de Ventilación con resorte espiral.

En México se tienen tres proyectos, dos anteproyectos de norma y dos Normas Oficiales Mexicanas, que establecen los lineamientos que deben cumplir los envases, contenedores cisterna y auto-tanques para el transporte terrestre de materiales peligrosos, las cuales se listan en la Tabla 4.3.

La equivalencia para el diseño y construcción de autotanques de MPs comprimidos o licuados se tienen en la NORMA Oficial Mexicana NOM-057-SCT2/2003, que establecen los requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de gases comprimidos y la Especificación SCT 331, aplicable a los autotanques que se usan para transportar gases comprimidos a altas presiones⁴⁵ (DOF, 2004).

45 Los gases se comprimen para reducir el volumen hasta en relación de 400 a 1. Cuando están comprimidos la mayoría de los gases se enfrían y licuan.

Tabla 4.3. Normas Oficiales Mexicanas sobre diversas disposiciones y características requeridas a las unidades de transporte de MPs

Norma Oficial Mexicana	Disposición	Fecha de Publicación
NOM-020-SCT2-1995	Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, SCT 306, SCT 307 y SCT 312 (Disposición 8).	12 de Agosto de 1996 (Proyecto de norma)
NOM-051-SCT2-1995	Especificaciones especiales y adicionales para los envases y embalajes de las sustancias peligrosas de la división 6.2, agentes infecciosos.	14 de Agosto de 1996 (Proyecto de norma)
NOM-032-SCT2-1995	Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de materiales de las clases 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.	19 de Agosto de 1996 (Proyecto de norma)
NOM-017-SCT2-1995	Lineamientos generales para el cargado, distribución y sujeción en las unidades de autotransporte de los materiales y residuos peligrosos	Anteproyecto
NOM-037-SCT2-1995	Disposiciones y características adicionales de las unidades motrices de autotransporte destinadas al transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.	Anteproyecto
NOM-046-SCT2-1995	Características y especificaciones para la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuados a presión no refrigerados.	Anteproyecto
NOM-045-SCT2-1995	Características generales de las unidades de arrastre ferroviario asignadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.	5 de Septiembre de 1996
NOM-057-SCT2/2003	Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de gases comprimidos. Especificación SCT 331, aplicable a los autotanques que se usan para transportar gases comprimidos a altas presiones	26 de Enero de 2004

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México 2000 (www.sct.gob.mx).

4.2.2 Componentes básicos de un tanque de transporte de amoníaco o cloro

La capacidad promedio de las unidades que transportan cloro o amoníaco es de 15 a 22 toneladas (13,600 Kilogramos a 20,000 Kilogramos) y las condiciones químicas del transporte de estos materiales peligrosos implica que los autotanques (Figura 4.3) deben cumplir con la Especificación 331-SCT y NOM-057-SCT2/2003; los componentes del tanque más importantes se describen a continuación (DOF, 2004):

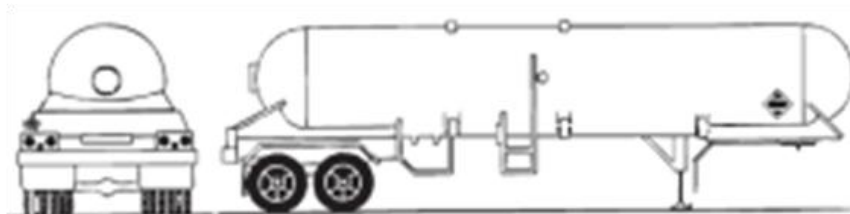


Figura 4.3 Autotanque para el transporte de MPs a alta presión MC331,TC331;SCT-331

Fuente: Especificación 331-SCT y NOM-057-SCT2/2003, 2003

a) El cuerpo del tanque

El cuerpo del tanque es el recipiente usado para contener los MPs líquidos o gases o en granel, para su transporte terrestre, incluyendo accesorios, refuerzos, aditamentos y escotillas y, cada elemento debe ser construido conforme los establecen las normas nacionales e internacionales.

Particularmente la construcción del tanque es uno de los aspectos más cuidados en el nivel internacional y por tanto, los productores cuidan que se cumplan con las normas desde su fabricación y, colocan sellos que garantizan su certificación de su origen. Algunos de los más importantes lineamientos para la construcción son los siguientes:

- a) El material utilizado para la construcción del tanque y sus aditamentos, deberá ser adecuado y compatible con los productos a transportar y cumplir con los requerimientos establecidos de pruebas de impacto en el acero utilizado.
- b) Los tanques pueden ser soldados y estar fabricados en acero al carbón, acero inoxidable o aluminio, sólo que en el caso de los tanques de aluminio, éstos deberán ser aislados y el MPs transportado debe ser compatible con el aluminio.
- c) Un tanque en servicio para amoníaco anhidro, deberá ser construido en acero. El uso de cobre, plata, zinc o sus aleaciones está prohibido.
- d) Para guardar la integridad estructural, el esfuerzo de diseño máximo calculado en cualquier punto del tanque no debe excederse el 25% de la resistencia a la tensión del material utilizado y se deberán considerar los esfuerzos debidos al impacto en un accidente.
- e) El espesor mínimo del metal para el cuerpo y cabezas del tanque debe ser de 4.762 mm. (0.187 pulg.), para tanques de acero y 6.858 mm. (0.270 pulg.), para tanques aluminio, excepto para tanques utilizados en el servicio de cloro.

- f) Los tanques de acero deberán tener una tolerancia por corrosión del 20 por ciento o 2.54 mm (0.10 pulg.), la que sea menor, lo tolerancia menor se agrega al espesor del tanque establecido en el inciso (e) para el material de tanques de cloro.
- g) La presión de máxima permitida de un tanque autorizado no deberá ser menor que la presión de vapor del producto contenido a 46°C (115 grados °F) o depender del producto en particular.
- h) El color de los tanques debe ser de un material de diseño reflejante o pintado de un color blanco, aluminio u en otro color reflejante en las dos terceras partes superiores del tanque, a menos que esté cubierto con un forro de aluminio, acero inoxidable u otro metal brillante no empañable o deslustrado.
- i) Todo tanque requiere de ser aislado y cumplir con los requerimientos establecidos para cada caso.
- j) Todos los tanques deberán tener un tratamiento térmico posterior a la soldadura.
- k) El tanque se considerará como una unidad después de terminar todas las soldaduras en el cuerpo y en las tapas y recibir el tratamiento térmico.
- l) Los aditamentos soldados a los asientos de montaje, pueden ser instalados después del tratamiento térmico.
- m) Los tanques utilizados para amoníaco anhidro, deberán recibir tratamiento térmico posterior a la soldadura, pero en ningún caso a menos de 565°C (1,050°F) temperatura de metal del tanque.

Para el caso de las unidades que transportan cloro, los lineamientos técnicos que deben cumplir establecen en general que deben ser de acero y estar debidamente revestidos y aislados con un espesor de cuatro pulgadas de material aislante que evite o reduzca el aumento de la presión de vapor en climas muy calientes y mantenga la presión requerida durante la descarga en climas muy fríos.

Para los autotanques que transportan cloro, el espesor del material del tanque debe ser como mínimo 15.0 mm (0.625 pulg.) o sea 5/8 pulg., incluyendo la tolerancia por corrosión. El estándar internacional actual para la construcción de tanques de cloro establece el uso de fibra de vidrio de dos pulgadas colocado sobre una fibra de cerámica también de dos pulgadas. En tanques más viejos se utilizaban cuatro pulgadas de corcho o de espuma de uretano.

Los tanques destinados al transporte de cloro, además deben tener un aislamiento específico.

Los tanques destinados para el transporte del cloro deberán ser radiografiados y recibir un tratamiento térmico posterior a la soldadura.

Los tanques utilizados de cloro deben tener solamente una apertura, en la parte superior del tanque y debe instalarse con una boquilla que cumpla con las normas internacionales vigentes sobre el manejo de cloro.

b) Las válvulas

Los tanques están equipados de cuatro elementos básicos (US-EPA, 2007), que son las válvulas que se describen a continuación:

- La válvula de alivio de presión y que es elemento que controla la presión la presión interna en el tanque.
- La válvula de descarga, que permite el control del flujo del MP. Toda válvula de alivio de presión deberá estar diseñada, construida y marcada para un rango de presión mayor (20% superior) que la presión de diseño del tanque a la temperatura esperada de operación.
- La válvula de exceso de flujo es un componente que, automáticamente se cerrará si el rango de flujo de un gas o líquido excede el límite máximo del flujo del gas o líquido especificado por el fabricante y debe estar localizada en la parte superior del tanque.
- La válvula interna de cierre automático está instalada en la salida de descarga del autotanque y está diseñada para mantenerse cerrada por la energía auto-almacenada.

Antes de su instalación, toda válvula angular deberá ser sometida a prueba de fugas a no menos de 15.8 kg/cm² (225 lbs/p²), usando aire seco o gas inerte. Las válvulas de tanques utilizados para transportar cloro deberán apearse a las normas internacionales del cloro desde antes de su instalación.

Para los tanques de amoníaco y cloro, la única apertura se encuentra en la cúpula que contiene las cuatro válvulas de ángulo y el dispositivo de alivio de presión, que cumplen con estándares internacionales.

Las dos válvulas de ángulo colocadas de forma longitudinal al tanque son para la descarga de líquidos se conectan a tubos de succión de líquidos los cuales también constan de válvulas de control de exceso de flujo, que están diseñadas para detener el flujo del cloro líquido cuando se rebasa una tasa de flujo de 7 000 libras por hora.

Las dos válvulas transversales son para el escape de vapores o gases de cloro y también están equipadas con válvulas para el control de flujo pero de diferente diseño.

Cada válvula consta de un cuerpo de acero, monel, vástago y asiento, con enchufe de rosca para tubería, de aproximadamente una pulgada que se protege con una tapa de hilo de entrada para la rosca de salida, para cuando no se encuentra en uso la válvula.

La válvula de seguridad se encuentra al centro de la cúpula entre las válvulas de ángulo y es diseñada para una liberación de presión de 225 psig de casos de emergencia y para regular la dispersión de gases con presión de 213 psig.

Las medidas de seguridad en válvulas son las piezas más importantes para transporta de forma segura al cloro, ya que éste es movilizad como un gas licuado a presión, en autotanques con capacidad promedio de 15 a 22 toneladas (13,600 Kilogramos a 20,000 Kilogramos).

Las líneas de tubería, accesorios, mangueras y otras partes sujetas a presión.

Las líneas de tubería, accesorios, mangueras y otras partes sujetas a presión, excepto sellos de bombas y válvulas de seguridad, deberán ser diseñadas por lo menos para cuatro veces la presión de diseño del tanque. Adicionalmente, la presión de ruptura no deberá ser menor de cuatro veces la mayor presión que soporta cualquier línea de servicio en operación.

Las uniones de tubos deberán ser roscadas, soldadas o bridadas y estarán hechas de metales maleables y, para los casos que se permita tubería de cobre, las uniones deberán ser soldadas con latón o ser de un metal de igual dureza que el que tenga el tipo de la unión. El método de unión no deberá reducir la resistencia de la tubería y toda unión o acoplamiento de manguera, deberá estar diseñada para resistir una presión de por lo menos 120% la presión de diseño de la manguera para evitar fugas de conexión. Las uniones deslizables o corredizas no están autorizadas.

La tubería deberá estar protegida por daños debidos a expansiones y contracciones térmicas, sacudimiento y vibración, y las tuberías y accesorios deberán estar agrupados en espacios pequeños y protegidos contra daños de corrosión o por deterioro ambiental.

Los fabricantes de autotankes deben demostrar que toda la tubería, válvulas y accesorios en un autotankes deberán estar libres de fugas, por lo que para cumplir este requerimiento se debe probar toda tubería, válvulas y accesorios, después de su instalación a no menos del 80% de la presión de diseño marcada en el autotankes.

Excepto por los dispositivos de medición, termo-pozos y válvulas de alivio de presión, todas las cargas y descargas de autotankes, deberán indicar si éstas se comunican con fase vapor o fase líquida, cuando el tanque es llenado a su máxima capacidad permitida. Por ejemplo, una línea de llenado que se comunique con fase vapor puede ser marcada por la leyenda “llenado pulverizador” en lugar de “vapor”.

Los serpentines en sistemas de refrigeración y de calentamiento deberán estar fijos al tanque, previendo expansión y contracción térmica. El medio de refrigeración o calentamiento que circula a través de los serpentines no deberá ser capaz de causar ninguna reacción química adversa con la carga transportada en caso de fuga.

La unidad de refrigeración puede ser montada en el autotankes, cuando un líquido es susceptible de congelación, o el vapor de dicho líquido es utilizado para calentamiento o refrigeración; el sistema de calentamiento o de refrigeración deberá permitir su drenado total.

c) Los Accesorios

Los principales accesorios de un autotankes que transporta amoníaco o cloro son el registro pasa-hombre, el rompeola, el dispositivo de protección y la defensa trasera, entre otros. Cada uno de estos accesorios debe estar construido e instalado en el autotankes de forma tal que en caso de falla, la integridad de retención de la carga del tanque no se vea afectada. Para un tanque de cloro, las placas, registro pasa-hombre y herrajes, deben fabricarse de acero al carbón.

El registro pasa-hombre es la parte integral del tanque destinado a la revisión y control interno del tanque, colocado en la parte posterior del mismo; debe tener un domo según la normatividad aplicable y otros requisitos aplicados por código de fabricación de origen. El rompe-ola es la partición transversa, que regula el oleaje y la inercia del producto transportado.

El dispositivo de protección, permite proteger todas las válvulas, dispositivos, mecanismos de alivio de seguridad y, cualquier otro accesorio del propio tanque, contra posibles daños causados por colisión con otros autotanques u objetos, coleadura y volcadura.

Para tanques de cloro, el protector y cubierta del domo deberán cumplir con lo establecido en las normas internacionales del cloro, para proteger los arreglos de válvulas, tuberías y mangueras, lo requerido para permitir que el uso de equipo de emergencia de control de fugas. La defensa trasera del autotanque deberá estar diseñada para proteger el tanque y tubería en caso de colisión por la parte trasera, para minimizar la posibilidad de dañar alguna parte del tanque a causa del choque. El diseño deberá ser de tal forma que se transmita la fuerza de la colisión en una línea horizontal al chasis del autotanque. La defensa deberá estar diseñada para resistir el impacto del autotanque completamente cargado.

Otros accesorios son el indicadores de medición del nivel líquido y el de presión ambos son instrumentos de medición. El indicador de medición indica los llenados por peso de un autotanque, está permitido para el caso de las unidades que transportan amoníaco anhidro, y es un tubo rotario o tubo deslizante ajustable de longitud fija; para el caso de autotanques de transporte de cloro, este indicador no está permitido. El indicador de presión señala los niveles de presión de los líquidos con respecto a la presión de diseño del tanque.

Adicional a lo establecido para el diseño y fabricación de las unidades destinadas al transporte de los materiales peligrosos cloro y amoníaco, se establece que todas las unidades que transportan mercancías peligrosas deben portar los carteles especiales indicativos que permitan identificar el material que se transporta y la clase de peligro, para el caso de emergencias según los códigos internacionales o de cada país.

En México, esta normatividad se encuentra en la NOM-023-SCT2, que establece la información técnica que debe contener los carteles, rótulos, placa y en su caso etiquetas, que portaran los autotanques, recipientes metálicos intermedios para granel y envases con capacidad mayor a 450 litros; adicionalmente, ocho Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, establecen las Especificaciones Técnicas de Envases, Embalajes y Métodos de Prueba para el Transporte de MPs, las cuales se muestran en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Normas Oficiales Mexicanas sobre las especificaciones técnicas de envases, embalajes y métodos de prueba para el transporte de MPs

Norma Oficial Mexicana	Disposición	Fecha de Publicación
NOM-028-SCT2-1994	Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3, líquidos inflamables transportados.	4 de Octubre de 1995
NOM-024-SCT2-1994	Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.	16 de Octubre de 1995
NOM-029-SCT2-1994	Especificaciones para la construcción y reconstrucción de recipientes intermedios para graneles (RIG).	18 de Octubre de 1995
NOM-030-SCT2-1994	Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuados refrigerados.	20 de Octubre de 1995
NOM-043-SCT2-1995	Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.	23 de Octubre de 1995

Norma Oficial Mexicana	Disposición	Fecha de Publicación
NOM-027-SCT2-1994	Disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2 peróxidos orgánicos.	23 de Octubre de 1995
NOM-002-SCT2-1994	Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.	30 de Octubre de 1995

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México 2000 (www.sct.gob.mx).

4.2.3 Identificación de unidades de transporte de amoníaco

El amoníaco tiene código internacional número ONU 1005; se transporta como gas licuado y, por su nivel de peligrosidad en transporte. El vehículo utilizado para el amoníaco puede llegar a portar más de un cartel; por lo general las unidades portan el cartel de tóxico veneno y corrosivo.

Los códigos que pueden usar las unidades de transporte de amoníaco y la forma de colocarlos, se presentan en la

Figura 4.4. La forma de colocarlos, así como ejemplos de unidades de transporte utilizadas en la ZMVM, se muestran en la Figura 4.5. Cabe reiterar que en el caso de ocurrencia de un accidente de transporte, existe la posibilidad de dispersión de gases tóxicos altamente peligrosos.

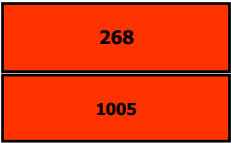



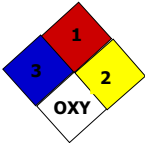
	Código Usado en la ZMVM			
				
<p>Sólo para auto-tanques la placa naranja, código de identificación europeo para el Amoníaco. El número de la parte de superior indica en la primera cifra la clase de material, -2- es un gas; la segunda y tercera cifras indican los peligros secundarios, el -6- es tóxico y el -8- es corrosivo.</p> <p>El número inferior es el código de identificación de la ONU para el amoníaco.</p>	<p>Código de peligro secundario; el número -2- corresponde a un gas y la calavera significa veneno tóxico agudo.</p>	<p>Código de peligro secundario; el número -8- corresponde a un material corrosivo.</p>	<p>Código de peligro primario; el número -2- corresponde a un gas, el color y el símbolo significan no inflamable.</p>	<p>D.- El diamante de peligro del Amoníaco, para uso de bomberos.</p> <p>Inflamabilidad, código rojo nivel 1: peligro bajo de inflamabilidad, puede haber combustión en fase vapor.</p> <p>Reactividad código amarillo nivel 2: peligro medio de reactivo.</p> <p>Salud, código azul nivel 3: tóxico severo, venenoso y corrosivo.</p> <p>Blanco Código OXI: producto químico oxidante.</p>

Figura 4.4 Códigos de identificación del peligro para autotanques de amoníaco

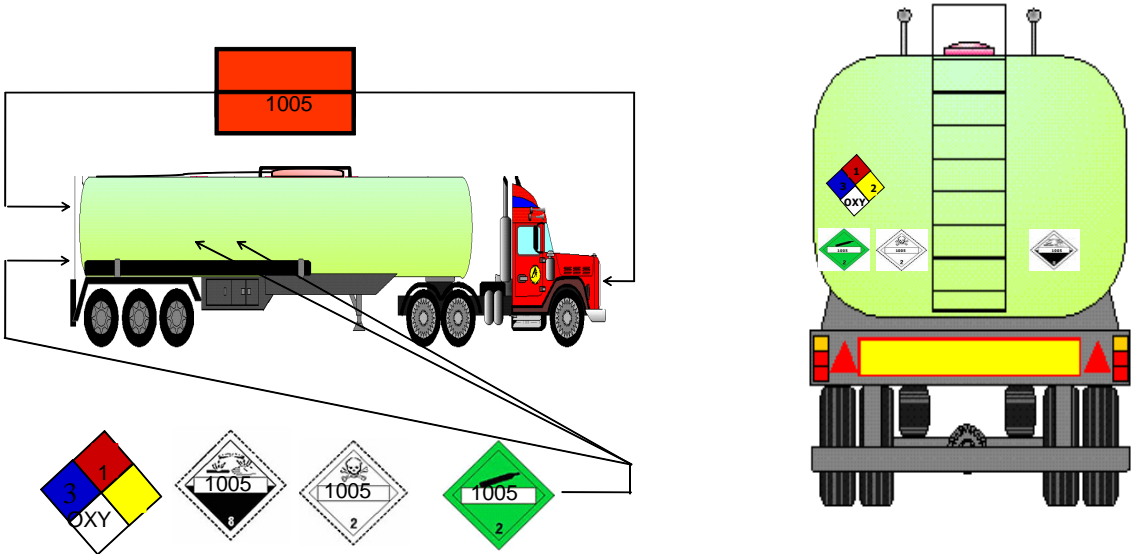


Figura 4.5 Forma de colocación de los carteles de identificación de las unidades destinadas al transporte de amoníaco y fotografías de vehículos que transportan amoníaco

4.2.4 Identificación de unidades de transporte de cloro

El cloro tiene el número de identificación ONU-1017, se transporta como gas licuado y en el caso de ocurrencia de un accidente no deseado del vehículo en que ocurriera dispersión del cloro, éste es altamente tóxico. Un vehículo que transporta cloro puede llegar a portar hasta cuatro carteles, como se muestra en la Figura 4.6.

Cabe señalar que las unidades de transporte de amoníaco y cloro, independientemente de la cantidad de material que transporte, siempre requerirán del rótulo respectivo y de su transporte exclusivo.⁴⁶

En la Figura 4.7, se indica la forma de portar los carteles, donde la primera fotografía corresponde a un vehículo de cloro que realiza operaciones en un planta de tratamiento de agua y cumple con las condiciones de seguridad del transporte y, la segunda fotografía muestra una unidad de transporte en carretera de Chile, que no cumple con las normas mínimas de seguridad en el transporte, y se sabe ocurre lo mismo en México.

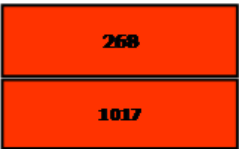




	<p>Código Usado en la ZMVM</p> 			
<p>Sólo para autotanques, la placa naranja, código de identificación europeo para el Cloro.</p> <p>El número de la parte de superior indica en la primera cifra la clase de material -2- es un gas; la segunda y tercera cifras indican los peligros secundarios, el -6- es tóxico y el -8- es corrosivo.</p> <p>El número inferior es el código de identificación de la ONU para el cloro.</p>	<p>Código de peligro secundario; el número -2- corresponde a un gas y la calavera significa veneno tóxico agudo.</p>	<p>Código de peligro secundario; el número -8- corresponde a un material corrosivo.</p>	<p>Código de peligro primario; el número -2- corresponde a un gas, el color y el símbolo significan no inflamable.</p>	<p>D.- Diamante de peligro del cloro para uso de bomberos.</p> <p>Inflamabilidad, código rojo nivel 0: No es combustible.</p> <p>Reactividad, código amarillo nivel 0: No es reactivo.</p> <p>Salud, código azul nivel 3: tóxico severo y corrosivo.</p> <p>Blanco OXI: Producto químico oxidante.</p>

Figura 4.6 Códigos de identificación del peligro para autotanques de cloro

⁴⁶ Otros MPs que se transportan a granel no requieren necesariamente de los rótulos específicos, ya sea que se trate de uno o varios materiales, que no excedan los 1000 kg de peso bruto total de material. En este caso, el o los rótulos específicos se pueden sustituir por el rótulo de “Peligroso”. Otros MPs deben llevar el rótulo de peligro al mojarse, cuando exista un riesgo secundario y son la excepción para MPs que no superen la carga de 454 kilos.

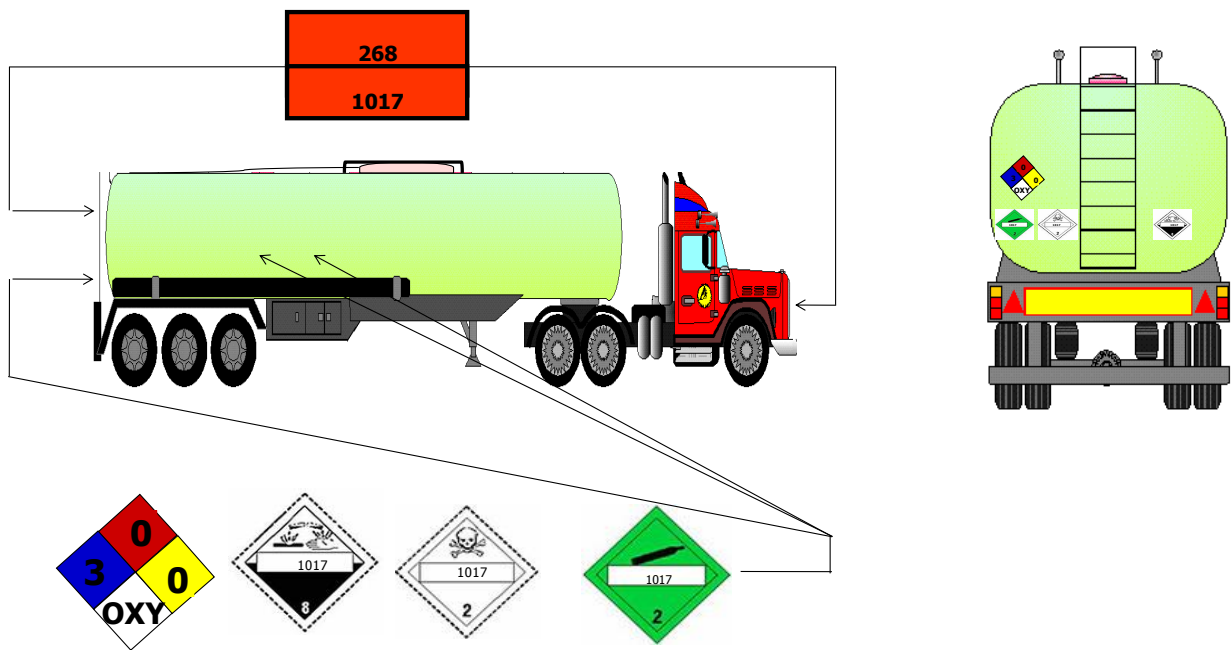


Figura 4.7 Forma de colocación de los carteles de identificación de las unidades destinadas al transporte de cloro y fotografías de vehículos que transportan cloro

4.3. Prácticas de transporte urbano del cloro y amoníaco

Los buenas o malas prácticas durante el transporte de los materiales peligrosos (MPS), es otro tema de atención para prevenir los posibles accidentes en el que las personas pudieran verse afectadas en su salud o perder la vida, por lo que en todos los países existen normas específicas de seguridad para llevar a cabo todas las actividades requeridas para su transporte. Específicamente en México, se cuenta con seis Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y dos Normas Oficiales Mexicanas Emergentes, que establecen los lineamientos operativos para el transporte terrestre de materiales peligrosos, las cuales se listan en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Normas Oficiales Mexicanas para el transporte de MPs en México

Norma Oficial Mexicana	Disposición	Fecha de Publicación
NOM-005-SCT2-1994	Información de emergencia en transportación para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.	24 de Julio de 1995
NOM-007-SCT2-1994	Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.	18 de Agosto de 1995
NOM-003-SCT2-1994	Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias y residuos peligrosos.	21 de Agosto de 1995
NOM-006-SCT2-1994	Aspectos básicos para la inspección vehicular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.	23 de Agosto de 1995
NOM-009-SCT2-1994	Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1, explosivos.	25 de Agosto de 1995
NOM-018-SCT2-1994	Disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidades de arrastre ferroviario.	25 de Agosto de 1995
Emergente NOM-EM-020-SCT2-1995	Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones SCT 306, SCT 307 Y SCT 312 (véase Disposición Núm. 24)	30 de Agosto de 1995 (Prorroga Julio 9, 1996)
NOM-EM-008-SCT2-1994	Disposiciones para efectuar la inspección de equipo de arrastre ferroviario asignado al transporte de materiales y residuos peligrosos.	4 de Septiembre de 1995

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México 2000 (www.sct.gob.mx).

Una de las principales normas que se exige es que los operadores de la unidad de transporte de MPs, tengan una licencia especial que certifique sus conocimientos de tránsito y manejo de las mercancías peligrosas y, que se mantengan permanentemente actualizados mediante cursos de capacitación, ya sean con aquellos de las propias empresas, o de instituciones u organizaciones reconocidas o por universidades.

En el caso particular de México, una de las instancias privadas relacionadas con el transporte de MPs es la Asociación Nacional de la Industria Química A.C. (ANIQ), la cual maneja diversas posibilidades de capacitación tanto a operadores como a otros actores involucrados en el proceso de gestión y transporte de los MPs, como aquellos que deben atender los casos de emergencias.

Particularmente durante esta investigación, se lograron identificar algunos de los lineamientos generales y prácticas de manejo de MPs en la ZMVM, que al menos se cumplen por las empresas que están inscritas en la ANIQ.

Cabe señalar, que existen muchos otros individuos o empresas que no participan como asociados de la ANIQ, pero que cuidan cumplir con las normas aplicables en materia de transporte de MPs y mantenerse actualizados y, otros tantos, a quienes les preocupa muy poco o desconocen el daño que les puedan ocasionar a otras personas o a ellos mismos.

Con base en el Curso Internacional de Primera Respuesta a Incidentes de Materiales Peligroso, PRIMAP, (USAID, 2002), se pueden explicar las prácticas identificadas durante el trabajo de campo con empresas distribuidores y de transporte de MPs químicos, relativas a la gestión y transporte de los MPs, según los actores el papel que jueguen los involucrados, ya sea como empresa embarcadora, transportista o conductor o operador de la unidad de transporte.

La empresa productora o distribuidora, hace el papel de embarcador de los MPs químicos, especialmente cuando se trata de transportar amoníaco y cloro, debido a su grado de peligrosidad y, por tanto a ellos les toca encargarse de envasar empacar, marcar y rotular los diversos tipos de materiales; preparar los documentos de embarque y, brindar toda la información relacionada con el tipo de MPs para cuando se deba dar respuesta a emergencias. La información más importante requerida para el caso del transporte de MPs en autotanques son: (i) la carta de porte que contiene el nombre apropiado de MPs, la Clase y División y el código del cartel de identificación que debe llevar el vehículo y; (b) las fichas de seguridad por número de peligro o por número de materia y que en general contienen la naturaleza de los peligros, las instrucciones generales de manejo del material peligroso, las medidas en caso de fuga e incendio y las indicaciones de atención para primeros auxilios. Por tanto, la embarcadora debe certificar siempre que los documentos cumplan con las normas aplicables⁴⁷.

El transportista es el individuo o empresa responsable de llevar el embarque de MPs desde su lugar de origen a su lugar de destino, en el caso del transporte de MPs químicos en la ZMVM fueron identificadas empresas de transporte reconocidas por el sector de la industria química y otras, como sólo autorizadas por las autoridades federales, no coincidentes en ningún caso. El transportista por tanto, antes de partir tiene la responsabilidad de verificar que el embarcador haya cumplido con el marcado, rotulado y preparado de la carga de MPs, debe mantener la información a la mano de los servicios de atención de emergencias, para notificar en su caso a las autoridades competentes, de los incidentes o accidentes, en los que se haya visto involucrada alguna unidad de MPs. En caso de que el embarcador no cumpla con los debidos requisitos, el transportista debe rechazar la responsabilidad de movilizarlos. Para el transporte de amoníaco y cloro, los transportistas formales trabajan estrechamente con las empresas químicas, por lo que la responsabilidad de embarque y transporte es compartida.

El conductor u operador es la persona con mayor responsabilidad de verificar que tanto el embarcador, como el transportista o responsable de la empresa para la que trabaja, hayan realizado sus respectivas tareas y en el caso de observar alguna falla del marcado, rotulado o preparado de la carga de MPs, debe rechazar el realizar la movilización de las mercancías peligrosas, especialmente si la carga no corresponde a los documentos de embarque. Después debe guardar los documentos de embarque y la información necesaria de atención de emergencias (en una bolsa en la puerta del conductor o en un lugar a la vista y alcance) y, transportar el embarque o la carga de MPs desde su origen a su destino, de

47 En general los documentos de embarque son todos aquellos documentos que describen los MPs, como son la Carta de Porte y Fichas de Seguridad, para unidades de Transporte Terrestre, el Manifiesto de Transporte de Carga para el Transporte Marítimo y el Listado de la Carga para el Transporte Aéreo.

forma segura y sin demoras, respetando las normas establecidas para el transporte de MPs, dentro de la ZMVM o cualquier otra ciudad.

Cabe señalar, que en el caso de ocurrencia de un accidente de MPs, el conductor es la persona que tiene la mayor posibilidad de sufrir daños en su salud y por tanto los bomberos, autoridades de protección civil y de la policía, deben contar con la información necesaria para evitar el mayor peligro posible, por lo que los operadores responsables siempre deben mantener la información del embarque disponible en un lugar donde los cuerpos de emergencia puedan buscarla rápidamente. (Figura 4.8)

Además de lo anterior, otras reglas que deben respetar los operadores de las unidades de transporte destinadas a los MPs, se enlistan a continuación:

- a) Conocer el reglamento aplicable en la ZMVM o de las ciudades de origen y destino a donde se llevan los materiales.
- b) Usar los vehículos adecuados para transportar los MPs y checar siempre el estado mecánico de la unidad motriz.
- c) Revisar que los dispositivos de protección de volcadura se encuentren en buen estado y que se cuenten con los rotulados del tipo de material que se están transportando.
- d) Verificar tanque, válvulas y mangueras y evitar dañar con cualquier tipo de herramienta alguna de estas partes que integran el autotanque.
- e) Traer siempre cinturón de seguridad y cuidar de sus equipos de comunicación.
- f) Inmovilizar al vehículo para que no se mueva durante la carga y descarga, no cargar cerca de fuentes de calor y, estar pendientes de fugas.
- g) No fumar dentro de la unidad y tampoco cerca del tanque.

Por lo general, los embarcadores, transportistas u operadores que cumplen con los lineamientos anteriores, difícilmente se ven involucrados en accidentes de transporte de MPs, y aunque según las estadísticas de accidentes de transporte, el conductor u operador de una unidad de transporte es la causa principal de los accidentes urbanos, también existen otros factores que pueden ocasionar un accidente de MPs, como pueden ser la falla del vehículo, el camino o la vialidad o el medio ambiente prevaleciente.



Figura 4.8 Accidentes de unidades de transporte de MPs, tipo volcadura por malas prácticas operacionales del conductor

5. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN A ACCIDENTES DE TRANSPORTE URBANO DE MPS

Este capítulo tiene el objetivo de presentar las cuatro partes que integran la metodología propuesta para el análisis de la exposición de la población a accidentes en el transporte urbano de MPs. Esta metodología es posteriormente aplicada al caso de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

La metodología aquí propuesta, para el análisis de la población expuesta durante el transporte urbano de materiales peligrosos (MPs), puede proporcionar diversos resultados que dependen de la información con que se cuente de cada ciudad o metrópoli a la que se aplique, brindando siempre un apoyo para definir políticas públicas para el transporte urbano de los MPs, especialmente en zonas densamente pobladas.

La metodología propuesta se integra por las cuatro partes que se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde los recuadros en el color verde presentan el producto obtenido de cada parte de la aplicación de la metodología. Cada uno de los cuatro productos puede ser base para la definición de políticas de transporte de MPs o la toma de decisiones en caso de emergencias.

Este capítulo se divide en cuatro apartados, uno para cada parte de la Metodología.

En el apartado 5.1 se presenta la primera parte, llamada “*Clasificación del territorio de acuerdo al grado de peligro debido a la presencia de MPs*”. Ésta consiste en el uso de análisis multicriterio para clasificar el territorio de acuerdo al “grado” de peligro por accidentes de transporte de MPs. El producto de esta parte de la metodología es un mapa mediante el cual es posible identificar fácilmente las zonas más peligrosas, de acuerdo a la presencia de instalaciones peligrosas y de transportistas de MPs, los cuales por su ubicación se encuentran junto a concentraciones de población (habitantes). Este mapa puede ser base para políticas de mediano y largo plazo para la relocalización y ordenamiento de instalaciones peligrosas.

En el apartado 5.2 se muestra la segunda parte, denominada “*Estimación de congestión y flujos en la red usada por el transporte de MPs*”. Esta parte utiliza un Modelo de Asignación de Tráfico de Equilibrio del Usuario para estimar el flujo por tipo de vehículo y la congestión en horas pico, para cada arco de la red utilizada por los vehículos de MPs. El producto obtenido es la identificación de los corredores metropolitanos más “**peligrosos**” de la red. Esta información resultante puede permitir definir políticas para el diseño de rutas de transporte de MPs. También como producto se obtiene el número de viajeros de cada arco de la red, que es información requerida como entrada en las siguientes partes de la metodología.

En el apartado 5.3 se describe la tercera parte, nombrada “*Población expuesta al transporte de materiales peligrosos, por el modelo de banda fija*”. Esta parte consiste en la estimación de la población expuesta a accidentes de transporte de MPs en los que ocurre dispersión de tóxicos dañinos, obteniendo el área de exposición mediante el modelo de banda fija o franja de ancho fija. La estimación de la población expuesta considera por primera vez en la literatura, a los habitantes y los viajeros que se encuentran en el área de peligro. Dicha área es obtenida primero para la generalidad de los MPs sobre cada corredor y posteriormente para MPs químicos seleccionados en escenarios de día y de noche, sobre corredores considerados como los más peligrosos.

Como resultado se obtiene primero, una jerarquización de los corredores más utilizados por los vehículos de MPs, de acuerdo al grado de “peligro según habitantes y viajeros expuestos”. Esta jerarquización puede ser base de políticas de control y operación de las unidades de transporte de MPs para ciertos corredores. Además se obtienen los habitantes y viajeros expuestos a accidentes en el transporte de MPs químicos seleccionados (como el cloro y el amoníaco, que son sumamente peligrosos), y esto para escenarios de día y de noche sobre los corredores más peligrosos. Este resultado también permite definir políticas de control y operación horaria de vehículos en ciertos corredores, para determinados MPs.

En el apartado 5.4 se presenta la cuarta parte, denominada “*Población expuesta al transporte de materiales químicos peligrosos, por modelos de dispersión*”. Ésta consiste en la estimación de los habitantes y viajeros expuestos, a accidentes de transporte de MPs, para escenarios de día y noche y condiciones atmosféricas reales. El área de peligro es obtenida mediante modelos de dispersión, los cuales permiten determinar dicha área de una forma más realista; el área se determina desde la fuente de dispersión y es seccionada en tres sub-áreas correspondientes a diferentes niveles de concentración de los tóxicos dañinos. Así, la población expuesta es estimada para cada una de las tres sub-áreas considerando el diferente grado de peligro debido a la posible inhalación de tóxicos dañinos por el ser humano. Como resultado se obtiene la población (habitantes y viajeros) expuesta en cada sub-área de peligro. Dicha información es útil para la definición de políticas de control y operación del transporte de MPs sobre ciertos corredores, así como para la elaboración de programas de protección civil que tomen en cuenta estrategias de prevención, atención y evacuación de la población expuesta en corredores metropolitanos.

5.1. PARTE 1: “Clasificación del territorio de acuerdo al grado de peligro debido a la presencia de MPs”

El análisis del peligro por el transporte de MPs que existente en un territorio, es necesario debido a que cada ciudad presenta características distintas en organización territorial, tamaño de población, urbanización e industrialización y desarrollo de actividades económicas, así como del modelo de localización de instalaciones potencialmente peligrosas, ya sea por el uso de MPs en alguna etapa de su proceso productivo o bien de la distribución de los mismos. De esta forma cada ciudad puede contar o no, con información suficiente para definir políticas públicas de transporte de MPs, sustentadas en criterios que permitan minimizar el peligro considerando la población expuesta, siendo que en la mayoría de los casos se cuenta casi siempre con información limitada o poco confiable.

Para conocer el nivel de peligro en el territorio por transporte de MPs, como primera etapa de la metodología se ha definido la llamada “Clasificación del territorio de acuerdo al grado de peligro debido a la presencia de MPs”, la cual mediante el uso de análisis multicriterio permite clasificar el territorio de acuerdo al “grado” de peligro por posibles accidentes de transporte de MPs (Figura 5.1). Dicha clasificación dependerá de la cantidad de información disponible con que se cuente en cada ciudad para seleccionar los criterios de clasificación del territorio tal como pueden ser: tamaño de población, densidad de población, localización de actividades económicas, ubicación de instalaciones peligrosas, empresas y distribuidores de materiales peligrosos químicos, transportistas de materiales químicos y otros soportes de infraestructura utilizados en la gestión de los MPs.

En el caso de la ZMVM, se tiene información limitada y poco sistematizada relativa a la gestión y transporte de los MPs y por ello, una primera tarea antes de realizar el análisis multicriterio, fue el acopio de información específica sobre la localización de instalaciones potencialmente peligrosas, sitios de disposición final de residuos peligrosos, empresas químicas que utilizan o distribuyen materiales peligrosos y transportistas autorizados a mover este tipo de MPs, con el objeto de conocer cuáles son las delegaciones y municipios más peligrosos para la población.

Contando con la información disponible, se usó la técnica de Análisis Multicriterio, Método Electre IV (Roy, 1985; Vincke, 1989), para clasificar las áreas que integran la ZMVM, respecto al “grado” de peligro por la presencia de MPs, según ciertos criterios correspondientes con la información disponible. Este proceso es aplicable a cualquier ciudad.

Cabe señalar que el Método ELECTRE IV, permite obtener un ordenamiento conforme a los criterios seleccionados, sin necesidad de introducir ninguna ponderación de los mismos. Generalmente el método se aplica para jerarquizar alternativas de tal manera que las que obtienen mayor jerarquía son las mejores respecto a los criterios seleccionados; en cambio en esta parte de la metodología propuesta, se realiza una comparación de áreas donde las que obtienen mayor jerarquía son las que tienen el mayor “grado” de peligro. En el caso de la ZMVM, para conocer la peligrosidad debido a la presencia de MPs, los criterios utilizados fueron: a) número de empresas potencialmente generadoras de residuos peligrosos y transportistas autorizados a movilizar éstos; b) número de empresas químicas (productoras y distribuidoras) y transportistas de MPs químicos, y c) densidad poblacional.

Como resultado de la aplicación de esta parte de la metodología propuesta, se obtiene la clasificación del territorio por “grado” de peligro según la presencia de MPs y población en delegaciones y municipios que integran la ZMVM. El grado de peligro en el territorio es agrupado en: muy alto, alto, medio y bajo.

Cabe señalar que en el caso de contar con información de otros criterios para clasificar el territorio de la ZMVM, es posible volver a aplicar el Método Electre IV y obtener otra clasificación del territorio por “grado” de peligro, considerando en cualquier caso que la “mejor solución” significara el más “alto nivel de peligro”.

La clasificación del territorio fue apoyada en un Sistema de Información Geográfica (al que se le integró toda la información para llevar al cabo este estudio), obteniéndose como resultado un mapa de clasificación del territorio de la ZMVM por grado de peligro según la presencia de MPs y población. Este mapa permite hacer una rápida identificación de las delegaciones y municipios más peligrosos y esta información es útil para conducir mejores políticas de localización o relocalización de instalaciones potencialmente peligrosas en el mediano y largo plazo y su vez, definir mejores políticas para el ordenamiento del territorio, permitiendo una mejor distribución de la población y de las actividades económicas sustentables a mediano y largo plazo.

5.2. PARTE 2: “Estimación de congestión y flujos en la red usada por el transporte de MPs”

En muchas ciudades, tal como ocurre en el caso de la ZMVM, la red vial se usa indiscriminadamente por cualquier vehículo de MPs, por lo que de forma cotidiana puede observarse tráfico de unidades de diferentes dimensiones y con distintos tipos de MPs por calles locales o vías primarias y secundarias. Para fines de este estudio, la red identificada para el transporte de MPs, fue integrada principalmente por vías primarias que operativamente son “preferidas” por los operadores de las unidades de grandes dimensiones de transporte de MPs.

El problema es analizar el peligro de las rutas utilizadas para el transporte de MPs, tomando en cuenta el flujo de vehículos que transportan MPs en las diferentes vialidades y la congestión existente que puede poner en el área de impacto a un mayor número de personas (las que van en sus vehículos) en caso de un accidente de transporte.

La red vial metropolitana (sin considerar las calles locales ni todas las vías secundarias) está integrada por cerca de 13 000 arcos y la red vial utilizada por los vehículos grandes de carga (red de carga) tiene cerca de 4 500 arcos (Lozano et al., 2006b); prácticamente en toda la red de carga, el flujo de vehículos es alto a lo largo del día; en casi todas las vías primarias disponibles y ejes viales se tienen graves problemas de congestión en horas de máxima demanda. Además a lo largo del día se observa circulación de vehículos de alto tonelaje que utilizan la vialidad sin restricciones y éstos incluyen vehículos que transportan MPs de todo tipo.

Para la determinación de los arcos más congestionados y con mayor flujo de vehículos de MPs, la segunda parte de la metodología propone estimar flujos vehiculares por tipo de unidad y congestión (relación volumen/capacidad) a horas pico, en cada arco de la red usada por el transporte de MPs. La estimación se realizó mediante un Modelo de Asignación de Tráfico de Equilibrio del Usuario Multiclase (Lozano et al., 2007), con base en información de aforos vehiculares (por tipo de vehículo y con un subtipo en los vehículos de POs) y muestreo origen-destino por tipo de vehículo (Figura 5.1).

Un vez identificados los corredores con el mayor flujo de vehículos de MPs y en donde existen graves problemas de congestión, son identificados los corredores de mayor peligro sobre áreas de altos “grados” de peligrosidad. Para el caso de la ZMVM, fueron identificados 21 corredores con recorridos sobre delegaciones o municipios de alto grado” de peligro. Es decir, como producto de la aplicación de esta parte de la metodología, son identificados los corredores metropolitanos más peligrosos por transporte de MPs, lo cual es útil para definir mejores políticas para el diseño de rutas de transporte de MPs bajo control operativo, horario y de restricción de uso, según el de peligro que representan para la población cuando existe un alto flujo vehicular en la red vial y graves problemas de congestión.

Un producto adicional, es que el flujo por tipo de vehículo en cada arco de la red es útil para determinar el número de viajeros en cada arco; que puede ser población inmediatamente expuesta a un accidente de transporte de MPs. Esta información es utilizada para la aplicación de las siguientes partes de la metodología propuesta.

5.3. PARTE 3: “Población expuesta al transporte de MPs por el modelo de Banda Fija”

En una ciudad pueden ocurrir accidentes de transporte de materiales peligrosos (MPs) en vías congestionadas y significar grados de peligro diferente en la salud o la vida de la población expuesta (tanto habitantes como viajeros), según el tipo de liberación de los agentes contaminantes; los accidentes de MPs pueden ser como sigue:

- i. Sin fuego
 - a) Nube de vapor tóxica.
 - b) Liberación de gases tóxicos
 - c) Liberación de gases tóxicos y aerosol

- ii. Con fuego
 - a. Jet o bola de fuego
 - b. Alberca de fuego

- iii. BLEVE (Por sus siglas en Inglés “Explosión de Vapor Líquido en Expansión por Ebullición”)
 - A. Explosión mayor que un chorro de fuego, con amenaza térmica y fragmentos de tanque que pueden proyectarse a grandes distancias

Para el estudio y atención de cada tipo de incidentes de liberación de contaminantes de MPs, existen diferentes tipos de modelos matemáticos aplicables para determinar las posibles zonas y grados de peligro, en función del tipo de MPs, el volumen y sus condiciones de transporte, el tamaño de la fuente de liberación y las condiciones atmosféricas del momento de ocurrencia del incidente no deseado.

Cabe señalar que en el caso de un accidente de transporte de MPS, la población queda de expuesta a los agentes contaminantes de un cierto tipo de material por vía inhalación, exposición ocular, exposición de la piel o ingestión.

En esta investigación se ha considerado el estudio del primer tipo de liberación, es decir sin fuego, con la posible ocurrencia de cualquiera de las tres circunstancias: a) nube de vapor tóxica; b) liberación de gases tóxicos y; c) liberación de gases tóxicos y aerosol. Así que este tipo de situaciones pueden involucrar un gran número de personas cuya principal vía de exposición sería por inhalación de gases, humos, aerosoles o polvo respirable. El resultado de esta exposición podría ser la pérdida inmediata de la vida o la generación de efectos locales en la membranas mucosas a diferentes niveles o posteriores después de un intervalo latente.

Por lo anterior, la tercera parte de la metodología propuesta plantea un primer enfoque para estimar la población expuesta a posibles accidentes en el transporte de MPs, para el caso en que ocurriera una dispersión de gases que pudieran dañar la vida o salud de la población por inhalación de tóxicos

peligrosos, donde el área de impacto es obtenida mediante el modelo de Banda Fija (Figura 5.1). La estimación de la población expuesta, incluyendo habitantes como viajeros, es obtenida considerando distancias de aislamiento promedio de la generalidad de MPs, sobre cada uno de los 21 corredores de peligro, lo cual sirve para posteriormente jerarquizar dichos corredores por “nivel de peligro según la población expuesta”.

También se propone estimar la población expuesta, para distintos escenarios que consideren el transporte de MPs químicos seleccionados (considerados de alto grado de toxicidad más allá del normal para la salud), para escenarios de día y de noche, sobre uno o varios corredores de primera jerarquía de la red. En este estudio fueron seleccionados el cloro y el amoníaco, para los que fueron generados escenarios de día y de noche, obteniendo la estimación de la población expuesta sobre un corredor de primera jerarquía.

La aplicación de la tercera parte de la metodología propuesta al caso de la ZMVM tomó en cuenta los 21 corredores metropolitanos identificados como los más peligrosos por la presencia de vehículos de transporte de MPs y en donde se observa alto flujo vehicular y congestión. Para estos corredores fue estimado el número de viajeros que se encuentran en cada arco al momento de ocurrir un accidente.

El procedimiento para obtener los viajeros expuestos se obtiene multiplicando el número estimado de vehículos por tipo en cada arco (en Hora de Máxima Demanda, HMD), por el factor de ocupación para cada tipo de vehículo. Cabe aclarar que este factor es variable y propio de cada ciudad. El resultado obtenido es el número de viajeros que podrían encontrarse a lo largo de cada uno de los 21 corredores viales considerados como los de más alto peligro por su utilización para el transporte de MPs.

El siguiente paso es la obtención de las zonas de exposición para cada uno de los 21 corredores y para el escenario de día, utilizando el Modelo de Banda Fija. Se consideró un ancho de franja de peligro fija de 215 metros, que representa el área o zona de peligro de una dispersión pequeña, para la generalidad de los materiales peligrosos en un escenario de día; el radio de evacuación inicial se estableció conforme a lo indicado en la Guía Norteamericana de Respuesta de Emergencias⁴⁸.

Una vez generadas las zonas de exposición sobre cada uno de los corredores, se procede a calcular la población expuesta que se encuentran en la zona de exposición de la banda fija para la generalidad de los materiales. La población expuesta es la suma de los habitantes y viajeros que quedan inmersos en la banda fija y que son las personas que pueden inmediatamente quedar expuestos en un escenario de día y en Hora de Máxima Demanda. Por la noche y en altas horas, la población expuesta considera sólo a los habitantes que queden inmersos en la zona de exposición, por simplicidad y en virtud de que en las vialidades se tiene flujo de vehículos relativamente bajo (respecto a la HMD) y el número de viajeros es reducido. El resultado obtenido es el número de habitantes y viajeros expuestos en la banda de peligro sobre cada uno de los 21 corredores viales.

En seguida, se continúa con la jerarquización de los corredores más utilizados por los vehículos de MPs, de acuerdo a al número de habitantes y viajeros expuestos. El resultado es una jerarquización de los corredores utilizados por los vehículos de MPs de acuerdo al grado de “peligro” según los habitantes y viajeros expuestos.

48 US DOT (2008) North American Emergency Response Guidebook. Transport Canada, U.S. Department of Transportation and, Communications and Transportation Ministry of Mexico.

Posteriormente, es posible estimar la población expuesta en el caso de accidentes de transporte de MPs altamente peligrosos, mediante modelos de banda fija. Para el caso de la ZMVM, fueron seleccionados dos materiales químicos, el amoníaco y el cloro, incluidos en la lista de los materiales potencialmente peligrosos de la Asociación de Protección Ambiental (Environmental Protection Association) de los Estados Unidos de Norteamérica y demás sociedades y asociaciones internacionales encargadas de desarrollar normas y reglamentos para el manejo de materiales peligrosos y que además se encuentran presentes en un importante número de procesos de aprovisionamiento, productivos, almacenaje y distribución.

Para cada material seleccionado es determinado el ancho de banda fija, para escenarios de día y noche, con objeto de calcular las zonas de exposición sobre uno o más de los corredores de alto grado de peligro previamente identificados., Para el caso de la ZMVM se determinó estimar la población expuesta sobre sólo un corredor de alto grado de peligro. Conforme a lo establecido por la Guía Norteamericana de Respuesta de Emergencias (US DOT, 2008), el ancho de la banda fija del amoniaco para escenarios de día es de 0.5 km y para escenarios de noche de 1.2 km, y para el caso del cloro los anchos respectivamente en cada escenario son de 2.7 km y 6.8 km.

Posteriormente, de manera similar a cómo es realizada la estimación de la población expuesta para la generalidad de los materiales, son estimados los habitantes y viajeros que quedan inmersos en la zona de exposición de los materiales seleccionados para escenarios de día y de noche, sobre algún corredor de “alto peligro” seleccionado. Los resultados de la aplicación de la tercera parte de la metodología propuesta son la estimación de la población expuesta, habitantes y viajeros, así como la jerarquización de los corredores de transporte para la generalidad de los MPs. Este resultado permite definir políticas para el diseño de rutas mediante el control operativo de la red, estableciéndose restricciones de uso o de uso horario para ciertos corredores, así como para la señalización de rutas peligro.

También como producto de esta parte de la metodología, se obtiene la población expuesta para MPs seleccionados (por ejemplo cloro y amoniaco), para escenarios de día y de noche, con lo cual es posible definir políticas para el diseño de rutas mediante el control operativo de la red, considerando cada tipo de MPs.

5.4. PARTE 4: “Población expuesta al transporte de MPs químicos por Modelos de Dispersión”.

La cuarta parte de la metodología propuesta plantea un segundo enfoque para estimar de forma más precisa la población expuesta en caso de accidente en el transporte de los MPs químicos, con ocurrencia de dispersión de tóxicos que pudiera dañar la salud o vida de las personas por inhalación de tóxicos dañinos (Figura 5.2). Los modelos considerados son la Pluma Gaussiana para gases neutralmente flotantes o ligeros y, el modelo ALOHA-DEGADIS para gases pesados.

Bajo este enfoque la zona de exposición que se obtiene por la aplicación de los modelos se divide en tres sub-zonas que definen el nivel de concentración letal de peligro por inhalación que puede causar la muerte dentro de un tiempo específico y que varía según como cada MPs se volatiliza. El área interna, roja o caliente, implica el nivel tóxico más alto; el área media, naranja o tibia, representa un grado menos de peligro y; la zona externa, amarilla o fría representa el menor grado de peligro por inhalación de tóxicos, y no obstante, cada caso representa diferentes efectos en la vida o salud de las personas.

La determinación de las tres sub-zonas de exposición toma en cuenta los siguientes elementos: (a) el día, la hora y ciudad; b) el tipo, volumen y condiciones de transporte del MP; (c) el tamaño de la fuente del esparcimiento (características de la apertura en el contenedor); (d) las condiciones atmosféricas; (e) la topografía del terreno; (f) la concentración de tóxicos para tres sub-zonas de exposición y; (g) el tiempo de exposición a tóxicos dañinos por las personas afectadas.

En esta parte de la metodología, para la modelación de las zonas de exposición resulta clave tomar en cuenta información real de un posible incidente de transporte de materiales peligrosos, por ello a la aplicación del Software del sistema ALOHA fueron integradas las mismas condiciones de tiempo (fecha y hora) y lugar (Zona Metropolitana del Valle de México) para los accidente de transporte de los MPs químicos seleccionados.

Ante la ocurrencia real de un incidente no deseado de transporte de MPs en un determinado día, hora y lugar, el personal de los servicios de emergencia debe antes que otra cosa, reconocer e identificar el tipo de material involucrado, ya que las áreas de impacto pueden variar mucho dependiendo del material. En este estudio, fueron seleccionados accidentes de dos de los MPs químicos potencialmente más peligrosos: cloro y amoniaco.

Tanto el amoniaco como el cloro, tienen diferentes características físico-químicas en su estado normal y al momento de transportarse, conforme a condiciones que deben cumplirse según normas y reglas internacionales de seguridad. En el caso de un accidente de transporte, estas características físico-químicas y condiciones de transporte son parte de la información requerida para la modelación de las tres sub-zonas de exposición que se generan y en donde se establecen el “Límite Inmediatamente Peligroso a la Salud o a la Vida”, en inglés es “Immediately Dangerous to Life and Health (IDLH) derivado del nivel de concentración letal de tóxicos liberados por el accidente y que son cuantificados en partes por millón (ppm) en la mezcla de aire que podrían inhalar las personas en determinado tiempo (US-NIOSH, 1994).

Continuando con la metodología, una vez identificados o seleccionados los MPs químicos que se liberan por el accidente de transporte, para conocer la intensidad de la dispersión de los contaminantes o tóxicos dañinos, se establece el tamaño de la fuente de dispersión, considerando lo siguiente:

- a) Identificación o selección del tipo, capacidad y posición de tanque una vez ocurrido el accidente.
- b) Condiciones físico químicas de transporte del MPs químico seleccionado según la temperatura interna del tanque.
- c) Forma de la fuente de dispersión, es decir diámetro y posición de la perforación.
- d) Tipo de dispersión: nube tóxica, liberación de gases, liberación de gases y aerosol (nube y Jet, nube y explosión y nube fuego y otros).

Además de la identificación del MPs y de la identificación de la fuente de dispersión, deben ser consideradas en la modelación las condiciones atmosféricas promedio en escenarios reales de día y de noche, la cuales son determinantes en el comportamiento físico-químico y volatilidad del MPs al momento de la dispersión. Las características de las condiciones atmosféricas a identificar son las siguientes: velocidad y dirección del viento, efecto de la rugosidad del terreno, cubierta de nubes, temperatura, estabilidad del sistema, inversión térmica, y humedad del ambiente.

Después contando con la información del accidente de transporte de MPs para escenarios de día y de noche, se procede a la modelación de la zona y sub-zonas de exposición para cada tipo de MPs, mediante el modelo de dispersión seleccionado:

- i. Pluma Gaussina para gases neutralmente flotantes
- ii. ALOHA DEGADIS para gases pesados

El resultado es la obtención de las zonas de exposición para escenarios de día y de noche, mediante modelos de dispersión para los MPs químicos seleccionados. La zona de exposición desde la fuente de dispersión se secciona en sub-áreas de peligro según niveles de concentración de tóxicos dañinos a la vida o a la salud humana:

- I. Interna: Roja, efectos en la vida o graves de salud
- II. Media: Naranja, efectos irreversibles en la salud
- III. Externa: Amarilla, efectos en la salud individual

Una vez establecidas las zonas de exposición mediante Pluma Gaussiana o ALOHA-DEGADIS, se procede a seleccionar el corredor de “alto peligro” y a transferir la huella de la zona expuesta ubicando la fuente de origen de la dispersión en el punto que sea determinado al accidente de transporte de MPs químico, y se direcciona la pluma en dirección del viento predominante en condiciones atmosféricas reales. El resultado es la obtención de una zona de peligro (más realista que con el modelo de banda fija) ante la ocurrencia de un accidente de transporte de MPs.

Finalmente, es estimada la población expuesta al transporte de MPs químicos sobre el corredor de “alto peligro” en diferentes escenarios de día y de noche para cada MPs químico, estimando habitantes y viajeros que se encuentran en cada sub-zona de peligro: interna, media y externa.

Para los casos del cloro y del amoníaco, que se transportan como gases licuados, fue seleccionado el modelo ALOHA-DEGADIS para determinar las zonas de exposición en dos escenarios de transporte de día y dos de noche; además fue estimada la población expuesta, tanto habitantes como viajeros, dentro de cada sub-zona de exposición sobre un corredor de primera jerarquía en la ZMVM.

La población expuesta en la sub-zona interna se encuentra en mayor peligro, por nivel de concentración de tóxicos letales por inhalación y posibles tiempos de exposición.

Los resultados obtenidos bajo este enfoque pueden ser base, al igual que los obtenidos para el modelo de Banda Fija, para definir políticas para el diseño de rutas mediante el establecimiento de restricciones uso o uso horario de circulación de las unidades de transporte de MPs para ciertos corredores de la ZMVM.

El uso de modelos de dispersión, que requieren mucho más información, son más preciso en cuanto a la determinación de las áreas de impacto en caso de accidentes de MPs, por lo que éstos deberían ser base de políticas públicas al respecto.

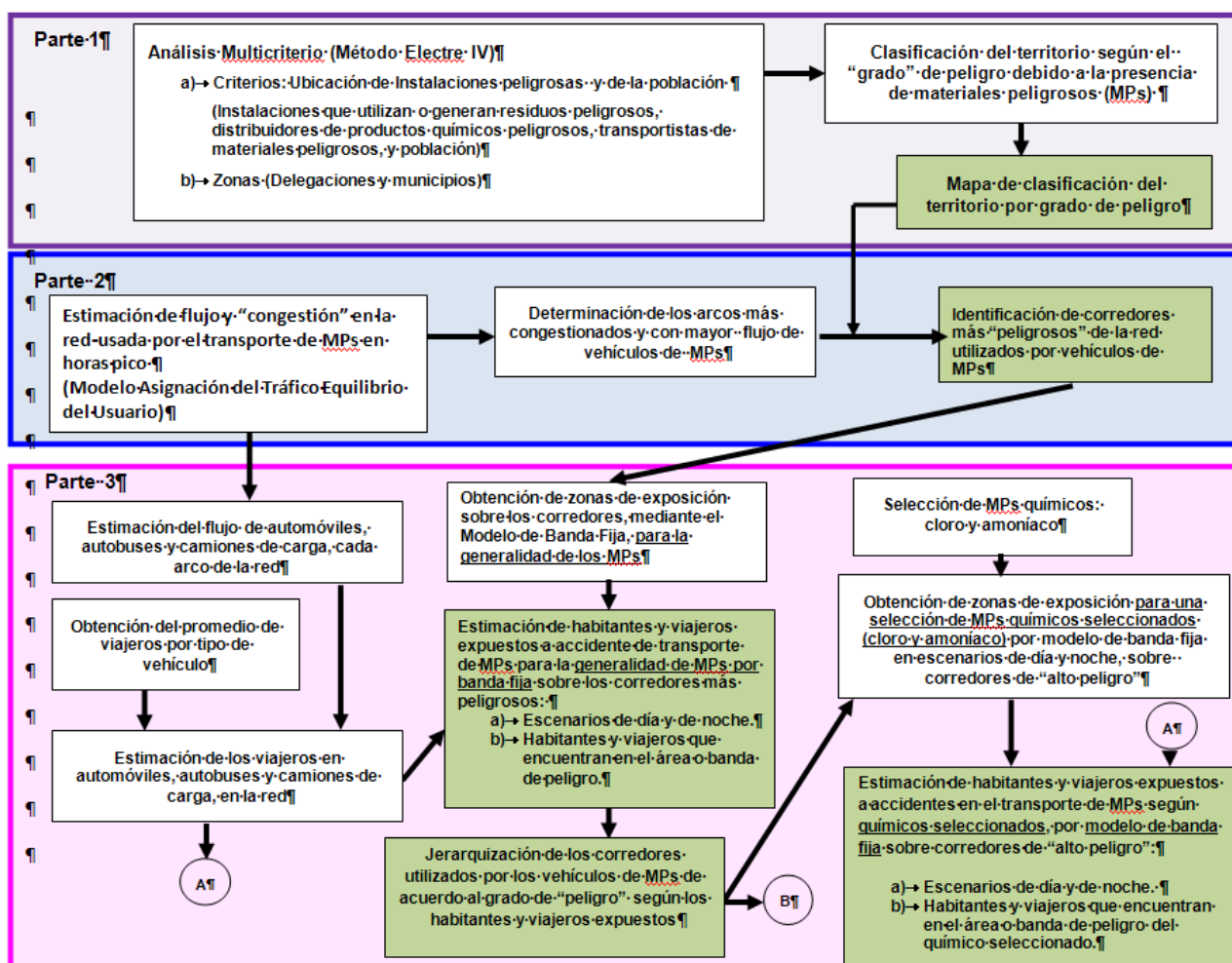


Figura 5.1 Metodología propuesta para el análisis del "grado de peligro" en áreas y corredores, y la estimación de la población expuesta durante el transporte urbano de MPs (Partes 1, 2 y 3)

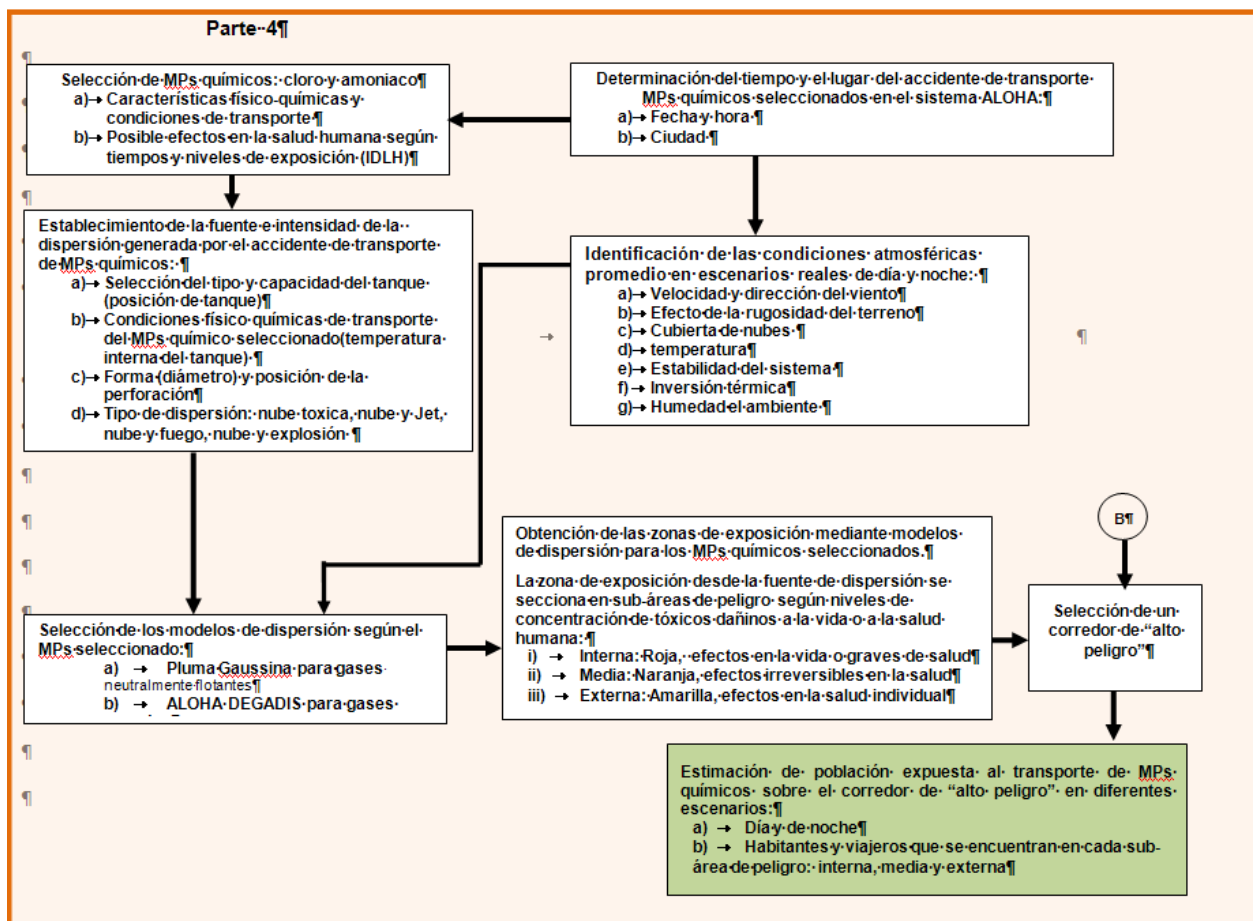


Figura 5.2 Metodología propuesta para el análisis del “grado de peligro” en áreas y corredores, y la estimación de la población expuesta durante el transporte urbano de MPs (Parte 4)

6. CLASIFICACIÓN DEL TERRITORIO DE ACUERDO AL GRADO DE PELIGRO DEBIDO A LA PRESENCIA DE MPS

Con el fin de identificar el nivel de peligro en el territorio urbano, debido a la presencia de materiales peligrosos (MPs), es necesario contar con información geográfica sobre los puntos donde existe una cantidad importante de este tipo de materiales. Dichos materiales pueden ser requeridos en procesos productivos o de comercialización por lo que son transportados entre diversos orígenes y destinos, actividades que ponen en peligro a la población que puede encontrarse cercana a algún tipo de instalación o ruta de peligrosa.

La información relativa a la localización de instalaciones peligrosas se considera por parte de la autoridad como confidencial, bajo la justificación del tema de seguridad nacional, y está limitada cuando se trata del tema de protección civil; para las empresas privadas responsables de la gestión de los materiales peligrosos, este tema se toca como sensible por sobreponerse los intereses privados sobre el bien común de la población, y como consecuencia la información con la que se puede contar para definir una clasificación del territorio de acuerdo al grado de peligro para la población es limitada o simplemente no se tiene.

El objetivo de este capítulo es mostrar un ejemplo de aplicación de la Parte 1 de la Metodología propuesta, por lo que se presenta el proceso de clasificación del territorio de la ZMVM de acuerdo al grado de peligro debido a la presencia de MPs, con base en la información disponible relacionada con la gestión de los MPs y mediante un análisis multicriterio.

Este capítulo se divide en tres apartados, en el 6.1 se aborda el problema del peligro debido a presencia de fuentes de generación de residuos peligrosos en la ZMVM. En el apartado 6.2 se presenta información relacionada con la industria química localizada en la misma metrópoli y algunos aspectos relevantes sobre la gestión de los materiales peligrosos que este sector realiza. Después en el apartado 6.3 se presenta y aplica como parte de la metodología propuesta para este trabajo, el análisis multicriterio para clasificar el territorio según el grado de peligro debido a la presencia de los materiales peligrosos, y finalmente en el apartado 6.4 se presenta el producto generado de la aplicación del análisis multicriterio, en donde se obtiene la clasificación del territorio que se presenta como mapas de peligro.

6.1. El peligro debido a la presencia de fuentes de generación de RPs en la ZMVM

La política ambiental del gobierno Federal en materia de gestión de materiales Peligrosos (MPs) promueve aspectos relacionados con los residuos peligrosos (RPs). En primer término considera la prevención de su generación y la minimización a través del rehúso y reciclado de los mismos; señala como segunda opción su tratamiento para reducir el volumen y peligrosidad de los mismos; y plantea como última opción su confinamiento o disposición final.

Las autoridades ambientales sugieren la aplicación del principio de proximidad, a fin de acercar la infraestructura tanto como sea posible a quienes generan los residuos peligrosos, lo que además de reducir los peligros en su transporte, disminuye los costos de su manejo. En sentido estricto, cabe señalar que el acercar o crear la infraestructura próxima a los generadores potenciales de residuos no disminuye los peligros de daños a la salud, al medio ambiente o a otros aspectos económicos, ya que habría que valorar la población potencial expuesta a un accidente a lo largo de toda una ruta de transporte o de un polígono de influencia.

No obstante, la información disponible de la SEMARNAT revela de forma diferente la política definida por otras instancias de la propia autoridad federal mexicana, en un modelo distinto de ubicación geográfica de las empresas generadoras y de transporte de RPs, a quienes se les permite su asentamiento, muchas veces sin las debidas previsiones en cuanto a la población que habita en la misma zona en donde se ubican.

Para el caso particular de los estados mexicanos fronterizos, valdría la pena realizar un trabajo dedicado a analizar cuidadosamente la relación existente acerca del transporte transfronterizo de RPs, ya que las experiencias en la localización de los sitios de confinamiento final explican con fuerza, la razón de un “no en mi patio trasero” entre México y Estados Unidos y la necesidad de un trabajo respetuoso entre los dos países.

El panorama nacional de las empresas generadoras de residuos peligrosos se presenta mediante la Tabla 6.1, donde se observa que los estados fronterizos Baja California Norte, Coahuila, Chihuahua y Nuevo León presentan un mayor número de empresas generadoras; destacan asimismo los estados de Baja California y Nuevo León, con el mayor número de sitios para la recolección y; Nuevo León con el mayor número de empresas autorizadas de transporte de residuos, asociado a las economía industrial que caracteriza a este estado.

En el nivel de la Región Centro del país, el Distrito Federal conjuntamente con el Estado de México sobresalen en la jerarquía nacional con 8,384 empresas potencialmente generadoras de residuos peligrosos, así como con el mayor número de empresas autorizadas, aproximadamente 107, para realizar el transporte de este tipo de materiales peligrosos, lo que refleja de forma oficial una parte mínima de lo que realmente implican múltiples y complejas actividades económicas urbanas concentradas en el territorio metropolitano del Valle de México, que además se mantiene como el territorio del tráfico de paso obligado para el movimiento de un volumen importante de materiales peligrosos⁴⁹.

Se estima que en el Distrito Federal se generan del orden 456 mil 600 ton/año de residuos peligrosos y en los municipios metropolitanos del Estado de México 254 mil ton/año, lo que arroja un total anual de 708 600 ton/año de residuos de diferentes grados de peligrosidad a la salud humana. El número de empresas autorizadas a transportar RPs por Delegación y municipio, se muestra respectivamente en la

Tabla 6.2 y la Tabla 6.3, para las que no se tienen identificadas rutas por la peligrosidad, se carece de los señalamientos debidos para el control de los vehículos, y se mantiene información limitada de los sitios e disposición temporal o final⁵⁰.

49 “Se estima tan sólo del sector de la industria manufacturera del orden de 361 unidades económicas a nivel nacional, ubicándose cerca de 70 917 unidades de esas empresas en territorio del Distrito Federal y del Estado de México, lo que indica que sólo un 7.5 % de las empresas de manufactura a nivel nacional y cerca del 14 % de las localizadas en la Zona Metropolitana del Valle de México, manifiestan la generación de residuos”, Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) y Agencia Alemana de Cooperación Técnica GTZ, México 2002.

50 Hasta ahora no existe ningún mecanismo sistemático para la recolección de información relativa a los sitios potencialmente contaminados por residuos peligrosos en el país.

Tabla 6.1 Principales puntos de generación y manejo de residuos peligrosos en el nivel nacional

Entidad Federativa	Núm. Empresas Generadoras	Residuos Peligrosos Generados (Ton/Año)	Sitios para recolección	Número sitios almacenamiento	Núm. Empresas Transporte
Aguascalientes	608	9,554.77	1	2	3
Baja California	2,359	33,523.00	11	27	33
Baja California Sur	124	107.50	1	0	2
Campeche	183	58,501.91	0	0	1
Coahuila	1,020	2,359.34	1	0	14
Colima	254	1,697.73	6	19	ND
Chiapas	527	939.20	0	14	1
Chihuahua	2,224	3,862.50	1	0	ND
Distrito Federal	3,955	624,995.00	4	29	40
Durango	272	976.57	4	3	7
Guanajuato	1,181	1,148,550.35	14	50	ND
Guerrero	255	1,282.52	4	4	1
Hidalgo	916	392,843.47	0	2	8
Jalisco	1,686	4,722.72	1	7	14
México	4,429	233,640.00	4	3	88
Michoacán	223	233,680.58	2	13	2
Morelos	562	8,315.97	2	1	6
Nayarit	263	2,389.85	1	3	2
Nuevo León	1,143	253,079.48	15	1	80
Oaxaca	131	60,533.73	0	72	1
Puebla	480	11,200.00	4	1	9
Querétaro	507	13,878.91	2	13	3
Quintana Roo	278	48.68	1	3	1
San Luis Potosí	341	29,292.40	1	1	2
Sinaloa	220	6,332.07	2	0	1
Sonora	545	7,404.50	4	6	8
Tabasco	314	134,096.00	2	5	12
Tamaulipas	409	218,576.20	10	24	23
Tlaxcala	550	52,275.40	1	3	3
Veracruz	478	152,862.26	3	10	18
Yucatán	659	2,441.16	3	4	6
Zacatecas	184	1,882.45	0	0	ND

Entidad Federativa	Núm. Empresas Generadoras	Residuos Peligrosos Generados (Ton/Año)	Sitios para recolección	Número sitios almacenamiento	Núm. Empresas Transporte
Total	27,280	3,705,846.21	105	320	383

Fuente: Elaboración Propia con base en Información de Registros Actualizados desde 1988 al 2000 del Instituto Nacional de Ecología, México, 2000.

Tabla 6.2 Empresas autorizadas a transportar RPs en el Distrito Federal por delegación

Delegaciones con Registro de Empresas Autorizadas	Número de Empresas Autorizadas	Número de Vehículos Autorizados
Álvaro Obregón	3	15
Azcapotzalco	4	20
Benito Juárez	6	9
Coyoacán	4	4
Cuajimalpa	1	2
Cuauhtémoc	2	ND
Gustavo A. Madero	1	1
Iztapalapa	4	16
Miguel Hidalgo	6	135
Tláhuac	2	2
Tlalpan	1	1
Venusiano Carranza	1	ND
Total	40	266

Elaboración Propia con base en Información de Registros Actualizados desde 1988 al 2000 del Instituto Nacional de Ecología, México, 2000.

Tabla 6.3 Empresas autorizadas a transportar RPs en el Estado de México por municipio

Municipios con registro de empresas de transporte autorizadas	Número de Empresas Autorizadas	Número de Vehículos Autorizados
Acolan	3	5
Atizapán	4	12
Chicoloapan	3	30
Coacalco	2	2
Cuautitlán Izcalli	3	5
Cuautitlán de Romero Rubio	1	43
Ecatepec	31	76
Naucalpan	3	3
Nicolás Romero	4	4
Tecámac	1	1

Municipios con registro de empresas de transporte autorizadas	Número de Empresas Autorizadas	Número de Vehículos Autorizados
Teoloyucan	1	18
Tlalnepantla	14	34
Tultitlan	2	15
Valle De Chalco	1	6
TOTAL	73	224

Elaboración Propia con base en Información de Registros Actualizados desde 1988 al 2000 del Instituto Nacional de Ecología, México, 2000.

Según el Instituto Nacional de Ecología (INE, 2000), los residuos peligrosos generados en mayor cantidad son:

- i. Los sólidos, principalmente provenientes de las industrias textil, de pieles, del asbesto, de piezas automotrices y otras.
- ii. Los líquidos residuales de proceso provienen principalmente de las industrias productoras de sustancias químicas, derivados del petróleo y el carbón, hule y plástico, así como de la industria textil, del cuero, metal básica y de minerales no metálicos.
- iii. Los aceites usados en abundancia, generados por los servicios de mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo de todos los giros industriales, así como en transportes.
- iv. Las escorias también son muy abundantes, siendo principalmente generadas por las industrias metálicas básicas y de productos metálicos, maquinaria y equipo.
- v. Los disolventes usados se generan prácticamente en todos los sectores industriales en donde se emplean, entre otros para la limpieza de maquinarias y equipos, así como en los procesos de la industria química básica.

La localización de empresas que se manifiestan como generadoras de RPs y el volumen de residuos generados, puede verse con mayor detalle en la Figura 6.1, en donde se observa que los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Cuautitlán México, Tultitlan y Tultepec concentran el más alto nivel de generación de residuos.

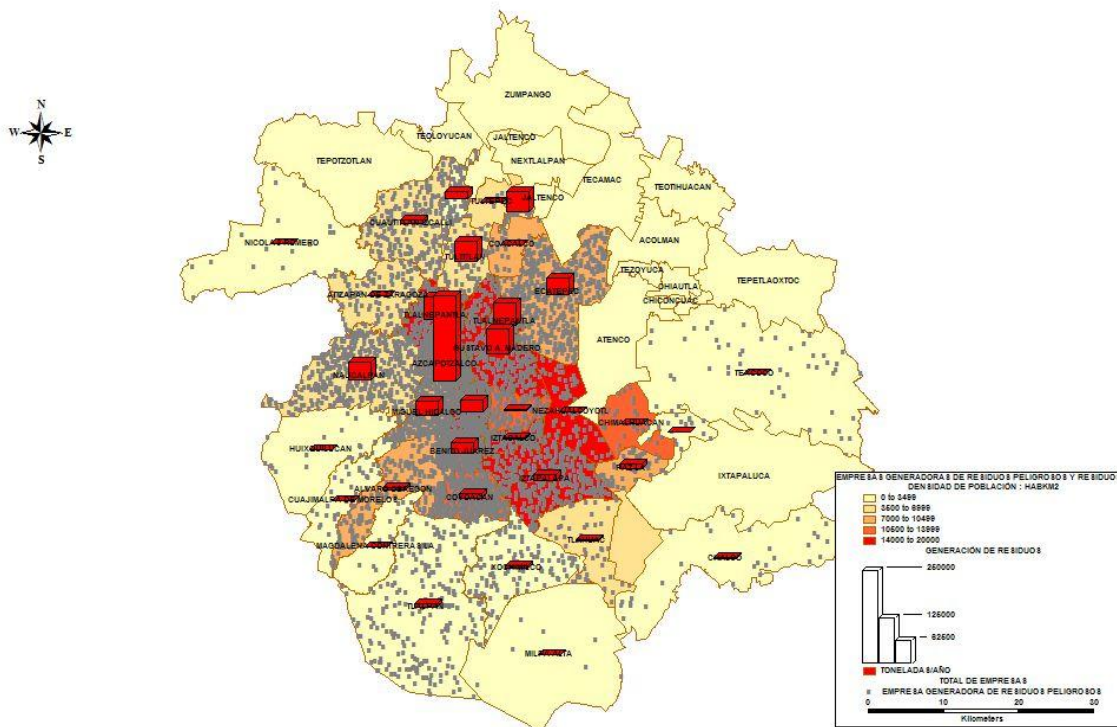


Figura 6.1 Empresas generadoras de residuos peligrosos

Resulta muy interesante observar la distribución de las empresas que manifiestan la generación de residuos peligrosos y el volumen de residuos que generan, lo que es coincidente con el corredor industrial de la industria química, petroquímica y automotriz, localizada hacia el norponiente y norte de la ZMVM. La delegación que tiene el mayor número de empresas generadoras es Azcapotzalco con 482, mismas que generan 229 mil ton/año, y el municipio que tiene mayor número de empresas es Tlalnepantla en donde se tiene registradas 635 empresas que generan 61 mil Ton/año de residuos. También es muy importante observar que el patrón de localización de las empresas generadoras de RPs, es coincidente con las delegaciones y municipios que tienen la más alta densidad población y por tanto la presencia de empresas potencialmente generadoras de residuos implica peligro muy alto.

Como información complementaria, la Agencia Alemana de Cooperación Técnica GTZ (2002) estimó que para los servicios de recolección, transporte, almacenamiento, reciclaje, tratamiento, incineración y disposición final, se tiene un total de 69 establecimientos en el Distrito Federal y 87 en el estado de México, sumando un total de 156 establecimientos en la ZMVM, mostrando el total de éstos en la Figura 6.2 y de los cuales se cuentan 9 plantas de reciclaje de solventes sucios con una capacidad de 40 mil ton/año, 4 plantas de fijador fotográfico con una capacidad de alrededor de 5 ton/año, 5 plantas de reciclaje de metales con capacidad de 45 mil ton/año, 6 plantas de reciclaje de aceites usados con capacidad de 1 mil ton/año, 5 plantas de formulación de combustible alterno, 4 plantas de tratamiento de aceites y materiales contaminados con Bifelidos-Policlorados para manejar 5 mil ton/año, 2 plantas de tratamiento de residuos, 5 plantas de incineración para 5 mil ton/año de capacidad instalada y 134.5 mil ton/año en construcción y finalmente 27 empresas que dan tratamiento a tambores sucios. La GTZ

También señala que en el estado de Nuevo León, la empresa RIMSA confina alrededor de 70 mil ton/año, incrementado los peligros de accidentes por transporte.⁵¹

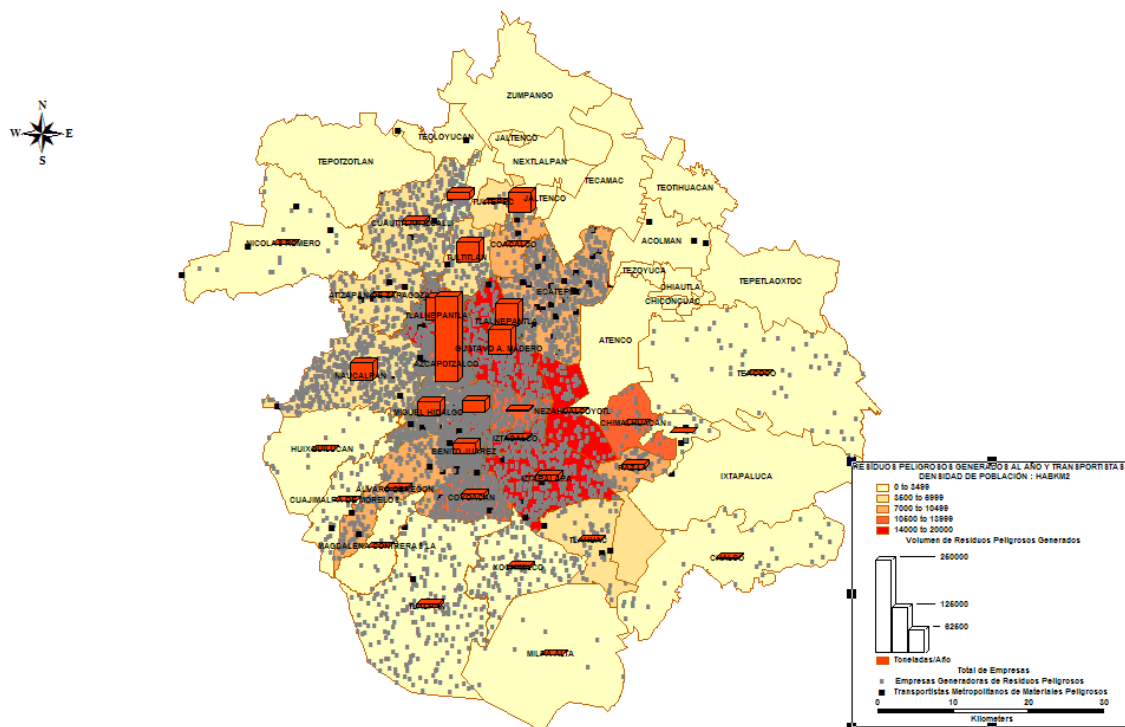


Figura 6.2 Empresas generadoras de residuos peligrosos, generación de residuos y transportistas

Fuente: Elaboración Propia con base a información estadística oficial de los Gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal y de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Federal, 2004

No es posible dejar de mencionar que se tiene el grave problema de la falta de infraestructura de servicios para el manejo ambiental de los residuos peligrosos, asociada a conductas irresponsables que traen como consecuencia que gran número de estos residuos se viertan al drenaje, en barrancas, en tiraderos de basura a cielo abierto o se encuentren almacenados en condiciones inapropiadas en empresas que están operando e incluso en instalaciones industriales o de servicios abandonadas como las que se muestra en la Figura 6.3 que muestran imágenes de un sitio contaminado por cromo en Tultitlan, Estado de México. Uno de los caso más conocidos de contaminación por RPs, el cual no ha sido posible remediar por la falta de capacidad de las autoridades responsables que han tardado mucho tiempo en realizar acciones concretas de solución, a pesar de exhortos de la sociedad de incluso autoridades legislativas que han pedido cuentas de este caso específico. Además del caso mencionado existen muchos otros casos conocidos y desconocidos; Algunos de los más conocidos sitios

51 Comunicación y participación Social: Elementos de una Política de Gestión integral de Residuos Peligros de la ZMVM, Agencia Alemana de Cooperación Técnica y Comisión Ambiental Metropolitana, México, 2000.

contaminados por residuos que han sido inventariados a partir de diferentes fuentes de información, son los siguientes:

- a) Sitios abandonados o ilegales

En el Estado de México: 10 Escorias de fundición, biológico-infecciosos, compuestos químicos, lubricantes gastados.

- b) Sitios afectados por disposición inadecuada.

En el Distrito Federal:

- Azcapotzalco: afectado por Hidrocarburos, metales pesados y BPC's.
- Miguel Hidalgo: afectado por Hidrocarburos totales del petróleo, solventes y metales pesados.

Estado de México:

- Tultitlán: afectado por ácido fosfórico, hexameta fósforo, tripolifosfato, carbonato de sodio.
- Tultitlan: afectado Cromo (Cr)
- Ecatepec: afectado por Hidrocarburos totales del petróleo y metales.



Figura 6.3 Tomas fotográficas del sitio contaminado por cromo en Tultitlan, Estado de México

Fuente: Secretaria de Ecología del Gobierno del Estado de México, México, 2002.

Como comentario final de esta sección, se puede decir que el manejo de los residuos peligrosos a nivel metropolitano es muy importante, al existir permanentemente problemas de control y regulación institucional entre las autoridades involucradas, que limitan la actuación normativa, de los procesos administrativos, de vigilancia e inspección, así como de capacidades y responsabilidades de quienes generan los residuos y de quienes los transportan, destacando lo siguiente:

- a) Limitada evolución de la infraestructura de transporte y almacenamiento para el manejo de los residuos.
- b) Falta de planificación para la localización estratégica de sitios de confinamiento.
- c) Transformación de calles y avenidas en rutas de transporte de algún material o residuo peligroso.
- d) Violaciones de usos del suelo, en donde se tienen fábricas, laboratorios, talleres y otros sitios generadores irregulares.
- e) Localización de hospitales en las vías más transitadas por el transporte de residuos peligrosos.
- f) Falta de información y metodologías de evaluación, control y comunicación.

6.2. La industria química localizada en la ZMVM y gestión de los MPs

Un vistazo al problema del transporte de materiales químicos peligrosos en la ZMVM se presenta la Figura 6.4, donde se muestra el patrón de localización de las principales fuentes generadoras y atractoras de MPs químicos sobre la distribución de la densidad de población en la ZMVM; se observa que las empresas químicas registradas se ubican en las delegaciones y municipios del poniente y del norte, que si bien se caracterizan por concentrar diversas ramas del sector productivo, ahí también se ubican importantes zonas habitacionales. En la Figura 6.4 se muestran también los distribuidores químicos (transportistas), con un patrón más disperso sobre las delegaciones y municipios del centro y poniente del Valle de México (Ver Anexo 8).

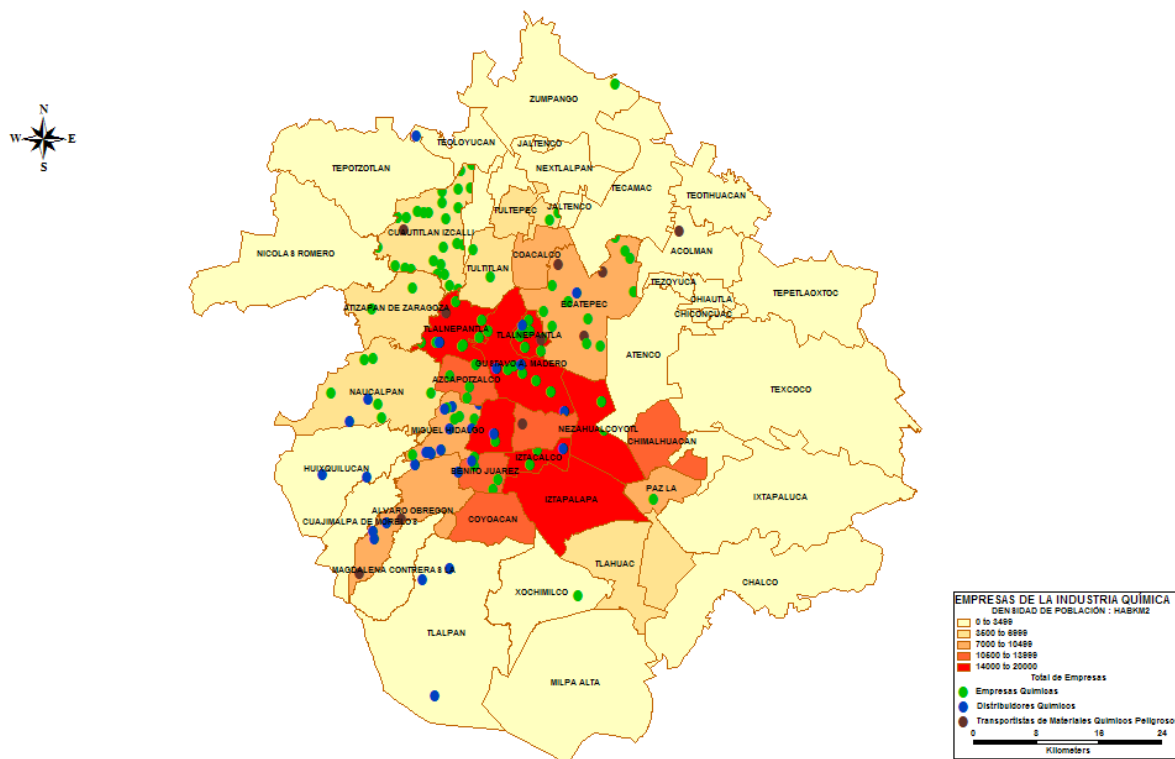


Figura 6.4 Empresas químicas productoras y distribuidoras

Fuente: Elaboración Propia con base a información estadística oficial de los Gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal y de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Federal, 2004.

Con referencia al patrón de distribución de las empresas que se manifiesta como generadores de residuos peligrosos, también se observa una cierta coincidencia con el corredor de las empresas químicas localizado en el norponiente y norte de la ZMVM.

Los transportistas químicos dedicados a este sector, se cuantifican en 10 empresas que registran 1335 vehículos, 581 unidades de apoyo y 32 plataformas para el manejo de la carga, destacando el hecho de la infraestructura de estos transportistas químicos autorizados incluye más y muchos mejores equipos que los autorizados al transporte de RPs, a pesar de ser muchos menos; ambos grupos de transportistas se presentan en la Figura 6.5.

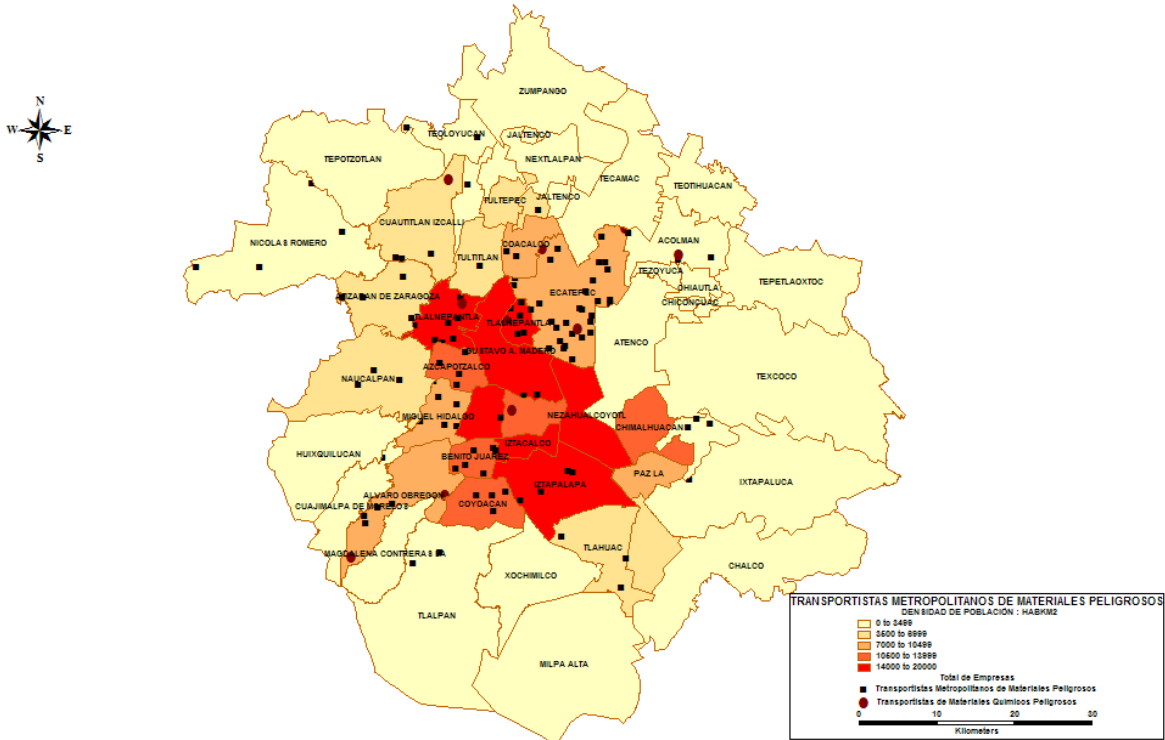


Figura 6.5 Transportistas metropolitanos de MPs Químicos y de RPs

Fuente: Elaboración Propia con base a información estadística oficial de los Gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal y de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Federal, 2004.

Considerando la principales empresas y distribuidores de MPs químicos registrados en la ZMVM y, transportistas químicos, se procedió construir la Figura 6.6 que muestra el total de empresas de la industria química localizadas en la metrópoli mexicana, con el interés de dimensionar el nivel de peligro que viven los habitantes de la ZMVM debido a la presencia del subsector de la industria química y, visualizado a partir del patrón general de localización de las empresas y distribuidores químicos, así como de los transportistas químicos y de residuos peligrosos.

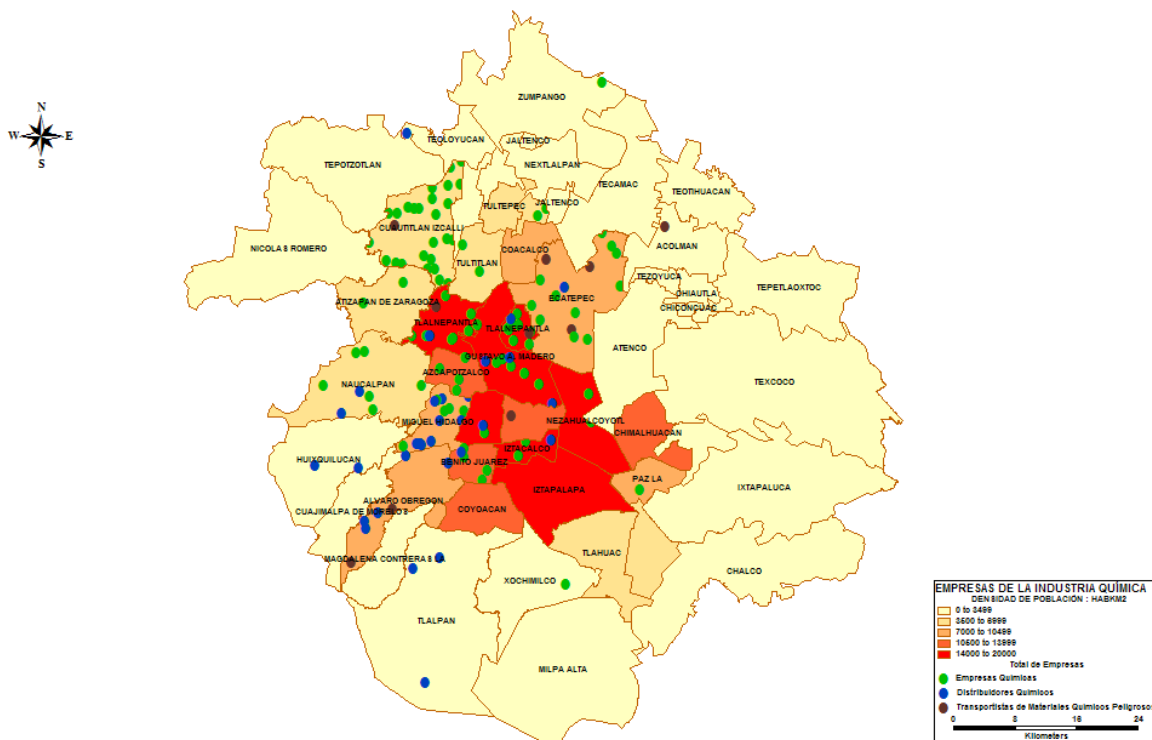


Figura 6.6 Total de empresas de la industria química localizadas en la ZMVM

Fuente: Elaboración propia, con base en información disponible de la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), 2005.

Otro acercamiento al problema de transporte de MPs que se tiene en la ZMVM, se muestra en la Figura 6.7, donde se observan juntas las empresas generadoras de RPs y los respectivos transportistas de este tipo de MPs, la diversas empresas y distribuidores químicos así como los transportistas químicos, con objeto de visualizar el peligro total que viven los habitantes de la ZMVM, por la presencia de empresas potencialmente generadoras y a tractoras de MPs y, observándose que la compleja ubicación de los diferentes actores involucrados en la gestión de los MPs, en especial de la industria química, definen un patrón importante de localización que va sobre las delegaciones de Miguel Hidalgo, Benito Juárez, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero y en los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla, Cuautitlán Izcalli y Ecatepec, y que implica un alto nivel de peligro para la población en estas delegaciones y municipios.

Sin embargo, para un mayor conocimiento es necesario trabajar más de cerca el problema, con técnicas que nos permitan diferenciar el territorio con base en la información disponible para sustentar algunos criterios que permitan valorar el grado de peligro total para la población expuesta en la ZMVM.

En la siguiente sección se presenta un análisis más detallado sobre el peligro que implica para la población que habita en la ZMVM, la presencia de empresas peligrosas, considerando al menos aquellas generadoras de residuos peligrosos y las de la industria química, esto mediante el uso de un método basado en análisis multicriterio.

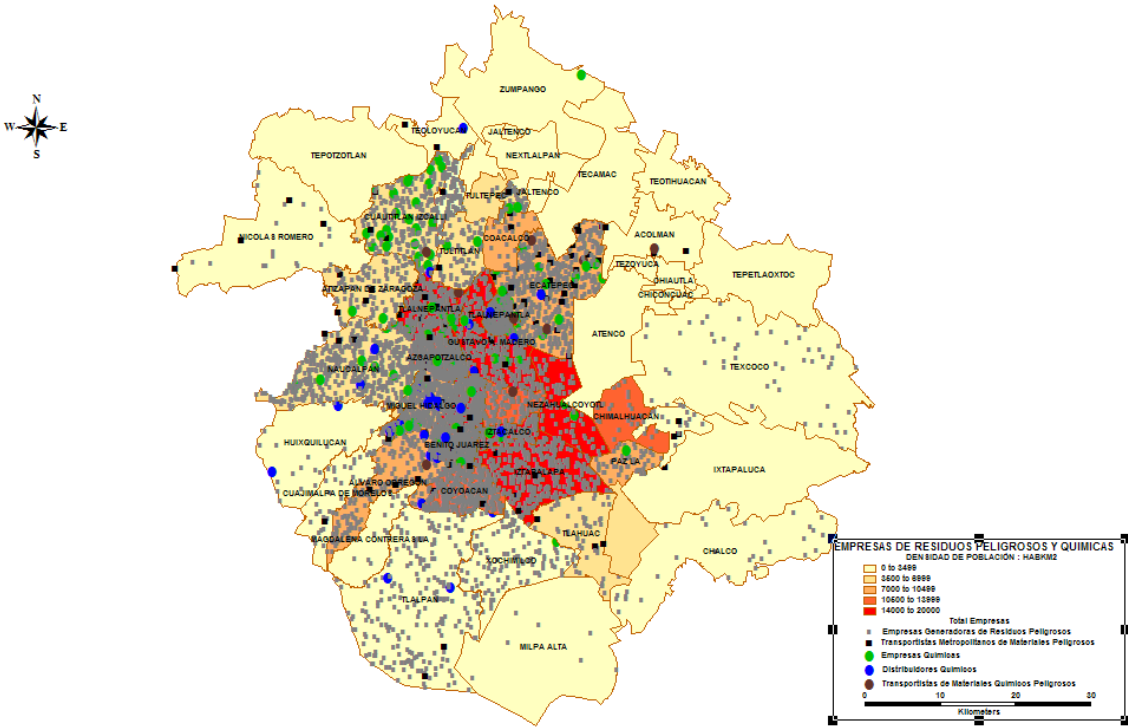


Figura 6.7 Fuentes de peligro población expuesta en la ZMVM

Fuente: Elaboración Propia con base a información estadística oficial de los Gobiernos del Estado de México y del Distrito Federal y de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno Federal, 2005

6.3. Análisis multicriterio

La primera parte de la metodología propuesta para el análisis de la población expuesta es la clasificación del territorio de acuerdo al grado de peligrosidad debida a la presencia de materiales peligrosos (MPs). Para el caso de la ZMVM es realizada la clasificación de las áreas políticas (municipios o delegaciones) por grado de “peligro” a accidentes de transporte de MPs, aplicando la técnica de Decisiones Multicriterio, ELECTRE IV (Roy, 1985; Vincke, 1989) y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este apartado inicia con la descripción del Método Electre IV para la evaluación multicriterio; en seguida y considerando la información disponible sobre la gestión de los MPs del caso de estudio, se aborda la selección de criterios y zonas, y se trabaja con la aplicación del Método Electre IV para clasificar el territorio según el grado de peligrosidad debido a la presencia de materiales peligrosos en la ZMVM.

6.3.1 Descripción del Método Electre IV

El Método ELECTRE IV es un tipo de explotación de relaciones binarias para evaluación multicriterio, basada en los conceptos de concordancia y discordancia; el primero se asocia a las ventajas relativas de una acción potencial frente a cada una de las otras; el segundo permite introducir el veto, es decir consideraciones sobre la máxima desventaja relativa aceptada.

El Método Electre IV permite enfrentar la imprecisión y la incertidumbre así como ordenar alternativas sin necesidad de introducir pesos en los criterios, basándose en preferencias y sobre-calificaciones.

Las preferencias pueden ser débiles estrictas, débiles o indiferentes, delimitándose a través de umbrales definidos por los valores $\lambda 1$ y $\lambda 2$ que separan las preferencias de tal forma que sean a y b dos opciones a comparar con un determinado criterio:

- A. Si $a - b \geq \lambda 2$ entonces “ a se preferirá estrictamente b según u ” $a \gg b$
- B. Si $\lambda 1 < a - b < \lambda 2$ entonces “ a se preferirá débilmente con respecto a b según u ” $a > b$ ó;
- C. Si $|a - b| < \lambda 1$ entonces “ a y b son indiferentes según u ” $a \approx b$

También incluye una relación de pseudo-orden (sobre-clasificación) en las siguientes categorías:

- a) Fuerte: $a S^f b$

Si no existe ningún criterio por el cual b se prefiera estrictamente a a y existen criterios por los cuales b se prefiera débilmente a a , pero su número es inferior o igual a los criterios que lo conducen a preferir fuerte y débilmente a a sobre b . Dicho de otra forma, no deben existir preferencias estrictas de b sobre a , y si existen criterios sobre los cuales se prefiera débilmente a b sobre a , a debe tener el doble de preferencias que b , tomando como número de comparación para a la suma de sus preferencias estrictas y débiles sobre b .

b) Débil Normal: $aS^d b$

Si no existe ningún criterio por el cual b se prefiera estrictamente a a , pero la condición adicional para la sobre-clasificación fuerte no se cumple, o bien, si existe uno y sólo un criterio por el cual b se prefiere estrictamente a a y además a , se prefiere estrictamente a b y además se prefiere estrictamente a b por al menos la mitad de los criterios.

c) Débil relajada:

- Tipo I, $aS^I b$: Si el número de criterios por lo que se prefiere a a sobre b es al menos superior por tres criterios.
- Tipo II, $aS^{II} b$: Si el número de criterios por los que se prefiere a a sobre b es al menos superior por dos criterios.
- Tipo III, $aS^{III} b$: Si el número de criterios por los que se prefiere a a sobre b es al menos superior por un criterio.

De esta manera, es posible delimitar de forma precisa los criterios utilizados para la evaluación de opciones, así como la identificación de las mismas.

En general la metodología de ELECTRE IV consiste en los siguientes pasos:

- i. Identificación de los criterios de evaluación.
- ii. Identificación de las opciones.
- iii. Codificación de las opciones y criterios.
- iv. Matriz de impacto.
- v. Ordenamiento de criterios.
- vi. Sobre-clasificación fuerte y débil
- vii. Ordenamientos descendentes y ascendentes.

6.3.2 Selección de criterios y zonas

Debido a las limitaciones en la información disponible sobre la gestión y el transporte de MPs en la ZMVM, se consideran como criterios los siguientes datos:

- a) Número de empresas productoras y transportistas de la industria química.
- b) Número de empresas productoras y transportistas de residuos peligrosos y;
- c) Densidad de población.

Cabe señalar que en este caso la “preferencia” se interpreta como “peligroso”, así que determinar las opciones con mayor preferencia significa identificar las delegaciones y municipios con mayor grado de peligro en caso de accidentes de materiales y residuos peligrosos. Los criterios a evaluar se presentan en la Tabla 6.4, donde se establecen el valor de cada criterio, el rango de agrupación y la métrica, como bases para la aplicación del Método; la visualización de estos criterios asociados al territorio se presentan en la Figura 6.8. En las figuras note que el despliegue por criterio facilita identificar en qué delegaciones se encuentra el mayor número de empresas y transportistas de residuos, empresas, distribuidores y transportistas químicos y, la mayor densidad poblacional.

En todo caso, el principal criterio de evaluación considerado es la densidad de población que se asienta en las delegaciones y municipios (población/km²), la cual pueda ser afectada debido al peligro que implica la gestión de un MPs, ocasionado un efecto dañino a su salud o vida.

En este caso independientemente del tipo de material o residuo peligroso, se considera importante considerar una agrupación de la densidad de población con base en una métrica de 1 a 5 rangos, con el fin de generar la base de delegaciones y municipios agrupados por grado de mayor a menor peligro en caso de ocurrir un incidente o contingencia no deseada por el transporte de MPs.

Para el análisis del criterio denominado empresas generadoras de residuos, la información disponible se toma de la información de aquellas empresas que se manifestaron como generadoras de residuos peligrosos y los respectivos transportistas de residuos autorizados, sumados en un solo grupo, con lo que fue realizada una clasificación en una métrica que va del orden de 1 a 5 rangos.

Las empresas y distribuidores de MPs químicos, y los transportistas químicos, también fueron considerados en un solo grupo con una métrica de 3 rangos, para la aplicación del método ELECTRE IV.

Tabla 6.4 Criterios

No.	Criterio	Valor	Rango	Métrica
1	C: Densidad de Población	Clasificación de Delegaciones y Municipios por Densidad	≥14000	1
			[10500-14000)	2
			[7000-10500)	3
			[3500-7000)	4
			[0-3500)	5
2	C2: Empresas las cuales generan o transportan residuos peligrosos	Clasificación de Delegaciones y Municipios con respecto al número de empresas registradas las cuales generan o transportan materiales peligrosos.	≥400	1
			[300-400)	2
			[200-300)	3
			[100-200)	4
			0-100)	5
3	C3: Empresas Químicas y Transportistas químicos	Clasificación de Delegaciones y Municipios con respecto al número de empresas químicas que utilizan materiales peligrosos y transportistas de químicos.	≥10	1
			[5-10)	2
			0-5)	3

Fuente: Elaboración Propia, México 2004.

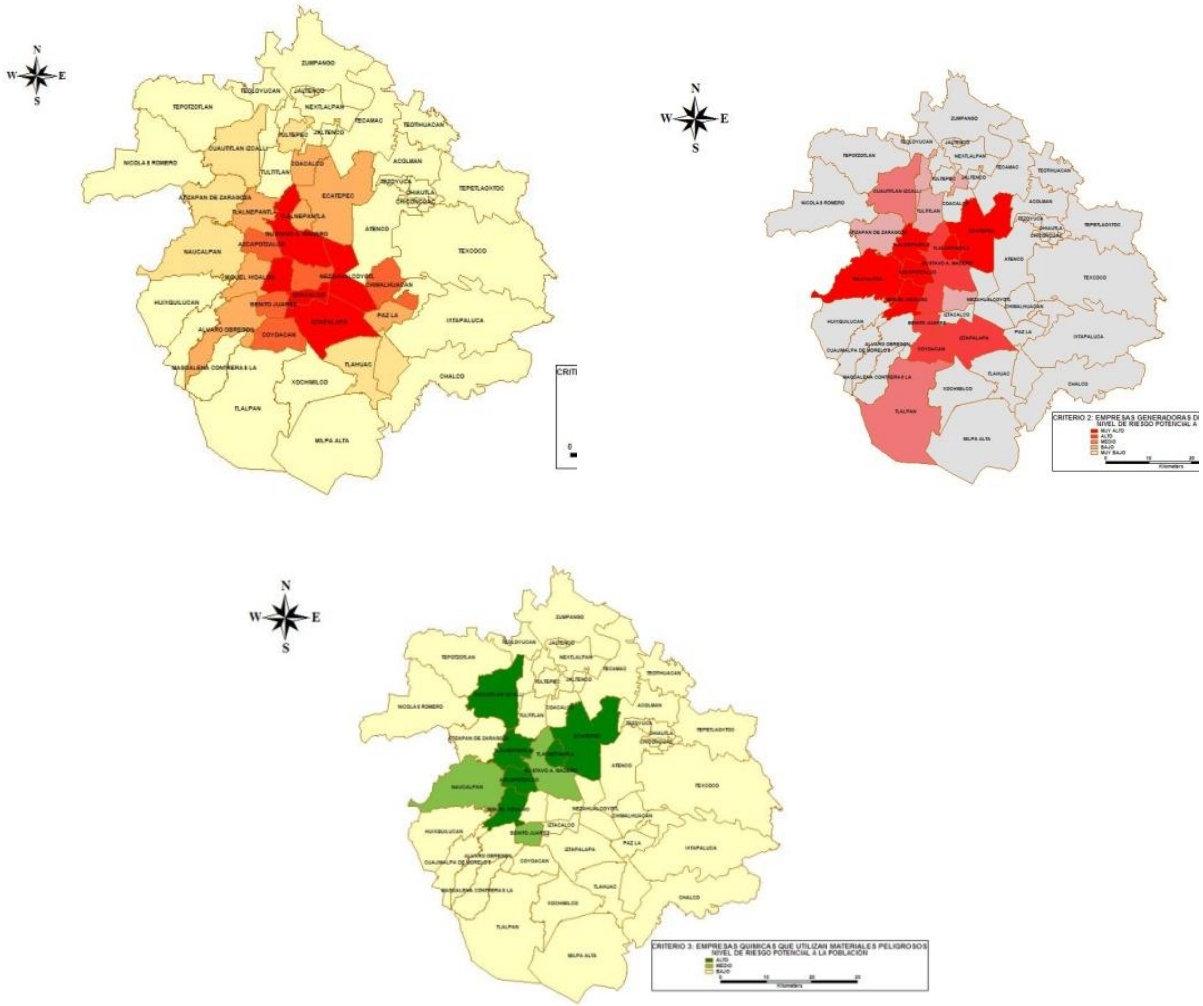


Figura 6.8 Criterios

6.3.3 Aplicación del Método Electre IV

Con el fin de comparar el grado de peligro en las delegaciones y municipios que integran la ZMVM, respecto a los tres criterios definidos previamente, a partir de la métrica de cada criterio considerado en relación a la preferencia o peligro fue construida la matriz de impacto que define la $Q=[q_{ij}]$ y que se presenta en la Tabla 6.5; mediante esta matriz es posible calificar cada opción y enseguida hacer una clasificación y agrupación de opciones que permita hacer comparativas de las opciones.

De acuerdo a la clasificación de opciones, fue identificado un grupo (denotado por P) que obtiene la mayor calificación conforme a un análisis espacial de los criterios de densidad de población, localización de empresas generadoras de residuos peligrosos y empresas químicas; este grupo está integrado por Cuautitlán y Tultitlan.

Bajo ese mismo proceso de clasificación respecto a los criterios, fue identificado el grupo más débil o de menor posibilidad de que se presente algún caso de contingencia; el grupo está integrado por los municipios siguientes: Acolan, Atenco, Chalco, Chicoloapan, Chinconcuac, Cuajimalpa de Morelos, Huixquilucan, Ixtapaluca, Jaltenco, Melchor Ocampo, Milpa Alta, Nextlalpan, Nicolás Romero, Papalotla, Tecámac, Teoloyucan, Teotihuacán; Tepetlaxtoc, Tepotzotlán, Texcoco, Tezoyuca y Zumpango.

En total fueron identificados 13 grupos de municipios a evaluar, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, que se muestran en la Tabla 6.6.

Tabla 6.5 Matriz de impacto: opciones y criterios

Municipio	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
Acolan	5	5	3
Álvaro Obregón	3	5	3
Atenco	5	5	3
Atizapán de Zaragoza	4	4	3
Azcapotzalco	2	1	1
Benito Juárez	2	2	2
Chalco	5	5	3
Chantal	5	5	3
Chicoloapan	5	5	3
Chinconcuac	5	5	3
Chimalhuacán	2	5	3
Coacalco	3	5	3
Coyoacán	2	2	3
Cuajimalpa de Morelos	5	5	3
Cuauhtémoc	1	2	3
Cuautitlán	5	4	3
Cuautitlán Izcalli	4	3	1
Ecatepec	2	1	1

Gustavo A. Madero	1	2	2
Huixquilucan	5	5	3
Ixtapaluca	5	5	3
Iztacalco	1	5	3
Iztapalapa	1	2	3
Atenco	5	5	3
Magdalena Contreras La	5	5	3
Melchor Acampo	5	5	3
Miguel Hidalgo	3	1	1
Milpa Alta	5	5	3
Naucalpan	4	1	2
Nextlalpan	5	5	3
Netzahualcóyotl	1	5	3
Nicolás Romero	5	5	3
Papalotla	5	5	3
Paz La	3	5	3
Tecámac	5	5	3
Teoloyucan	5	5	3
Teotihuacán	5	5	3
Tepetlaxtoc	5	5	3
Tepotzotlán	5	5	3
Texcoco	5	5	3
Tezoyuca	5	5	3
Tláhuac	5	5	3
Tlalnepantla	3	1	1
Tlalpan	4	3	3
Tultepec	4	5	3
Tultitlan	5	4	3
Valle de Chalco Solidaridad	4	5	3
Venustiano Carranza	2	4	3
Xochimilco	5	5	3
Zumpango	5	5	3

Tabla 6.6 Clasificación de grupos

Grupo	Criterios c1, c2, c3	Opciones
BP Bajo Peligro	Más débil	Acolan, Atenco, Chalco, Chiautla, Chicoloapan, Chinconcuac, Cuajimalpa de Morelos, Huixquilucan, Ixtapaluca, Jaltenco, Magdalena Contreras, Melchor Ocampo, Milpa Alta, Nextlalpan, Nicolás Romero, Papalotla, Tecámac, Teoloyucan, Teotihuacán; Tepetlaxtoc, Tepetzotlán, Texcoco, Tezoyuca, Tláhuac, Xochimilco y Zumpango.
A	(1,2,2)	Gustavo A. Madero
B	(1,2,3)	Cuauhtémoc e Iztapalapa
C	(1,5,3)	Iztacalco y Netzahualcóyotl
D	(2,1,3)	Ecatepec y Azcapotzalco
E	(2,2,2)	Benito Juárez
F	(2,2,3)	Coyoacán
G	(2,4,3)	Venustiano Carranza
H	(2,5,3)	Chimalhuacán
I	(3,1,1)	Miguel Hidalgo y Tlalnepantla
J	(3,5,3)	Álvaro Obregón, Coacalco, La Paz,
K	(4,1,2)	Naucalpan
L	(4,3,1)	Cuautitlán Izcalli
M	(4,3,3)	Tlalpan
N	(4,4,3)	Atizapán de Zaragoza
O	(4,5,3)	Valle de Chalco Solidaridad y Tultepec
P	(5,4,3)	Cuautitlán México y Tultitlan

De acuerdo al Método ELECTREIV, se separan las preferencias estrictas, débiles e indiferencias en umbrales donde:

- a) El umbral de indiferencia se interpreta como el margen de incertidumbre mínimo asociado a los cálculos realizados.
- b) El umbral de preferencia estricta es el máximo de error asociado a los cálculos realizados.

Con los umbrales se realiza la comparación de calificaciones de cada opción con todas las demás por pares y se obtienen las preferencias.

La sobre-clasificación y comparación de opciones se hace a partir del empleo de pseudo-criterios que permiten hacer una comparación más objetiva de las opciones.

En nuestro caso, son definidos λ_1 y λ_2 y son separadas las preferencias de tal forma que sean a y b dos opciones a comparar con un determinado criterio donde:

Para los criterios c_1 y c_3 , $\lambda_1 = 1.5$ y $\lambda_2 = 2.5$.

Entonces:

Si $a - b \geq \lambda_2$ entonces $a - b \geq 2.5$ por tanto “ a se preferirá estrictamente a b según u ” $a \gg b$

Si $\lambda_1 < a - b < \lambda_2$ entonces $1.5 < a - b < 2.5$ por tanto “ a se preferirá débilmente a b a según u ” $a > b$ ó

Si $|a - b| < \lambda_1$ entonces $|a - b| < 1.5$ por tanto “ a y b son indiferentes según u ” $a \approx b$

Y para el criterio c_2 , $\lambda_1 = 0.5$ y $\lambda_2 = 1.5$.

Entonces:

Si $a - b \geq \lambda_2$ entonces $a - b \geq 1.5$ por tanto “ a se preferirá estrictamente a b según u ” $a \gg b$

Si $\lambda_1 < a - b < \lambda_2$ entonces $0.5 < a - b < 1.5$ por tanto “ a se preferirá débilmente a b a según u ” $a > b$ ó

Si $|a - b| < \lambda_1$ entonces $|a - b| < 0.5$ por tanto “ a y b son indiferentes según u ” $a \approx b$

La comparación de opciones por pares se presenta en la Tabla 6.7 y en la Tabla 6.8 se presenta la sobre-clasificación de los grupos, donde debajo de cada opción son colocadas las demás opciones sobre las cuales ésta ejerce preferencia.

Tabla 6.7 Comparación de opciones

Opción <i>a</i>	Opción <i>b</i>	c1	c2	c3
A	B	≈	≈	
A	C	>	≈	≈
A	D	≈	<	≈
A	E	≈	<	≈
A	F	≈	<<	≈
A	G	≈	<<	≈
A	H	≈	<<	<
A	I	>	<	≈
A	J	>>	<	≈
A	K	>>	<<	≈
A	L	≈	<<	≈
A	M	≈	<<	≈
B	C	≈	≈	≈
B	D	≈	<	≈
B	E	≈	<	≈
B	F	≈	<<	≈
B	G	<<	<<	≈
B	H	<<	<<	<
B	I	≈	<	≈
B	J	>	<	≈
B	K	<	<<	≈
B	L	<<	<<	≈
B	M	<<	<<	≈
C	D	<	≈	≈
C	E	≈	<	≈
C	F	<	<<	≈
C	G	<	<<	≈
C	H	<	<<	<
C	I	≈	<	≈
C	J	≈	<	≈
C	K	≈	<<	≈
C	L	<	<<	≈
C	M	≈	<<	≈

Opción <i>a</i>	Opción <i>b</i>	c1	c2	c3
D	E	≈	≈	≈
D	F	≈	<<	≈
D	G	≈	<<	≈
D	H	>	<	<
D	I	>	≈	≈
D	J	>	≈	≈
D	K	≈	<	≈
D	L	≈	<<	≈
D	M	≈	<<	≈
E	F	≈	<<	≈
E	G	≈	<<	≈
E	H	≈	<	≈
E	I	≈	≈	<
E	J	>	≈	≈
E	K	>	<	≈
E	L	≈	<<	≈
E	M	≈	<<	≈
F	G	≈	<	≈
F	H	≈	>	<
F	I	>	>>	≈
F	J	>>	>>	≈
F	K	>>	>	≈
F	L	≈	≈	≈
F	M	≈	>	≈
G	H	≈	>>	<
G	I	>	>>	≈
G	J	>>	>>	≈
G	K	>>	>>	≈
G	L	≈	>	≈
G	M	≈	>>	≈
H	I	>	>	>
H	J	>>	>	>
H	K	>>	≈	>
H	L	≈	<	≈
H	M	≈	<<	≈
I	J	≈	≈	≈

Opción <i>a</i>	Opción <i>b</i>	c1	c2	c3
I	K	≈	<	≈
I	L	<	<<	≈
I	M	≈	<<	≈
J	K	≈	<	≈
J	L	<<	<<	≈
J	M	<	<<	≈
K	L	<<	<	≈
K	M	<	<<	≈
L	M	≈	<	≈

Tabla 6.8. Sobre-clasificación de grupos

Tipo de Sobre-clasificación	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Fuerte					L	A	A	A			B	A	A
					M	B	B	B			C	B	B
						C	C	C				C	C
						D	D	J				D	D
						E	E	K				I	H
						I	I					J	I
						K	J					K	J
						J	K						K
							M						
Débil (Normal)	J						H						
Débil (Relajado)													
Tipo I								I					
Tipo II													
Tipo III	C			A	A	M	F	E	B	C	D	H	L
				B	B		L		C		I		
				C	C				E		J		
				I	J								
				J									

A continuación se presenta el proceso de destilaciones para el orden descendente, donde en cada paso van siendo eliminadas las opciones (grupos) con mayor calificación positiva.

Fuerte	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Fortaleza	0	0	0	0	2	8	9	5	0	0	2	7	8
Debilidad	5	6	6	4	2	0	0	1	4	5	5	5	2
Calificación	-5	-6	-6	-4	0	8	9	4	-4	-5	-3	6	6

Fuerte	A	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M
Fortaleza	0	0	0	0	2	8	5	0	0	2	7	8
Debilidad	4	5	5	3	1	0	1	3	4	4	1	1
Calificación	-4	-5	-5	-3	1	8	4	-3	-4	-2	6	7

Fuerte	A	B	C	D	E	H	I	J	K	L	M
Fortaleza	0	0	0	0	2	5	0	0	2	7	8
Debilidad	3	4	4	2	0	1	2	3	3	1	1
Calificación	-3	-4	-4	-2	2	4	-2	-3	-1	6	7

Fuerte	A	B	C	D	E	H	I	J	K	L
Fortaleza	0	0	0	0	1	5	0	0	2	7
Debilidad	2	3	3	1	0	0	1	2	2	1
Calificación	-2	-3	-3	-1	1	5	-1	-2	0	6

Fuerte	A	B	C	D	E	H	I	J	K
Fortaleza	0	0	0	0	1	5	0	0	2
Debilidad	1	2	2	0	0	0	0	1	1
Calificación	-1	-2	-2	0	0	5	0	-1	1

Fuerte	A	B	C	D	E	I	J	K
Fortaleza	0	0	0	0	1	0	0	2
Debilidad	0	1	1	0	0	0	0	0
Calificación	0	-1	-1	0	0	0	0	2

Débil Normal	A	B	C	D	E	I	J
Fortaleza	1	0	0	0	0	0	0
Debilidad	0	0	0	0	0	0	1
Calificación	1	0	0	0	0	0	-1

Tipo III	B	C	E	I	J
Fortaleza	0	0	3	3	1
Debilidad	2	3	1	0	1
Calificación	-2	-3	2	3	0

Tipo III	B	C	E	J
Fortaleza	0	0	3	1
Debilidad	1	2	0	1
Calificación	-1	-2	3	0

Tipo III	B	C	J
Fortaleza	0	0	1
Debilidad	0	1	0
Calificación	0	-1	1

Tipo III	B	C
Fortaleza	0	0
Debilidad	0	0
Calificación	0	0

El orden resultante del proceso es el siguiente: GF ~~ML~~HKADIE ~~JBC~~

El proceso de destilaciones para el orden ascendente, donde en cada paso van siendo eliminadas las opciones (grupos) con mayor calificación negativa, se presenta a continuación.

Fuerte	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Fortaleza	0	0	0	0	2	8	9	5	0	0	2	7	8
Debilidad	5	6	6	4	2	0	0	1	4	5	5	5	2
Calificación	-5	-6	-6	-4	0	8	9	4	-4	-5	-3	6	6

No es posible realizar mayores comparaciones, por lo que salen las opciones (grupos) B y C.

Fuerte	A	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Fortaleza	0	0	2	6	7	3	0	0	0	5	6
Debilidad	5	4	2	0	0	1	4	5	5	1	2
Calificación	-5	-4	0	6	7	2	-4	-5	-5	4	4

Hay múltiples empates (A, J y K) por lo que se compara el orden Débil Normal.

Débil Normal	A	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Fortaleza	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Debilidad	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Calificación	1	0	0	0	1	-1	0	-1	0	0	0

Salen J, y se procede a la comparación del orden Fuerte de las opciones restantes.

Fuerte	A	D	E	F	G	H	I	K	L	M
Fortaleza	0	0	2	5	6	2	0	0	4	5
Debilidad	5	4	2	0	0	1	4	5	1	2
Calificación	-5	-4	0	6	6	1	-4	-5	3	3

Hay empate (A y K) pero no es posible que en el siguiente orden para débil normal se puedan realizar las comparaciones; se pasa a la comparación del orden Débil (relajado) Tipo III.

Tipo III	A	D	E	F	G	H	I	K	L	M
Fortaleza	0	2	1	1	2	1	1	2	1	1
Debilidad	2	1	2	1	0	1	2	0	2	1
Calificación	-2	1	-1	0	2	0	-1	2	-1	0

Salen A con el mínimo valor, y se procede a la comparación del orden Fuerte.

Fuerte	D	E	F	G	H	I	K	L	M
Fortaleza	0	2	4	5	1	0	0	3	4
Debilidad	4	2	0	0	1	4	5	1	2
Calificación	-4	0	4	5	0	-4	-5	2	2

Salen K con el mínimo valor, y se procede a la comparación del orden Fuerte.

Fuerte	D	E	F	G	H	I	L	M
Fortaleza	0	2	3	4	0	0	2	3
Debilidad	4	2	0	0	1	4	1	2
Calificación	-4	0	3	4	1	-4	1	1

Hay empate (D e I) por lo que se pasa al siguiente orden existente.

Tipo I	D	E	F	G	H	I	L	M
Fortaleza	0	0	0	0	1	0	0	0
Debilidad	0	0	0	0	0	1	0	0
Calificación	0	0	0	0	1	-1	0	0

Sale I con el mínimo valor, y se procede a la comparación del orden Fuerte.

Fuerte	D	E	F	G	H	L	M
Fortaleza	0	2	2	3	0	1	2
Debilidad	4	2	0	0	1	1	2
Calificación	-4	0	2	3	-1	0	0

Sale D con el mínimo valor, y se procede a la comparación del orden Fuerte.

Fuerte	E	F	G	H	L	M
Fortaleza	2	1	2	0	0	1
Debilidad	2	0	0	1	1	2
Calificación	0	1	2	-1	-1	-1

Hay múltiples empates (H, L y M), por lo que se pasa al siguiente orden (Débil normal).

Débil Normal	E	F	G	H	L	M
Fortaleza	0	0	1	0	0	0
Debilidad	0	0	0	1	0	0
Calificación	0	0	1	-1	0	0

Sale H, y se procede a la comparación del orden Fuerte.

Fuerte	E	F	G	L	M
Fortaleza	2	1	2	0	0
Debilidad	2	0	0	1	2
Calificación	0	1	2	-1	-2

Sale M con el mínimo valor, y se procede a la comparación del orden Fuerte.

Fuerte	E	F	G	L
Fortaleza	1	1	1	0
Debilidad	2	0	0	1
Calificación	-1	1	1	-1

Hay múltiples empates (E y L) por lo que se pasa al siguiente orden (Débil Tipo III).

Tipo III	E	F	G	L
Fortaleza	0	0	2	0
Debilidad	0	1	0	1
Calificación	0	-1	2	-1

Sale L con el mínimo valor entre E y L, y se procede a la comparación del orden Fuerte.

Fuerte	E	F	G
Fortaleza	0	1	1
Debilidad	2	0	0
Calificación	-2	1	1

Sale E con el mínimo valor, y como ya no es posible hacer más comparaciones con la sobre clasificación fuerte, se pasa al siguiente orden (Débil Tipo III).

Tipo III	F	G
Fortaleza	0	1
Debilidad	1	0
Calificación	-1	1

Sale F con el mínimo valor, y se concluye con G.

Así que el orden ascendente es el siguiente: GF ~~ELM~~HDIKA ~~BC~~.

6.4. Clasificación del territorio, obtención de mapas de peligro

Los resultados obtenidos de la aplicación del Método ELECTRE IV fueron la base para construir la Figura 6.9, la cual permite visualizar espacialmente cada grupo de delegaciones y municipios por grado de peligro conforme a la evaluación de los criterios densidad de población, localización de empresas generadoras de residuos peligrosos y localización de empresas químicas. Bajo esta clasificación del territorio, se puede reiterar que tanto las delegaciones del centro como los municipios en el corredor norponiente son, por densidad de población y demás criterios seleccionados, los de más alto peligro en la ZMVM.

Idealmente, en lo que respecta a las actividades altamente peligrosas, se debe considerar la práctica de una buena gestión que contemple entre sus objetivos una manera efectiva de prevenir los peligros de accidentes de transporte de MPs y minimice sus efectos adversos sobre la salud o la vida de las personas expuestas, así como del ambiente y de los bienes de propiedad pública y privada. Esto se logrará cuando se realicen acciones coordinadas gubernamentales, del sector privado y de todos los actores involucrados, lo que podría traducirse en lo siguiente:

- a) Un incremento de la seguridad en los procesos e instalaciones que involucran el manejo de los MPs.
- b) El control de los usos del suelo en torno a las actividades altamente peligrosas.
- c) La preparación de planes de respuesta inmediata a accidentes de gestión y Transporte de MPs.
- d) La preservación de Zonas Intermedias de Salvaguarda (ZIS), que prevenga el desarrollo de asentamientos humanos a una distancia segura de las instalaciones en donde se realizan actividades altamente peligrosas para prevenir muertes y daños a la salud no reparables.

Desafortunadamente, en todo lo relativo a la gestión de los MPs, se requiere de la intervención de los gobiernos federal, estatal y municipal, por lo que al menos para el Valle de México pasará más tiempo antes de tener una simple estadística confiable que nos permita tener una mejor clasificación del territorio por grado de peligro.

Por tanto, la primera tarea de los gobiernos es nunca olvidar que la mejor manera de evaluar la efectividad de los instrumentos de gestión para prevenir y responder a accidentes de MPs será la generación de datos e información diversa de tres aspectos básicos:

- i. Las empresas que son potencialmente peligrosas por el tipo de actividad que realizan;
- ii. La localización de las empresas potencialmente peligrosas y;
- iii. El origen y destino desde donde se mueven los MPs, ya sea en la etapa de aprovisionamiento o bien como parte del mismo proceso productivo o de distribución de estos materiales.

Sin embargo, la generación de datos e información requerida para llevar una adecuada gestión de los MPs, son limitados y poco confiables y en la mayoría de los casos a pesar de las normas establecidas, no se cuenta con los instrumentos de verificación y control de la información.

En México, la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente (LGEEPA), establece para el manejo de materiales peligrosos: a) la obligación de registrar toda actividad peligrosas; b) realizar los estudios de impacto ambiental y; c) preservar los límites territoriales de instalaciones peligrosas, sin embargo en la realidad, del estudio de campo y documental se observó lo siguiente: i) el registro limitado de empresas peligrosas; ii) nulos estudios para la localización de instalaciones peligrosas, así como de impacto ambiental; iii) inexistencia de Zonas Intermedias de Salvaguarda (ZIS) y; como caso real caso reales la mezcla de importantes zonas habitacionales localizadas a distancias cortas de empresas químicas potencialmente peligrosas.

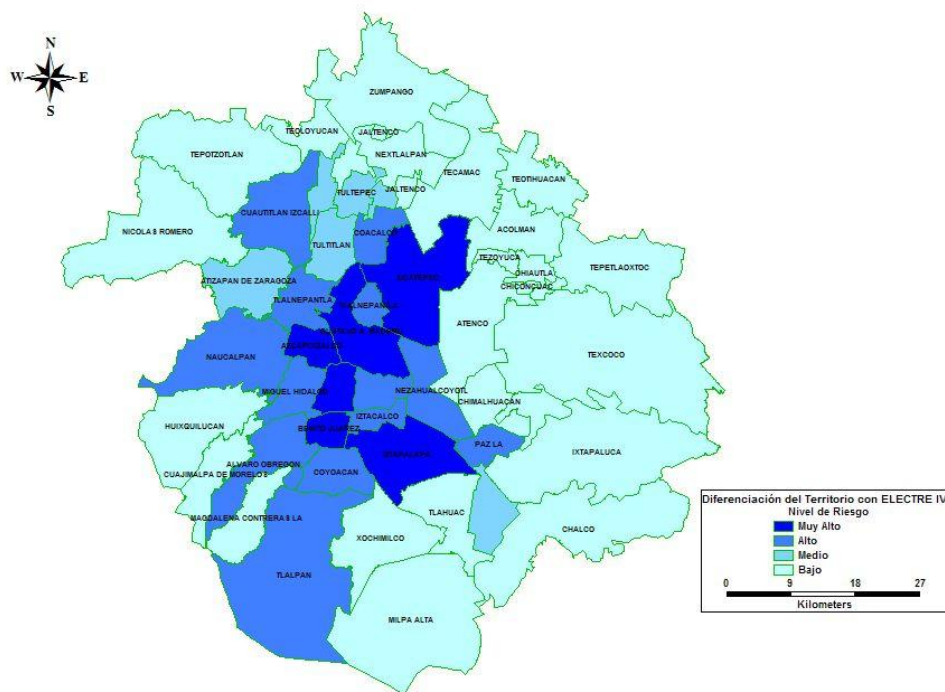


Figura 6.9 Clasificación del territorio por grado de peligro de accidentes de transporte de MPs (Electre IV)

7. IDENTIFICACIÓN DE LOS CORREDORES CON MAYOR FLUJO DE VEHÍCULOS DE MPS

La presencia de vehículos de transporte de materiales peligrosos (MPs) en la red vial de una ciudad o metrópoli de México, representa un verdadero problema para la población ante la posibilidad constante de ocurrencia de accidentes de cualquier magnitud cuando los vehículos que portan placas y permisos federales, pueden indebidamente hacer uso de cualquier vialidad sin importar hora o día, tal como ocurre en la ZMVM, en donde las unidades de transporte de MPs federales operan al margen de la normatividad local, sabedores que la sanción más alta es la remisión al depósito o sitio de encierro y que éste, debe reunir ciertas características físicas y de infraestructura que no expongan a la población y hasta ahora no se cuenta con este tipo de infraestructura en territorio metropolitano y por tanto, prevalece el desorden y anarquía operativa en la red vial disponible, que siendo realistas, esta situación también deja vulnerable a la población.

Para estudiar el problema de la presencia de vehículos de MPs, este capítulo tiene como objetivo presentar la aplicación al caso de la ZMVM, de parte de la metodología consistente en estimar el flujo vehicular y la congestión en la red vial e identificar los arcos con mayor flujo de unidades de transporte de MPs.

El capítulo se divide en dos apartados, donde en el apartado 7.1 se presentan de forma general las bases de la estimación de los flujos y la congestión en los arcos de la red vial de la ZMVM, aplicando el modelo de asignación equilibrio del usuario y, en el apartado 7.2 se muestra la identificación de los corredores más peligrosos en la red vial metropolitana según la presencia de camiones de MPs.

7.1. Estimación de los flujos y la congestión en los arcos de la red vial de la ZMVM

Un “Modelo de Asignación del Tráfico” fue utilizado para estimar el flujo vehicular sobre cada arco de la red vial, con base en una matriz origen y destino (O-D) y aforos vehiculares (Sheffi, 1985). Los viajes para cada par Origen-Destino, son asignados en la red con base en el tiempo de viaje de las diversas rutas alternativas, considerando la congestión prevaleciente en la red y de tal forma que los flujos asignados sean lo suficientemente cercanos a los volúmenes de los aforos.

Específicamente, el modelo utilizado fue un Modelo de Asignación de Equilibrio Multimodal, el cual incluye un procedimiento cíclico que permite estimar el flujo de cada tipo de vehículo en cada arco de la red (Lozano et al., 2006a; 2007). Fue utilizada una matriz O-D para cada tipo de vehículo; dichas matrices fueron obtenidas de un muestreo previo (Lozano et al., 2006b). Los aforos también fueron introducidos por tipo de vehículo; los aforos fueron obtenidos de SETRAVI (1999; 2003) con proyección al futuro y fueron obtenidos en campo aforos recientes en varios puntos de la red de carga, donde hubo una clasificación que contempló los vehículos de MPs.

Los resultados del proceso antes descrito son los flujos y la congestión estimados para cada tipo de vehículo en cada arco de la red; la estimación de la tasa flujo/capacidad es usada como una aproximación de la congestión. Se asume que cada arco de la red es compartido por todos los tipos de vehículos.

Al analizar el problema del transporte de MPs en zonas urbanas saturadas, es necesario tomar en cuenta los flujos sobre la red de vial primaria y secundaria así como los niveles de congestión, ya que éstos puede ser determinantes en el peligro y el daño a la salud de la población en caso de accidente, especialmente para los viajeros que pueden quedar atrapados en el tráfico al momento de ocurrir el accidente (Muñoz et al., 2008; Lozano et al., 2010b). El número de viajeros es mayor durante las horas pico, por lo que la determinación de la población expuesta (habitantes y viajeros) a horas pico es muy importante para el análisis de rutas urbanas de MP.

La ZMVM sufre de graves problemas de congestión en casi toda la red vial, con más de dos horas pico durante los periodos de la mañana, medio día y noche.

Por lo anterior, para estimar la población expuesta en caso de accidente en el transporte de materiales peligrosos en la ZMVM, fueron estimados los flujos vehiculares y la relación de flujo/capacidad (congestión) en cada arco de la red y para cada tipo de vehículo en la red de la ZMVM; la red utilizada fue aquella compuesta de las vías donde circulan camiones de carga medianos y pesados, que incluyen los vehículos que transportan MPs. Los Unidades o camiones medianos (unitarios) y pesados (tractocamiones de uno o dos remolques) son aquellos que se presentan en la Figura 7.1 y en la Figura 7.2, respectivamente.

C2		Camión Unitario
C3		

Figura 7.1 Unidades o Camiones de Carga Tipo Mediano

C2-R2		Camión Remolque
C3-R2		
C3-R3		
T2-S1		Tractocamión Articulado
T2-S2		
T3-S2		
T3-S3		
T2-S1-R2		Tractocamión Doblemente Articulado
T3-S1-R2		
T3-S2-R2		
T3-S2-R4		
T3-S2-R3		

Figura 7.2 Unidades o Tractocamiones Tipo Pesado

Los flujos estimados en la Red Vial de la ZMVM se muestran en la Figura 7.4 para la hora pico de la mañana (8:00-9:00 horas). Esta red incluye las vías primarias, las calles secundarias, los puntos de intersección y pasos a desnivel por donde más circulan los camiones medianos y pesados de carga en general y de materiales peligrosos en particular y en la misma figura, el flujo se representa por el ancho de cada arco y la congestión se simboliza mediante colores, indicando el color verde, tráfico ligero, el amarillo tráfico mediano y el rojo indica que hay congestión y cola. Los niveles de congestión están indicados como 5, 4, 3, 2, 1, representando a A, B, C, D y E y F. Note que casi toda la red se encuentra con fuertes niveles de congestión a la hora pico de la mañana.

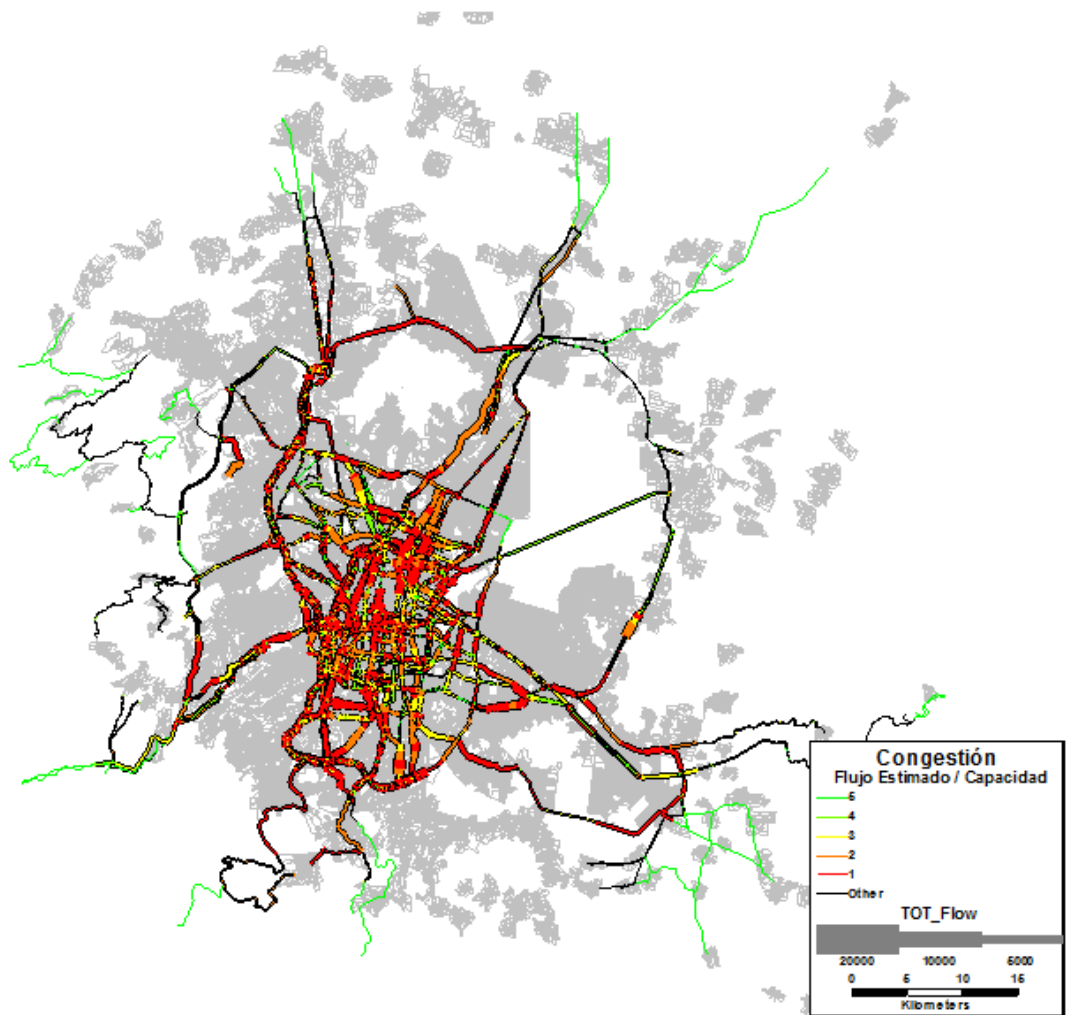


Figura 7.3 Flujos estimados en la red vial principal de la ZMVM.

7.2. Identificación de los corredores más peligrosos en la red vial

La red vial de la zona metropolitana del Valle de México es muy grande y compleja; tiene cerca de 13,000 arcos (sin considerar las calles locales ni todas las vías secundarias); la red principal donde circulan los camiones de carga medianos y pesados está compuesta por cerca de 4 500 arcos que conforman más de 1,000 km; en esta red también circulan la mayoría de los vehículos de peligrosos (MPs).

Los vehículos de materiales peligrosos (Muñoz, *et al.*, 2006a), como los demás vehículos de carga y los autos particulares, buscan aquella ruta que sea mínima en tiempo o costo de acuerdo a las condiciones del tráfico; aunque también existen usuarios que buscan otros objetivos tales como mejor calidad de infraestructura o el menor número de dispositivos de control del tránsito. Los vehículos de transporte público, en cambio tienen rutas fijas.

Así, en la red vial metropolitana hay corredores a lo largo de los cuales se presentan distintos flujos y niveles de congestión; y los conductores de vehículos de MPs eligen sus rutas entre estos corredores.

Los corredores más congestionados tendrán mayor número de viajeros expuestos en caso de accidente, y aquellos con más flujo de vehículos de materiales peligrosos podrían tener además mayor riesgo de accidente, (Muñoz, *et al.*, 2006b).

Por lo anterior, en este apartado se explica la forma en que se puede llevarse a cabo la identificación de los arcos más congestionados y con mayor flujo de vehículos de MPs; después, habiendo identificado los arcos más peligrosos se establece una lista de los “corredores de peligro” y, en seguida se muestra la estimación del promedio de pasajeros, según el tipo de vehículo, en cada segmento de arco por corredor de peligro seleccionado.

7.2.1 Identificación de los arcos más congestionados y con mayor flujo de vehículos de MPs

Habiendo estimado los flujos de la Red Vial de Transporte de Carga del Valle de México, la red es sobrepuesta al territorio clasificado por grado de peligro por la presencia de MPs (Capítulo 6), con el objeto identificar la ubicación de los corredores más congestionados en zonas de mayor grado de peligro. En la Figura 7.4 se observa que alto flujo y los niveles de congestión altos se encuentran en prácticamente toda la red (en rojo), especialmente hacia la zona centro y norte del territorio coincidiendo con las zonas donde se encuentran las delegaciones y municipios con el mayor grado de peligrosidad por la presencia de instalaciones de MPs. Note que hay gran cantidad de arcos congestionados en la parte norte de la zona metropolitana, especialmente en Ecatepec, Azcapotzalco.

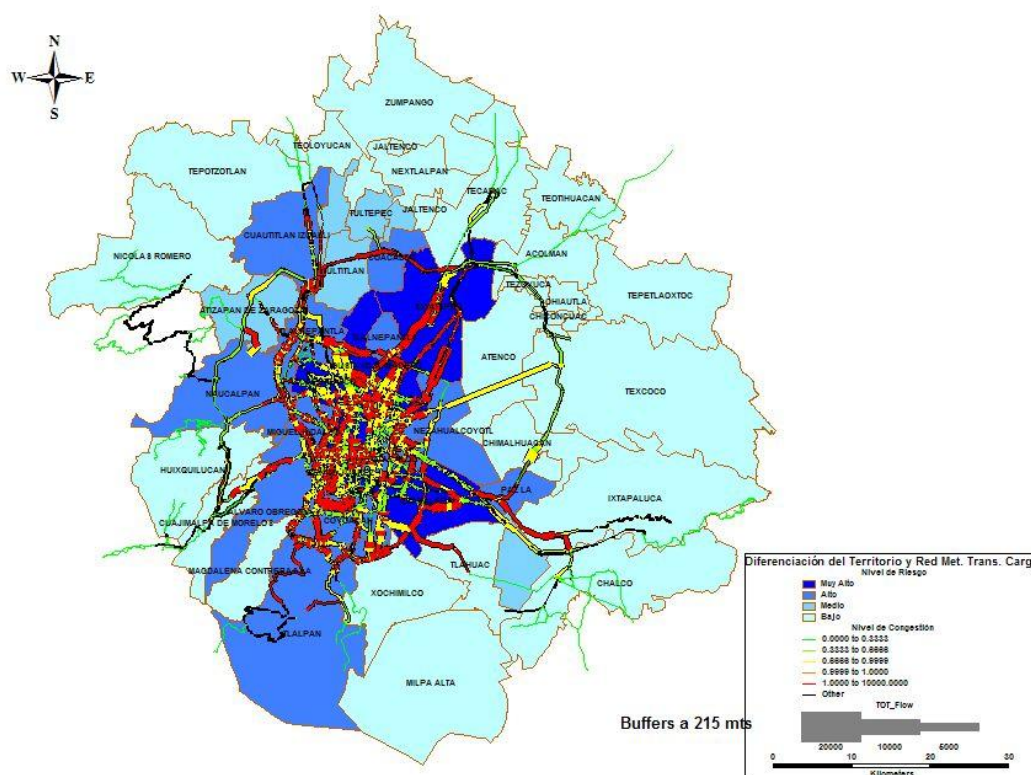


Figura 7.4 Congestión en la red vial sobre el territorio clasificado según peligrosidad por MPs.

7.2.2 Lista de “corredores de peligro”

Una vez identificados los arcos más congestionados en las zonas con mayor grado de peligro, fueron determinados los corredores de peligro (Muñoz, *et al.*, 2006a).

Los 21 corredores de peligro, se presentan en la Tabla 7.1; éstos están integrados por diferentes vialidades metropolitanas y en algunos casos, debido a su importancia, por una sola vialidad; la mayor parte de ellos atraviesa alguna de las zonas de alto grado de peligro (según la clasificación del territorio del Capítulo 6), y en todos los casos tienen alternativas de conexión regional metropolitana. La longitud total de estos corredores es de más de 440 km. La mayoría de los corredores están ubicados en la zona norte del DF y en la colindancia norte del DF con el Estado de México, además incluyen los circuitos (Anillo Periférico y Churubusco-Consulado), además de aquellos que conectan con las carreteras que conectan la ZMVM con el resto del país.

Posteriormente, para el conjunto de corredores de peligro fue realizado un trabajo de campo con el objeto de identificar el porcentaje aproximado vehículos de MP entre el volumen total. Para ello fue necesario realizar aforos manuales durante 5 días de una semana tipo y en hora pico por la mañana (7 am a 9am). Como resultado del análisis de la información de campo, fue estimado el porcentaje de vehículos de transporte de materiales peligrosos en los 21 corredores, los cuales además tienen altos flujos y fuerte congestión vehicular. La información de los aforos en los “corredores de peligro”.

Para cada corredor, el porcentaje del volumen de cada tipo de vehículo (distribución modal), es decir el porcentaje de automóviles, autobuses de pasajeros y camiones carga (que incluyen a las unidades de transporte de materiales peligrosos), fue utilizado para ajustar los flujos estimados por tipo de vehículo (Anexo 9).

Los corredores de la red donde circulan las unidades de transporte de MPs, implican un peligro diferencial para la población, pero algunos de los corredores pueden ser mucho más peligrosos que otros. La identificación de dichos corredores es importante debido a que sobre éstos podría haber un mayor número población expuesta (habitantes y viajeros) en caso de accidente en el transporte de MPs.

La identificación de dichos corredores puede ser muy útil para la elaboración de políticas tendientes a reducir el peligro a la población en esos corredores (por ejemplo, la definición de condiciones operativas de seguridad o políticas de control para el flujo en general y para los vehículos de MPs en particular).

Más adelante en el Capítulo 8, se presenta una jerarquización de los 21 corredores de acuerdo a la población expuesta, la cual es obtenida mediante el Modelo de Banda Fija.

Tabla 7.1 Corredores de peligro por la presencia de unidades de transporte de MPs

No.	Corredor	Longitud del Segmento del Corredor (Km)
1	Eje Central Lázaro Cárdenas o Avenida de los Cien Metros.	13.40
2	Avenidas Poniente 140- Montevideo y Calzada San Juan de Aragón.	10.93
3	Avenida Ferrocarril Hidalgo-Del Trabajo.	9.21
4	Avenidas Francisco Del Paso-Eduardo Molina.	12.98
5	Avenidas Revolución- Río Consulado- Río Churubusco.	25.88
6	Calzada Vallejo.	8.37
7	Avenidas Adolfo López Mateos-Aquiles Serdán-Ceylán.	7.30
8	Avenidas Oceanía-Central, Carlos Hank González.	28.74
9	Avenidas Mario Colín-Río de los Remedios.	19.51
10	Avenida Insurgentes Norte- Autopista México, Pachuca.	20.35
11	Calzada de Tlalpan.	20.70
12	Calzada Ignacio Zaragoza-Autopista México, Puebla.	27.47
13	Avenidas Cuitláhuac- Cinco de Mayo-Gobernador Sánchez Colín.	16.58
14	Avenidas Adolfo Ruíz Cortinez- Canal de Garay-Ermita Iztapalapa.	32.67
15	Calzada Ignacio Zaragoza-Carretera Federal México-Puebla.	27.42

No.	Corredor	Longitud del Segmento del Corredor (Km)
16	Vía José López Portillo-Los Reyes Texcoco	18.84
17	Autopista Peñón-Texcoco	22.12
18	Vía Gustavo Baz Prada- Avenida Tlalhepantla Tenayuca.	17.40
19	Periférico Norte, Boulevard Manuel Ávila Camacho-Autopista México Querétaro.	53.40
20	Avenida Constituyentes–Autopista o Carretera México Toluca.	13.72
21	Libramiento Chamapa Lechería-La Quebrada.	33.74

7.2.3 Estimación del promedio de pasajeros según su el tipo de vehículo, en cada arco de los corredores peligrosos

Los flujos estimados en la red indican el número de vehículos de cada tipo en cada arco en la hora pico. Con el objetivo de estimar los viajeros expuestos sobre un arco, es necesario considerar además del número de vehículos por tipo en dicho arco, el número de personas que viajan en cada tipo de vehículo. (Anexo 9)

El factor de ocupación promedio por tipo de vehículo en la Zona Metropolitana del Valle de México, es como sigue: para el caso del transporte privado, el factor de ocupación es de 1.4 viajeros por automóvil; de 22 viajeros por unidad tipo autobuses o microbuses de transporte público y; para los camiones de carga es de 1.4 viajeros. Esta información fue obtenida de encuestas previas (Lozano et al., 2002; 2004) y de inspección visual de campo en algunos corredores.

El producto del número de vehículos por tipo en cada arco, por la ocupación de ese tipo de vehículo, para todos los tipos de vehículos y en cada arco de un corredor, da como resultado el número de viajeros expuestos en el corredor, es decir el número de viajeros que podrían quedar expuestos en caso de accidente en el transporte de MPs. Cabe señalar que este número de viajeros dependerá del tipo de material y las condiciones de la modelación de su área de impacto, análisis que se presenta con detalle en los Capítulos siguientes.

8. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN EXPUESTA A ACCIDENTES DE TRANSPORTE DE MPS, MEDIANTE EL MODELO DE BANDA FIJA

Con el interés de estudiar la peligrosidad del transporte de los materiales peligrosos (MPs) al ser transportados en una zona urbana densamente poblada, es retomado lo señalado sobre las propiedades físico-químicas de cada material. Con base en éstas, son estudiadas a detalle las posibles consecuencias de un accidente especialmente porque el estado físico natural de cada material conlleva un cierto nivel de peligro y para el transporte seguro de algunos materiales, dicho estado físico debe cambiarse a otro estado que implica un nivel de peligro distinto mucho mayor, ya que al ocurrir su liberación y entrar en contacto con el medio ambiente natural, su volumen y propiedades químicas de reactividad, corrosividad o toxicidad, se potencializan muchas veces más que en su estado natural.

Recordando específicamente el caso de los MPs seleccionados, tanto el amoníaco como el cloro en su estado natural son gases a temperatura y presión normal y se transportan obligadamente en forma presurizada o refrigerada, por lo que en el caso no deseado de que se liberen de su contenedor por accidente, pueden multiplicar cientos de veces su volumen y aumentar considerablemente el peligro de sus condiciones químicas por toxicidad cuando se dispersan en la atmósfera.

En el caso de una dispersión de MPs químicos, es útil definir un área o zona aproximada en donde se encuentra el peligro y esto puede hacerse con el cálculo de la dispersión de la nube tóxica según el volumen de material, la velocidad del viento y la condiciones meteorológicas, y aplicando un determinado modelo matemático de dispersión que explique la forma y el tamaño de la propia nube.

No obstante a lo anterior, puede ocurrir que aun a pesar de la aplicación del modelo de dispersión para definir el área o zona de peligro, al hacer mediciones con equipos remotos para conocer el nivel de concentración de tóxicos dañinos en ciertos puntos geográficos dentro del área de peligro, se pueden revelar lecturas que no impliquen ningún peligro para la población y a unos metros la variación puede ser tan grande para la población expuesta como tan grande la imposibilidad de evacuar en el limitado tiempo en que se dispersan los tóxicos dañinos para la salud o la vida de las personas o bien, el peligro puede ser tan pequeño que implique tan solo el control de la fuga por parte de los bomberos o los cuerpos de protección civil.

Por todo lo anterior, el objetivo específico de este capítulo es presentar el procedimiento para estimar la población expuesta a accidentes de transporte de MPs mediante el modelo de banda fija, y una aplicación a los principales corredores de transporte de MPs de la ZMVM. El resultado permitirá determinar un nivel y jerarquía de peligro, con base en el número de habitantes y viajeros que pueden quedar inmersos en el área o zona de peligro de cada corredor.

El capítulo se divide en cuatro apartados, en el primero se presentan conceptos básicos sobre población expuesta que incluyen, por primera vez en la literatura, la estimación de habitantes y viajeros expuestos. Enseguida, en el apartado segundo se muestra una visión general sobre los diversos enfoques considerados por los especialistas en el tema para estimar la población expuesta, utilizando diferentes formas geométricas para definir un área o zona de peligro. Después, en el tercer apartado se presenta la estimación de la población expuesta (habitantes y viajeros) a accidentes de transporte mediante el modelo de banda fija, tanto para la generalidad de materiales peligrosos como para 21 corredores metropolitanos en donde se movilizan materiales peligrosos de todo tipo (sin ningún tipo de restricción operativa). Para finalizar en el cuarto apartado se explica cómo estimar la población expuesta (habitantes y viajeros) en escenarios de día y de noche, con aplicación al caso de accidentes de transporte de los materiales químicos seleccionados: cloro y amoníaco.

8.1. POBLACIÓN EXPUESTA: HABITANTES Y VIAJEROS

La información existente sobre la gestión de los MPs para el caso de la metrópoli del Valle de México, que es una zona densamente poblada y en donde se tienen fuertes problemas de congestión, no es muy completa ni confiable. Así que, el problema del transporte de los materiales peligrosos y las posibles consecuencias de accidentes en los que ocurre dispersión de tóxicos dañinos, han sido analizados considerando la “población expuesta” que puede resultar afectada dentro de un “área de impacto” (zona expuesta), ya sea por evacuación, daños en su salud o pérdida de la vida, lo cual es una aproximación a lo “peor” que le pudiera ocurrir a “habitantes” y “viajeros” en dicha área.

Conforme a la metodología propuesta, la modelación del área de impacto es realizada con base en: (a) la selección de un modelo de dispersión determinado; (b) el tipo y volumen de material; (c) el tamaño de la fuente del esparcimiento (características de la apertura en el contenedor); (d) la topografía del terreno; (e) las condiciones atmosféricas; (f) la concentración de tóxicos y; (g) el tiempo posible de exposición a dichos tóxicos dañinos por las personas afectadas.

Los “habitantes expuestos” son las personas que viven dentro del área de impacto y los “viajeros expuestos” son todas aquellas personas que se encuentran en los vehículos que transitan a lo largo de la ruta de un autotranporte de MPs, así como en calles cercanas y que quedan también dentro de la misma zona expuesta.

Los habitantes expuestos son estimados con base en la densidad de población de cada municipio o delegación, según el tipo de material peligroso y el modelo de dispersión utilizado para diferentes escenarios.

Los viajeros expuestos dentro del área de impacto son estimados con base en: (a) el flujo de cada arco y la congestión durante la hora pico; (b) la distribución modal vehicular (automóvil, autobús y camión) según aforos por corredor; (c) la conversión de vehículos en número de viajeros, calculada para cada modo de transporte en función de los factores de ocupación por tipo de unidad y; (d) el modelo de dispersión utilizado para diferentes escenarios de día o noche y bajo ciertas condiciones atmosféricas.

Cabe señalar que a la fecha, en la literatura no ha sido presentado un trabajo de investigación que estudie el problema del transporte de MPs en zonas urbanas densamente pobladas el cual considere que en el caso de un accidente en el que se liberen tóxicos dañinos, puede haber un número importante de viajeros expuestos además de los habitantes. Este trabajo de tesis es el primero en proponer que se consideren a los viajeros como parte de la población expuesta y en mostrar la importancia de éstos en el problema, a fin de proponer algunas medidas regulatorias que reduzcan el peligro para la población expuesta, que en este caso serían no solo habitantes, sino también viajeros.

8.2. ENFOQUES PARA ESTIMAR LA POBLACIÓN EXPUESTA

A continuación son descritos dos enfoques para estimar la población expuesta, con base en modelos de Banda Fija y de Dispersión. El primero se basa en el Modelo de Banda Fija, y ha sido utilizado para modelar la zona de exposición o área de impacto para la generalidad de los MPs sobre 21 corredores conflictivos de la ZMVM. El procedimiento seguido es como sigue: (i) se determina la banda de impacto sobre cada corredor; (ii) después para esta área se estiman habitantes y viajeros expuestos; (iii) enseguida se jerarquizan los 21 corredores por nivel de peligrosidad según el tamaño de la población expuesta y; finalmente con el objeto de realizar un análisis comparativo entre los modelos

mencionados, para MPs químicos, se modelan zonas de exposición de posibles accidentes de Cloro y Amoníaco, que son transportados en el medio terrestre como gases licuados, para escenarios de día y de noche, sobre un corredor de primera jerarquía.

El segundo enfoque se basa en modelos de dispersión según el tipo de MPs, los cuales pueden ser analizados mediante la aplicación del modelo de Pluma Gaussiana, si se trata de gases neutralmente flotantes o el modelo ALOHA_DEGADIS para gases pesados. El modelo es seleccionado dependiendo de las características fisicoquímicas de los MPs y las condiciones en que estos son transportados; para ambos casos se puede usar el software libre de la EPA (US EPA, 2004a). Los casos de los mismos materiales químicos fueron analizados, el Cloro y el Amoníaco, considerando que ambos materiales se transportan como gases licuados. Las zonas de exposición fueron modeladas considerando la ocurrencia de un posible accidente de transporte, y fueron estimadas la población expuesta y las posibles consecuencias por dispersión de tóxicos y tiempos de exposición, para escenarios de día y de noche, sobre el mismo corredor de primera jerarquía previamente estudiado. En este caso, los escenarios tuvieron que ser caracterizados también bajo condiciones atmosféricas reales del Valle de México.

En ambos enfoques, la aportación más importante es que son contemplados tanto los “habitantes” como los “viajeros” (pasajeros en vehículos en la congestión) dentro del área de impacto o zona de exposición.

Para modelar o representar las posibles áreas de impacto de una nube de gas que se dispersa, se ha recurrido al uso diversas formas geométricas como las que se muestran en la Figura 8.1, en donde se muestra: (a) el Círculo Peligoso, mediante el cual se supone que el mayor peligro se localiza en el centro, lugar del accidente, sitio en donde se asume que se inició la dispersión de los tóxicos; (b) la Banda Fija, con la que se busca representar de forma tri-dimensional que el peligro se encuentra dentro de un túnel de anchura fija a lo largo de una ruta; (c) el Rectángulo Peligoso, en el que la zona de peligro queda enmarcada en un área regular y; (d) la Elipse o Pluma Gaussiana, que representa la dispersión y los diferentes niveles de peligrosidad desde la fuente de origen, mostrando un perfil en forma de campana de Gauss y que vista desde arriba parece una pluma que se forma y orienta en función de la velocidad y dirección del viento (Erkut, et al 2007).

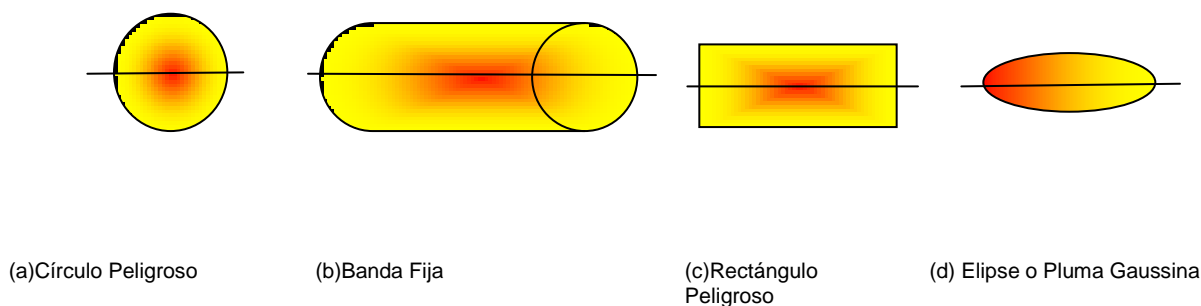


Figura 8.1 Modelos de áreas de impacto

Fuente: Erkut, et al (2007)

Probablemente, la figura más utilizada para modelar un área de impacto es la banda fija o círculo peligroso, que se mueve entre dos nodos a lo largo de una ruta y que es el principio del modelo de banda fija, con el que se define un ancho de franja de peligro en función del tipo y cantidad de MPs, así como el momento del día (día o noche). Este modelo asume que el nivel de peligro al ocurrir el accidente es el mismo en cualquier punto dentro del área de impacto de la banda y que fuera de ella nadie puede ser afectado⁵².

8.3. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN EXPUESTA, MEDIANTE EL MODELO DE BANDA FIJA

El modelo de banda fija, como ya se ha mencionado, ha sido utilizado en diversos trabajos de investigación para determinar áreas o zonas de peligro y calcular el número de habitantes que quedan expuestos dentro de la zona en el caso de ocurrir un accidente de transporte de algún tipo de material peligroso.

El modelo de banda fija considera lo siguiente: un vehículo que transporta materiales peligrosos se mueve linealmente a lo largo de una ruta con origen i y destino j . La zona de peligro alrededor de la ruta es determinada considerando un círculo que se centra en cada punto a lo largo de la ruta; el radio (Λ) del círculo depende del tipo de material peligroso, en función de la distancia de evacuación inicial que establecen las “Guías de Respuesta de Emergencias” disponibles en cada país; y dado que en cualquiera de estos puntos puede ocurrir el accidente, se procede a unir todos los círculos centrados en los puntos de la ruta (i, j), para determinar un segmento de semicírculo o banda fija que representa el área o zona de peligro (Ver Figura 8.2).

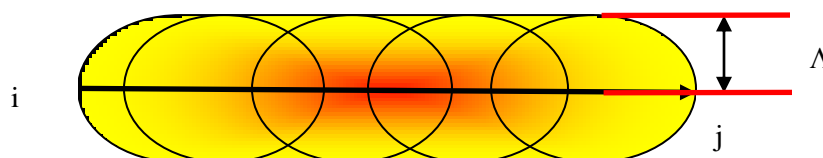


Figura 8.2. Modelo banda fija

Fuente: Erkut, et al (2007)

El modelo de banda fija establece un nivel de peligro constante a lo largo de la ruta, por lo que el área o zona de impacto representa solamente una aproximación para el análisis de escenarios de la población expuesta, en virtud de que no se considera la distancia desde la fuente de dispersión de tóxicos y por tanto que, el nivel de peligro por concentración de tóxicos puede variar en función de la distancia y las condiciones atmosféricas prevalecientes en un determinado territorio.

52 US DOT (2008) North American Emergency Response Guidebook. Transport Canada, U.S. Department of Transportation and, Communications and Transportation Ministry of Mexico.

En este trabajo de tesis, se utiliza el modelo de banda fija para determinar las áreas o zonas de peligro sobre corredores metropolitanos, para la generalidad de los MPs, un determinado grupo de MPs, y ciertos materiales seleccionados, y se estima la población expuesta (habitantes y viajeros) en dichas áreas para diferentes escenarios, para después determinar y jerarquizar el nivel de peligro sobre los corredores, debido a la presencia de vehículos de transporte de materiales peligrosos.

En este apartado se presenta la estimación de la población expuesta a accidentes de transporte para la generalidad de materiales peligrosos en 21 corredores “peligrosos” de la red metropolitana, por medio del modelo de banda fija, y después se muestra una jerarquización de los corredores de la red vial según población expuesta, considerando habitantes y viajeros. Habiendo obtenido la jerarquización de los corredores “peligrosos”, es seleccionado un corredor de primera jerarquía para el cual es estimada la población expuesta para escenarios de día y de noche en accidentes de transporte de los materiales químicos seleccionados (cloro y amoníaco).

8.3.1 Estimación de la población expuesta a accidentes de transporte, para la generalidad de MPs, en veintinueve corredores metropolitanos

El siguiente paso de la metodología es la aplicación del Modelo de Banda Fija sobre los segmentos más conflictivos de los 21 corredores seleccionados de la red metropolitana, que fueron identificados con el mayor flujo de vehículos de transporte de materiales peligrosos, a fin de estimar el tamaño de la población expuesta y jerarquizar de forma general el nivel de peligrosidad de dichos corredores.

Para la aplicación del modelo, se utilizó un ancho de franja de peligro de 215 metros, que representa el área o zona de peligro de una dispersión pequeña, para la generalidad de los materiales peligrosos en un escenario de día; el radio de evacuación inicial se estableció conforme a lo indicado en la Guía Norteamericana de Respuesta de Emergencias.⁵³

Cabe reiterar que para todos los escenarios de día, se asume que dentro de la banda, quedan expuestos tanto los habitantes que viven en el área de impacto como los viajeros⁵⁴ que se encuentran a lo largo de la ruta y en calles cercanas y que quedan atrapados dentro de la zona expuesta. En ambos casos, se tiene una alta posibilidad de sufrir daños en la salud por inhalación de tóxicos debido a una exposición cuando menos 15 minutos, tiempo en que debido a los problemas de congestión resultaría muy difícil evacuar o bien tener acceso de los servicios de emergencia.

Con la información integrada en el Sistema de Información Geográfica (SIG), la modelación de las bandas para los 21 corredores fue realizada utilizando el Software TransCAD, mediante el cual se generaron los buffers o bandas de peligro con el ancho de 215 metros; enseguida con el mismo

53 US DOT (2008) North American Emergency Response Guidebook. Transport Canada, U.S. Department of Transportation and, Communications and Transportation Ministry of Mexico.

54 Los viajeros expuestos pueden encontrarse a lo largo en la ruta de una unidad que transporta materiales peligrosos, por diversos motivos de viaje cotidiano: trabajo, escuela, hogar, compras y servicios o esparcimiento.

Software se estimaron los habitantes dentro de la banda, con base en la densidad de población, y los viajeros expuestos a lo largo del segmento del corredor de transporte de MPs, inmerso en la banda.

Los resultados obtenidos de la estimación de la población expuesta, se presentan en la Tabla 8.1 en la que se puede observar lo siguiente:

- i. nombre del corredor;
- ii. longitud del segmento del corredor seleccionado según aforo de vehículos de transporte de MPs, en kilómetros;
- iii. área de la banda de peligro, sobre el corredor en metros cuadrados;
- iv. número de habitantes expuestos en la banda de peligro;
- v. indicador de habitantes expuestos por kilómetro;
- vi. número de viajeros expuestos en vehículos durante una hora pico;
- vii. indicador del número de viajeros expuestos en vehículos durante una hora pico por kilómetro;
- viii. indicador del número de viajeros expuestos en un periodo de 15 minutos por kilómetro;
- ix. población expuesta: habitantes por kilómetro más viajeros del periodo de quince minutos por kilómetro.

La información obtenida para cada corredor, permite conocer la dimensión general del problema del transporte de MPs que existe actualmente en la ZMVM, lo cual significa que para cualquier corredor en donde se tienen altos flujos vehiculares y problemas de congestión, el tamaño de la población expuesta (habitantes y viajeros) es muy alto, se trata de miles de personas que diariamente transitan por las mismas vialidades que son utilizadas por las unidades que transportan las mercancías peligrosas(sin restricciones operativas).

Por tanto, existe una necesidad urgente de atención al problema del transporte de MPs por parte de las autoridades de los tres niveles de gobierno (federal, local y delegacional o municipal), con el objeto de definir e instrumentar acciones de control que permitan reducir los niveles de peligrosidad en la metrópoli; dichas acciones pueden ser en horarios, rutas autorizadas y señalamientos, entre otras, las cuales permitan prevenir a tiempo la ocurrencia de algún caso de accidente grave en el transporte de MPs.

En la siguiente sección se presenta un análisis detallado del nivel de peligrosidad por corredor, y la jerarquización de los mismos según el tamaño de la población expuesta.

Tabla 8.1. Corredores de transporte de materiales peligrosos

No	Nombre del Corredor	Longitud del Segmento del Corredor (Km)	Área de la Banda sobre el Corredor (km2)	Número de Habitantes Expuestos	Número de Habitantes Expuestos por kilómetro sobre el Corredor (hab/km)	Viajeros Expuestos en Vehículos durante la Hora Pico (Viajeros / Hora)	Viajeros Expuestos en Vehículos durante la Hora Pico por kilómetro (Viajeros/ Hora /Km)	Viajeros Expuestos en 15 minutos por kilómetro (Viajeros / 15. Min /km)	Población Expuesta Habitantes Expuestos por kilómetro más Viajeros Expuestos por kilómetro en un Período de 15 minutos
1	Eje Central Lázaro Cárdenas o Avenida de los Cien Metros.	13.40	5.76	85744	6401	317480	23701	5923	12342
2	Avenidas Poniente 140- Montevideo y Calzada San Juan de Aragón.	10.93	4.7	67345	6161	209151	19135	4784	10945
3	Avenida Ferrocarril Hidalgo-Del Trabajo.	9.21	3.96	55056	5978	183320	19906	4976	10954
4	Avenidas Francisco Del Paso-Eduardo Molina.	12.98	5.58	77449	5968	192494	14834	3708	9676
5	Avenidas Revolución-Río Consulado- Río Churubusco.	25.88	11.13	144476	5582	668605	25831	6459	12041
6	Calzada Vallejo.	8.37	3.6	45454	5429	170223	20332	5084	10513
7	Avenidas Adolfo López Mateos-Aquiles Serdán-Ceylán.	7.30	3.14	37993	5203	102169	13991	3499	8702
8	Avenidas Oceanía-Central, Carlos Hank González.	28.74	12.36	149233	5192	496543	17275	4319	9511
9	Avenidas Mario Colín-Río de los Remedios.	19.51	8.39	101170	5185	314905	16139	4035	9220
10	Avenida Insurgentes Norte- Autopista México, Pachuca.	20.35	8.75	101949	5010	681314	33482	8370	13380
11	Calzada de Tlalpan.	20.70	8.9	91284	4410	326639	15781	3945	8355
12	Calzada Ignacio Zaragoza-Autopista México, Puebla.	27.47	11.81	113021	4115	608157	22143	5535	9650
13	Avenidas Cuicláhuac-Cinco de Mayo-Gobernador Sánchez Colín.	16.58	7.13	66665	4020	196964	11879	2970	6990
14	Avenidas Adolfo Ruíz Cortinez- Canal de Garay-Ermita Iztapalapa.	32.67	14.05	118771	3635	650016	19894	4974	8609
15	Calzada Ignacio Zaragoza-Carretera Federal México-Puebla.	27.42	11.79	95938	3499	522598	19060	4765	8264

No	Nombre del Corredor	Longitud del Segmento del Corredor (Km)	Área de la Banda sobre el Corredor (km2)	Número de Habitantes Expuestos	Número de Habitantes Expuestos por kilómetro sobre el Corredor (hab/km)	Viajeros Expuestos en Vehículos durante la Hora Pico (Viajeros / Hora)	Viajeros Expuestos en Vehículos durante la Hora Pico por kilómetro (Viajeros/ Hora /Km)	Viajeros Expuestos en 15 minutos por kilómetro (Viajeros / 15. Min /km)	Población Expuesta Habitantes Expuestos por kilómetro más Viajeros Expuestos por kilómetro en un Período de 15 minutos
16	Vía José López Portillo-Los Reyes Texcoco	18.84	8.1	55141	2927	257867	13689	3422	6349
17	Autopista Peñón-Texcoco	22.12	9.51	62266	2815	159802	7226	1806	4621
18	Vía Gustavo Baz Prada- Avenida Tlalnepantla Cuautitlán.	17.40	7.48	45416	2611	109815	6313	1578	4189
19	Periférico Norte, Boulevard Manuel Ávila Camacho- Autopista México Querétaro.	53.40	22.96	134240	2514	1214168	22739	5684	8198
20	Avenida Constituyentes– Autopista o Carretera México Toluca.	13.72	5.9	31594	2303	279476	20369	5092	7395
21	Libramiento Chamapa Lechería-La Quebrada.	33.74	14.51	77257	2289	422211	12512	3128	5417

8.3.2 Jerarquización de corredores “peligrosos” en la red vial, según población expuesta

Los 21 corredores seleccionados de transporte de materiales peligrosos (MPs) observados en la Tabla 8.1, están ordenados de “mayor” a “menor” peligro, según el indicador de número de habitantes expuestos por kilómetro; estos corredores son descritos a continuación sobre el territorio clasificado según el grado de peligrosidad (Ver Anexo10).

8.3.2.1 Corredor Eje Central Lázaro Cárdenas o Avenida de los Cien Metros

El corredor Eje Central-Av. Cien Metros es una vialidad que brinda accesibilidad a zonas industriales, comerciales y habitacionales, con circulación en sentido de sur a norte y al contrario, inicia en el sur de la metrópoli y termina hasta la Glorieta de la Raza y después continúa en un solo sentido hasta la Avenida Acueducto en el norte. Permite la conectividad metropolitana y regional y, se localiza sobre el territorio clasificado en el grupo de muy alto grado de peligrosidad (Figura 8.3).

Este corredor tiene una longitud de 13.4 km, en donde se estiman 85,744 habitantes expuestos y un total de 23,701 viajeros expuestos en hora pico por kilómetro, y se considera de primera jerarquía con respecto al número de habitantes expuestos por kilómetro (km), al cual corresponden 6,401 habitantes por kilómetro sobre el segmento conflictivo.

Si se considera que el tiempo crítico para no sufrir daños severos por inhalación de tóxicos debe ser menor a quince minutos, se estima entonces que al menos 5,923 viajeros correrían algún tipo de peligro inmediatamente después de ese periodo de tiempo.

En suma, se estima que al menos se tendría una población expuesta de 12,342 personas, entre habitantes y viajeros expuestos (en 15 minutos), a la inhalación de tóxicos dañinos o que deberían ser evacuados para el caso de ocurrencia de accidente de MPs.

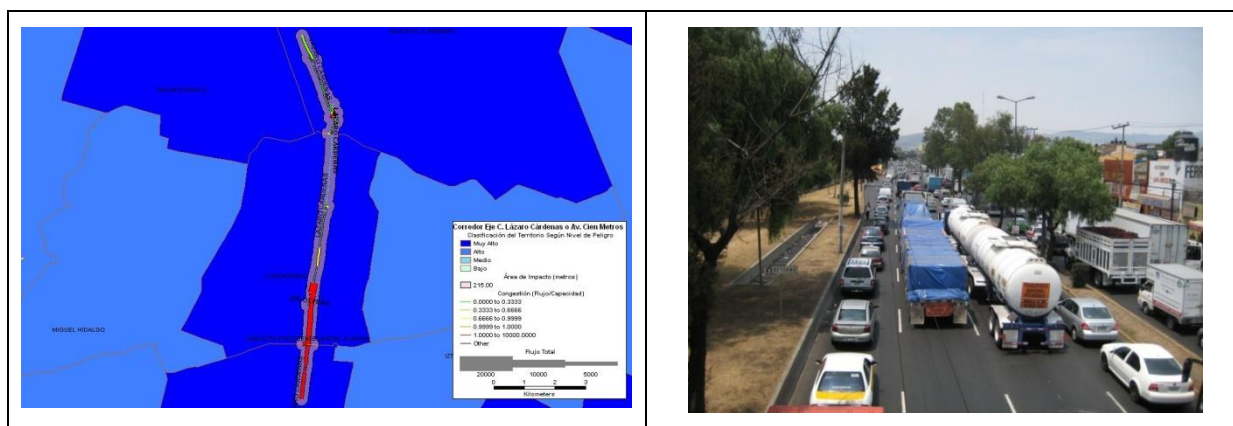


Figura 8.3 Eje Central Lázaro Cárdenas/Av. Cien Metros

8.3.2.2 Corredor Avenidas Calzada Montevideo-Poniente 140

El corredor Montevideo-Poniente 140 está localizado hacia el norte de la ZMVM; es uno de los pocos corredores que permiten la conectividad de oriente a norponiente, con flujo principal en este sentido, pasando por importantes áreas habitacionales y comerciales, especialmente sobre la Avenida Montevideo y después continúa por Poniente 140, que cruza a una de las zonas industriales más importante de la metrópoli y el país y, en donde también se encuentran plataformas logísticas de carga de grandes empresas transportistas; se encuentra en el territorio considerado con muy alto grado de peligrosidad; se considera un pequeño segmento de la Calzada de San Juan de Aragón como una alternativa vial de salida del oriente. El segmento considerado del corredor tiene una longitud de 10.93 km, y en donde se cuantifican 67,345 habitantes expuestos y un total de 19, 135 viajeros expuestos en hora pico por kilómetro, ocupa el segundo lugar en la jerarquía, según el número de habitantes expuestos por kilómetro que es de 6,161 personas, y se tiene una población expuesta de 10,945 habitantes y viajeros por kilómetro para el tiempo de peligro de 15 minutos. (Figura 8.4)

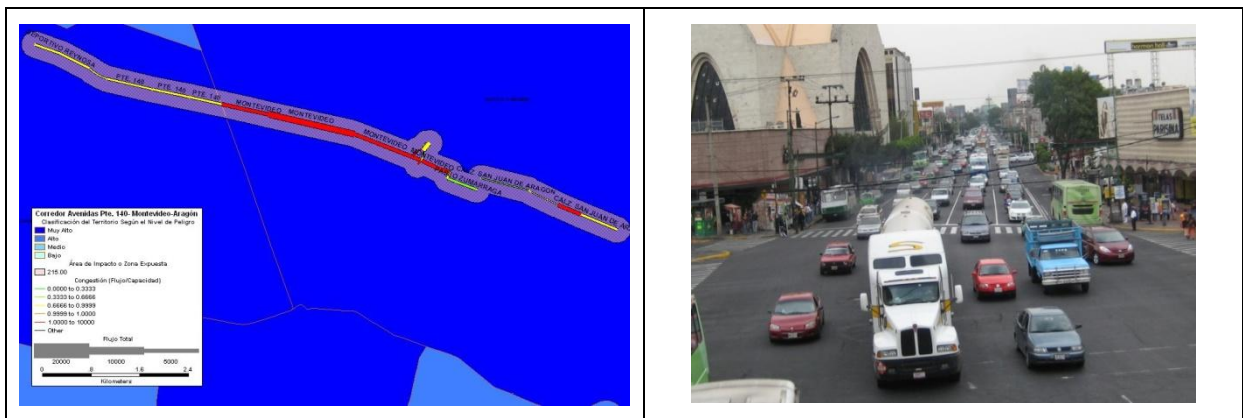


Figura 8.4 Avenida Montevideo- Avenida Poniente 140

8.3.2.3 Corredor Avenidas Ferrocarril Hidalgo-Del Trabajo.

El corredor Ferrocarril Hidalgo-Av. Del Trabajo se encuentra al norte de la metrópoli, permite el recorrido de norte a sur en sentido del flujo vehicular principal y con en contra-flujo sobre la vía lateral de sur a norte. El suelo urbano por donde pasa fue anteriormente una zona industrial fuerte y al paso del tiempo ha tenido cambio de uso de suelo a habitacional, mezclado con algunos pequeños talleres industriales, comercio y servicio. La mayor parte del segmento del corredor se encuentra en la delegación Gustavo A. Madero, en el territorio con el más alto grado de peligrosidad. La longitud del segmento del corredor considerado es de 9.21 kilómetros, en donde se estima se tienen 55,055 habitantes expuestos y, ocupa el tercer lugar en la jerarquía según los 5,978 habitantes expuestos por kilómetro y en cuanto a los viajeros expuestos se estiman 19, 906 viajeros expuestos durante la hora pico por kilómetro, y 4,976 viajeros por kilómetro en el periodo crítico de 15 minutos. En total la población expuesta en el periodo crítico es de 10, 954 habitantes y viajeros por kilómetro. (Figura 8.5)

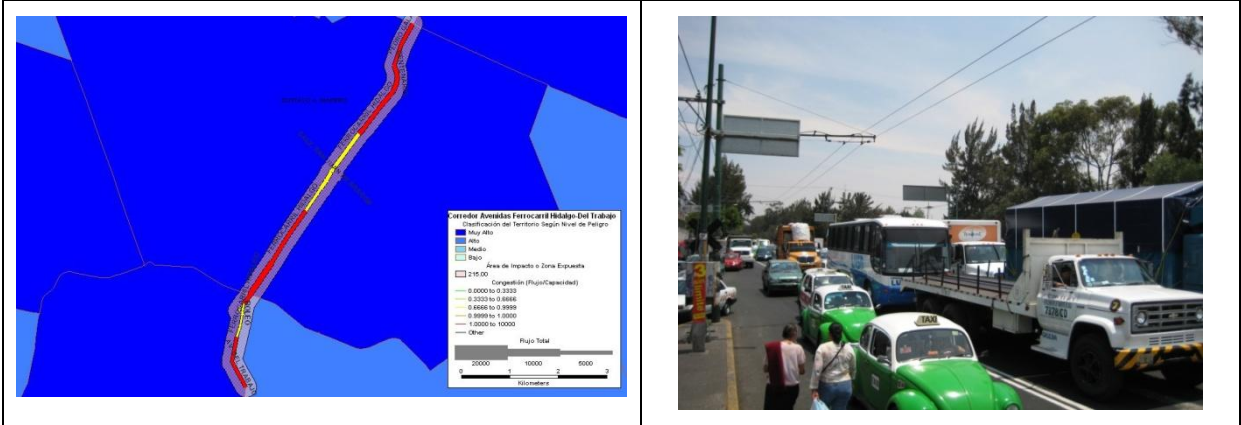


Figura 8.5 Avenidas del Trabajo y Ferrocarril Hidalgo.

8.3.2.4 Corredor Avenidas Francisco Del Paso-Eduardo Molina

El corredor Del Paso-E. Molina se encuentra en el centro oriente de la metrópoli y permite hacer recorridos en sentido sur-centro-oriente en ambos sentidos, pasando por zonas habitacionales, de servicios y, de comercio, sobre el territorio clasificado como de muy alto y alto grado de peligrosidad(de la Delegación G. A. Madero y parte de la Delegación Venustiano Carranza). Aunque el corredor no presenta altos niveles de congestión, como una alternativa vial permite la circulación de un número significativo de vehículos de carga y de materiales peligrosos. La longitud del corredor considerada es 12.98 kilómetros, en donde se estiman 77, 449 habitantes expuestos; ocupa el cuarto lugar en la jerarquización con 5,968 habitantes por kilómetro. Los viajeros expuestos son 14,834 en hora pico por kilómetro y para el periodo crítico de 15 minutos, se estiman 3,708 viajeros por kilómetro, para sumar una población total expuesta en el mismo periodo crítico de 9,676 habitantes y viajeros por kilómetro. (Figura 8.6)



Figura 8.6 Avenidas Francisco del Paso y Eduardo Molina

8.3.2.5 Corredor Avenidas Revolución- Río Consulado- Río Churubusco

El corredor Revolución-Río Consulado-Río Churubusco se encuentra en el centro de la metrópoli, recorre territorio de muy alto grado y de alto grado de peligrosidad, en las delegaciones Cuauhtémoc y Venustiano Carranza; pasa por una compleja zona de mezcla de usos de suelo habitacional, comercial, servicios e industrial. En general, este corredor presenta graves problemas de congestión por la Avenida Río Consulado o Circuito Interior (norte a sur y en sentido contrario) para continuar en Avenida Revolución (en un solo sentido de norte a sur). La longitud del corredor considerado es 25.88 kilómetros, en donde se estiman 144,476 habitantes expuestos y tiene el quinto lugar en la jerarquía con 5,552 habitantes por kilómetro. En lo que corresponde a los viajeros expuestos en el corredor, se calculan 25,831 viajeros en hora pico por kilómetro y en el periodo crítico de 15 minutos se estiman 6,459 habitantes expuestos. En suma, en el periodo crítico se tiene una población expuesta de 12,041 habitantes y viajeros expuestos por kilómetro. (Figura 8.7)

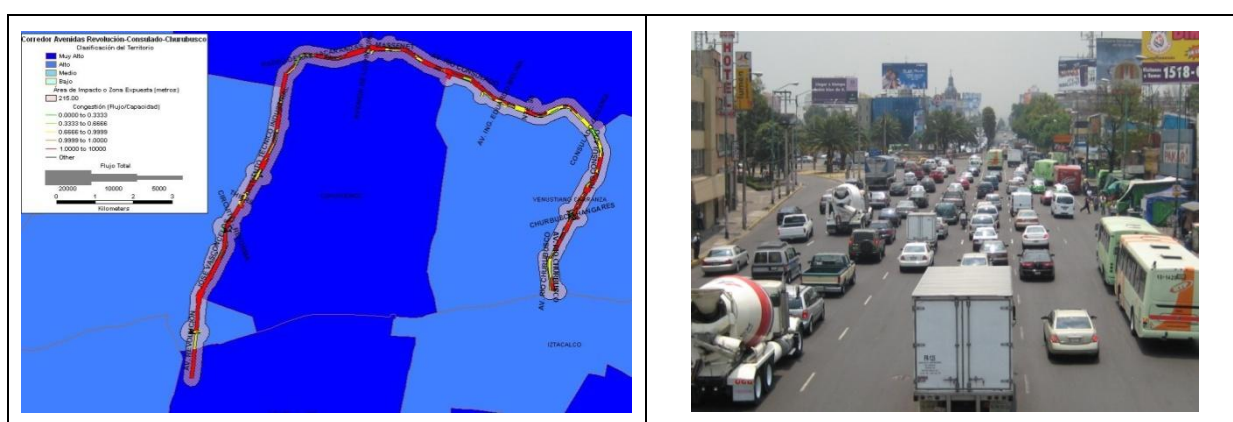


Figura 8.7 Avenidas Revolución-Río Consulado y Río Churubusco

8.3.2.6 Corredor Calzada Vallejo

El corredor Vallejo se encuentra en la zona centro de la metrópoli, con recorrido básicamente sobre la delegación Gustavo A. Madero, en el territorio clasificado como de muy alto grado de peligrosidad; es un corredor reconocido por el alto volumen de vehículos de transporte de carga que moviliza mercancías de todo tipo, tanto del nivel intra-urbano como metropolitano y regional, el tramo más importante permite la circulación al norte de la ciudad y hacia el centro, es paralelo al Corredor del Eje Central y termina en la Glorieta de la Raza, con conexión al Circuito Interior y las avenidas Insurgentes, Guerrero, Ferrocarril Hidalgo y Eduardo Molina. El segmento del corredor considerado tiene una longitud de 8.37 kilómetros, sobre el cual se estiman 44,454 habitantes expuestos, ocupa el sexto lugar en la jerarquía con 5,429 habitantes expuestos por kilómetro. Los viajeros expuestos son 20,332 en hora pico por kilómetro y en el periodo crítico de peligro de 15 minutos, se estiman 5,084 viajeros por kilómetro. En suma, la población total expuesta en el periodo crítico es 10,513 habitantes y viajeros expuestos por kilómetro. (Figura 8.8)

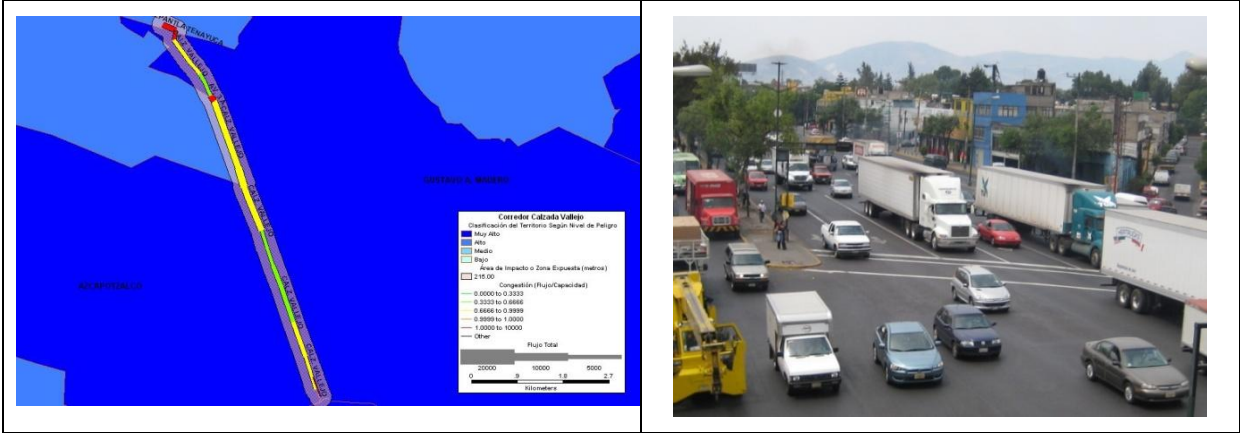


Figura 8.8 Calzada Vallejo

8.3.2.7 Corredor Avenidas Adolfo López Mateos-Aquiles Serdán-Ceylán

En el norte, el corredor López Mateos-Aquiles Serdán-Ceylán es alternativa para vehículos pesados que salen de zonas industriales de la Delegación Azcapotzalco, en territorio clasificado como de muy alto grado de peligrosidad y que se caracteriza por contener todavía zonas industriales de importancia mezcladas con suelo de vivienda, comercial y de servicios. El segmento de corredor considerado es 7.3 kilómetros en donde se estiman 37,993 habitantes expuestos y tiene el séptimo lugar en la jerarquía con 5,203 habitantes por kilómetro. El número de viajeros expuestos es de 13,991 en hora pico por kilómetro y en el periodo crítico se calculan 3,449 viajeros por kilómetro. La población expuesta total en el periodo crítico es de 8,702 habitantes y viajeros por kilómetro. (Figura 8.9)



Figura 8.9 Avenidas Adolfo López Mateos- Aquiles Serdán y Ceylán

8.3.2.8 Corredor Avenidas Oceanía- Central- Carlos Hank González

En el nororiente de la zona metropolitana, el corredor Oceanía-Central-Hank González atraviesa territorio clasificado como de muy alto grado de peligrosidad (en la delegación Venustiano Carranza) y de alto grado de peligrosidad (en la delegación Gustavo A. Madero y el municipio de Ecatepec); pasa por zonas muy industrializadas, comerciales servicios y habitacionales. El corredor es de alta conexión metropolitana, regional y nacional y, permite la circulación de vehículos en sentido nororiente al centro y en sentido contrario y, tiene altos niveles de congestión y un bajo nivel de servicio, por su importancia de conexión entre el Distrito Federal y el Estado de México, es muy utilizado por los vehículos de carga que encuentran una muy buena alternativa vial con limitado control de seguridad vial. El segmento de corredor considerado tiene una longitud de 28.74 kilómetros y en este tramo de estima una población expuesta de 149, 233 habitantes expuestos y, su lugar en la jerarquía de los corredores es el octavo conforme a los 5,192 habitantes por kilómetros que se estimaron. Los viajeros expuestos son 17,275 en hora pico por kilómetro y para el periodo crítico de 15 minutos se calculan 4, 319 viajeros por kilómetro y por tanto, para este periodo crítico se estima una población total expuesta de 9,511 habitantes y viajeros por kilómetro. (Figura 8.10)



Figura 8.10 Avenidas Oceanía-Central-Carlos Hank González

8.3.2.9 Corredor Avenidas Mario Colín-Río de los Remedios

Al norte de la metrópoli, se encuentra el corredor Mario Colín-Río de los Remedios que permite dar paso a los vehículos que se mueven de poniente a oriente y en sentido contrario, particularmente la avenida Mario Colín, representa una opción de conexión hacia el centro de la ciudad por la Avenida Vallejo y, por esta misma vialidad de Vallejo al igual que por la avenida Ceylán se da paso a zonas industriales y plataformas de carga. Por el otro lado, en continuidad de la Avenida Mario Colín, la Avenida Río de los Remedios, da la opción de conexión también a Vallejo y Ceylán, y al Arco Norte del Periférico y la Autopista México Pachuca, que es de nivel metropolitano, regional y nacional, por ello de alto nivel de congestión. Pasa por la Delegación Gustavo A. Madero, que es de muy alto grado de peligrosidad y por el municipio de Tlalnepantla que es de alto grado de peligrosidad, según la clasificación del territorio. El segmento de corredor tiene una longitud de 19.51 kilómetros y aquí se estiman 101,170 habitantes expuestos, tiene el noveno lugar en la jerarquía por los 5,185 habitantes expuestos por kilómetro. Los viajeros estimados son 16,139 por kilómetro en hora pico por kilómetro y en periodo crítico se estiman 4,035 viajeros por kilómetro. La población expuesta total para el periodo crítico es de 9,229 habitantes y viajeros. (Figura 8.11)

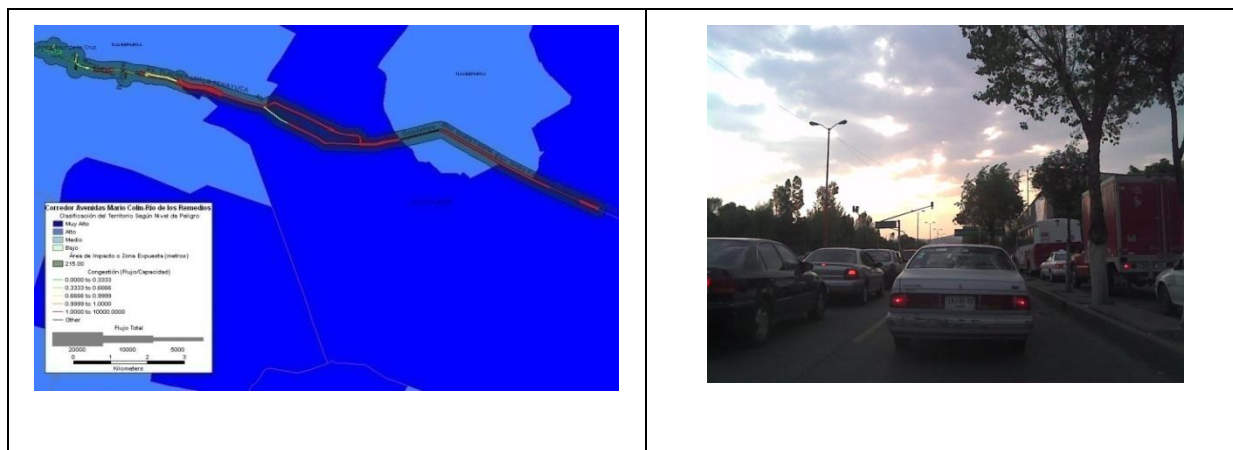


Figura 8.11 Avenidas Mario Colín-Río de los Remedios.

8.3.2.10 Corredor Avenida Insurgentes Norte- Autopista México-Pachuca

Atravesando toda la metrópoli, el corredor Insurgente Norte-Autopista México-Pachuca es otra de las vialidades con conectividad regional hacia al norte del país, recorre territorialmente de sur a norte y de norte a sur, varias delegaciones; en particular el tramo de estudio pasa por la delegación Gustavo A. Madero así como el municipio de Ecatepec, que son de muy alto y alto grados de peligrosidad según la clasificación del territorio. (Figura 8.12)

El segmento más conflictivo del corredor tiene una longitud de 20.35 kilómetros, y sobre esta parte se estiman 101,949 habitantes expuestos y, ocupa en la jerarquía el décimo lugar por 5,010 habitantes expuestos por kilómetro. En hora pico se estiman 681,314 viajeros por kilómetro y para el periodo crítico de peligro de exposición (15 minutos), se estiman 8,370 viajeros por kilómetro. La población expuesta es de 13,380 habitantes y viajeros expuestos, que son personas que viven en la zona de exposición o bien que viajan en sus autos o en autobuses de pasajeros (en este corredor por el Metrobús y servicios concesionados) o en los camiones de carga. No se cuantifican los viajeros que coinciden del Sistema de Transporte Colectivo Metro, Línea 3 Indios Verdes-Ciudad Universitaria, los cuales pueden incrementar el tamaño de la población expuesta. Cabe señalar que este corredor se considera también de primera jerarquía, si es considerado el número de viajeros expuestos por kilómetro en el periodo crítico de peligro y que es 8, 370 personas. Respecto a este mismo indicador, el corredor del Eje Central Lázaro Cárdenas pasa a ocupar el tercer lugar en orden jerárquico.

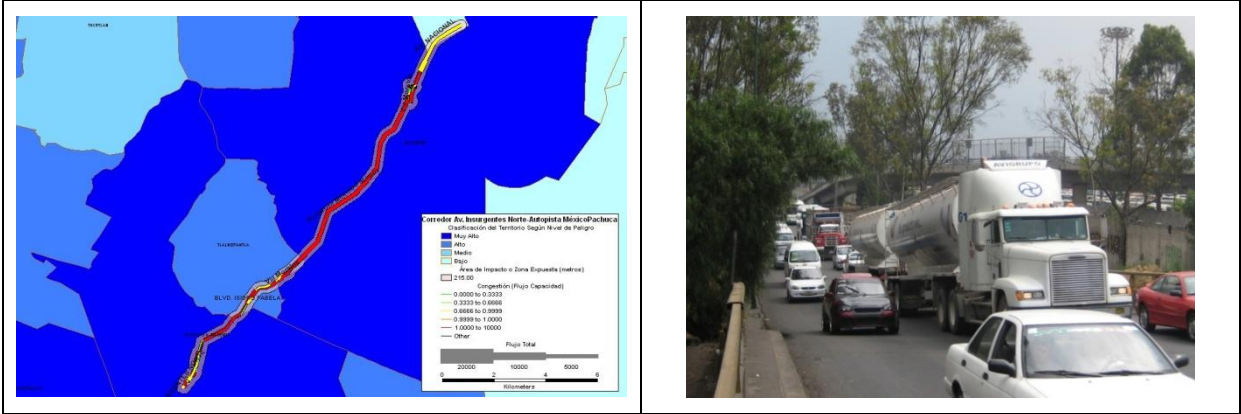


Figura 8.12 Avenida Insurgentes Norte-Autopista México-Pachuca

8.3.2.11 Corredor Calzada de Tlalpan

Al sur de la metrópoli, el corredor Calzada de Tlalpan va desde la Delegación de Tlalpan, pasando por Coyoacán y hasta Benito Juárez, pasando por territorio de alto y muy alto grado de peligrosidad. El corredor pasa por zonas mezcladas de suelo de uso de vivienda, comercial y de servicios, muy consolidado y permite atravesar la ciudad de norte a sur y de sur a norte en ambos sentidos. La longitud del segmento corredor considerado es de 20.70 kilómetros, en donde quedan expuestos 91,284 habitantes a lo largo del corredor y 33,482 viajeros en hora pico por kilómetro. Ocupa el lugar décimo primero en la jerarquía, según el indicador de habitantes por kilómetro, para el cual se estiman 4,410 personas. En el periodo crítico de peligro se estima una población expuesta de 8,355 habitantes y viajeros. La población expuesta se multiplicaría, si fueran considerados los viajeros del Sistema de Transporte Colectivo Metro, que coinciden de la Línea 2 Metro Taxqueña-Toreo, tanto para el caso de evacuación como para el caso de posibles lesionados o muertos. (Figura 8.13)



Figura 8.13 Calzada de Tlalpan

8.3.2.12 Corredor Calzada Ignacio Zaragoza-Autopista México, Puebla

El segmento de corredor correspondiente a la Calzada de Ignacio Zaragoza se localiza sobre el territorio de la Delegación Venustiano Carranza, del grupo de muy alta peligrosidad y después en lo que corresponde al tramo de la Autopista México-Puebla, en la parte urbana de los municipios de los Reyes la Paz y de Ixtapaluca que son del grado medio de peligrosidad. Es de las pocas vialidades que permiten la conectividad en el oriente de la ciudad y dan salida regional hacia los estados del oriente del país y en donde se tiene una alta movilidad de MPs derivados del Petróleo provenientes de Veracruz, Tabasco y Campeche. El segmento de corredor considerado tiene una longitud de 27.47 kilómetros en donde se estima se tienen 113,021 habitantes expuestos y ocupa el décimo segundo lugar en la jerarquía, según el indicador de habitantes expuestos por kilómetro el cual es de 4,115 personas. En hora pico son 22,143 viajeros expuestos por kilómetro y para el periodo crítico de peligro se estiman 5,533 viajeros por kilómetro. La población expuesta en el periodo crítico se estima en 9,650 habitantes y viajeros por kilómetro. (Figura 8.14)

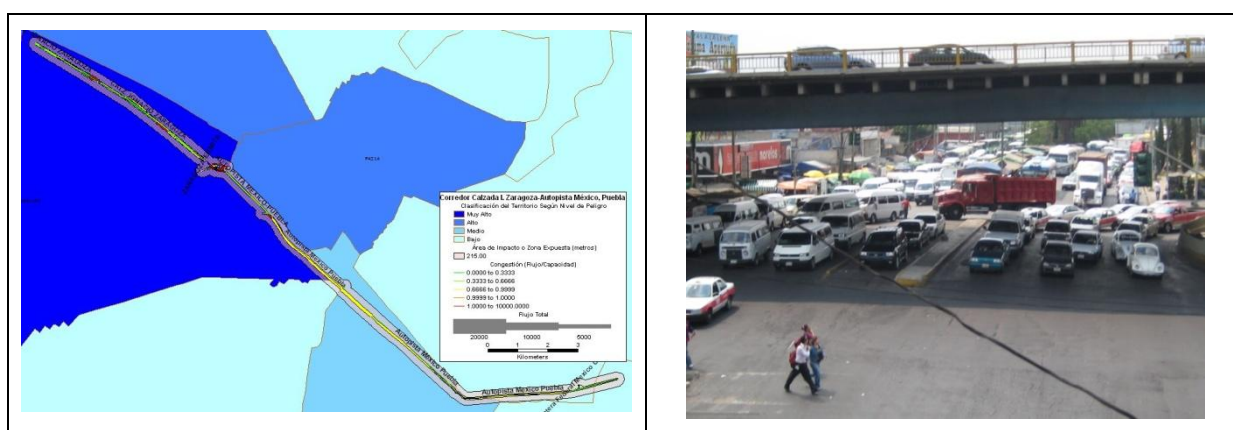


Figura 8.14 Calzada Ignacio Zaragoza y Autopista -México-Puebla

8.3.2.13 Corredor Avenidas Cuitláhuac- Cinco de Mayo-Gobernador Sánchez Colín

En el poniente de la zona metropolitana, el corredor Cuitlahuac-Cinco de Mayo- Sánchez Colín pasa por territorio de muy alto grado de peligrosidad; en particular para el caso estudio, atraviesa suelo altamente industrializado de Azcapotzalco y Naucalpan, representa una de las mejores alternativas viales para el transporte de carga en doble sentido a lo largo de todo el corredor de oriente a poniente y de poniente a oriente. El segmento del corredor tiene una longitud de 16.58 kilómetros, estimándose que 66, 665 habitantes pueden quedar expuestos en el corredor, ocupa el décimo tercer lugar en la jerarquía con 4,020 habitantes por kilómetro y, se estima que en hora pico son 11, 879 viajeros por kilómetro que pueden quedar expuestas. En el periodo crítico de quince minutos pueden quedar expuestos al menos 2,970 viajeros y para el mismo periodo se estima una población expuesta de 6,990 habitantes y viajeros. (Figura 8.15)



Figura 8.15 Avenidas Cuitlahuac-Cinco de Mayo y Sánchez-Colín

8.3.2.14 Corredor Avenidas Adolfo Ruiz Cortínez- Canal de Garay-Ermita Iztapalapa

El corredor Ruíz Cortínez – Canal de Garay-Ermita Iztapalapa se encuentra en el oriente de la zona metropolitana, con recorrido del sur hacia el oriente y en sentido contrario, tiene conexión con el periférico y recorre el complejo suelo habitacional, comercial y de servicio, en Coyoacán, con alto grado de peligrosidad, y continua sobre Iztapalapa, con muy alto grado de peligrosidad.

El segmento del corredor considerado es de 32.67 kilómetro, sobre el cual se estiman 118,771 habitantes expuesto, y ocupa el décimo cuarto lugar de la jerarquía con 3,635 habitantes por kilómetro. En la hora pico se estiman 19,894 viajeros por kilómetro, teniendo en el periodo crítico de quince minutos 4,974 viajeros expuestos y en suma, se estima una población expuesta de 8,609 habitantes y viajeros expuestos. (Figura 8.16)

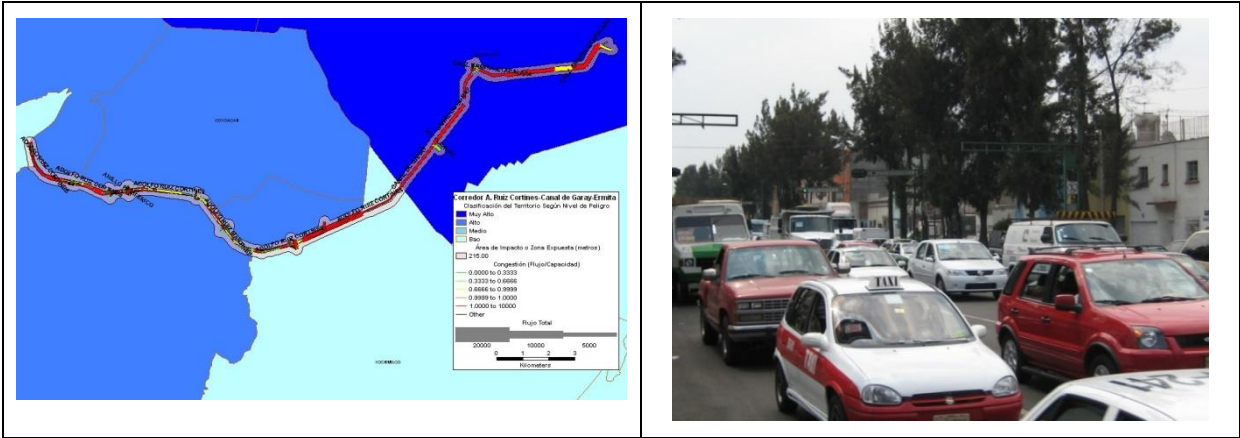


Figura 8.16 Avenidas Adolfo Ruíz Cortínez-Canal de Garay; Ermita Iztapalapa

8.3.2.15 Corredor Calzada Ignacio Zaragoza-Carretera Federal México-Puebla

El corredor Zaragoza-Carretera México-Puebla se integra por el segmento del corredor de la Carretera Federal México-Puebla (como alternativa a la Autopista de Cuota México-Puebla), la cual permite el tránsito libre de un volumen importante de vehículos de transporte de carga y se prolonga hacia la Calzada Ignacio Zaragoza, avenida principal a la que confluyen la mayor parte de los vehículos que circulan en el oriente de la metrópoli y que también provienen del sur-oeste del país. El corredor tiene un alto nivel de saturación en ambos sentidos de circulación; pasa sobre territorio de Venustiano Carranza, clasificado como de alto grado de peligrosidad y después continúa sobre Los Reyes la Paz, clasificado en el grado medio de peligrosidad, hasta el municipio de Chalco, con bajo grado de peligrosidad. Este segmento de corredor considerado tiene una longitud de 27.42 kilómetros, sobre el cual se estima que 95,938 son habitantes expuestos, y ocupa el décimo quinto lugar en la jerarquía con 3,499 habitantes por kilómetro. En hora pico los viajeros expuestos son 19,060 por kilómetro, y para periodo crítico de peligro de 15 minutos se calculan 4,765 viajeros por kilómetro, estimándose un población total expuesta de 8,262 habitantes y viajeros por kilómetro. (Figura 8.17)

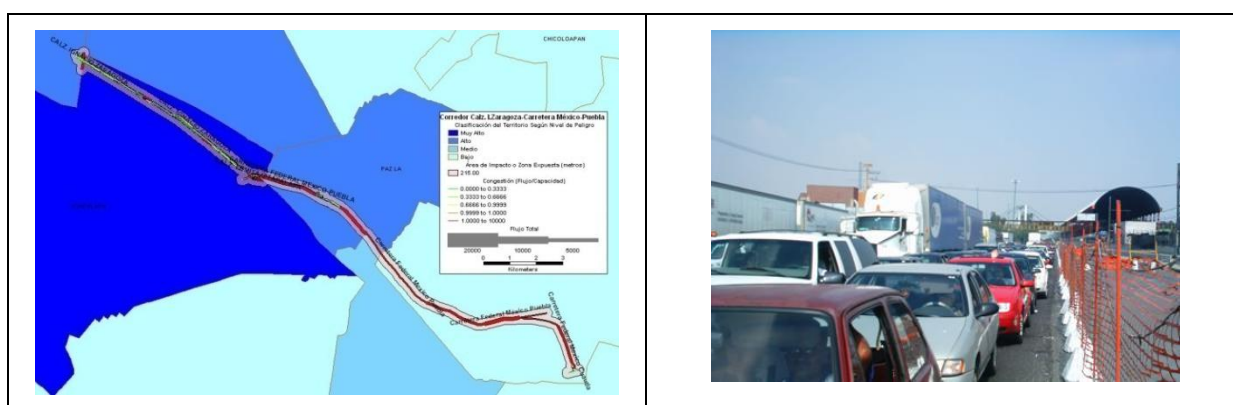


Figura 8.17 Calzada Ignacio Zaragoza y Carretera Libre México-Puebla

8.3.2.16 Corredor Vía José López Portillo-Carretera Los Reyes Texcoco

En la zona norte-oriental de la metrópoli, el corredor López Portillo- Los Reyes Texcoco es uno de los contados corredores que permite la conexión de oriente a poniente y en sentido inverso; para este caso de estudio, inicia en el municipio de Tultitlan, en territorio de muy alto grado de peligrosidad y pasa por Coacalco, que es de alto grado de peligrosidad, aunque el corredor continúa hasta Texcoco, para entroncar con la Autopista o Carretera México-Puebla. Pasa por donde se tiene una muy compleja mezcla de usos de suelo habitacional, industrial y agrícola y, en donde se sigue desarrollando vivienda de interés social para grupos de nivel socioeconómico bajo y zonas industriales poco controladas, además de plataformas logísticas que movilizan todo tipo de carga, esto último especialmente en el municipio de Tultitlan. El segmento de corredor, tiene una longitud de 18.84 kilómetros y sobre el cual se estima que hay en la zona de exposición 55,141 habitantes; ocupa el décimo sexto lugar en la jerarquía 2,927 habitantes por kilómetro. Los viajeros expuestos en hora pico son 13,689 por kilómetro y en el periodo crítico de peligro se calculan que pudieran ser afectados 3,422 viajeros y por tanto, en este periodo se estima una población expuesta de 6,349 habitantes y viajeros por kilómetro. (Figura 8.18)

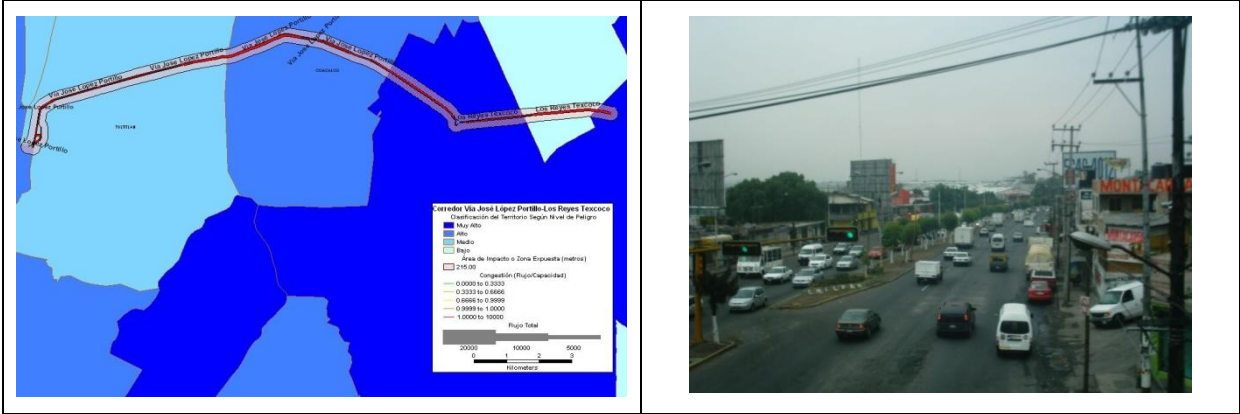


Figura 8.18 Avenidas José López Portillo-Carretera Los Reyes Texcoco

8.3.2.17 Corredor Avenida Texcoco-Autopista Peñón- Texcoco

En el oriente de la metrópoli y conectando por la Avenida Oceanía, se llega a la Avenida Texcoco y continuando sobre la Autopista Peñón Texcoco, este corredor permite realizar recorridos en ambos sentidos de poniente a oriente y aunque el nivel de congestión que el corredor antes citado, por esta autopista se observa un movimiento importante de vehículos que transportan materiales peligrosos de Veracruz, Campeche y Tabasco, así como otro tipo de mercancías provenientes de también de Puebla, Tlaxcala y Chiapas. El segmento de corredor tiene una longitud de 22.12 kilómetros y para éste se estiman 62,266 habitantes expuestos. Ocupa el décimo séptimo en la jerarquía con 2,815 habitantes por kilómetro. En hora pico se estiman 7,226 viajeros expuestos por kilómetro y en el periodo crítico se estiman 1,806 viajeros por kilómetro, sumándose para este periodo crítico una población expuesta de 4,621 habitantes y viajeros por kilómetro. (Figura 8.19)

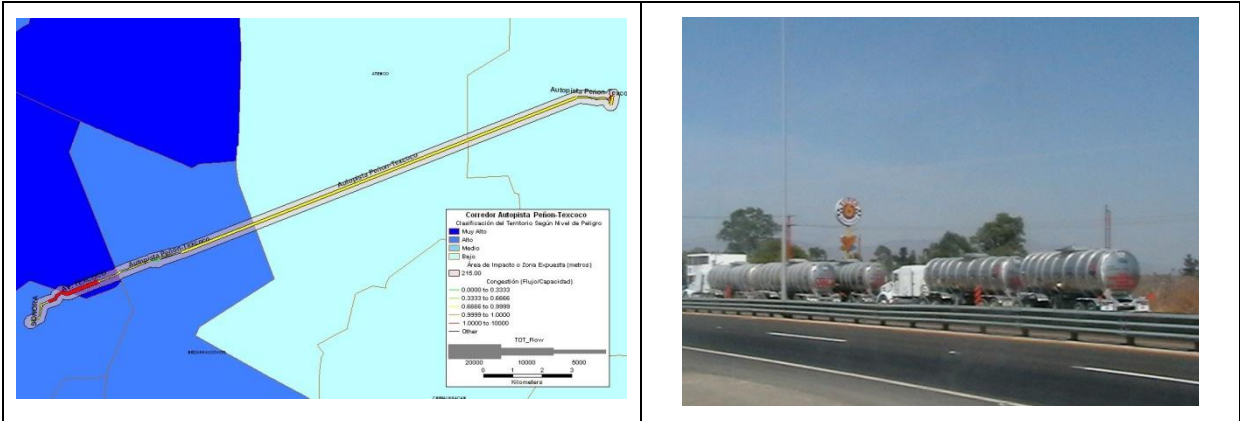


Figura 8.19 Autopista Peñón-Texcoco

8.3.2.18 Corredor Vía Gustavo Baz Prada- Carretera Tlalnepantla-Cuautitlán

Hacia el norte de la metrópoli el corredor Gustavo Baz-Carretera Tlalnepantla Cuautitlán permite viajar en sentido nor-poniente hacia el norte en ambos sentidos, la Avenida Gustavo Baz Prada, es alternativa del corredor del Periférico y comienza justamente en este punto de conexión yendo de nor-poniente en sentido al norte, hasta llegar a la Carretera Tlalnepantla Cuautitlán; se localiza entre los municipios Naucalpan, Tlalnepantla y una pequeña parte en Cuautitlán México, para dar salida a un importante número de vehículos de carga, a pesar de que es una vía controlada. Se localiza básicamente sobre territorio de alto grado de peligrosidad, existiendo a lo largo del corredor zonas industriales y habitacionales en predominancia. El segmento de corredor considerado tiene una longitud de 17.40 kilómetro y en la zona expuesta se estiman 45,415 kilómetro, ocupa el lugar décimo octavo lugar en la jerarquía con 2,611 habitantes por kilómetro y en referencia a los viajeros; se estiman en hora pico 6,613 viajeros por kilómetro y en periodo crítico se estiman 1,578 viajeros por kilómetro. En total la población expuesta es de 4,189 habitantes y viajeros por kilómetro. (Figura 8.20)



Figura 8.20 Corredor Vía Gustavo Baz Prada-Carretera Tlalnepantla-Cuautitlán

8.3.2.19 Corredor Periférico Norte, Boulevard Manuel Ávila Camacho-Autopista México Querétaro

El corredor Periférico Norte-Autopista México Querétaro toma uno de los segmentos más conflictivos del Periférico, desde el tramo en donde se observa la entrada de un importante número de vehículos de transporte de carga provenientes del norte y poniente del país, a la altura de la Avenida Constituyentes y hasta el primer tramo de la Autopista México-Querétaro; en este corredor se tiene un alto nivel de congestión a lo largo de todo el día y a pesar de que es una vialidad primaria, se ha perdido el control de los vehículos de transporte de carga en general y de los de MPs que pueden circular sin restricciones tanto por los carriles de “alta velocidad” como por los carriles laterales. El corredor atraviesa gran parte de la ciudad por su lado poniente sobre parte del territorio de la Delegación Miguel Hidalgo y los municipios de Naucalpan, Tlalnepantla y Cuautitlán Izcalli, en el territorio de alto grado de peligrosidad. (Figura 8.21)

El segmento del corredor considerado se localiza sobre el territorio de alto grado de peligrosidad, en donde hacia el municipio de Naucalpan hay zonas industriales, comerciales y habitacionales y hacia Tlalnepantla y Cuautitlán se tienen zonas comerciales y habitacionales, y en donde se pueden contar varios mega centros comerciales de la metrópoli, como son Pericentro, Plaza Satélite, Mundo E, Plaza Arboles, Plaza Valle dorado, Perinorte, Plaza Palomas, Plaza San Marcos, por lo que el corredor es altamente demandado por un muy, muy importante número de commuters.

La longitud del segmento de corredor considerado es de 53.40 kilómetros, es el corredor de más largo recorrido en este estudio, tomado con el objeto de conocer el tamaño de la población expuesta sobre la una de las vialidades primarias más importantes de la red vial. Sobre este corredor se estimó una población de 134,240 habitantes expuestos y en la jerarquía ocupa el décimo noveno lugar, según el indicador de habitantes expuestos por kilómetro el cual se estima de 2,514 personas que habitan en la zona de impacto del corredor.

En hora pico se estiman 22,739 viajeros expuestos y en el periodo crítico de peligro se estiman 5,684 viajeros expuestos por kilómetro. La población total expuesta en periodo crítico es 8,198 habitantes y viajeros por kilómetro.

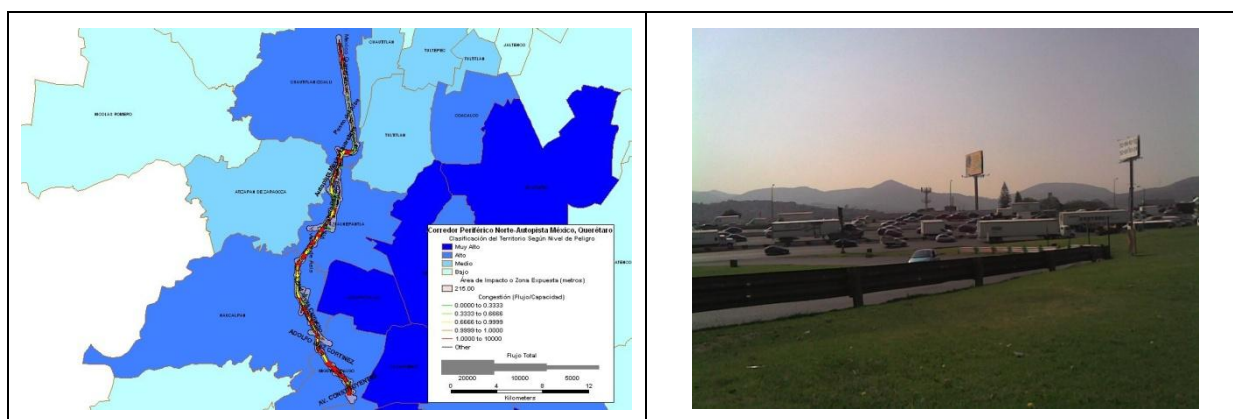


Figura 8.21 Periférico Norte-Boulevard Manuel Ávila Camacho y Autopista México Querétaro

8.3.2.20 Corredor Avenida Constituyentes–Autopista o Carretera México Toluca

En el poniente de la Ciudad de México, se localiza el corredor Constituyentes-Carretera México Toluca, el cual es uno de los ejes de conectividad megalopolitana, al permitir establecer una estrecha relación con la zona metropolitana del Valle de Toluca, intercambiando diariamente un importante número de viajeros tanto en automóvil y autobuses de pasajeros y carga. Una parte del segmento de corredor, especialmente en lo que corresponde a la Avenida Constituyentes se encuentra en el territorio de bajo grado de peligrosidad, en donde predominan oficinas comercios y viviendas de los grupos de alto nivel socioeconómico, y hacia la parte de la conexión con la Autopista o la Carretera México-Toluca, el grado de peligrosidad disminuye así como el tamaño de la población expuesta, ya que en esta zona boscosa hay asentamientos humanos muy pequeños y algunas zonas turísticas de fin de semana. (Figura 8.22)

El segmento de corredor considerado tiene una longitud de 13.72 kilómetros y en la zona expuesta del corredor se estiman 31,594 habitantes, tiene el lugar vigésimo en la jerarquía por 2,303 habitantes por kilómetro. Los viajeros expuestos en hora pico son 20,369 por kilómetro y en el periodo crítico de peligro se calculan 5,092 viajeros por kilómetro por tanto la población expuesta es 7,395 habitantes.



Figura 8.22 Avenida Constituyentes-Carretera o Autopista México Toluca

8.3.2.21 Corredor Libramiento Chamapa Lechería-La Quebrada

En norponiente, el corredor Chamapa Lechería-La Quebrada es un libramiento que permite la conectividad de los principales sub-centros urbanos de la ZMVM y en donde se observa alto movimiento de vehículos de todo tipo durante todo el día, sobre la vía primaria del periférico poniente, en ambos sentidos.

Tomando el segmento del corredor desde el municipio de Naucalpan y hasta Cuautitlán Izcalli, y sobre el cual se tienen varias conexiones metropolitanas y regionales de importancia, tales como las Avenidas Lomas verdes, Gustavo Baz, Mario Colín, Tenayuca –Carretera Cuautitlán y con la Autopista México-Querétaro en el norte de la metrópoli.

El corredor considerado tiene una longitud de 33.74 kilómetros, en el que se estima un 77,257 habitantes y ocupa el vigésimo primer lugar en la jerarquía con 2,289 habitantes por kilómetro. En hora pico se estiman 12,512 viajeros por kilómetro y en el periodo crítico de 15 minutos, se estiman 3,128 viajeros por kilómetro y para el mismo periodo se suma una población expuesta de 5,417 habitantes y viajeros expuestos. (Figura 8.23)

8.4. ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN EXPUESTA EN ESCENARIOS DE DÍA Y DE NOCHE, PARA ACCIDENTES DE TRANSPORTE DE LOS MPS QUÍMICOS SELECCIONADOS: CLORO Y AMONÍACO

Los resultados obtenidos por corredor y la jerarquización significan un paso importante de la metodología para la generalidad de los materiales, no obstante, es muy importante considerar el peligro que pueden significar ciertos materiales. El siguiente paso es conocer, por tipo de MPs y tamaño de volumen que se transporta, la situación específica de ocurrencia de un accidente de transporte, especialmente el caso de los materiales químicos peligrosos en forma de gas que pueden dispersarse en forma de una nube tóxica. En esta sección se presenta la modelación de las zonas de exposición y la estimación de la población expuesta, usando el mismo modelo de banda fija, para los dos MPs químicos seleccionados, Cloro y Amoníaco.

La propuesta de la metodología consiste en aplicar el modelo de banda fija para modelar las zonas de exposición de los MPs químicos seleccionados, el cloro y amoníaco, para escenarios de día y de noche, sobre uno de los corredores de primera jerarquía el “Eje Central Lázaro Cárdenas”, previamente estudiado para la generalidad de los MPs.

Cabe señalar, que para la estimación de la población expuesta en escenarios de día, se toman en cuenta tanto habitantes como viajeros expuestos, mientras que para los escenarios de la noche sólo se consideran a los habitantes (se asume que hay número no significativo de viajeros).

Los resultados obtenidos del Amoníaco se muestran en la Figura 8.24; para el escenario de día se consideró una banda de 0.5km y se obtuvieron 199,609 habitantes expuestos y 317,480 viajeros expuestos en hora pico (79,370 viajeros expuestos en un periodo de 15 minutos), mientras que para el escenario de la noche, se consideró un ancho de banda de 1.20km y se obtuvieron 458,686 habitantes expuestos.

Los resultados anteriores implican que, con base en el modelo de banda fija, si sólo se toman en cuenta a los habitantes, es peor transportar amoníaco durante la noche que durante el día aunque haya congestión. Pero si se toman en cuenta tanto habitantes como viajeros (517 089 personas), la cantidad de personas expuestas durante el día sería muy similar al de la noche (458 686 habitantes), a pesar de que el ancho de la banda es menor en el escenario de día.

Por otro lado, los resultados de la modelación del Cloro se muestran en la Figura 8.25, para los escenarios de día y de noche. Los resultados indican que resulta mucho más peligroso el transporte de cloro con respecto a cualquier escenario de transporte del Amoníaco. También resulta que es mucho peor transportar el cloro durante la noche que durante el día con congestión.

Por lo tanto, de acuerdo al Modelo de Banda Fija, en el cual se basa la “Guía de Respuesta Rápida a Emergencias” (US DOT, 2008), es mejor transportar el Cloro de día, y el Amoníaco de día pero cuando de preferencia no haya congestión.

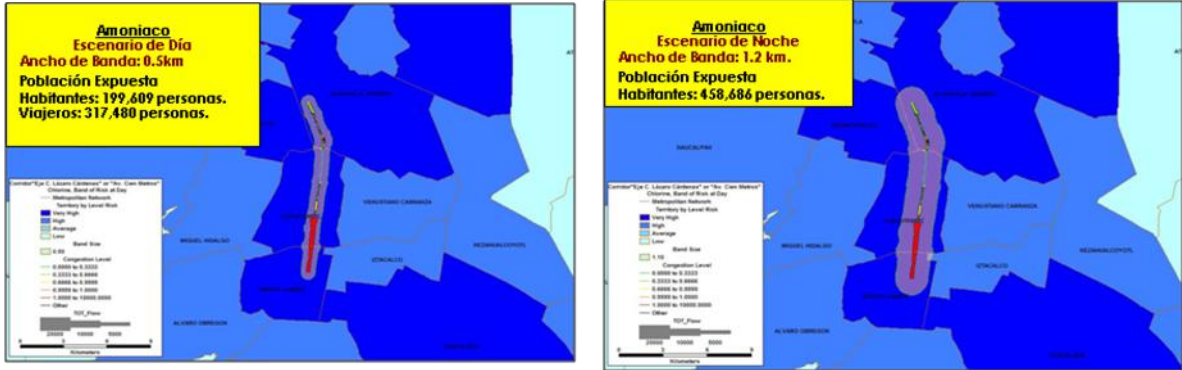


Figura 8.24 Modelación de un accidente de transporte de amoníaco para escenarios de día y de noche.

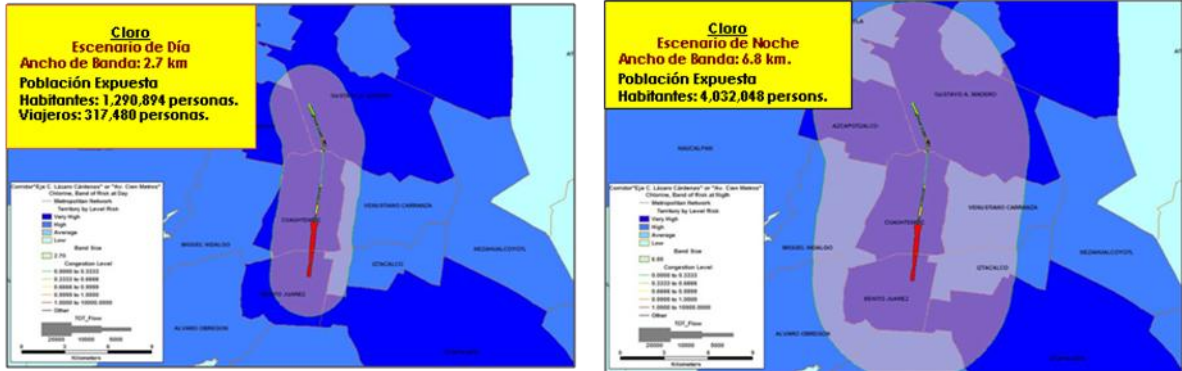


Figura 8.25 Modelación de un accidente de transporte de cloro para escenarios de día y de noche.

9. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN EXPUESTA A ACCIDENTES DE TRANSPORTE DE MPS QUÍMICOS MEDIANTE MODELOS DE DISPERSIÓN

Para explicar el comportamiento de los MPs químicos en el ambiente, se debe tener información sobre las propiedades físico-químicas de estos y el mecanismo de transporte de las moléculas, así como las condiciones atmosféricas y geográficas del lugar en donde puede ocurrir una dispersión de tóxicos del químico.

En muchos casos, predecir qué es lo que ocurrirá cuando se presenta la dispersión de un MP en un accidente de transporte, resulta muy complejo debido a la cantidad de datos requeridos por los científicos para simular escenarios lo más reales posibles y que sólo pueden ser obtenidos bajo condiciones controladas de laboratorios, condiciones muy estrictas de lo que ocurre en un medio ambiente natural. No obstante de lo complejo del problema, con las características físico-químicas que han podido determinar los científicos para un gran número de MPs químicos, ha sido posible tener información suficiente para predecir el comportamiento molecular de los materiales en el aire, suelo, subsuelo, agua subterránea o superficial, entre otros. La forma en que se mueven los MPs químicos, desde una fuente emisora de dispersión hasta los puntos donde existe exposición para el ser humano, implica una serie de movimientos de gases, líquidos y otras partículas sólidas dentro de un medio determinado y en interfaces entre el aire, el agua y suelo esencialmente, y son varios los modelos matemáticos mediante los cuales es posible estudiar escenarios del comportamiento medioambiental de los MPs químicos.

Para el caso de interés de estudio, son utilizados modelos matemáticos que permiten estimar la población expuesta que puede quedar inmersa en una zona de peligro, cuando ocurre un accidente de transporte y es generada una fuente de emisión de tóxicos desde el contenedor del vehículo que los transporta; esto implica un determinado comportamiento de los materiales peligrosos químicos al dispersarse en el aire, según las condiciones físico-químicas bajo las cuales deben ser transportados, las condiciones atmosféricas y geográficas de la zona de estudio (en este caso de la Zona Metropolitana del Valle de México), y los posibles efectos en la salud de la población expuesta.

El objetivo de este capítulo es presentar, como parte de la metodología propuesta, el procedimiento para estimar la población expuesta a accidentes de transporte de los MPs químicos seleccionados, cloro y amoníaco, sobre un corredor de primera jerarquía de peligro de la ZMVM, mediante la aplicación de modelos de dispersión en escenarios de día y de noche y bajo condiciones atmosféricas reales, con el fin de determinar el nivel de peligro para diferentes escenarios.

Este capítulo se divide en seis apartados, el primero de ellos explica la influencia de las variables meteorológicas que son incluidas en los modelos matemáticos de dispersión de los MPs químicos; el segundo apartado (9.2) presenta las bases conceptuales de los modelos matemáticos de dispersión que explican el comportamiento de los gases tóxicos en el aire; después, el apartado 9.3 presenta las bases teóricas del modelo de dispersión de Pluma Gaussiana utilizado para el estudio del comportamiento de gases tóxicos más ligeros que el aire; enseguida el apartado 9.4 presenta las bases teóricas del modelo “Dense Gas Dispersión (DEGADIS)”, utilizado para el estudio del comportamiento de gases pesados; el apartado 9.5 presenta la estimación de las áreas de exposición, correspondiente a los químicos seleccionados (cloro y amoníaco), para varios escenarios, mediante modelos de dispersión, con aplicación al caso de un corredor de la ZMVM y; finalmente el apartado 9.6, muestra la estimación de la población expuesta en las áreas mencionadas, para varios escenarios.

9.1. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS EN LOS MODELOS DE DISPERSIÓN DE MPS QUÍMICOS

Cuando se produce la emisión de un material peligroso (MPs) químico en forma de gas o vapor en la atmósfera (US- DOT, 1988), ya sea como dispersión procedente de alguna fuente móvil o fija, ya sea como una fuga de gas como tal, o como consecuencia de la evaporación de un charco de líquido, dicho gas en contacto con la atmósfera puede dispersarse, extenderse y diluirse en función de las condiciones meteorológicas.

Por tanto, para la modelación de las zonas de exposición de accidentes de transporte de MPs químicos que tienden a la dispersión, es necesario conocer: (i) las condiciones físico-químicas en que son transportados dichos materiales; (ii) los valores de las variables meteorológicas que predominan en la zona de estudio y; (iii) las características del terreno del sitio en donde ocurre la dispersión.

Las variables meteorológicas que principalmente son consideradas en los modelos de matemáticos de accidentes de transporte de MPs, considerando dispersión de tóxicos son las siguientes: a) la velocidad y la dirección del viento; b) la humedad; c) la aspereza del terreno; d) la radiación solar; e) la estabilidad del sistema; f) la inversión térmica y; g) la humedad relativa del sistema. Estas variables influyen directamente en el tamaño y la forma de la nube de tóxica del MPs químico que se dispersa y también en el tiempo de dilución de los tóxicos en la atmósfera y en su nivel de concentración, por lo que siempre es necesario conocer los valores de dichas variables meteorológicas para hacer predicciones cualitativas y cuantitativas, lo más realistas posibles, sobre la dimensión de una zona de exposición lo cual es sumamente importante para determinar el tamaño de la población expuesta, y valorar el tipo de efectos en la salud o vida de las personas posiblemente afectadas.

Por lo general en las ciudades, las mediciones de las variables meteorológicas se realizan por estaciones fijas de monitoreo atmosférico a 10 metros de altura, lo cual puede permitir orientar las decisiones de los cuerpos de emergencia cuando existe un accidente de transporte de MPs químicos que tienden a la dispersión. Dicha información puede permitir:

- i. Tomar la decisión oportuna y correcta en cuanto a la dirección en que deben ingresar los cuerpos de emergencias y de protección civil a una zona afectada;
- ii. Seleccionar el equipo adecuado para atender la emergencia y;
- iii. Modelar el tamaño y la forma de la zona de exposición o áreas de impacto para resguardo, evacuación y atención inmediata.

Para modelar las zonas de exposición o áreas de impacto consideradas por accidentes de transporte de MPS químicos, además de la información de las estaciones fijas de monitoreo atmosférico, es necesario un equipo de cómputo, el software adecuado, el instrumento de comunicación y la capacitación debida de los cuerpos de atención de emergencias.

En los países más desarrollados, los cuerpos de emergencia cuentan con estaciones de monitoreo móviles y los equipos y software adecuados para la rápida toma de decisiones, por lo que aún cuando Estados Unidos, Canadá y México tienen como primera referencia la “Guía de Respuesta Rápida a Emergencias” (US- DOT, 2008), lo cierto es que sólo en Estados Unidos y Canadá, los cuerpos de emergencia están trabajando cada vez más con estaciones de monitoreo móviles, y los equipos adecuados de cómputo y software, para la rápida toma de decisiones y atención inmediata a la población expuesta en caso de emergencia por accidentes de transporte en MPs químicos.

Debido a la importancia de la influencia de las variables meteorológicas en los modelos de dispersión de MPs químicos, a continuación se explican las bases conceptuales de cada una de ellas (US-DOT, 2004b).

a) Velocidad del Viento

La variable velocidad del viento, influye directamente en el tiempo, elevación, forma (ancho o largo) en que viajara la nube tóxica y, en nivel de concentración de contaminantes⁵⁵. Se puede decir que en general determina la cantidad de dilución inicial que experimenta una nube tóxica, la cual gráficamente vista desde arriba toma la forma de una Pluma Gaussiana como la que se presenta en la Figura 9.1⁵⁶.



Figura 9.1 Vista la huella de una nube tóxica con forma de una Pluma Gaussina

En la medida en que la velocidad del viento aumenta, la elevación de la pluma disminuye y se deforma por el viento, manteniéndose más cercana del nivel del suelo y con mayor probabilidad de causar daños a distancias más cortas. Sí la nube viaja cerca del nivel del suelo, la fricción en tierra disminuye la velocidad del viento, así en elevaciones más altas, la velocidad del viento es más rápida y, más arriba la velocidad del viento alcanza su límite máximo de velocidad.

Para identificar la fuerza vectorial del viento, se utiliza la escala de Beaufort según la Tabla 9.1, en donde se observan diferentes niveles de la intensidad del viento. Cabe señalar que la escala no se asocia a una altura específica de referencia⁵⁷, pero sí muestra algunas pistas ambientales que permiten diferenciar la fuerza del viento y determinar el número de mediciones que deben realizarse en el caso de cambios bruscos de la velocidad del viento.

55 Cuando el viento es más lento, la nube serpentea más y dependiendo del tipo de material puede diluirse en más o menos tiempo.

56 En la siguiente sección se presenta mayor detalle sobre las bases del modelo matemático Pluma Gaussiana.

57 El Servicio Nacional de Meteorología toma las mediciones y divulga la velocidad del viento medida desde una altura de 10 metros.

Tabla 9.1. Velocidades del viento

Velocidad (metros/segundo)	Nudos	Descripción Internacional	Pistas Ambientales
< 1	< 1	Calmado	Viento calmado; el humo sube vertical.
<1 – 2	1 – 3	Aire Ligero	Viento ligero, la dirección del viento se observa en el humo, el viento no mueve las ramitas de los árboles o arbustos.
2 – 3	4 – 6	Brisa Ligera	Brisa ligera, se siente el viento en el rostro, las ramitas se mueven por el viento.
3 – 5	7 – 10	Brisa Fuerte	Deja de ser brisa apacible y se observa movimiento constante de las ramas pequeñas, el viento extiende la bandera ligera
5 – 8	11 – 16	Moderado	Viento moderado, saca el polvo, papel flojo y pequeñas ramas y hojas sueltas.
8 – 11	17 – 21	Fresco	Los árboles pequeños comienzan a sacudirse y dejan caer hojas frescas; se siente agua desde tierra adentro
11 – 14	22 – 27	Fuerte	Las ramas grandes y fuertes tienen movimiento; se escucha el silbar en alambres del telégrafo; se usan paraguas con dificultad
14 – 17	28 – 33	Cercano al Ventarrón	Los árboles enteros se mueven con el vendaval; se dificulta caminar en contra sentido
17 – 21	34 – 40	Ventarrón	El vendaval, rompe las ramas de los árboles; generalmente impide avanzar.

1 nudo = 1,2 millas por hora.

b) Dirección del Viento

Por lo general, la dirección del viento se define como la orientación del vector del viento en la horizontal; específicamente con propósitos meteorológicos, la dirección del viento se define como la dirección desde la cual sopla el viento y, se mide en dirección de las agujas del reloj con referencia al norte real.

La dirección del viento determina la forma en que se moverá la nube tóxica de algún MPs químico en forma de gas; tomando como referencias un sistema cartesiano, es posible definir la orientación de la pluma hacia una determina zona.

En un área urbana la dirección del viento puede llevar la nube tóxica hacia zonas de mayor o menor densidad población, por lo que el tamaño de la población expuesta puede ser distinto dependiendo justamente de la dirección del viento.

La Tabla 9.2 muestra el perfil o dirección del viento en grados, a partir del sistema cartesiano que puede trasladarse sobre un territorio determinado.

Tabla 9.2. Perfil o dirección del viento

Dirección	Nomenclatura	Grados
Norte	N	0 o 360
Sur	S	180
Nor-noreste	NNE	22.5
Sur-sureste	SSO	202.5
Nor-este	NE	45
Sur -oeste	SO	225
Este- noreste	ENE	67.5
Oeste –suroeste	OSO	247.5
Este	E	90
Oeste	O	270
Este-sureste	ESE	112.5
Oeste-noroeste	ONO	292.5
Sur-este	SE	135
Nor-oeste	NO	315
Sur –sureste	SSE	157.5
Nor-noroeste	NNO	337.5

c) Aspereza de la Tierra

Una nube tóxica puede ser afectada por la fricción entre la tierra y el aire, esta fricción es causa de las turbulencias atmosféricas, por lo que el aire cuanto más cercano se encuentra de la tierra tiene un tiempo de movimiento mayor o menor según sea la aspereza de la superficie de tierra. Es decir, en relación a número de elementos fijos que se encuentran en un terreno de estudio, se tendrá un mayor o menor grado de turbulencia atmosférica que influirá también en la forma y velocidad en que la nube tóxica se mueve, se mezcla y se diluye en la atmosfera.

Por tanto, conocer la aspereza de tierra para modelar una zona de exposición en función del número y tamaño de elementos presentes en el suelo urbano, es muy importante para modelar la zona de exposición afectada por una nube tóxica, ya que ello determinará su tamaño, la forma y el tiempo de movimiento así como la dilución de los tóxicos dañinos a la población expuesta.

El grado de aspereza de un terreno puede clasificarse mediante las Equivalencias de Brutseart (1982) que se muestran en la Tabla 9.3, que es la base de los indicadores de aspereza del terreno que se usan con el Software ALOHA (US EPA, 2004a; b). Para un lanzamiento bajo el viento o en favor del viento, los indicadores son los siguientes:

- Aspeza de la Tierra en Zona Abierta: que se usa cuando se considera que el terreno tiene un grado bajo de aspeza y por tanto la turbulencia es baja debido a que existen pocos elementos fijos que pudieran influir en la forma, tamaño y movimiento de una nube tóxica. Como ejemplos de este tipo de terrenos se pueden considerar las tierras agrícolas, los prados, las áreas sobre una carretera rural o grandes áreas de estacionamiento.
- Aspeza de la Tierra en Zona Urbana o Bosque: el cual se usa cuando se considera que el terreno tiene el más alto grado de aspeza debido al número importante de elementos fijos que hacen que la turbulencia sea muy alta. Ejemplos de esta categoría de terrenos son los espacios urbanos con importantes áreas residenciales, comerciales e industriales y los bosques.

Entonces, de manera general se puede decir que una nube tóxica generada por un accidente de transporte de MPs en un área urbana, viajará más lenta por encontrarse con un mayor grado de aspeza y turbulencia, debido a la cantidad de elementos fijos que se encuentran localizados en el terreno, como edificios, casas y todo tipo de construcciones; por tanto, la huella de la nube tóxica será más ancha comparada con respecto a la huella de la misma nube que viaje en un terreno abierto en donde existen pocos elementos de fricción.

Tabla 9.3. Grado de aspeza de un terreno según Equivalencias de Brutsaert

Descripción	Grado (cm)
Pisos de barro o hielo	0.001
Asfalto o pistas de aeropuertos	0.002
Grandes superficies de agua (promedio)	0.01- 0.06
Terrenos con césped de 1 cm de alto	0.1
Terreno de Aeropuerto	0.45
Pradera	0.64
Terreno artificial de 7.5 cm de alto	1
Terreno con espesor de 10 cm de alto	2.3
Terreno fino de 50 cm)	5
Terreno o llano con rastrojo de trigo (18 cm)	2.44
Terreno con arbustos o árboles de 1-2 m de altura	4
Terreno con vegetación de 1-2 m de altura	20
Terreno con árboles de 10-15 m de alto	40-70
Terreno de sabana con algunos árboles, césped y arena	40
Ciudad grande o metrópoli	165

d) Temperatura

La temperatura es otra de las variable importante que se consideran en los modelos de dispersión, ya que ésta puede influir en la estimación de la tasa dispersión bajo el viento de los gases tóxicos que pudieran generarse por un accidente de transporte de MPs.

La temperatura afecta las propiedades físico químicas, dependiendo de la Clase y División de cada MPs, según sus condiciones de transporte con respecto a la temperatura interna del tanque, ya sea como gas comprimido, licuado, refrigerado, disuelto o no comprimido. La condición general para los MPs químicos, indica que cuanto más alta es la temperatura del aire en la atmosfera, es más rápida la tasa de dispersión y por tanto es necesario que en el caso de un accidente de transporte de MPs químicos, se tengan disponibles los valores de la temperatura, lo más exacto posible, ya sea medidos en Grados Fahrenheit (°F) o Centígrados (°C).

e) Cubierta de Nubes

La cubierta de nubes es otra variable atmosférica que puede influir en la tasa de dispersión de los gases tóxicos de un determinado MPs químico, ya que esta variable determina la cantidad de radiación solar que puede entrar en la zona de exposición donde ocurre un accidente de transporte. La cubierta de nubes se mide generalmente en tenths, conforme se presenta en la Tabla 9.4. Indicadores para la cubierta de nubes, se presenta a continuación:

Tabla 9.4. Indicadores para la cubierta de nubes

Valor en Tenths	Pista Ambiental
10	Cielo cubierto Totalmente de Nubes
5	Cielo cubierto a la mitad
0	Cielo totalmente despejado

a) Inversión Térmica

La inversión térmica es una condición atmosférica de aumento de la temperatura con la altitud, es decir ocurre cuando en la tropósfera la temperatura disminuye con la altura en aproximadamente 6.5 °C por kilómetro y entonces se frenan los movimientos de la atmosfera; es como si se tuviera una capa inestable cercana a la tierra debajo de una capa estable que detuviera el ascenso del aire, que es más frío y denso en la parte inferior. Esto ocurre principalmente durante el invierno, en situaciones anticiclónicas fuertes que impiden el ascenso del aire y concentran la poca humedad en los valles y cuencas, generando nieblas persistentes y heladas.

La inversión térmica termina cuando se calienta el aire cercano al suelo y se restablece su circulación normal en la tropósfera, y esto puede ser cuestión de horas o persistir durante días, en función de las demás variables del sistema atmosférico.

La inversión térmica es muy importante en ciudades o zonas urbanas muy contaminadas, porque los gases contaminantes y las partículas suspendidas se retienen sobre las ciudades y aumentan sus niveles de concentración, haciendo muy lenta la dispersión de los diversos contaminantes con consecuencias graves para la salud.

En el caso de ocurrencia de un accidente de transporte de MPs químicos en una situación de inversión térmica, podría atrapar los gases tóxicos debajo de la altura de la inversión ⁵⁸ y aumentar sus niveles de concentración cerca del nivel del suelo, lo que aumentaría el nivel de peligro a la salud o a la vida de las personas. La inversión baja puede aumentar perceptiblemente la concentración de un gas neutralmente flotante al nivel del suelo, porque las moléculas de estos gases en condiciones atmosféricas normales se dispersan hacia arriba y hacia afuera y se transportan en favor de la dirección del viento y, en el caso de una inversión baja pueden ser más densos al nivel del suelo. Una nube pesada del gas, en contraste, permanece cerca de la tierra al momento en que inicia su dispersión, y no es afectada normalmente por la inversión aún siendo ésta muy baja.

b) Humedad

La humedad relativa se define como el cociente de la cantidad de vapor de agua que el aire contiene, con respecto a la cantidad máxima de vapor de agua que podría sostenerse en temperatura y presión normal del ambiente. Se mide en porcentajes del cero al 100%. Cuando la humedad relativa es del 50%, el aire contiene la mitad de vapor de agua que podría potencialmente sostener.

c) La Clase de la Estabilidad Atmosférica

La estabilidad de un sistema se define en función de la presión atmosférica que es la fuerza del aire sobre la tierra; por tanto, cuando el aire está frío éste desciende a la tierra haciendo que la presión en la tierra aumente y provoca que se genere un sistema atmosférico estable. Si el aire es caliente entonces asciende, la presión en la tierra disminuye y se provoca un sistema atmosférico inestable. Estas situaciones influyen en las propiedades físico-químicas de los MPs químicos que pudieran dispersarse en caso de un accidente, ya que al interior del tanque en donde se transportan se tiene una cierta presión para viajar como gas comprimido, licuado, refrigerado, disuelto o comprimido y, al momento de ocurrir un accidente en el que el gas se dispersa, éste cambia drásticamente su presión de almacenamiento en el tanque que es variable dependiendo de la estabilidad del sistema atmosférico.

Para explicar la estabilidad de un sistema atmosférico, se tienen seis categorías, según se muestran en la Tabla 9.5, que representan los diversos grados de estabilidad de una combinación de factores de turbulencia, radiación solar, nubosidad y humedad, los cuales son compatibles con cada categoría del viento (US-EPAb).

⁵⁸ La altura del cambio precipitado de la estabilidad atmosférica es llamada altura de la inversión. El modelo de Dispersión Gaussiano de ALOHA puede considerar inversiones, no así el modelo de Gases Pesados.

Tabla 9.5. Clases y categoría de estabilidad de un sistema atmosférico

Clase de Estabilidad	Categoría	Pistas Ambientales
A	Inestable	Turbulencia moderada, radiación solar alta, cielo despejado, sin humedad y temperatura caliente.
B	Inestable	Turbulencia moderada, radiación solar alta, cielo despejado, sin humedad y temperatura caliente.
C	Estable	Turbulencia baja, radiación solar débil y cielo con cubierta de nubes media, humedad media y temperatura media.
D	Estable	Turbulencia baja, radiación solar débil o inexistente y cielo totalmente cubierto de nubes, humedad media y temperatura media.
E	Estable	Turbulencia media, radiación solar débil y cielo con cubierta de nubes media, humedad media y temperatura fría.
F	Estable	Turbulencia baja, radiación solar débil o inexistente, cielo con cubierta de nubes total, humedad alta y temperatura fría.

Las condiciones inestables se asocian a las clases -A y B- de estabilidad atmosférica. Un ejemplo se tiene cuando el nivel de turbulencia es moderado, hay cielo despejado y radiación solar alta y, la temperatura es caliente, entonces el aire cercano a la tierra se levanta y genera grandes remolinos, por lo que se considera que el sistema atmosférico es inestable.

Las condiciones estables se asocian a las clases -C, D, E, y F-. Como ejemplo se tiene cuando la radiación solar es relativamente débil o ausente, y el aire cercano de la superficie de la tierra tiene una baja tendencia a levantarse, lo cual correspondería a la clase E y, si el viento es débil correspondería a las clases C, D y F.

La estabilidad neutral de un sistema atmosférico, mantiene un nivel de turbulencia moderado, asociado a una velocidad del viento relativamente moderado, radiación solar o cubierta de nubes media y humedad al 50 por ciento.

La clase de la estabilidad siempre tiene un efecto importante en el tamaño de la huella pre-estimada de una nube tóxica, ya que ésta es definida en función de la combinación de las principales variables de un sistema atmosférico y por ejemplo, si las condiciones son inestables un gas siempre se mezcla más rápidamente con el aire de alrededor que cuando se tienen condiciones estables, en cuyo caso el tiempo y nivel de concentración de los tóxicos es mayor a nivel del suelo ⁵⁹.

59 ALOHA cuenta con que la nube no se extienda muy lejos en condiciones estables, porque la nube tóxica puede diluirse rápidamente por debajo del nivel de concentración.

9.2. MODELOS DE DISPERSIÓN

La dispersión es un término utilizado por modeladores para explicar el comportamiento del movimiento horizontal y vertical de los gases en la atmósfera, que depende de lo siguiente (EPA-450/488-006a, 1988): (a) las condiciones atmosféricas: temperatura, velocidad y dirección del viento y, presión exterior; (b) las condiciones topográficas y las características del terreno, tomando en cuenta los espacios construidos como edificios de varios niveles o si se trata de espacios con terrenos abiertos sin obstáculos y; (c) la fuente de origen de la dispersión, misma que puede ser finita o infinita, móvil o fija, y que restringe las condiciones de transporte o almacenamiento en los envases o contenedor del gas por tipo y volumen del material.

La dispersión puede ser modelada por medio de expresiones matemáticas que permiten calcular, evaluar o predecir la concentración de contaminantes a nivel del suelo a una distancia (x) de una fuente emisora. Para ello, se tienen en cuenta diversos factores que afectan la dispersión de contaminantes, como las condiciones meteorológicas, las condiciones del foco y de los gases en la salida del mismo, así como factores obtenidos estadísticamente a través de un histórico de medidas.

Por tanto, la peligrosidad de un agente contaminante que se dispersa, está en función del número de personas que quedan expuestas bajo la nube tóxica, que es posible estimar de forma teórica mediante modelos matemáticos de dispersión atmosférica (DGPCES, 2003), mismos que pueden clasificarse con base en las hipótesis y algoritmos fundamentados en:

A) Modelo Gaussiano.- Modelo que se utiliza para modelar el esquema de dispersión en la atmósfera, de gases neutralmente flotantes (gases con densidad similar a la densidad del aire en temperatura ambiente); su formulación se basa en la distribución de Gauss, y permite estimar concentraciones tóxicas que se encuentran lejos de la fuente de origen de la dispersión. Se recomienda su aplicación para el estudio de contaminantes no reactivos.

B) Modelo Euleriano.- Modelo que permite analizar el comportamiento de la dispersión de químicos en la atmósfera, en relación con un sistema fijo de coordenadas, estudiando su evolución a lo largo del espacio mediante algoritmos de conservación de masa, calor y de transformaciones químicas. Es recomendado para modelar la dispersión de contaminantes reactivos y situaciones complejas.

C) Modelo Lagrangiano.- Modelo que mediante el estudio de fluidos, admite analizar el comportamiento que acompaña el movimiento de los compuestos químicos desde un sistema de referencia. Recomendado para situaciones con sustancias altamente peligrosas.

Para cualquiera de los modelos, se asume que la población expuesta se determina a partir del valor en que los niveles de concentración de tóxicos pueden colocar en peligro a las personas, desde el punto físico en que ocurre el incidente y después del momento de la liberación. Se considera entonces que un individuo está "expuesto", si la toxicidad impuesta del MP's está en o más arriba del nivel asociado al Nivel de Concentración Inmediatamente Peligroso a la Vida y a la Salud (Immediately Dangerous to Life and Health, IDLH (US- NIOSH, 1994); (Manish V., V.Verter, 2005).

El caso que ocupa esta investigación, es el referente al análisis del comportamiento de materiales químicos peligrosos que se dispersan en la atmósfera por la ocurrencia de un accidente durante su transporte, es decir, se estudia la ocurrencia de la emisión de un químico en forma de gas desde una fuente móvil y el cual puede tener un comportamiento como gas neutralmente flotante o gas pesado, por lo que a continuación son descritos los Modelos Gaussiano y Euleriano (con DEGADIS).

Cabe señalar, que los incidentes no deseados de transporte de MPs químicos, puede presentarse también en forma de explosión o derramamiento.

9.3. MODELO DE DISPERSIÓN DE PLUMA GAUSSIANA

El Modelo Pluma Gaussiana simula la dispersión de MPs químicos en forma de gas neutralmente flotante, y mediante el cual es posible estimar la distribución espacial del nivel de la concentración del tóxico sobre un determinado territorio con una duración finita o continua (Erkut et al, 2005).

Según este modelo, el viento y la turbulencia atmosférica son las principales fuerzas en las que se mueven las moléculas de un gas liberado. La nube que escapa se mueve en favor del viento, y la mezcla turbulenta causa que el agente contaminante se disperse fuera y a través de la dirección del viento, en direcciones hacia arriba (US-EPA, 1988).

El esquema de la concentración de la nube móvil se presenta en la Figura 9.2 Tiene la forma de una curva acampanada, con más alta concentración hacia el centro y en la parte alta de la campana y, más baja hacia los lados de la misma. En el punto de origen de la liberación del gas se tiene una concentración muy alta del agente contaminante, particularmente porque en ese momento y espacio, el gas no se ha propagado a través del viento. Cuando la nube de gas contaminante se comienza a mezclar y dispersar en favor del viento, los tóxicos se mueven hacia afuera de la campana que se hace cada vez más ancha y plana.

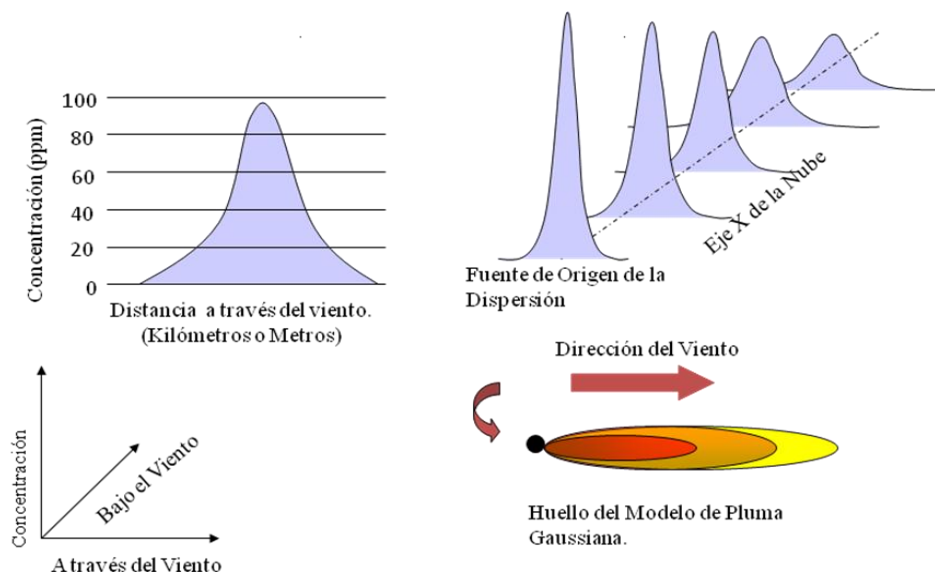


Figura 9.2 Diagrama esquemático del modelo de Pluma Gaussiana

9.4. MODELO “DENSE GAS DISPERSIÓN (DEGADIS)”

La clasificación de los gases pesados (US-EPA, 1988; 2004b). se realiza con base en el grado del peso molécula por arriba del aire; un gas que tiene un peso molecular mayor al peso medio molecular del aire (29 kilogramos por kilo-molécula), forma una nube contaminante pesada al ser liberado.

Gases como el amoníaco anhídrido o el propano, a temperatura ambiente son más ligeros que el aire cuya densidad es cerca de 1.1 kilogramos por metro cúbico, y por seguridad, se almacenan en un estado criogénico (a baja temperatura), por lo que en caso de una dispersión por ruptura de su contenedor o falla de válvula, tienden a formar nubes similares a las de un gas pesado cuando se libera y momentos después se comporta como un gas ligero conforme se mezcla con el aire a temperatura ambiente, esto es, se observa primero una disminución brusca debido a que el gas es más pesado que el aire circundante y conforme la nube de gas se mueva en favor del viento, la gravedad esparce el gas causando que una parte del vapor viaje en contra de la dirección del viento y otra cambie su comportamiento como el de un gas neutralmente flotante.

Se puede decir que a mayor distancia y en dirección del viento, disminuye la densidad del gas, y por tanto su comportamiento será el de un gas neutralmente flotante; esto sucede porque la concentración del gas pesado al mezclarse con el aire circundante ocasiona que la densidad baje a cerca del 1 por ciento. En liberaciones pequeñas, esto ocurrirá en los primeros metros y en liberaciones grandes, esto puede ocurrir en favor del viento.

El modelo Dense Gas Dispersion (DEGADIS) de Spicer and Havens (1985), es del tipo Euleriano y permite simular la dispersión de gases pesados en períodos cortos de tiempo y definir áreas de exposición por nivel de peligro según la concentración tóxica de los gases, especialmente para el caso de derrames accidentales de gases químicos de composición molecular más pesada que el aire (tiene una aplicación especial para el Gas Natural Licuado).

El modelo DEGADIS fue presentado para la “U.S. Coast Guard” and “The Gas Research Institute”; La versión 1.0 de DEGADIS es una adaptación del modelo HEGADAS de la SHELL. En 1988, Havens incorporó la Versión 2.0 DEGADIS para integrar al modelo emisiones tipo JET, desarrollado por Coms, con el que se predice la trayectoria y difusión de una emisión contaminante tipo chorro (vertical), más densa que el aire y de gran altura.

En general, en el modelo DEGADIS se considera que existen tres fuerzas principales que actúan para la formación de una nube de dispersión:

- i. la fuerza de presión estática,
- ii. la fuerza dinámica de rozamiento, y
- iii. la fuerza de empuje del flujo atmosférico.

El modelo esquemático se presenta en la Figura 9.3, asumiendo que:

- a) la diferencia de densidad que existe entre las capas de la nube, es horizontalmente uniforme y;
- b) el área circular de la nube se asocia a un área rectangular equivalente a $2b$ de ancho y L de largo.

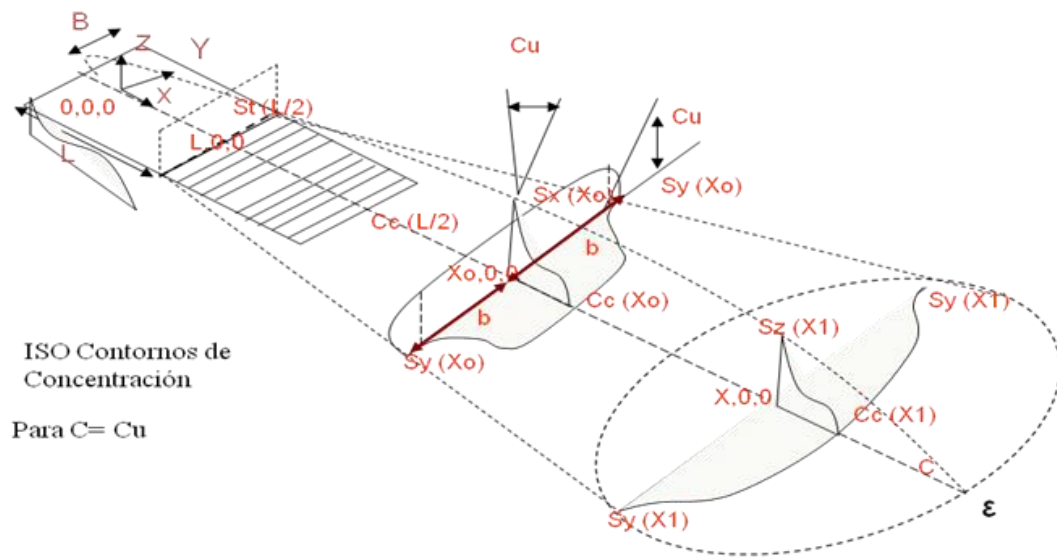


Figura 9.3 Diagrama esquemático del modelo DEGADIS (US-EPA, 1988)

Los perfiles de concentración vienen dados por las ecuaciones 1 y 2, donde:

$$c(x, y, z) = C_c(x) \exp \left\{ \left[\frac{|y| \times b(x)}{S_z(x)} \right]^2 - \left[\frac{z}{S_z(x)} \right]^{1+\alpha} \right\} \quad \text{para } |y| > b \quad \text{Ecuación 1}$$

$$c(x, y, z) = C_c(x) \exp \left\{ - \left[\frac{z}{S_z(x)} \right]^{1+\alpha} \right\} \quad \text{para } |y| \leq b \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde, C_c es la concentración de la línea céntrica, y S_z y S_y son los coeficientes promedios de dispersión vertical y horizontal.

La dirección del viento coincide con la del eje positivo de las x , y para cada categoría de estabilidad Pasquill se tiene un determinado α .

Estas ecuaciones permiten modelar un escape de gas estacionario o transitorio, o un escape de gas en forma de Jet.

En 1989, Spicer y Havens modificaron el modelo JET de Coms para incorporarlo a la versión DEGADIS 2.1= Pluma Jet, mediante el cual es posible definir un área de peligro tipo pluma Gaussiana, de sección transversal elíptica con entrada de aire.⁶⁰ El modelo fue validado en diversos experimentos de túnel de viento y en campo abierto, con gases como el gas natural, propano, amoníaco, tetróxido de nitrógeno y fluoruro de hidrógeno; como resultado de los experimentos de dispersión de gases en la atmósfera, se obtuvo una clasificación de los mismos según los siguientes tipos: (a) flotante dominante, (b) estable estratificado, (c) dispersión pasiva, y (d) emisiones tipo Jet o emisiones en chorro.⁶¹

Estos cuatro regímenes pueden estar presentes en diferentes grados, dependiendo de la velocidad y la dimensión de la emisión, la densidad del gas y las condiciones atmosféricas.

El modelo DEGADIS (EPA-450/488-006a, 1988) considera que cuando el gas químico se fuga de una fuente primaria (como por ejemplo un charco), la densidad del flujo del gas es menor que la cantidad de aire que entra en éste y, entonces la nube del agente contaminante es aerotransportada por el flujo atmosférico en dirección del viento. La dispersión entonces se modela con una distribución de concentraciones siguiendo la ley potencial de la dirección vertical del viento, que es modificada en dirección horizontal de forma Gaussiana. Es decir cuando el caudal de gas es mayor que el aire que entra, se forma una fuente secundaria de gas más denso que el aire sobre la fuente primaria, que se modela a partir de propiedades espaciales promedio. En este caso es incorporada a los cálculos, la entrada de aire por el frente de gas pesado a medida que el mismo cae por efecto de la gravedad.

Al evaporarse un líquido o al producirse una emisión instantánea de gas, se forma una nube que se dispersa viento abajo. El modelo considera a la nube como un cilindro que va aumentando su radio a medida que se difunde de forma radial, y general implica una forma elíptica para la pluma, si la misma es cortada transversalmente. El modelo predice la dispersión de la nube, para escenarios donde la pluma permanece en el aire o después de haber hecho contacto con el mismo suelo.

Las emisiones de gas jet son modeladas como emanaciones de material puro dirigidas verticalmente, ya que el modelo no simula emisiones en sentido horizontal. Se asume que el jet del agente contaminante es descargado desde un orificio circular con un perfil de velocidad uniforme. A una determinada distancia viento abajo de la emisión, los perfiles de velocidad y concentración se consideran

60 Parte de estos principios han sido incorporados al modelo ALOHA DEGADIS, el cual permite calcular niveles de concentración de gases tóxicos e inflamables liberados a gran altura sobre el nivel del suelo, con movimiento de emisiones tipo jet en ciertas condiciones atmosféricas y determinado tipo de terreno.

61 En las emisiones tipo jet, después que la energía cinética del flujo dirigido se disipa, el proceso de dispersión siguiente puede ser descrito como una pluma o nube establemente estratificada introducida en la corriente de viento.

Gaussianos, y el área definida antes de la formación de estos perfiles se denomina zona de establecimiento de flujo. Los llamados gases pesados se pueden dispersar en una extensión más pequeña que los gases neutralmente flotantes.

Pasquill y Gifford desarrollaron la Ecuación 3 para obtener el perfil de concentración.

$$c(x, y, z) = C_c(x) \exp \left\{ \frac{1}{2} \times \left[\frac{y}{\theta_y(x)} \right]^2 - \frac{1}{2} \times \left[\frac{z}{\theta_z(x)} \right]^2 \right\} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde $c_c(\mathbf{x})$ representa la concentración en la línea céntrica de θ_z y θ_y y la dispersión bajo el viento en función de \mathbf{x} .

9.5. ÁREAS DE EXPOSICIÓN POR MODELOS DE DISPERSIÓN DE ACCIDENTES DE TRANSPORTE DE MPS QUÍMICOS, PARA VARIOS ESCENARIOS

Para modelar accidentes de MPs, existe software tanto público como privado que puede ser usado según el tipo de accidente a modelar; en este caso el software fue seleccionado debido a que permite la modelación de accidentes de transporte de MPs en los que ocurre dispersión. (Anexo 11)

El Software de Modelación ALOHA DEGADIS (US EPA, 2004a), desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América (Environmental Protection Agency, EPA); es un software público que permite estimar la dispersión en la atmósfera de la nube del gas contaminante, la cual es mostrada mediante un diagrama de vista aérea o desde arriba. Esta información de la dispersión permite predecir las concentraciones y los niveles de peligrosidad que el gas alcanzará. El diagrama mencionado se denomina la huella de la nube, y representa el área predicha dentro de la cual se tienen los niveles de más alta concentración del gas contaminante, en una cierta hora y después de que un esparcimiento inicia.

La posibilidad de que ocurra un accidente en el transporte de un autotank en una zona urbana saturada pudiera parecer mínima, especialmente porque la velocidad de operación de los vehículos en las vías urbanas congestionadas (como en la ZMVM) es muy baja y, porque los autotank que transportan materiales peligrosos deben cumplir con normas oficiales de diseño y fabricación, con el fin de que se cumplan con los mayores requisitos de seguridad para movilizar las mercancías peligrosas, esto incluye la cisterna o tonel y los aditamentos al vehículo para protección de volcaduras, así como accesorios y válvulas.

No obstante, la ocurrencia de un cierto accidente puede ser atribuible a una combinación de factores como son las condiciones de operación (derivadas del operador y del vehículo), las condiciones de la infraestructura (el nivel de rugosidad y diseño geométrico de la vialidad), el tipo y características de diseño del vehículo, las condiciones atmosféricas, e incluso debidos a la mala operación de otros vehículos. Las consecuencias en cualquier caso, por dejar escapar o derramarse algún tipo de sustancia tóxica, son graves especialmente en los sitios en donde viven o viajan un gran número de personas.

Por lo anterior, con base en información sobre accidentes de transporte de los materiales químicos ocurridos en México y para analizar diferentes escenarios de población expuesta a incidentes no deseados de transporte de materiales peligrosos en zonas urbanas saturadas, fueron seleccionados dos químicos altamente peligrosos el Amoníaco y el Cloro.

La dispersión de estos materiales fue estudiada mediante los Modelos de Pluma Gaussiana y Gases Pesados (Erkut et al, 2005), calculando el área de impacto y concentración de los niveles de peligrosidad utilizando el software ALOHA, con información para la ZMVM.

Para generar los escenarios, fueron asumidas condiciones atmosféricas promedio reales de la ZMVM durante la estación de primavera, considerándose constantes bajo el viento a través del cual viaja la nube del agente tóxico cuando ocurre un accidente de transporte (Anexo 12).

Durante el día, la temperatura es de 18°C, se tiene una humedad relativa del 25% , una cubierta de nubes de 3 tenths, sin inversión, la velocidad mínima del viento es de 2.5 metros/segundo dirección norte para una estabilidad del sistema clase B, y con viento moderado de 8 metros/segundo para una estabilidad del sistema clase C⁶².

Durante la noche, la temperatura es de 7 °C, misma humedad relativa del 25%, velocidad mínima del viento de 2.5 m/s dirección norte y con viento moderado de 8 m/s, para ambos casos la estabilidad del sistema es clase D.

Para el análisis del comportamiento de los químicos seleccionados, se ha considerado la misma fuente, un autotanque de capacidad máxima de 22.4 m³ y cargado al 90% de su capacidad, el cual presenta una perforación mínima en la cisterna de 10 centímetros de diámetro a una altura de 1.13 metros del tanque en que se transportan los MPs químicos. Ambos materiales químicos se transportan como gases licuados, la temperatura interna del tanque para transportar el amoníaco es de -33°C y para el tanque de cloro es de -1.5°C.

En la Figura 9.4 se muestran las huellas de dispersión del Amoníaco como gas licuado, modeladas mediante Aloha-DEGADIS, para cuatro escenarios que consideran día o noche, y con viento de 2.5m/s o de 8m/s. Se observa en general que, la huella tiene diferentes dimensiones y consecuentemente diferente población expuesta en cada uno de los umbrales, que son el interno (rojo), el medio (naranja) y el externo (amarillo). Estas tres zonas permiten identificar las áreas de mayor peligro a la salud humana, las zonas de evacuación, y decidir sobre las medidas de control que deberán ser tomadas para minimizar los efectos dañinos del gas tóxico.

El área sombreada en rojo o la zona interna, es el área de mayor peligro para una población expuesta y está asociada a una consecuencia indeseable, mientras que en la zona externa (amarilla) es un área de exposición no severa.

El amoníaco puro (NH₃) a temperatura ambiente es un gas incoloro, de olor desagradable y picante, que se condensa a -33° C en un líquido incoloro y fácilmente movable, y que a -78° C se solidifica en cristales incoloros y transparentes. En condiciones normales (0° C y 760 mm) un litro de amoníaco pesa 0,7714 g, aproximadamente la mitad de un litro de aire. El amoníaco forma bases con todos los ácidos, las sales amoniacas, algunas de las cuales son importantes como abonos.

El IDLH para el amoníaco es de 300 ppm, mientras que para los cuatro escenarios generados, el nivel de concentración es de 750 ppm para el umbral rojo, 150 ppm para el umbral naranja y de 20 ppm para el umbral amarillo. Los efectos en la salud en las áreas de cada uno de los umbrales es diferencial con respecto al nivel de concentración y al tiempo de exposición de los individuos.

En caso del derrame de amoníaco, el flujo químico escapa del tanque de forma mixta como gas y aerosol (flujo de dos fases) con una tasa promedio sostenida de dispersión, como la que se muestra en la Figura 9.4, estimándose que el tiempo total de la dispersión del gas tóxico se dará en 19 minutos.

62 La información fue tomada del Servicio Nacional de Meteorología, por tanto se considera que las mediciones están tomadas a 10 metros de altura.

En el escenario 1, que representa al derrame de amoníaco de día y con viento de 2.5 m/s, el umbral rojo tiene una longitud de 1 kilómetro desde la fuente de origen y ocupa un área de 0.73 km², el umbral naranja tiene una longitud de 2.5 kilómetros y un área de 2.38 km² y el umbral amarillo tiene una longitud de 5.2 kilómetros y un área de 7.63 km².

Para el escenario 2, que representa al derrame de amoníaco de día con la velocidad del viento moderado de 2.8 m/s, básicamente la huella se alarga en comparación con la del escenario 1, pero disminuye el umbral rojo o zona de mayor peligro, de 1 km a 969 metros, definiéndose a un área de 0.15 km²; esto ocurre porque el viento favorece la dispersión de la nube tóxica.

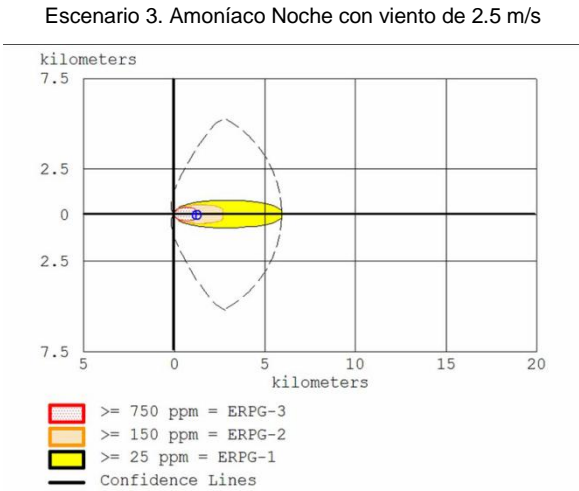
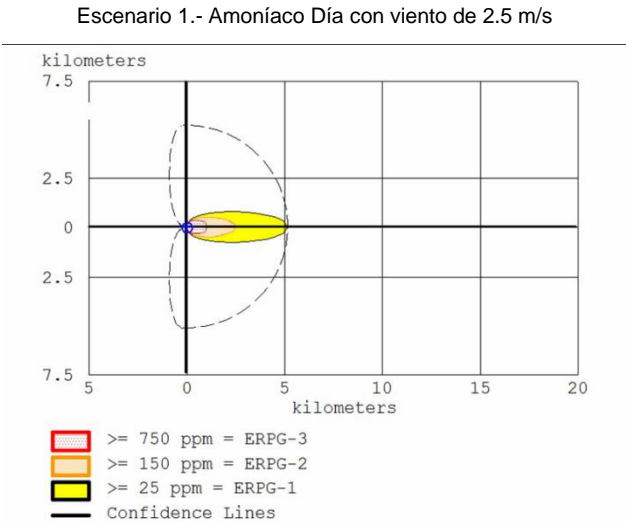
La comparación de los escenarios 3 y 4 de noche resulta similar; Estos escenarios, con temperatura de 7°C, presentan huellas ligeramente mayores a las correspondientes de los escenarios de día. En el escenario 3, de noche con viento de 2.5 m/s, el umbral rojo de mayor peligro tiene una longitud de 1.2 km y un área de 0.77 km². El mismo umbral rojo de noche con viento de 8 m/s tiene una longitud desde el origen de la fuente de 969 metros y una área de 0.17 km².

En cada caso, la concentración aumenta en relación al índice de esparcimiento del MP seleccionado, mientras que disminuye con la distancia al sitio del accidente según la velocidad del viento⁶³. Cabe señalar que la radiación solar del día y la temperatura son factores que influyen en la aceleración para la evaporación del gas tóxico.

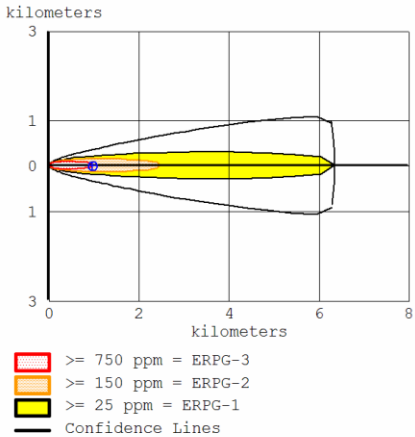
En cualquiera de los cuatro escenarios mostrados, los efectos del amoníaco para un individuo expuesto en el umbral rojo durante 15 minutos, son severos e incluso pueden ocasionar la pérdida de la vida por exposición prolongada. Los principales efectos son que si el tóxico llega a entrar profundamente en los pulmones, causa edema pulmonar (exceso de formación de fluido en los pulmones); el contacto del vapor causa quemaduras e inflamación de la piel, hinchazón de los ojos con posible pérdida de la visión y; se afecta el tracto respiratorio (laringe y bronquios) por causa de quemaduras cáusticas. En el umbral naranja y conforme a los niveles de concentración, el vapor puede causar dermatitis, inflamación de la piel ó conjuntivitis (inflamación de los ojos, visión nublada y molestias); y en el umbral amarillo es posible percibir un olor desagradable.

63 En contraste con lo observado a las estimaciones realizadas mediante buffers o bandas de anchura fija, el radio de cada área de impacto varía en relación con la tasa de esparcimiento (Manish V., V.Verter, 2005).

Amoniaco
IDLH: 300 ppm



Escenario2. Amoniaco Día con Viento Moderado de 8m/s



Escenario 4. Cloro Noche con Viento Moderado 8m/s

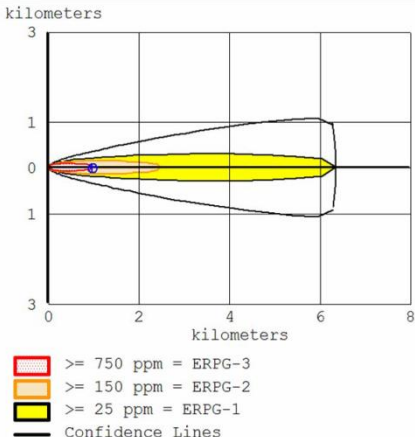


Figura 9.4 Modelación de la dispersión del amoniaco mediante ALOHA

Para el caso del Cloro (CL) cabe señalar que, a nivel mundial se procura realizar su consumo en el mismo lugar donde se fabrica, sin embargo su uso también es necesario en gran número de actividades químicas por lo que es inevitable transportarlo en ferrocarril, autotanques y las pequeñas cantidades en bidones y botellas.

El cloro (CL), en condiciones normales de temperatura y presión es un gas de color amarillo verdoso de olor penetrante, altamente tóxico e irritante y corrosivo para todo tejido vivo, causa quemaduras tipo ácido, destrucción del tejido y cortaduras. Este gas no se dispersa fácilmente en la atmósfera y tiende a depositarse en el suelo a consecuencia de su alta densidad; puede licuarse fácilmente bajo una presión de 6.8 atmósferas a 20 °C, tiene un punto de fusión de -101 °C, un punto de ebullición de -34.05 °C a una atmósfera de presión, y una densidad relativa de 1.41 a -35 °C.⁶⁴

La modelación de la dispersión del cloro fue realizada asumiendo las mismas condiciones atmosféricas y de origen de la fuente de dispersión que fueron tomados para los escenarios del amoníaco. En la Figura 9.5 se muestran las huellas resultantes para una tasa máxima promedio sostenida de dispersión de $Q = 7.340$ (kilogramos/min); se estima que la fuga del químico también se presenta como flujo de dos fases en 20 minutos.

En el escenario 5, que representa el derrame de cloro de día con viento de 2.5 m/s, el umbral interno (rojo) tiene una longitud de 3.4 kilómetros desde la fuente de origen y ocupa un área de 5.51 km²; el umbral naranja tiene una longitud de 8.3 kilómetros y un área de 18.44 km² y; el umbral amarillo tiene una longitud de más de 10 kilómetros y un área hasta donde fue posible estimar de 33.19 km².

Para el escenario 6, que representa el derrame de cloro de día con velocidad del viento moderado de 2.8 m/s, ocurre algo similar a lo ocurrido con los escenarios 1 y 2 del amoníaco, se alarga y angosta la huella (respecto a la del escenario 5), lo que disminuye el área del umbral interno (rojo) de mayor peligro, obteniéndose un área de 2.28 km², con una extensión de 3.9 kilómetros.

En los escenarios 7 y 8, que representan el derrame de cloro de noche, con una temperatura de 7 °C, la huella interna con viento de 2.5 m/s tiene una longitud de 3.6 km y un área de 4.77 km²; la huella interna con viento de 8 m/s tiene una longitud desde el origen de la fuente de 4.4 km y un área de 2.36 km². Esto significa que conforme el viento aumenta, la huella se alarga y se hace más angosta.

La nube tóxica que puede formarse de la dispersión del cloro, comparada con respecto a la nube del amoníaco, puede tener efectos mucho más dañinos no solo por sus dimensiones, sino especialmente por su densidad hacia el nivel del suelo y comportamiento en la concentración de tóxicos.

El IDLH para el cloro es de 10 ppm. De acuerdo a los resultados de la modelación con ALOHA, para los cuatro escenarios los niveles de concentración en los umbrales internos (rojos) son de 20 ppm, en el medio (naranja) de 2 ppm y, en el externo (amarillo) de 0.5 ppm. Lo anterior implica que una exposición prolongada en la zona del umbral interno de más alto peligro, produce efectos severos en su salud, como quemaduras en los ojos y la piel, edema pulmonar, estrechamiento de los bronquios,

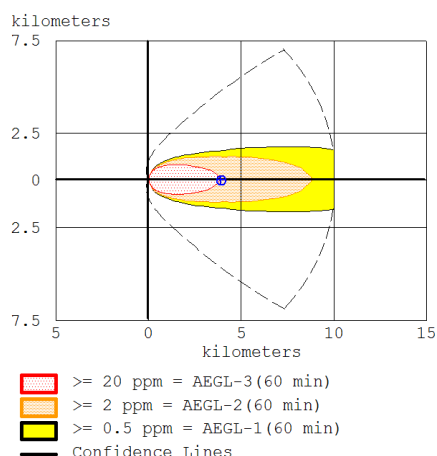
64 El Cloro fue la primera sustancia utilizada como gas venenoso durante la I Guerra Mundial.

irritación de las vías respiratorias, y congelamiento de la piel y hasta la muerte. La exposición en los umbrales medio y externo produce dolor de garganta, tos e irritación de los ojos y la piel, entre otros.

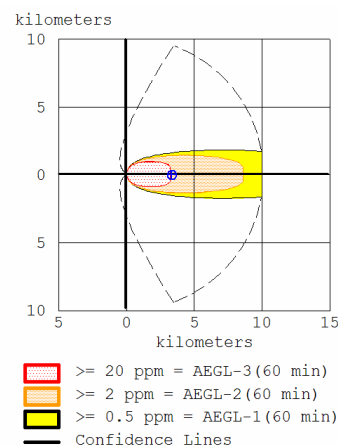
Por tanto, en caso de un incidente no deseado en el transporte de los MPs en una zona urbana, los efectos a la salud o a la vida de las personas dependen de la peligrosidad de las áreas (umbrales) donde se encuentren estos individuos. Las dimensiones de las áreas dependen de: el tipo de material, las condiciones atmosféricas, el tamaño del tanque y de la fuente de origen de la dispersión, y el volumen del material. En la siguiente sección es estimada la población (tanto habitantes como viajeros) en cada área de impacto.

Cloro
IDLH: 10 ppm

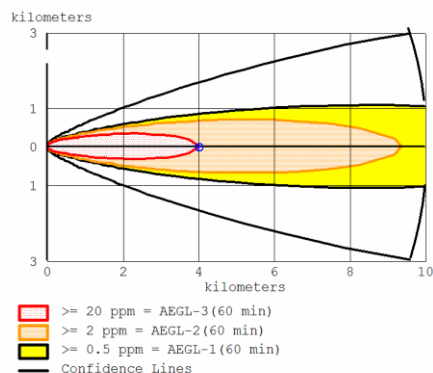
Escenario 5.- Cloro Día con viento de 2.5 m/s



Escenario 7.- Cloro Noche con viento de 2.5 m/s



Escenario 6.- Cloro Día con Viento Moderado de 8m/s



Escenario 8. Cloro Noche con Viento Moderado 8m/s

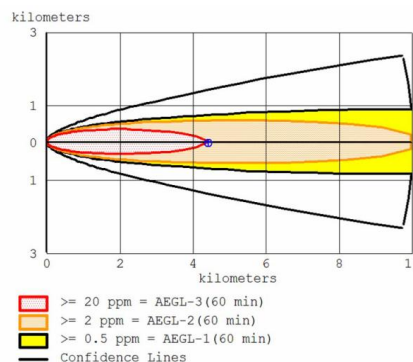


Figura 9.5 Modelación de la dispersión del cloro mediante ALOHA

9.6. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN EXPUESTA MEDIANTE MODELOS DE DISPERSIÓN PARA VARIOS ESCENARIOS

Con el objeto de estimar la población expuesta por corredor, la huella ALOHA-DEGADIS de los materiales seleccionados (Cloro y Amoníaco) fue transferida al Sistema de Información Geográfica de la ZMVM. Como ejemplo se muestra el corredor Eje Central o Avenida de los Cien Metros⁶⁵, el cual se localiza sobre territorio de más alto nivel de peligrosidad. La población expuesta estática (habitantes) y dinámica (viajeros) es estimada para cada huella y umbral de peligro.

Las huellas Gaussinas de Dispersión, debido a un incidente de transporte de amoníaco en el corredor del Eje Central, durante el día y la noche, con cambios en la velocidad del viento y la temperatura, se muestran en la Figura 9.6. La estimación de la población expuesta se presenta en la Tabla 9.6. A continuación se destaca lo observado en el umbral de más alto peligro, para los diferentes escenarios de dispersión del amoníaco.

Fueron estimados 9,852 habitantes expuestos en el umbral rojo de la huella del amoníaco, para el escenario de día con viento de 2.5 m/s y temperatura de 18 C, con un IDLH de 750 ppm.

Cabe destacar que para los escenarios de día, es muy importante considerar a los viajeros que se encuentran en el corredor en hora pico, y que para este caso se estiman en 45,321 viajeros por hora, o dicho de otra manera, puede haber 755 viajeros por minuto. Esto significa que al momento de alcanzar el nivel máximo de concentración en el umbral interno (5 minutos), habría 3,777 viajeros expuestos.

Asimismo dado existe congestión en el corredor, los servicios de emergencia tendrán dificultad de acceso para llegar al punto del incidente por lo que en 15 minutos, límite del IDLH para no sufrir daños, estarán expuestos del orden 11,330 viajeros. En total la población expuesta sería de 21,182 habitantes y viajeros que, podrían tener daños graves a la salud por inhalación del gas tóxico o incluso podrían perder la vida en una situación de emergencia.

En el escenario 2 para un viento de 8m/s y misma temperatura para el día, en el umbral interno de más alto riesgo, se estiman 2,066 habitantes y 30,419 viajeros expuestos durante la hora pico, o bien de 507 viajeros por minuto. Esto significa que al momento de alcanzar el nivel máximo de exposición (1.6 minutos), estarían expuestos 811 viajeros, y en quince minutos 7,065 viajeros. Para este escenario el total de la población expuesta sería de 9,671 habitantes y viajeros.

Por la noche para el escenario 3 (con viento de 2.5 m/s y temperatura de 7°C), se estima una población expuesta de 10,402 habitantes. Aunque probablemente estos habitantes se encontrarían durmiendo en habitaciones cerradas, en donde el nivel de concentración puede ser más bajo, este tipo de material siempre implica un peligro. En el escenario 4 (con viento moderado de 8 m/s y temperatura de 7°C), se estima una población estática expuesta de 2,255 habitantes. Cabe señalar que para los escenarios de noche no son considerados los viajeros expuestos, dado que se asume que no habrá congestión después de las 23:00 horas y el número de vehículos circulando es muy reducido.

65 Al Eje Central Lázaro Cárdenas o Avenida de los Cien Metros le corresponde la jerarquía 1 según tamaño de población estática (habitantes) expuesta calculada en las bandas.

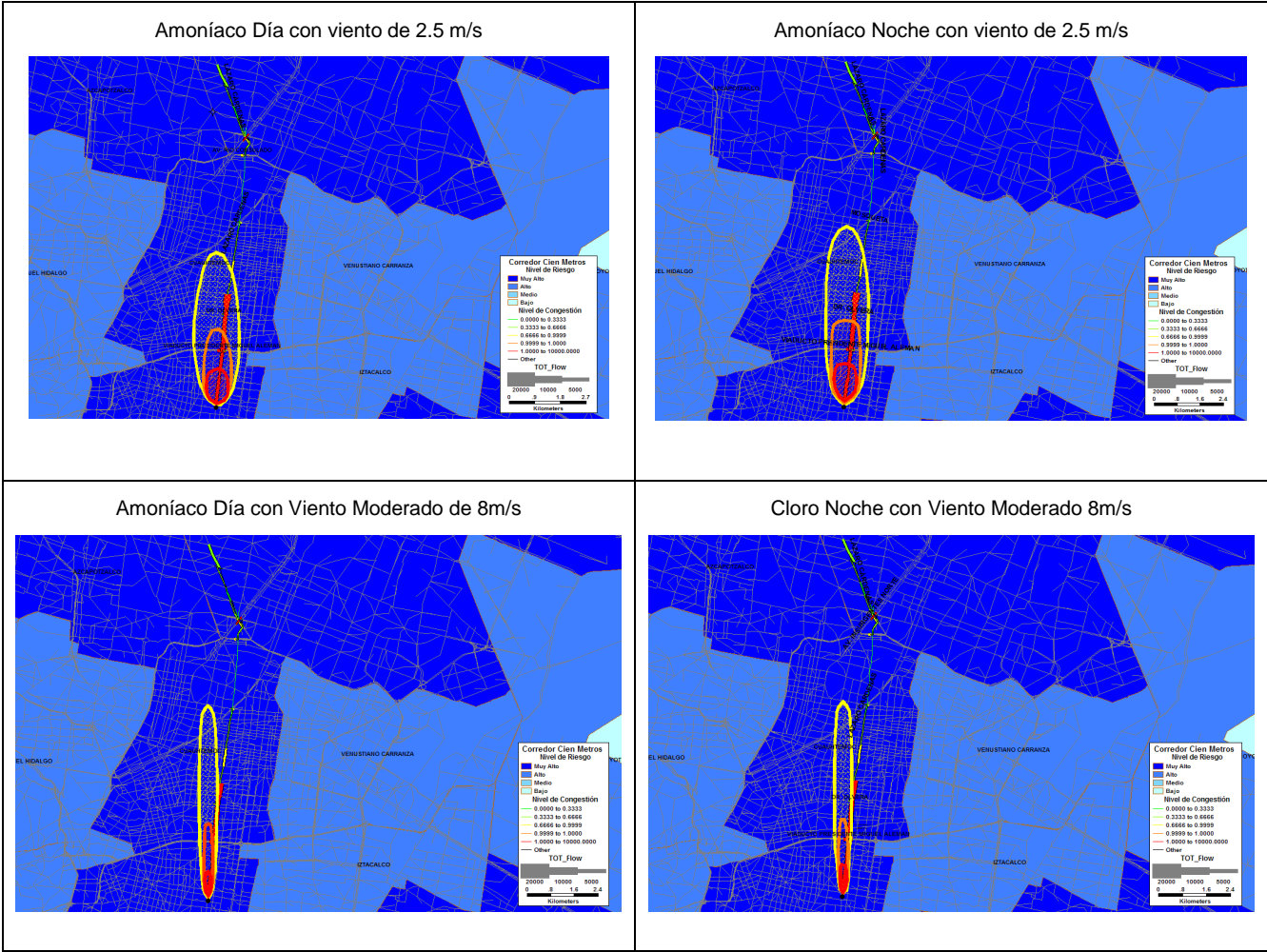


Figura 9.6 Población expuesta en la huellas Gaussianas por dispersión de amoniaco

Tabla 9.6. Población expuesta por accidente de vehículo de amoníaco

Escenario	Umbral	Distancia del Umbral desde la fuente de origen. En Km.	Área del Umbral (km2)	Habitantes Expuestos	Habitantes Expuestos por Kilómetro (Hab/Km)	Viajeros expuestos en el umbral viajeros/hora	Viajeros expuestos en el umbral por minuto viajeros/min	Tiempo en alcanzar el nivel máximo de concentración (min)	Viajeros expuestos al momento de alcanzar el nivel máximo de concentración	Viajeros expuestos en 15 minutos	Población Total Expuesta
Día con viento de 2.5 m/s	Rojo	1.00	0.73	9852	9852	45321	755	5	3777	11330	21182
	Naranja	2.50	2.02	28310	11324	111973	1866	8.3	15490	27993	56303
	Amarillo	5.20	6.59	99079	19054	207565	3459	10.68	36947	51891	150970
Día con viento de 8 m/s	Rojo	0.99	0.15	2066	2095	30419	507	1.6	811	7605	9671
	Naranja	2.50	0.62	8755	3502	56252	938	2.6	2438	14063	22818
	Amarillo	6.50	3.22	49053	7547	125257	2088	4	8350	31314	80367
Noche con viento de 2.5 m/s	Rojo	1.20	0.77	10402	8668	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	Naranja	2.70	2.45	35217	13043	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	Amarillo	6.00	7.42	112790	18798	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Noche con viento de 8 m/s	Rojo	0.97	0.17	2255	2327	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	Naranja	2.50	0.63	8889	3556	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	Amarillo	6.40	3.08	47205	7376	NC	NC	NC	NC	NC	NC

Para condiciones iguales a las de los escenarios del incidente de transporte de Amoníaco, son generados los escenarios de un accidente de transporte del Cloro. En la Figura 9.7 se muestran las huellas Guassianas de Dispersión de Cloro, y en la Tabla 9.7 se muestra la población expuesta estimada en la zona interna de más alto peligro. La población total expuesta es la suma de los habitantes expuestos más los viajeros expuestos en 15 minutos.

En los umbrales internos de más alto peligro de dispersión del cloro, se tiene un IDLH de 20 ppm. Para el escenario 5, que representa la dispersión de día con viento de 2.5 m/s y temperatura de 18 °C, se estiman 51,719 habitantes expuestos (13,261 habitantes por kilómetro lineal). Asimismo, para este escenario se estiman 193,120 viajeros expuestos en hora pico y, 2,160 viajeros expuestos por minuto. Por tanto, al momento de alcanzar el máximo nivel de concentración (14 minutos), se estiman 30,471 viajeros. En 15 minutos, como límite del IDLH, se habría 33,393 viajeros expuestos estimados y, por tanto la población total expuesta se estima en 84,112 habitantes y viajeros expuestos.

Para el escenario 6, que representa la dispersión de día con viento de 8m/s, en el umbral interno se estiman 33,402 habitantes expuestos, o bien 8,351 habitantes por kilómetro. Así mismo, en este umbral se estiman 140,352 viajeros durante la hora pico, o 2,239 viajeros por minuto. Al momento de alcanzar el máximo de concentración (6 minutos), se tienen 13,123 viajeros estimados, y en quince minutos 35,088 viajeros estimados.. En total se estima una población expuesta de 68,490 habitantes y viajeros.

En el escenario 7, que representa la situación de noche con un viento de 2.5 m/s y temperatura de 7 °C, se estima una población estática expuesta de 59,488 habitantes y 18,027 habitantes por kilómetro. Para el escenario 8, situación de noche con viento moderado de 8 m/s y temperatura de 7°C, se obtiene una población estática expuesta de 35, 284 o bien de 8,019 habitantes por kilómetro.

De la comparación de los cuatro escenarios (de impacto de un incidente no deseado ocasionado por un vehículo de Cloro), se obtiene que la población expuesta es mayor para los escenarios de día que para los escenarios de noche, si son tomados en cuenta tanto habitantes como viajeros expuestos.

Si se compara la población expuesta obtenida para el cloro mediante el modelo de dispersión, con respecto a aquella obtenida por el modelo de banda fija, se obtienen conclusiones distintas sobre cuándo es más conveniente transportar el cloro para reducir la población expuesta. Mientras que con base en el modelo de banda fija la sugerencia es transportar el cloro de día a pesar de la congestión vehicular, la sugerencia basada en el modelo de dispersión es transportar el cloro de noche (de preferencia a horas que haya poco tráfico vehicular). Cabe señalar que este último resultado está basado en una estimación más realista de la población expuesta.

En cualquier caso, transportar Cloro siempre será de mayor peligro que transportar Amoníaco, por el mayor tamaño de la población expuesta y los posibles daños a la salud y la vida de las personas; esto puede observarse al confrontar los indicadores de la población expuesta mostrados en las Tabla 9.6 y Tabla 9.7.

Por tanto, dado que actualmente los vehículos que transportan MPs en la ZMVM, realizan sus operaciones de transporte en cualquier día de la semana y a cualquier hora, la jerarquización por nivel de peligro de los corredores metropolitanos mediante el modelo de banda fija, pueden permitir establecer medidas de control de circulación de vehículos que transportan materiales peligrosos en horas pico o en definitiva a lo largo del día.

Como base para establecer un plan integral de control de operación de vehículos que transportan materiales peligrosos y atención de emergencias, es mucho mejor tomar en cuenta el modelo de Pluma Gaussiana, mediante el cual se determinan áreas de impacto y evacuación (así como de atención de la salud o la vida de la población expuesta) mucho más realistas para zonas urbanas congestionadas como la del Valle de México.

De la aplicación de la metodología bajo ambos enfoques, lo concluyente es la necesidad de definir medidas operativas y de control que faciliten el transporte mercancías peligrosas, en rutas y horarios que minimicen el tamaño de la población expuesta, habitantes y viajeros. Es muy importante señalar que los viajeros expuestos son determinantes para la autorización de rutas y horarios de unidades que transportan materiales peligrosos en horas pico y durante el día.

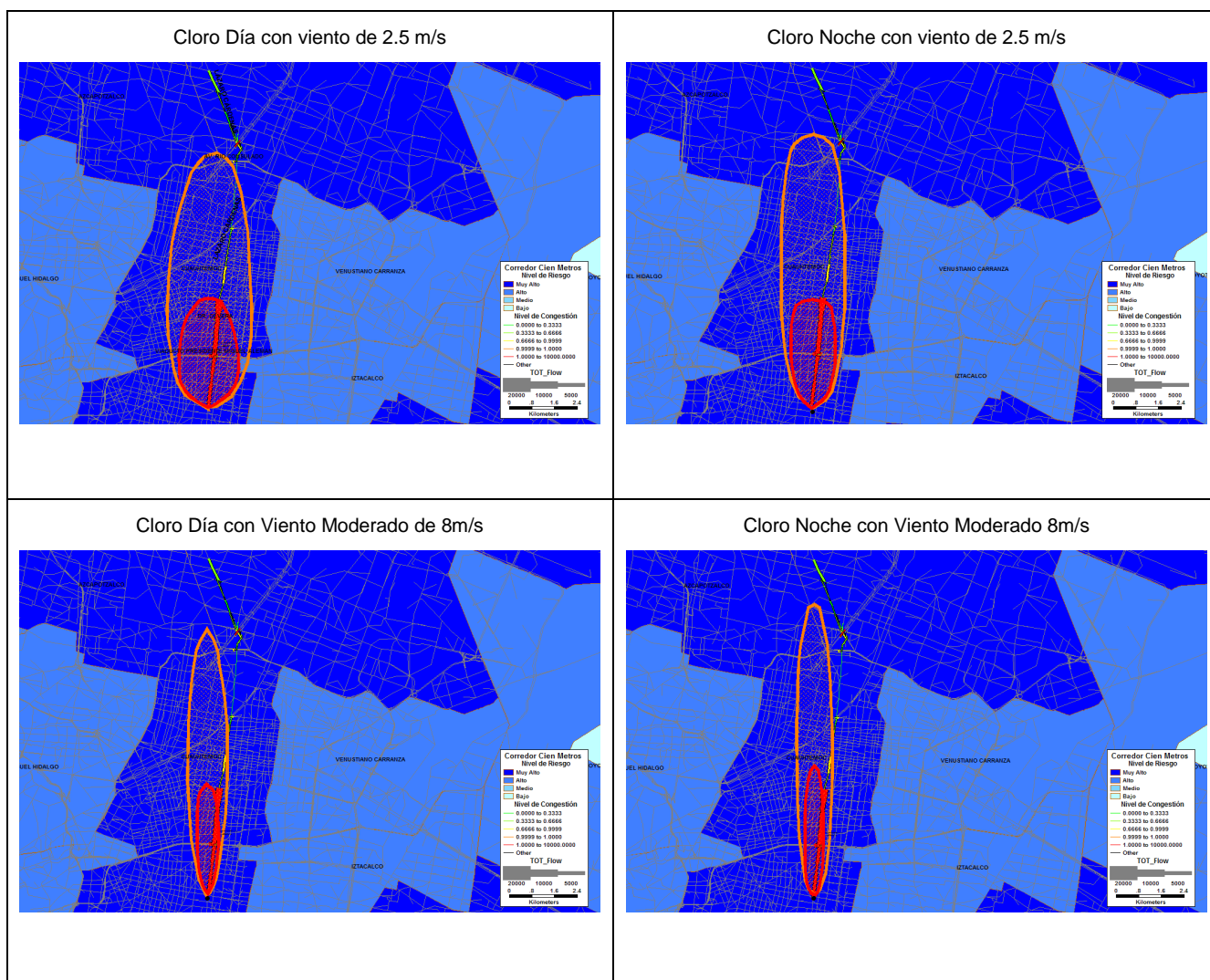


Figura 9.7 Población expuesta en la huellas Gaussianas por dispersión de cloro

Tabla 9.7. Población expuesta por accidente de vehículo de cloro

Escenario	Umbral	Distancia del Umbral desde la fuente de origen (km)	Área del Umbral (km ²)	Habitantes Expuestos (habitantes)	Habitantes Expuestos por kilómetro (Hab/Km)	Viajeros expuestos en el umbral (Viajeros/hora)	Viajeros expuestos en el umbral por minuto (viajeros/min)	Tiempo en alcanzar el nivel máximo de concentración (min)	Viajeros expuestos al momento de alcanzar el nivel máximo de concentración	Viajeros expuestos en 15 minutos	Población Total Expuesta
Día con viento de 2.5 m/s	Rojo	3.90	6.10	51719	13261	129572	2160	14	30471	32393	84112
	Naranja	8.90	20.82	320686	36032	240626	4010	25	99058	60157	380843
	Amarillo>	10.00	33.19	505964	50596	262797	4380	28	123646	65699	571663
Día con viento de 8 m/s	Rojo	4.00	2.24	33402	8351	140352	2339	6	13193	35088	68490
	Naranja	9.40	9.75	1501709	159756	222607	3710	9	34022	55652	1557361
	Amarillo	10.00	16.48	250136	25014	260813	4347	11	45990	65203	315339
Noche con viento de 2.5 m/s	Rojo	3.30	4.08	59488	18027	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	Naranja	8.70	16.32	252624	29037	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	Amarillo	10.00	25.12	380614	38061	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Noche con viento de 8 m/s	Rojo	4.40	2.40	35284	8019	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	Naranja	10.00	10.17	155026	15503	NC	NC	NC	NC	NC	NC
	Amarillo	10.00	14.66	220869	22087	NC	NC	NC	NC	NC	NC

CONCLUSIONES

Las principales aportaciones de este trabajo son las siguientes:

De la revisión de la literatura dedicada al estudio del problema del transporte de materiales peligrosos, en zonas urbanas, las aportaciones de esta tesis doctoral son las siguientes: a) presenta una metodología innovadora para estimar la población expuesta en caso de accidente en el transporte de materiales peligrosos (MPs), en una zona urbana densamente poblada y con fuertes problemas de congestión; b) éste es el primer trabajo en el que se considera tanto a habitantes como a viajeros en la estimación de la población expuesta a sufrir daños en la salud, en el caso de ocurrencia de un accidente no deseado de transporte de MPs; c) presenta un estudio original de rutas urbanas de transporte de MPs y; d) realiza la aplicación de la metodología a una de las zonas metropolitanas más grandes del mundo.

La propuesta de metodología de análisis de población expuesta a accidentes de transporte de materiales químicos peligrosos, teniendo en cuenta habitantes y viajeros, puede aplicarse al estudio del mismo problema en cualquier zona urbana o metropolitana, con la única aclaración de que los resultados obtenidos siempre dependerán de la profundidad de la información disponible. Por tanto, resulta fundamental recomendar a las autoridades competentes, federales, locales o municipales, especialmente de México, realizar estudios de congestión, estimación de flujos en redes y de distribución modal y, hacer el debido levantamiento de la información de accidentes de transporte de materiales peligrosos; todo ello puede permitir la toma de decisiones más adecuadas para llevar acciones de prevención, evacuación o rescate de las posibles personas expuestas.

La metodología aunque puede ser aplicada al caso de estudio de la población expuesta al transporte de MPs de cualquier zona urbana, en particular de zonas urbanas saturadas y alta densidad poblacional, se ha demostrado que cuando se ha llegado tarde al compromiso de atención al problema, a veces resulta muy difícil jerarquizar el conjunto de las principales rutas de transporte de materiales peligrosos, en el que se minimice el peligro de la población expuesta, especialmente cuando se toma en cuenta habitantes y viajeros en ruta; es decir no hay rutas sin gran cantidad de población expuesta. Por tanto, las políticas y normas para el control operativo de las unidades que transportan este tipo de mercancías peligrosas pueden diferenciarse de aquellas definidas para zonas de transición y de baja densidad poblacional o zonas no urbanas.

La metodología aplicada a la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), permite obtener resultados interesantes y útiles para apoyar la toma de decisiones sobre el transporte de materiales peligrosos, específicamente para la definición de políticas de transporte de MPs, basadas en el análisis de escenarios de población expuesta como habitantes que residen en la zona y viajeros que pueden coincidir en ruta de los corredores de transporte de materiales peligrosos. En todo caso, el tamaño de la población expuesta puede justificar la toma de decisiones de políticas y normas de control operativo, tanto de unidades que transportan los materiales peligrosos como de aquellos otros vehículos de transporte de pasajeros u otras mercancías, que inevitablemente coinciden en ruta, de tal manera que estas políticas o normas deben dirigirse a reducir la población expuesta en la red metropolitana, mediante la modificación de rutas y horarios de transporte de MPs, restricciones de circulación o señalamientos de prevención por la circulación de vehículos peligrosos.

En el caso de estudio de la ZMVM, de la comparación de los resultados de las partes tercera y cuarta de la metodología, se sustenta que el primer modelo que utiliza áreas de exposición definidas según la Guía Norte Americana de Respuesta a Emergencias (DOT, 2008) ⁶⁶, en función de la clase de material químico peligroso y en el tamaño de la dispersión para escenarios de día o de noche y dirección del viento, puede no ser el más adecuado para estimar el tamaño de la población expuesta en una zona urbana, como se puede estimar mediante el Modelo de Pluma Gaussiana, el cual depende del tamaño de una cierta huella de la nube de tóxica que se dispersa y que también depende de la reacción físico-química de material peligroso ante variables atmosféricas.

En la realidad, cuando ocurre un accidente de transporte de MPs químicos, se tiene un esquema diferente de la dispersión de los tóxicos en la atmósfera, que depende de dos tipos de variables reales: (a) las primeras relacionadas con el volumen y tamaño de la fuente de escape, así como las condiciones físico-químicas de seguridad con las que se transporta el material peligroso, ya sea como gas comprimido, licuado, refrigerado, disuelto o no comprimido, que conllevan ciertas restricciones de temperatura y presión dentro del tanque en que se transportan, condiciones que cambian al momento de liberarse en la atmósfera; (b) las segundas justamente están relacionadas con la estabilidad del sistema atmosférico prevaleciente en lugar en donde ocurre el accidente y que son además de la velocidad y dirección del viento, la temperatura, la humedad, la radiación solar, la inversión térmica y la aspereza del terreno, variables que influyen directamente en la forma y tamaño de la huella de una nube tóxica generada por el MPs químico que pudiera dispersarse, con un comportamiento más parecido a la forma de una Campana de Gauss o Pluma Gaussina (diferente al de una banda de tamaño fijo), en donde es factible estimar tres niveles de peligrosidad a la salud humana por concentración de tóxicos y tiempos de dispersión. Lo anterior permite hacer predicciones cualitativas y cuantitativas más realistas sobre la dimensión de una zona de exposición y el tamaño de la población expuesta, así como de los posibles efectos en la salud o vida de las personas para el caso de un accidente de transporte de MPs.

Entonces, aún cuando en Estados Unidos, Canadá y México, se tiene como primera referencia de actuación de los cuerpos de seguridad y emergencia, la Guía Norte Americana de Respuesta a Emergencias (DOT, 2008), lo cierto es que tanto en Estados Unidos como en Canadá, se está trabajando cada vez más con los equipos adecuados de cómputo y software basados en los modelos de dispersión y estaciones de monitoreo atmosférico móviles, que les permiten brindar la mejor y oportuna atención de las emergencias de accidentes de transporte de MPs químicos. Por lo que, en México y en particular para las autoridades involucradas en la ZMVM, una política inmediata a considerar es que para la atención de emergencias y la prevención de accidentes de transporte de MPs químicos, es necesario dotar del equipo adecuado mencionado, a los cuerpos de seguridad y emergencia.

Por tanto, la información que se obtenga de la estimación de la población expuesta mediante la aplicación de modelos de dispersión, puede ser estratégica en la toma de decisiones de las autoridades de un gobierno o de los cuerpos de seguridad y emergencia, para determinar las acciones de evacuación o rescate de población expuesta o personas afectadas y en su caso, hasta de la prevención de accidentes, haciéndose notar que siempre existe la posibilidad de cambios en la estabilidad del sistema atmosférico.

66 U.S. DOT (2008), North American Emergency Response Guide Book, Transport Canada, U.S. Department of Transportation and Communications and Transport Ministry of México.

Para el caso de la definición de políticas dirigidas a la atención del problema del transporte de MPs en zonas urbanas y densamente pobladas y, que pueden derivarse de la aplicación del modelo de Banda Fija o Plumas Gaussinas (y que consideran las condiciones atmosféricas), las alternativas de decisión también pueden ser diferente cuando se incluyen los viajeros y ello, considerando las áreas de impacto determinadas para cada clase de material y la estimación de los habitantes expuestos.

Por ejemplo, según el modelo de Banda Fija, en el caso del transporte de Amoníaco es mejor realizarlo durante el día que en la noche, considerando el tamaño del área en que los habitantes quedan expuestos. Sin embargo al considerar viajeros expuestos, la situación puede cambiar, ya que en este caso, el tamaño de la población expuesta sumando habitantes y viajeros, en escenarios de día o de noche puede ser similares, de lo que podrían definirse algunas políticas de control operativo de las unidades que transportan Amoníaco (o en función de cada clase de material), recomendando su operación durante el día, preferentemente fuera de horas pico y corredores autorizados. No obstante, esta política no podría ser recomendable al caso del transporte de Cloro, en el que el tamaño de la población expuesta para escenarios de noche siempre superará en mucho el tamaño de la población expuesta de escenarios de día. Las recomendaciones de cuándo transportar el cloro y el amoníaco, varían si es que se toma en cuenta modelos de dispersión.

Mientras que con base en el modelo de banda fija la sugerencia es transportar el cloro de día a pesar de la congestión vehicular, la sugerencia basada en el modelo de dispersión es transportar el cloro de noche (de preferencia a horas que haya poco tráfico vehicular). Cabe señalar que este último resultado está basado en una estimación más realista de la población expuesta.

Las políticas relacionadas con el transporte de MPs en México, Estados Unidos y Canadá, basadas en modelos de banda Fija con las áreas de impacto de la Guía de Respuesta Rápida a Emergencias (US DOT, 2008), tendrían que ser modificadas y tomar como base modelos de dispersión donde no sólo se tome en cuenta a la población sino a los viajeros en la red.

Para el establecimiento de un Plan Integral de Control de Operación de Vehículos que Transportan Materiales Peligrosos y de Atención de Emergencias, se sugiere el estudio de los corredores que transportan MPs y de la población expuesta mediante la aplicación de modelos de Pluma Gaussina, con los cuales es posible determinar más realistas áreas de peligro, impacto, evacuación y atención de emergencias de daños a la salud o a la vida de la población expuesta. En el Plan, las medidas operativas y de control que faciliten el transporte mercancías peligrosas en ruta y horario, siempre deberán buscar minimizar el tamaño de la población expuesta, habitantes y viajeros, estos últimos serán determinantes para acciones de control de los vehículos que transportan MPs durante el día y fuera de horas pico.

En una zona metropolitana muy congestionada como la Ciudad de México, entre otras decisiones de control para reducir al mínimo la situación de exposición de personas al transporte de materiales peligrosos, deben encaminarse a la prevención de accidentes, destacando entre medidas urgentes: a) el establecer en los ordenamientos jurídicos locales conteniendo normas concurrentes con los ordenamientos federales; b) vigilar los límites de la velocidad de las unidades de transporte de MPs, a fin de reducir la posibilidad de accidentes y derrames grandes y lamentables a la posteridad; c) por peligrosidad de los MPs, se debe prohibir su circulación durante horas pico; d) según la clase de MPS y nivel de peligrosidad, es posible definir horarios convenientes de circulación de algunas de las unidades que los transportan; e) específicamente y de la aplicación del Modelo de Pluma Gaussina y del análisis de escenarios, el Amoníaco y el Cloro deben ser transportados por la noche cuando no hay congestión (por lo general después de 23:00 horas).

La tesis doctoral puede ser considerada como base para el desarrollo de futuras investigaciones, tales como: (a) Estudios de caso de accidentes de transporte de MPs con amenazas por derrame y evaporación de tóxicos, incendios y/o explosiones, onda explosiva, piscinas de fuego, jet incendio, flash fuego, incendio y/o explosión BLEVE, entre otros; b) diseño de redes para reducir el número de habitantes y viajeros expuestos al transporte de materiales peligrosos; c) análisis de población expuesta a accidentes de transporte por fuentes múltiples (unidades de transporte de materiales peligrosos con doble tanque o viajando en convoy); d) logística de los materiales peligrosos y; (e) prevención de accidentes de transporte de materiales peligrosos.

Los resultados reportados de la metodología propuesta y aplicada, han contribuido al avance del conocimiento en el Campo Disciplinario de la Ingeniería de Sistemas con orientación de Transporte.

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM):

Beca de doctorado dentro del Proyecto PAPIIT IN-104406-Transporte de Materiales Peligrosos para el Valle de México, Instituto de Ingeniería. (Parte inicial de estudios)

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT):

Beca de doctorado con registro No. 190880, del Fideicomiso “Fondo Institucional para el Fomento de la Ciencia, el Fomento de la Tecnología y el Fomento, Desarrollo y Consolidación de Científicos y Tecnólogos”. (Parte final de estudios)

Por mi fortaleza:

Ivana García Muñoz

José Alberto García Muñoz

José Luis García Alva

Por las lecciones aprendidas:

Dra. Angélica del Rocío Lozano Cuevas

Dr. Juan Pablo Antún Callaba

Dr. Ricardo Aceves García

Dr. Luis A. Álvarez Icaza L.

Dr. Javier Delgado Campos

Dr. Luis Chías Becerril

Por las oportunidades:

Lic. Marcelo Ebrard Casaubon

Dr. Manuel Mondragón Y Kalb

Ing. Alfonso Ramón Bagur

Dr. Mario Carrillo Huerta

Por su solidaridad:

Tratando de no omitir a nadie, amigas, amigos, hermanos, compañeros, maestros y personal del Laboratorio de Transportes y Sistemas Territoriales del Instituto de Ingeniería y de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, quienes me apoyaron siempre.

REFERENCIAS

Abkowitz, M. and P.D.M. Cheng (1988), Developing a risk cost framework for routing truck movements of hazardous materials, *Accident Analysis and Prevention* **20(1)**, 39-51.

Abkowitz M., M. Cheng y M. Leopofsky (1990), Use of Geographic Information Systems in Managing Hazardous Materials Shipments, *Transportation Research*, Record 1261, 35-43.

Akgün V., E. Erkut y R. Batta (2000), On Finding Dissimilar Paths, *European Journal of Operational Research*, 232-246.

Baaj, M.H., S.A., Ashur, M. Chaparrofarina y K.D. Pijawka (1990), Design of Routing Networks Using Geographic Information Systems: Applications to Solid and Hazardous Waste Transportation Planning, *Transportation Research*, Record 1497, 140-144.

Berman, O., Verter and B. Kara (2005), Designing emergency response network for hazardous materials transportation, *Computer & Operations Research*.

Boulmakoul, A., R. Laurini, S. Servigne, M.A.J. Idrissi (1999), First specifications of a telegeomonitoring system for the transportation of hazardous materials, *Computers, Environment and Urban Systems* **23**, 259-270.

Brainard, J., A. Lovett y, J. Parott (1996), assessing hazardous waste transport risks using a GIS, *International Journal of Geographic Information Systems* **10**, 831-849.

Brutseart, W. (2000), *Evaporation into the atmosphere: Theory, history and applications*. Boston: D Reidel Publishing Company.

CAM y GTZ (2002a), *Bases conceptuales y de diagnóstico del programa para la prevención y manejo integral de residuos peligrosos*, Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) y Agencia Alemana de Cooperación Técnica, GTZ, México.

CAM y GTZ (2002b), *Comunicación, participación social y concertación: elementos para una política de gestión integral de residuos peligrosos*, Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) y Agencia Alemana de Cooperación Técnica, GTZ, México.

Carotenuto, P., S. Giordani, S. and S. Ricciardelli (2007a), Finding Minimum and equitable risk routes for hazmat shipments, *Computers & Operations Research* **34**, 1304-1327.

Carotenuto, P., S. Giordani, S., S. Ricciardelli, and S. Rismondo (2007b), A Tabu Search Approach for Scheduling Hazmat Shipments, *Computers & Operations Research* **34**, 1328-1350.

CENAPRED (2008), *Transporte Terrestre de Sustancias Químicas en México*, Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), México. www.cenapred.unam.mx.

CEPIS (1994), *Infectious Waste Management And Disposal*. In: Informe del Centro de Estudios Panamericanos de Ingeniería Sanitaria. Kutztown University Policy, (1994).

Church R. y T. Cova (2000), Mapping Evacuation Risk on Transportation Networks Using Spatial Optimization Model, *Transportation Research Part C* **8**, 321-336.

Convenio de Basilea (1989), “*Sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación*”. Acta final de la Organización Mundial.

Coutinho. R.J., J. Current, J. Climaco y S. Ratick (1997), Interactive Spatial Decision-Support System for Multiobjective Hazardous Materials Location-Routing Problems, *Transportation Research, Record* **1602**, 101-109.

D.O.F. (1940), Ley de Vías Generales de Comunicación. México, *Diario Oficial de la Federación* (por sus siglas D.O.F) Enero 19, última actualización octubre 25, 2005.

D.O.F. (1970), Ley Federal del Trabajo, *Diario Oficial de la Federación*, abril 1, última actualización, enero 17, 2006, México.

D.O.F. (1976), Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, *Diario Oficial de la Federación*, diciembre 29 y última actualización noviembre 28, 2008, México.

D.O.F., (1984), Ley General de Salud, México, *Diario Oficial de la Federación*, febrero 17, México.

D.O.F. (1988), Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, *Diario Oficial de la Federación*, enero 28, México.

D.O.F. (1992), Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, *Diario Oficial de la Federación*, enero 11, última actualización, enero 23, 2004, México.

D.O.F. (1992), Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Normas Oficiales Mexicanas: Ecológicas y para el Autotransporte Federal de Materiales Peligrosos, *Diario Oficial de la Federación*, julio 1, última actualización, julio 28, México.

D.O.F. (1992). Ley Minera, *Diario Oficial de la Federación*, julio 26, última actualización junio 26, 2006, México.

D.O.F. (1993), Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, *Diario Oficial de la Federación*, diciembre 22, última actualización, octubre 25, 2005, México.

- D.O.F. (1993), Ley de Comercio Exterior, *Diario Oficial de la Federación*, diciembre 30, última actualización, diciembre 2009, México.
- D.O.F. (1993), Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, *Diario Oficial de la Federación*, abril 7, última actualización, noviembre 28, 2006, México.
- D.O.F. (1994), Ley Federal de Sanidad Vegetal, *Diario Oficial de la Federación*, enero 5, última actualización julio 26, 2007, México.
- D.O.F. (1994), Ley General de Asentamientos Humanos, *Diario Oficial de la Federación*, agosto 5 1992, México.
- D.O.F. (1995), Ley Aduanera *Diario Oficial de la Federación*, diciembre 15, última actualización mayo 9, 2008, México.
- D.O.F. (1998), Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, *Diario Oficial de la Federación*, enero 23, 1998, México.
- D.O.F. (2000), Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, *Diario Oficial de la Federación*, noviembre 30, última actualización, diciembre 28, 2004, México.
- D.O.F. (2010), NORMA Oficial Mexicana NOM-057-SCT2/2003 y Especificación 331, Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de gases comprimidos, Secretaria de Comunicaciones y Transporte, *Diario Oficial de la Federación*, enero 26, México.
- D.O.F. (2010). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, *Diario Oficial de la Federación*, julio 29, México.
- Dell'Olmo, P., M. Gentili and A. Scozzari (2005), On finding dissimilar Pareto-optimal paths, *European Journal of Operational Research* **162**, 70–82.
- DGPCES (2003), “Anexo 3”. In: *Sistemas de Transporte de la Guía para la Realización del Análisis del Riesgo Medioambiental*, Dirección General de Protección Civil y Emergencias, España. www.proteccioncivil.es
- Díaz B. (1996), “Los Residuos Peligrosos en México: Evaluación de Peligros para la Salud”. In: *Informe CEPIS* 38/ 280-291.
- Erkut E. and F., Gatzara (2008), Solving the hazmat transport network design problem, *Computers and Operations Research* **35**, 2234-2247.

- Erkut E., S.Tajandra and V.Verter (2007), "Hazardous Materials Transportation". In: *Handbook on Operations Research and Management Science Part C* **14**, Barnhart and G. Laporte (editors).North Holland
- Erkut, E. and A. Ingolfsson (2000), Catastrophe avoidance models for hazardous materials route planning. *Transportation Science*, **34**(2), 165-179.
- Erkut, E. and A. Ingolfsson (2005), Transport risk models for hazardous materials: revisited. *Operations Research Letters* **33**(1), 81-89.
- Erkut, E. and F. Gzara (2005), *A bi-level programming application to hazardous material transportation network design*, **Research Report**, Department of Finance and Management Science, University of Alberta School of Business, Edmonton, Alberta, Canada T6G 2R6.
- Espinoza G. (2000), "La Situación de los Residuos Peligrosos en Panamá: Manufactura, Empleo, Manejo, Almacenamiento, Transporte, Destino Final de los Desechos y Efectos Sobre la Salud en la Ciudad de Panamá". In: *Proyecto: MINSA/REPAMAR/CEPIS/OPS-OMS/GTZ*.
- Frank, W.C., F., J.C. Thill and R. Batta (2000), Spatial Decision Support System for Hazardous Material Truck Routing, *Transportation Research Part C* **8**, 337-359
- Garza G. y J. Sobrino (2000), "Distribución Intrametropolitana de la Industria, el Comercio y los Servicios". In: *La Ciudad de México en el Fin del Segundo Milenio*, México, 185-201.
- Giannikos I. (1998), A multiobjective programming model for locating treatment sites and routing hazardous wastes, *European Journal of Operational Research* **104**, 332-342.
- Greenpeace (2003), *Sustancias y Preparados Químicos en Europa*, Campaña de Tóxicos, 2003 1, España. www.greenpeace.es
- Huang, B. and R.L. Cheu (2004), GIS and genetic algorithms for HAZMAT route planning with security considerations, *Int. J. Geographical Information Science* **18**, 1-19.
- Huang, B., C.R. Long and Y.S.Liew (2003), *GIS-AHP Model for HAZMAT Routing with Security Considerations*, **IEEE 6th Int'l Con fon ITS** (ITSC2003).
- INE (2000), *Registros actualizados desde 1988 al 2000*, Instituto Nacional de Ecología, México, 2000.
- INEGI (2000a), *Science: Áreas conurbadas 2000*, Instituto Nacional de Estadística e Informática.

México.

INEGI (2000b), *Resultados XII Censo general de población y vivienda*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. México.

INEGI (2005), *Resultados del conteo de población y vivienda*, Instituto Nacional de Estadística e Informática. México

Kara B.Y., V. , Verter (2004), Designing a road network for hazardous materials transportation, *Transportation Science* **38** (2), 188–196

Kara B.Y., E. Erkut y V. Verter (2003), Accurate calculation of hazardous materials risks, *Operation Research Letters* **31**, 285-292.

Leonelli, P., S. Bonvicini and G. Spandoni, (2000), Hazardous materials transportation: a risk-analysis-based routing methodology. *Journal of Hazardous Materials* **71**, 283-254.

Lepofsky, M., M. Abkowitz, M. y Cheng, P.D.-M. (1993), Transportation hazard analysis in integrated GIS environment, *Journal of Transportation Engineering* **119**, 239-254.

Lozano A., A. Muñoz, L. Macías, J. P. Antún (2010a), *Comparison of urban line-haul and physical distribution of hazardous materials: chlorine and gasoline transportation in Mexico City*. *Transportation Research C*. Enviado en Diciembre 2010.

Lozano A., Muñoz A., Antún J.P., Granados F., Guarneros L. (2010b), “Analysis of hazmat transportation accidents in congested urban areas, based on actual accidents in Mexico”. In: *Incorporating Risks in City Logistics* (E. Taniguchi and R.G. Thomson eds.). Elsevier. *In press*.

Lozano A., A. Muñoz, L. Macías, J.P. Antún (2010c), “Urban hazmats line-haul, distribution and modal change: Case studies from Mexico”. In: *Security and Environmental Sustainability of Multimodal Transport*. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. (M.G.H. Bell, U. Kanturska & S. H. Hosseinloo eds.). Springer. ISBN: 9789048185627. *In Press* (abril, 2010)

Lozano A., J. Antún, F. Granados, A. Guzmán, R. Hernández, R. Alarcón, E. Reyes, F. Vargas, M. Argumedo, E. Romero, R. Magallanes, L. Álvarez-Icaza, V. Torres (2006a), “Oferta y demanda del transporte de carga en la Zona Metropolitana del Valle de México”. In: *Estudio integral metropolitano de transporte de carga y medio ambiente para el Valle de México*, Vol. I, pp.1-232, Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Ambiental Metropolitana del Valle de México, México

Lozano A., J.P. Antún, F. Granados, V. Torres y R. Hernández, (2006b), “Estudio integral metropolitano de transporte de carga y medio ambiente para el Valle de México”, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Comisión Ambiental

Metropolitana del Valle de México, México.

Lozano A., Muñoz A., Granados F., Macías L., Antún J.P. (2009), *Comparison between urban line-haul and physical distribution of hazmats: Cases study in Mexico City*. The fourth international workshop on freight transportation and logistics, ODYSSEUS 2009. Cesme - Izmir, Turkey, May 26 – 29, 2009.

Lozano A; Antún JP; Granados F; Torres V (2007), *Assessments of traffic and emissions impacts, for determining future infrastructure in a metropolitan street network: a real application in Mexico City*". Proceeding of the Sixth Triennial Symposium on Transportation Analysis (TRISTAN IV), Phuket, Thailand, June 10-15, 2007.

Luedtke, J. and C.C. White (2002), *Hazmat transportation and security: survey and directions for future research*, Department of Ind. & Sys. Engineering, Georgia Institute of Technology.

Manish, V. and V. Verter (2005), *Railroad Transportation of Hazardous Goods: Population Exposure to Airborne Toxins*, *Computers & Operations Research* **34**, 1287–1303.

Marianov, V. and C. Revelle, (1998), *Linear, non-approximated models for optimal routing in hazardous environments*. *Journal of the Operational Research Society* **49**(2), 157-164.

Mayenburg, M., C. Patterson and G. Rossow (1996), *“Truck Safety Technology for the 21st Century”*. Truck Safety: Perceptions and Reality Congress, Toronto, Canada.

Moran T., R. J. De la Cruz and J. González (2002), *Estudio Retrospectivo sobre Accidentes Carreteros Durante el Transporte de Sustancias Peligrosas en la República Mexicana de 1996 al 2000*, XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Cancún, México.

Muñoz A., A. Lozano, G. Storch (2008), *Inhabitants and Travelers Exposure to Hazmats Transportation: Mexico City Case*, *Accident Analysis and Prevention*, ISSN: 0001-4575. Enviado 14 noviembre de 2007. Aceptado con recomendaciones el 25 julio 2008.

Muñoz A., Lozano A., y Antún J.P. (2004), *Transporte de materiales peligrosos en la zona metropolitana del valle de México*. XII Congreso Latino-Iberoamericano de Investigación de Operaciones y Sistemas, La Habana, Cuba, 4-8 Octubre 2004.

Muñoz M., A. Lozano, J. Antún (2006a), *Definición de corredores para el transporte de materiales peligrosos en la zona metropolitana del Valle de México*, Memorias del XIV Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte. Las Palmas de Gran Canaria (España), 20-23 septiembre 2006

Muñoz A., A. Lozano, J.P. Antún (2006b), *Población expuesta debido al transporte de materiales peligrosos en el Valle de México*. Memorias del IV Seminario Internacional de Ingeniería de Sistemas, Cozumel, Quintana Roo, México, 15-18 Noviembre 2006.

PROFEPA (2005), *Las emergencias químicas en México*, Seminario de Atención de Emergencias Químicas de Emergencias. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, México. www.profepa.gob.mx

Roy B., (1985), *Méthodologie Multicritère d'aide à la Décision*, Economica Ed., France

Rubalcaba R. y M. Schteingart, *Segregación Socio Espacial en la Ciudad de México*. In: El fin del Segundo Milenio, México, 287-294.

Scenna, N.J. and A.S.M. Santa Cruz, (2005), Road risk analysis due to the transportation of chlorine in Rosario city, *Reliability Engineering and System Safety* **90**, 83–90

SCT y UAM (1993), *Manual para el Transporte Terrestres de Materiales y Residuos Peligrosos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*, Editores: Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal (SCT) y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), México.

SCT (2008), *Anuario Estadístico 2008*, Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Gobierno Federal (SCT). México.

SEDESOL (1998), Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México, Editores: Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno Federal (SEDESOL), Gobiernos del Estado de México (GEM) y Gobierno del Distrito Federal (GDF), México.

SEDESOL (2004), Delimitación de Zonas Metropolitanas, Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno Federal (SEDESOL), Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), México.

SEDESOL (2006), *Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio 2001-2006*, Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno Federal (SEDESOL), México.

SEDESOL (2008), *Programa Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU), 2007-2012*, Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno Federal (SEDESOL), México.

SEDUVI-GEM (2002a), *Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México*, Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Gobierno del Estado de México, (SEDUVI-GEM), México.

SEDUVI-GEM (2002b), *Plan Regional del Valle de Cuautitlán Texcoco*, Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda del Gobierno del Estado de México, (SEDUVI-GEM), México.

SETRAVI-GDF (1999), *Programa de Atención al Transporte de Carga en General y Residuos Peligrosos*, Secretaría de Transportes y Vialidad Gobierno del Distrito Federal (SETRAVI-GDF).

México

SETRAVI-GDF (2003), *Análisis de Flujos Vehiculares en Vías Primarias*, Secretaría de Transportes y Vialidad Gobierno del Distrito Federal (SETRAVI-GDF), México.

SETRAVI-GDF (2009), *Anuario SETRAVI 2009*, Secretaría de Transportes y Vialidad Gobierno del Distrito Federal (SETRAVI-GDF), México.

Sheffi Y. (1985), *Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods*, Prentice Hall.

Sobrino J. (2000), *Competitividad de las Ciudades en México*, El Colegio de México, México.

Storchi G., T. Cranic , A. Lozano y A.Ricciardi N. (2002), *Transportation of Hazardous Materials, Seminario Internacional de Ingeniería de Sistemas*, M4-65, México.

UE (2003), *Libro Blanco de la Comisión sobre la Estrategia para la Futura Política en Materia de Sustancias y Preparados Químicos*, Unión Europea (UE), <http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/whitepaper.htm>

UN (2009), *Transporte de Materiales Peligrosos*, Décimo Tercera Edición Revisada, Naciones Unidas (United Nations), Nueva York y Ginebra.

UN (2001), *Recommendation on the Transport of Dangerous Goods, Model Regulations*, United Nations Economic and Social Council's Committee of Experts on Transport of Dangerous Goods.

Unikel L. et al., 1976, *El Desarrollo Urbano de México: Diagnóstico e Implicaciones Futuras*, El Colegio de México, México.

US-AID (2002), *Curso Primera Respuesta a Incidentes con Materiales Peligrosos*, United States Agency for International Development Miami Dade Fire Rescue, USD

US-DOT (2008), *North american emergency response guidebook*. Transport Canada, U.S. Department of Transportation and, Communications and Transportation Ministry of Mexico. <http://hazmat.dot.gov/gydebook.htm>.

US-EPA (2007), *Chemical Safety, Alert: Emergency Isolation for Hazardous Material Fluid Transfer Systems – Applications and Limitations of Excess Flow Valves*, EPA 550-F-0-7001.

US-EPA (1988), *A dispersion model for elevated dense gas jet chemical releases 1*, US Environmental Protection Agency (EPA), USA, EPA-450/4-88-006a.

US-EPA (1998), *Waste minimization opportunity assessment manual*, Environmental Protection

Agency of EU, EPA/625/7-88/003.

US-EPA (2004a), *Computer-aided management of emergency operations software with aloha*, US Environmental Protection Agency (EPA), USA.
<http://www.epa.gov/emergencies/content/cameo/aloha.htm>

US-EPA (2004b), *Areal locations of hazardous atmospheres (ALOHA) Manual*, Environmental Protection Agency of United State.

US-EPA/ CAMEO (1999), *Sistema de Software para Plan y Respuesta de Emergencias Químicas*, Base de Datos de Hojas de Seguridad de Químicos, Environmental Protection Agency of United State.
<http://www.epa.gov/osweroe1/content/cameo/what.htm#chem>

US-NIOSH (1994), *Documentation for Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH)*. NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health) Chemical Listing and Documentation of Revised IDLH Values, NTIS Publication, No. PB-94-195047.

Verter V. and B.Y. Kara (2001), A GIS Based Framework for Hazardous Materials Transport Risk Assessment, *Risk Analysis* **21** (6), 1109-1120.

Verter V. and B.Y. Kara (2005), *A path-based approach for the hazardous network design problem*. Working paper, Faculty of Management, McGill University.

Vincke P. (1989), *L'aide Multicritère à la Décision*, Éditions de l'Université de Bruxelles, Belgam.

Zhang J., H. Hodgson and E. Erkut (2000), Using Gis to Assess the Risks Materials Transport in Networks, *European Journal of Operational Research*, 316-329.

ANEXOS

Anexo 1. Metrópolis del Mundo

Aglomeración	País	Población (millones)			Rango			Tasa Anual de Crecimiento Poblacional (%)		Población Total
		1975	2003	2015	1975	2003	2015	2000-2005	2010-2015	
Tokio	Japón	26.6	35.0	36.2	1	1	1	0.5	0.2	27.4
Ciudad de México	México	10.7	18.7	20.6	4	2	4	1.0	0.8	18.0
Nueva York	Estados Unidos de América	15.9	18.3	19.7	2	3	6	0.7	0.6	6.2
Sao Paulo	Brasil	9.6	17.9	20.0	6	4	5	1.4	0.7	10.0
Bombay	India	7.3	17.4	22.6	15	5	2	2.6	2.0	1.6
Delhi	India	4.4	14.1	20.9	25	6	3	4.2	2.8	1.3
Calcuta	India	7.9	13.8	16.8	11	7	10	1.8	1.7	1.3
Buenos Aires	Argentina	9.1	13.0	14.6	7	8	12	1.2	0.8	34.0
Shanghái	China	11.4	12.8	12.7	3	9	15	-0.3	0.3	1.0
Yakarta	Indonesia	4.8	12.3	17.5	23	10	8	3.6	2.5	5.6
Los Ángeles	Estados Unidos de América	8.9	12.0	12.9	8	11	14	0.6	0.6	4.1
Dhaka	Bangladesh	2.2	11.6	17.9	73	12	7	4.2	3.3	7.9
Osaka-Kobe	Japón	9.8	11.2	11.4	5	13	18	0.2	0.0	8.8
Río de Janeiro	Brasil	7.6	11.2	12.4	13	14	17	1.2	0.7	6.3
Karachi	Pakistán	4.0	11.1	16.2	28	15	11	3.3	3.1	7.2
Beijing (Pekín)	China	8.5	10.8	11.1	10	16	20	0.0	0.4	0.8
Cairo	Egipto	6.4	10.8	13.1	19	17	13	1.4	1.7	15.1
Moscú	Federación de Rusia	7.6	10.5	10.9	12	18	21	1.1	0.1	7.3
Metro Manila	Filipinas	5.0	10.4	12.6	22	19	16	1.4	1.7	12.9
Lagos	Nigeria	1.9	10.1	17.0	90	20	9	5.0	3.9	8.1

Fuente: Organización Mundial de las Naciones Unidas,. División Poblacional, Departamento de Asuntos Sociales y Económicos, Prospectiva de la Urbanización Mundial: Revisión 2003, www.unpopulation.org . La aglomeración comprende la población dentro de un límite contiguo de territorio, sin considerar límites político administrativos y tiene más de un millón de habitantes.

Anexo 2. Sistema Urbano Nacional

Megaciudades Más de 10 millones de Habitantes	Grandes Ciudades De 1,000,001 a 5,000,000 Habitantes	Ciudades Intermedias De 500,001 a 1,000,000 Habitantes	Ciudades Medias 100,001 a 500,000 habitantes			Ciudades Pequeñas 50,0001 a 100,000		Centros Urbanos 15,000 a 50,000 Habitantes				
1	8	20	60			40		229				
ZMVM	ZM Guadalajara	ZM DE S.L.P.- Soledad de Graciano Sánchez	ZM de Poza Rica	Heroica Nogales	ZM de Moroleón-Uriangato	Zihuatanejo	Acatzingo	Xicotepéc de Juárez	Ciudad Altamirano Riva Palacio	Apaseo el Grande	Los Baños	Mextepéc Pedro el Alto Frontera Comalapa
	ZM Monterrey	ZM de Querétaro	Victoria de Durango	La Paz	Cuauhtémoc	Valle de Santiago	Ixtlahuaca	Macuspana	Huastuco de Chicuellar	Ciudad Ixtepec	Oxkutzcab	Cd de Chignahuapan
	ZM Puebla- Tlaxcala	ZM de Mérida	ZM de Matamoros	ZM de Guaymas	Tuxtepec	San Miguel Allende	Sabinas	Salvatierra	Puerto Escondido Zicatela	Santiago Papasquiaro	Pedro Meoqui	Paracho de verduzco
	ZM Toluca	ZM de Mexicali	ZM de Tlaxcala-Apizaco	ZM de Tula	Ciudad Guzmán	Guamúchil	Valle Hermoso	Villa Flores	Escuinapa de Hidalgo	Ciudad de Allende	Huetamo de Núñez	Emiliano Zapata
	ZM Tijuana	ZM de Aguascalientes	ZM de Pachuca	ZM de Piedras Negras	Apatzín-gán de la Constitución	San José del Cabo	Huamantla	Progreso	Navolato	Tekax de Álvaro Obregón	San Miguel el Alto	Cd Miguel Alemán
	ZM León	ZM de Tampico	ZM de Cuautla	ZM Chilpancingo de los Bravos	Lagos de Moreno	Sarahuayo de Morelos	Cosamaloapan-Carlos Carrillo	Ocosingo	Nueva Italia de Ruiz	Reforma	Nueva Necaxa	Zinapécuaro
	ZM Juárez	ZM de Cuernavaca	ZM de Orizaba	ZM de San Francisco Rincón del Carmen	Cabo San Lucas	San Andrés Tuxtla	Arandas	Ameca	Tepeaca	Atlacomulco	Ometepec	Santiago Ixcuintla
	ZM Laguna	ZM de Acapulco ZM de Chihuahua	ZM de Tepic ZM de Nuevo Laredo	ZM de Teziutlán ZM de Atlixco	Teziutlán	Ciudad Hidalgo Cortázar	Valladolid	Perote	Matías Romero	Berriozábal	Petatlán	Heroica Cd de Tlaxlaco Chietla
		ZM de Veracruz	Irapuato	Salamanca	Zitácuaro	Linares	Puerto Peñasco	Ocozocoautla de Espinosa	Yurécuaro La Ribera	Arriaga	San José Iturbide	Yajalón
		ZM de Morelia	Mazatlán	San Cristóbal de las Casas	Comitán de Domínguez	Acámbaro	Esperanza	José Mariano Jiménez	Juan José de Ríos	Jiquilpan de Juárez	Chapala	Axochiapan
		ZM de Saltillo	ZM de Minatitlán	San Luis Río Colorado	Cárdenas	Dolores Hidalgo	Tierra Blanca	Tlapacoyan	Chilapa Álvarez	Magdalena de Kino	Xoxocotla	Zocoalco de Torres
		ZM de Villahermosa Hermosillo	ZM de Coatzacoalcos	Chetumal	Tepatitlán de Morelos	Huachinango	Tizimín	Parras de la Fuente	Sayula	Encarnación de Díaz	Tecpan Galeana	Palaú

Megaciudades Más de 10 millones de Habitantes	Grandes Ciudades De 1,000,001 a 5,000,000 Habitantes	Ciudades Intermedias De 500,001 a 1,000,000 Habitantes	Ciudades Medias 100,001 a 500,000 habitantes		Ciudades Pequeñas 50,001 a 100,000		Centros Urbanos 15,000 a 50,000 Habitantes					
1	8	20	60		40		229					
		ZM de Reynosa- Río Bravo	Celaya	ZM de Ocotlán	Ciudad Mante	Almoleya del Río- Atizapán Capulhuactian	San Pedro	Ixmiquilpan	Champton	Hunucmá	El Grullo	Anáhuac
		Culiacán Rosales	ZM de Puerto Vallarta	ZM de Río Verde- Fernández Cd	Martínez de la Torre	Guistenco Heroica Caborca	Comalcalco	Los reyes Salgado	Escárcega	Tamcabaró de Codallos	Sombrerete	Tres Valles
		ZM Xalapa	ZM de Colima - Villa de Álvarez	Lázaro Cárdenas	Cozumel	Zacapu	San de los Lagos	Tala	Tequisquiapan	Zumpango del Río	Palmarito Tochapan	Ciudad de Huitzucu
		ZM de Cancún	ZM de Monclova de Frontera	Ciudad Acuña	Juchitán de Zaragoza	Pátzcuaro	Tepeapulco- Cd Sahagún	Maravatio de Ocampo	Tequila	Valle de Bravo	Las Rosas	Compostela
		ZM de Tuxtla Gutiérrez	ZM de Córdoba	ZM de Ticomán	Matehuala	Nuevo Casas Grandes	Autlán de Navarro	Ciudad Melchor Múzquiz	Pabellón de Arteaga	Ebano	Romita	Jamay
		ZM de Oaxaca	ZM de Tehuacán de Ciudad Victoria	San Juan del Río Cd Valles	Agua Prieta	Taxco de Alarcón	Ajalpan - Altepexi	Tonalá	Huimanguillo	Loreto	Miahutlan de Porfirio Díaz	San Salvador el Seco
					Guasave	San Luis de la Paz	Izúcar de Matamoros	Tenosique de Pino Suárez	Catemaco	Tezontepec	Ojocaliente	Zacapoaxtla
			Ciudad Obregón	Fresnillo			las Choapas	Ticul	Teapa	Tejupilco de Hidalgo	Manuel Ojinagua	Rodolfo Sánchez T.(Maneadero)
			ZM de Zacatecas- Guadalupe Los Mochis	Iguala de la independencia Delicias			Nueva Rosita- Cloete	Heroica Cd de Cananea	Tuxpan	Comonfort	Ocotlán de Morelos	Acatlán de Osorio
			ZM de Zamora- Jacona	ZM de Acayucan			La Barca - Briseñas	Cd Sabinas Hidalgo	Atotonilco el Alto	Ixtlán del Río	Allende	Pijijiapan
			ZM de la Piedad Pénjamo Campeche	Navojoa Guanajuato			Cintalapa de Figueroa	Huixtla	Santiago Pinotepa Nacional	Naranjos	Calvillo	Ahualulco de Mercado
							Tepeji	Zapotlanejo	Rincón de Romos	Frontera	Acajete	Ario de Rosales
							Huejutla de Reyes	Francisco Madero (Chávez)	Miguel Alemán (La Doce)	El Salto	Peto	Cihuatlán

Megaciudades Más de 10 millones de Habitantes	Grandes Ciudades De 1,000,001 a 5,000,000 Habitantes	Ciudades Intermedias De 500,001 a 1,000,000 Habitantes	Ciudades Medias 100,001 a 500,000 habitantes	Ciudades Pequeñas 50,0001 a 100,000	Centros Urbanos 15,000 a 50,000 Habitantes							
1	8	20	60	40	229							
			ZM de Tulancingo Tapachula de Córdova y Ordoñez	Hidalgo de Parral Tuxpan Playa del Carmen			Santa Rosalía de Camargo Mixquiahuala- Progreso Jerez de García Salinas Tecamachalco Juventino Rosas Montemorelos Agua Dulce	Tenacingo de Degollado Álamo Calpulalpan Loma Bonita San Fernando Víctor Rosales Actopan	Apan Tenango de Arista Abasolo Villagrán Apaseo el Alto Ciudad Serdán José Cardel Cabezas	Tixtla de Guerrero Yuriria Teocaltiche Jalostotitlan Lic Benito Juárez Tamazunchale Teloloapan	Altotonga Acaponeta San Buenaventura Jaral del Progreso Arcelia Zacualtipán Motozintla de Mendoza	Hidalgo Ixtapan de la Sal Nochistan de Mejía El Rosario Mepastepec Madera Santiago de Tuxtla
							Tlapa de Comonfort Zacatepec- Santa Rosa Treinta Palenque Jojutla- Tlaquiltenango Cd Constitución	Río Grande Huatabampo Puruándiro Paraíso	Tuxpan San Felipe Misantla Atoyác de Álvarez Isla Gabriel Leyva Solano (Benito Juárez)	Felipe Carrillo Puerto Motul de Carrillo Puerto Xalatlaco- Santiago Tilaza Zapotiltic Cerro Azul	Tamazula de Gordiano Cunduacán Jocotepec Ierdo de Tejada Las Margaritas Xico San Agustín	Temascalcingo Vicente Guerrero Izamal San Juan Xiutetelco

Fuente: Secretaría de Desarrollo Social, SEDESOL Programa Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU), 2007-20012, México, 2008.

Anexo 3. Indicadores Urbanos

No.	Delegación	Superficie (Km ²)	Densidad de Población (Hab/Km ²)	Población 2000	Conteo Población 2005	Población Urbana (PU)	Población Económica Activa (PEA)	PEA Sector Primario	PEA Sector Secundario	PEA Sector Terciario	Vivienda (Número)	Hospitales (Número)	Agua Potable (%)	Alcantarillado (%)	Desechos Sólidos Municipales (Ton/día)
1	ALVARO OBREGON	95.88	7165	687020	425298	497208	294720	722	80041	284589	163481	24	6.96	6.99	856.00
2	AZCAPOTZALCO	33.74	13071	441008	628063	327718	186766	424	59518	168201	109233	27	4.88	5.36	571.00
3	BENITO JUAREZ	26.53	13588	360478	173625	287603	177287	319	25772	179895	113741	10	4.99	5.45	491.00
4	COYOACAN	53.92	11877	640423	1193161	486736	287911	643	63955	280867	163036	25	7.24	7.17	862.00
5	CUAJIMALPA DE MORELOS	70.81	2136	151222	395025	102624	61752	715	19088	61192	33163	20	2.40	2.11	206.00
6	CUAUHTEMOC	35.55	14522	516255	1820888	388159	237117	356	39917	247283	147181	25	6.56	6.03	717.00
7	GUSTAVO A. MADERO	88.06	14031	1235542	228927	901928	506521	907	150864	476570	295329	58	14.10	14.50	1559.00
8	IZTACALCO	23.18	17745	411321	115895	301792	175618	269	46984	169897	98234	13	4.36	4.43	539.00
9	IZTAPALAPA	113.46	15630	1773343	706567	1230387	716950	1814	252345	668433	403922	43	17.08	17.33	2459.00
10	MAGDALENA CONTRERAS LA	63.51	3496	222050	344106	156634	93493	653	25695	93057	51831	18	2.39	2.53	312.00
11	MIGUEL HIDALGO	46.31	7615	352640	607545	269426	160675	279	33401	158102	94475	17	6.02	7.33	492.00
12	MILPA ALTA	287.50	337	96773	404458	63909	36108	7121	10110		21350	17	2.03	1.62	93.00
13	TLAHUAC	86.35	3507	302790	355017	202818	114868	3374	41213	108094	69564	25	4.11	3.99	356.00
14	TLALPAN	308.71	1885	581781	521348	417022	248599	3872	63692	246122	140148	26	6.59	5.38	862.00
15	VENUSTIANO CARRANZA	33.78	13701	462806	353534	341138	196107	299	43490	197946	116986	28	5.22	5.67	625.00
16	XOCHIMILCO	119.16	3103	369787	447459	256125	148535	6077	41608	144125	82078	23	5.05	4.11	420.00
Total		1486.45	8963	8605239	8720916	6231227	3643027	27844	997693	3484373	2103752	399	99.98	100.00	11420.00

No.	Delegación	Vialidades Federales (Km)	Vialidades Estatales (Km)	Vehículos Particulares (Número)	Vehículos Servicio Público (Núm.)	Empresas Generadoras de Residuos Peligrosos (Núm.)	Manifestación de Residuos (Ton/año)	Transportistas de Residuos Peligrosos (Núm.)	Vehículos Residuos Peligrosos (Núm.)	Total Empresas y Transportistas Residuos Peligrosos (Número)
1	ALVARO OBREGON	35.00	30.00	191273	6840	170.00	7800.00	4.00	23.00	174.00
2	AZCAPOTZALCO	0.00	0.00	144936	5521	482.00	229000.00	4.00	21.00	486.00
3	BENITO JUAREZ	0.00	0.00	251712	11003	380.00	28000.00	6.00	12.00	386.00
4	COYOACAN	0.00	0.00	239834	8013	375.00	13800.00	4.00	4.00	379.00
5	CUAJIMALPA DE MORELOS	116.50	30.00	30127	1003	32.00	500.00	1.00	2.00	33.00
6	CUAUHTEMOC	0.00	0.00	270289	7032	343.00	31500.00	1.00	1.00	344.00
7	GUSTAVO A. MADERO	0.00	0.00	289096	15893	313.00	65500.00	2.00	8.00	315.00
8	IZTACALCO	0.00	0.00	121166	5992	140.00	2400.00	0.00	0.00	100.00
9	IZTAPALAPA	17.00	0.00	267496	14888	380.00	15400.00	4.00	16.00	384.00
10	MAGDALENA CONTRERAS LA	67.50	47.50	48070	1469	15.00	100.00	0.00	0.00	15.00
11	MIGUEL HIDALGO	3.00	0.00	238513	3722	408.00	38500.00	6.00	179.00	414.00
12	MILPA ALTA	44.50	21.50	9598	467	7.00	100.00	0.00	0.00	7.00
13	TLAHUAC	34.50	44.00	29776	1546	47.00	2800.00	2.00	2.00	49.00
14	TLALPAN	31.00	82.00	154838	5012	222.00	10200.00	2.00	2.00	224.00
15	VENUSTIANO CARRANZA	0.00	0.00	132129	7771	107.00	3700.00	0.00	1.00	107.00
16	XOCHIMILCO	16.00	160.00	57583	3169	116.00	5500.00	0.00	0.00	116.00
Total		365.00	415.00	2476436	99341	3537.00	454800.00	36.00	271.00	3533.00

No.	Delegación	Vialidades Federales (Km)	Vialidades Estatales (Km)	Vehículos Particulares (Número)	Vehículos Servicio Público (Núm.)	Empresas Generadoras de Residuos Peligrosos (Núm.)	Manifestación de Residuos (Ton/año)	Transportistas de Residuos Peligrosos (Número)	Vehículos de Residuos Peligrosos (Núm.)	Total Empresas y Transportistas Residuos Peligrosos (Número)
1	ALVARO OBREGON	35.00	30.00	191273	6840	170.00	7800.00	4.00	23.00	174.00
2	AZCAPOTZALCO	0.00	0.00	144936	5521	482.00	229000.00	4.00	21.00	486.00
3	BENITO JUAREZ	0.00	0.00	251712	11003	380.00	28000.00	6.00	12.00	386.00
4	COYOACAN	0.00	0.00	239834	8013	375.00	13800.00	4.00	4.00	379.00
5	CUAJIMALPA DE MORELOS	116.50	30.00	30127	1003	32.00	500.00	1.00	2.00	33.00
6	CUAUHTEMOC	0.00	0.00	270289	7032	343.00	31500.00	1.00	1.00	344.00
7	GUSTAVO A. MADERO	0.00	0.00	289096	15893	313.00	65500.00	2.00	8.00	315.00
8	IZTACALCO	0.00	0.00	121166	5992	140.00	2400.00	0.00	0.00	100.00
9	IZTAPALAPA	17.00	0.00	267496	14888	380.00	15400.00	4.00	16.00	384.00
10	MAGDALENA CONTRERAS LA	67.50	47.50	48070	1469	15.00	100.00	0.00	0.00	15.00
11	MIGUEL HIDALGO	3.00	0.00	238513	3722	408.00	38500.00	6.00	179.00	414.00
12	MILPA ALTA	44.50	21.50	9598	467	7.00	100.00	0.00	0.00	7.00
13	TLAHUAC	34.50	44.00	29776	1546	47.00	2800.00	2.00	2.00	49.00
14	TLALPAN	31.00	82.00	154838	5012	222.00	10200.00	2.00	2.00	224.00
15	VENUSTIANO CARRANZA	0.00	0.00	132129	7771	107.00	3700.00	0.00	1.00	107.00
16	XOCHIMILCO	16.00	160.00	57583	3169	116.00	5500.00	0.00	0.00	116.00
Total		365.00	415.00	2476436	99341	3537.00	454800.00	36.00	271.00	3533.00

No.	Delegación	Empresas Químicas (Núm.)	Distribuidores Químicos (Núm.)	Transportistas Químicos (Núm.)	Vehículos Químicos (Núm.)	Total Químicos (Núm.)	Criterio Químicos (Rango)	Criterio Residuos (Rango)	Criterio Densidad de Población (Rango)	Clasificación Electre IV
1	ALVARO OBREGON	0	3	2	5	5	3	5	3	2
2	AZCAPOTZALCO	4	0	0	3	4	1	1	2	1
3	BENITO JUAREZ	4	2	0	2	6	2	2	2	1
4	COYOACAN	0	0	0	3	0	3	2	2	2
5	CUAJIMALPA DE MORELOS	0	0	0	9	0	3	5	5	4
6	CUAUHTEMOC	1	1	0	4	2	3	2	1	1
7	GUSTAVO A. MADERO	5	3	0	2	8	2	2	1	1
8	IZTACALCO	2	1	0	5	3	3	5	1	2
9	IZTAPALAPA	0	0	0	3	0	3	2	1	1
10	MAGDALENA CONTRERAS LA	0	0	0	8	0	3	5	5	4
11	MIGUEL HIDALGO	5	10	0	1	15	1	1	3	2
12	MILPA ALTA	0	0	0	9	0	3	5	5	4
13	TLAHUAC	0	0	0	8	0	3	5	5	4
14	TLALPAN	0	3	0	6	3	3	3	4	2
15	VENUSTIANO CARRANZA	0	0	1	5	1	3	4	2	2
16	XOCHIMILCO	1	0	0	4	1	3	5	5	4
Total		22	23	3	77	48				

No.	Municipio	Superficie (Km2)	Densidad de Población (Hab/Km2)	Población 2000	Conteo Población 2005	Población Urbana (PU)	Población Económicamente Activa (PEA)	PEA Sector Primario	PEA Sector Secundario	PEA Sector Terciario	Vivienda (Núm.)	Hospitales (Núm.)	Agua Potable (%)	Alcantarillado (%)	Desechos Sólidos Municipales (Ton/día)
1	ACOLMAN	86.88	705	61250	77035	39394	20877	996	8150	11115	12799	11	90.00	35.00	67.38
2	ATENCO	94.67	364	34435	42739	22005	11671	701	4663	5956	6736	7	92.00	36.00	37.88
3	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	89.88	5206	467886	472526	310806	177171	461	55827	110838	104778	27	95.00	90.00	514.67
4	CHALCO	234.72	929	217972	257403	127164	69382	3927	22535	41164	43051	22	92.00	45.00	239.77
5	CHIAUTLA	20.13	975	19620	22664	12589	7050	429	2475	3997	3766	6	92.00	31.00	21.58
6	CHICOLOAPAN	60.89	1274	77579	170035	49298	27801	414	9600	16842	16300	8	91.00	83.00	85.34
7	CHICONCUAC	6.94	2590	17972	19656	11385	6295	243	1547	4357	3022	2	96.00	81.00	19.77
8	CHIMALHUACAN	46.61	10529	490772	525389	291662	165814	879	55631	103916	99372	12	83.00	51.00	539.85
9	COACALCO	35.50	7114	252555	285943	162642	92529	231	24742	63641	55917	14	94.00	93.00	277.81
10	CUAUTITLAN	37.30	2033	75836	110345	47221	27095	466	10041	15626	16077	16	94.00	79.00	83.42
11	CUAUTITLAN IZCALLI	109.92	4124	453298	498021	302770	168931	1014	55798	104112	100213	27	95.00	91.00	498.63
12	ECATEPEC	155.49	10436	1622697	1688258	1055424	591262	1478	178029	387513	346922	46	90.00	88.00	1784.97
13	HUIXQUILUCAN	143.52	1348	193468	224042	126601	73559	1045	18257	49204	40417	22	90.00	72.00	212.81
14	IXTAPALUCA	315.10	944	297570	429033	170245	97583	2166	31383	60619	61310	19	88.00	70.00	327.33
15	JALTENCO	6.24	1267	15814	26359	10022	5703	213	1955	3334	3253	2	47.00	36.50	17.39
	JALTENCO	6.24	1267	15814	0	10022	5703	213	1955	3334	3253	2	47.00	36.50	17.39
16	MELCHOR OCAMPO	15.19	2483	37716	232546	24007	13201	593	5228	6887	7388	3	93.00	66.00	41.49
17	NAUCALPAN	149.86	5730	858711	37706	588958	337452	1316	99515	217657	199026	59	97.00	92.00	944.58
18	NEXTLALPAN	42.49	460	19532	821442	11515	6662	368	2912	3235	3863	2	88.00	31.00	21.49
19	NEZAHUALCOYOTL	63.44	19325	1225972	22507	838450	478479	718	116414	341012	274984	37	99.00	99.00	1348.57
20	NICOLAS ROMERO	233.51	1154	269546	1140528	170881	93377	2101	36286	51432	56838	21	88.00	59.00	296.50
21	PAPALOTLA	3.59	966	3469	306516	2227	1225	85	439	684	711	2	94.00	66.00	3.82
22	PAZ LA	26.71	7963	212694	3766	132909	76388	306	24108	49331	45367	8	89.00	72.00	233.96

No.	Municipio	Superficie (Km ²)	Densidad de Población (Hab/Km ²)	Población 2000	Conteo Población 2005	Población Urbana (PU)	Población Económicamente Activa (PEA)	PEA Sector Primario	PEA Sector Secundario	PEA Sector Terciario	Vivienda (Núm.)	Hospitales (Núm.)	Agua Potable (%)	Alcantarillado (%)	Desechos Sólidos Municipales (Ton/día)
23	TECAMAC	153.41	1126	172813	270574	109155	59932	1378	19766	36415	36443	15	92.00	79.00	190.09
24	TEOLOYUCAN	31.52	2112	66556	73696	41271	22684	1050	10001	10621	13333	5	92.00	45.00	73.21
25	TEOTIHUACAN	82.66	540	44653	46779	28156	15446	999	5049	8925	9262	10	92.00	70.00	49.12
26	TEPETLAOXTOC	172.38	132	22729	25523	14103	7525	1038	2678	3593	4481	6	90.00	41.00	25.00
27	TEPOTZOTLAN	208.83	298	62280	67724	39155	22523	1079	9430	11201	13194	9	91.00	58.00	68.51
28	TEXCOCO	418.69	487	204102	209308	132999	70586	4934	19446	43926	41473	25	90.00	69.00	224.51
29	TEZOYUCA	10.90	1730	18852	25372	11988	6442	191	2335	3615	3889	3	91.00	36.00	20.74
30	TLALNEPANTLA	41.74	8642	360708	683808	252959	141565	241	42555	91055	83003	28	46.50	48.50	396.78
	TLALNEPANTLA	41.74	8642	360708	0	252959	141565	241	42555	91055	83003	28	46.50	48.50	396.78
32	TULTEPEC	19.02	4904	93277	110145	56935	31479	494	12692	17002	19466	3	99.00	68.00	102.60
33	TULTITLAN	35.54	3040	216071	472867	134268	76834	308	26808	46731	45817	9	46.00	43.00	237.68
	TULTITLAN	35.54	3040	216071	0	134268	76834	308	26808	46731	45817	9	46.00	43.00	237.68
34	VALLE DE CHALCO SOLIDARIDAD	46.36	6977	323461	332279	196700	114066	411	38760	71223	66901	14	91.00	84.00	355.81
	ZUMPANGO	244.08	409	99774	127988	62803	33712	2404	14082	16300	18709	13	94.00	68.00	109.75
Total		3527.23	1500	9204233	9860522	5985916	3376403	35439	1040455	2154199	1990154	552	3131.00	2304.00	10124.66

No.	Municipio	Vialidades Federales (Km)	Vialidades Estatales (Km)	Vehículos Particulares (Núm.)	Vehículos Servicio Público (Núm.)	Empresas Generadoras de Residuos Peligrosos (Núm.)	Manifestación de Residuos (Ton/año)	Transportistas de Residuos Peligrosos (Núm.)	Vehículos de Residuos Peligrosos (Núm.)	Total Empresas y Transportistas Residuos Peligrosos (Núm.)
1	ACOLMAN	32.90	34.15	5807	605	0.00	0.00	3.00	4.00	3.00
2	ATENCO	8.00	8.00	2015	27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	0.00	5.25	2554	10	111.00	600.00	4.00	12.00	115.00
4	CHALCO	26.80	62.70	17680	394	31.00	2700.00	0.00	0.00	31.00
5	CHIAUTLA	0.00	34.10	2344	91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	CHICOLOAPAN	5.00	850.00	4885	22	19.00	100.00	3.00	30.00	22.00
7	CHICONCUAC	0.00	4.40	3142	20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	CHIMALHUACAN	0.00	10.70	12792	98	27.00	100.00	0.00	0.00	27.00
9	COACALCO	0.00	8.90	21736	226	27.00	200.00	2.00	2.00	29.00
10	CUAUTITLAN	0.00	34.30	9441	86	104.00	19100.00	1.00	43.00	105.00
11	CUAUTITLAN IZCALLI	14.00	29.00	51328	830	220.00	8600.00	3.00	5.00	223.00
12	ECATEPEC	30.00	46.60	121931	1487	527.00	45000.00	29.00	75.00	556.00
13	HUIXQUILUCAN	21.00	113.04	12710	121	19.00	100.00	0.00	0.00	19.00
14	IXTAPALUCA	46.10	34.20	13648	259	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
15	JALTENCO	0.00	5.65	565	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	JALTENCO	0.00	5.65	565	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16	MELCHOR OCAMPO	0.00	10.10	2833	88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17	NAUCALPAN	27.00	59.70	85082	1776	444.00	48000.00	3.00	3.00	447.00
18	NEXTLALPAN	0.00	14.30	1239	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19	NEZAHUALCOYOTL	0.00	6.30	69804	5000	82.00	200.00	0.00	0.00	82.00
20	NICOLAS ROMERO	0.00	105.40	19685	307	17.00	100.00	4.00	4.00	21.00
21	PAPALOTLA	0.00	6.70	423	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	PAZ LA	19.30	6.60	8972	178	52.00	12100.00	0.00	0.00	52.00

No.	Municipio	Vialidades Federales (Km)	Vialidades Estatales (Km)	Vehículos Particulares (Núm.)	Vehículos Servicio Público (Núm.)	Empresas Generadoras de Residuos Peligrosos (Núm.)	Manifestación de Residuos (Ton/año)	Transportistas de Residuos Peligrosos (Núm.)	Vehículos de Residuos Peligrosos (Núm.)	Total Empresas y Transportistas Residuos Peligrosos (Núm.)
23	TECAMAC	41.60	29.60	14962	342	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	TEOLOYUCAN	0.00	21.90	4056	17	0.00	0.00	2.00	18.00	2.00
25	TEOTIHUACAN	18.50	29.07	4986	141	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26	TEPETLAOXTOC	13.00	8.60	1453	13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	TEPOTZOTLAN	10.10	60.40	5877	26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28	TEXCOCO	38.90	63.00	27260	759	52.00	200.00	0.00	0.00	52.00
29	TEZOYUCA	5.50	31.10	1702	14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	TLALNEPANTLA	3.95	33.35	31709	432	317.50	61200.00	7.00	17.00	324.00
	TLALNEPANTLA	3.95	33.35	31709	432	317.50	30650.00	7.00	17.00	324.00
32	TULTEPEC	0.00	5.40	5642	323	5.00	100.00	0.00	0.00	5.00
33	TULTITLAN	0.00	7.40	14061	180	74.00	27500.00	1.00	7.50	75.00
	TULTITLAN	0.00	7.40	14061	180	74.00	27500.00	1.00	7.50	75.00
34	VALLE DE CHALCO SOLIDARIDAD	0.00	3.40	5378	76	0.00	0.00	1.00	6.00	1.00
	ZUMPANGO	1.50	60.90	7950	112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total		367.10	1890.61	641987	14690	2520.00	284050.00	72.00	252.00	2591.00

No.	Municipio	Empresas Químicas (Núm.)	Distribuidores Químicos (Núm.)	Transportistas Químicos (Núm.)	Vehículos Químicos (Núm.)	Total Químicos (Núm.)	Criterio Químicos (Rango)	Criterio Residuos (Rango)	Criterio Densidad de Población (Rango)	Clasificación Electre IV
1	ACOLMAN	0	0	1	9	1	3	5	5	4
2	ATENCO	0	0	0	9	0	3	5	5	4
3	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	2	0	0	5	2	3	4	4	3
4	CHALCO	0	0	0	9	0	3	5	5	4
5	CHIAUTLA	0	0	0	7	0	3	5	5	4
6	CHICOLOAPAN	0	0	0	9	0	3	5	5	4
7	CHICONCUAC	0	0	0	9	0	3	5	5	4
8	CHIMALHUACAN	0	0	0	7	0	3	5	2	4
9	COACALCO	0	0	0	7	0	3	5	3	2
10	CUAUTITLAN	0	0	0	6	0	3	4	5	3
11	CUAUTITLAN IZCALLI	26	0	1	4	27	1	3	4	2
12	ECATEPEC	11	1	3	1	15	1	1	2	1
13	HUIXQUILUCAN	0	2	0	9	2	3	5	5	4
14	IXTAPALUCA	0	0	0	9	0	3	5	5	4
15	JALTENCO	0	0	0	9	0	3	5	5	4
	JALTENCO	0	0	0	9	0	3	5	5	4
16	MELCHOR OCAMPO	0	0	0	9	0	3	5	5	4
17	NAUCALPAN	6	2	0	2	8	2	1	4	2
18	NEXTLALPAN	0	0	0	9	0	3	5	5	4
19	NEZAHUALCOYOTL	2	0	0	7	2	3	5	1	2
20	NICOLAS ROMERO	0	0	0	9	0	3	5	5	4
21	PAPALOTLA	0	0	0	9	0	3	5	5	4

No.	Municipio	Empresas Químicas (Núm.)	Distribuidores Químicos (Núm.)	Transportistas Químicos (Núm.)	Vehículos Químicos (Núm.)	Total Químicos (Núm.)	Criterio Químicos (Rango)	Criterio Residuos (Rango)	Criterio Densidad de Población (Rango)	Clasificación Electre IV
22	PAZ LA	1	0	0	7	1	3	5	3	2
23	TECAMAC	0	0	0	9	0	3	5	5	4
24	TEOLOYUCAN	0	1	0	9	1	3	5	5	4
25	TEOTIHUACAN	0	0	0	9	0	3	5	5	4
26	TEPETLAOXTOC	0	0	0	9	0	3	5	5	4
27	TEPOTZOTLAN	0	0	0	9	0	3	5	5	4
28	TEXCOCO	0	0	0	9	0	3	5	5	4
29	TEZOYUCA	0	0	0	9	0	3	5	5	4
30	TLALNEPANTLA	8	1	1	1	10	1	1	3	2
	TLALNEPANTLA	8	1	1	1	10	1	1	3	2
32	TULTEPEC	0	0	0	7	0	3	5	4	3
33	TULTITLAN	2	0	0	6	2	3	4	5	3
	TULTITLAN	1	1	0	6	2	3	4	5	3
34	VALLE DE CHALCO SOLIDARIDAD	0	0	0	7	0	3	5	4	3
	ZUMPANGO	1	0	0	9	1	3	5	5	4
Total		68	9	7	270	84				

Anexo 4. Grandes Accidentes Trágicos de Materiales Peligrosos en el Mundo

No.	Año	Lugar	Sustancia involucrada	Tipo de Accidente	Daños	
					Muertos	Lesionados
1	2005	Granetiville, Condado de Aiken, estado de South Carolina, EEUU	Cloro	Escape	8	260
2	2005	Pilar, Pcia. de Buenos Alres, Argentina	Hidrógeno	Explosión	0	4
3	2005	Lince, Perú	Solvente	Explosión	1	12
4	2004	Jorassan, Irán	Gasolina, fertilizantes y productos con azufre	Incendio + Explosión	300	235
5	2004	Ryongchon, Corea del Norte	Gasolina y Nitrato de Amonio	Explosión	161	1300
6	2004	Mihama, Japón	Vapor de Agua	Escape	4	7
7	2004	Joaquín V. González, Departamento Anta, Salta, Argentina	Combustible	Explosión	1	0
8	2004	Rosario, Santa Fe, Argentina	Extintor de Incendio	Explosión	1	0
9	2004	Campana, Buenos Aires, Argentina	Residuos Peligrosos	Explosión	1	1
10	2004	Ciudad de Córdoba, Córdoba, Argentina	Gelamón, explosivo hecho con nitroglicerina y nitrocelulosa	Explosión	1	0
11	2004	Centro Espacial Satish Dhawan, India	Propelente sólido	Explosión	6	3
12	2004	Venta de Baños, Palencia, España	Caldera de Aceite	Explosión	2	2
13	2003	Alcántara, Maranhao, Brasil.	Cohete	Explosión	16	20

No.	Año	Lugar	Sustancia involucrada	Tipo de Accidente	Daños	
					Muertos	Lesionados
14	2003	Santa Cruz, Bolivia	Oxígeno	Explosión	2	s/d
15	2003	Veracruz, México	GLP	Explosión	4	62
16	2003	Asunción, Paraguay	Agro tóxicos	Incendio	0	800
17	2003	Puertollano, España	Gasolina	Explosión	8	3
18	2002	Minot, Dakota del Norte, EE.UU.	Amoniaco	Escape	1	60
19	2002	Alabama, EE.UU.	Bifenil	Escape	0	11
20	2002	Valdapeña, Ciudad Real, España	Mat. Radiactivo	Choque	1	0
21	2002	Nagpur Chawl, India	Cloro	Escape	0	40
22	2002	Santovenia de Pisuerga, Valladolid, España.	Gasolina	Incendio	0	2
23	2002	Valencia, España	Pirotecnia	Explosión	2	s/d
24	2002	Joplin, EE.UU.	Pentaclorofenol y combustibles	Incendio	s/d	s/d
25	2002	Templetown, Reino Unido	Acetileno	Explosión	s/d	s/d
26	2002	County Durham, Reino Unido	Bromo	Escape	0	2
27	2002	Sulphur, USA	Etileno	Incendio/explo.	0	1

No.	Año	Lugar	Sustancia involucrada	Tipo de Accidente	Daños	
					Muertos	Lesionados
28	2002	East Bloomfield, USA	Ácidos	Escape	0	5
29	2002	Huangmao, China	Pirotecnia	Explosión	40	s/d
30	2001	Lime, Perú.	Pirotecnia	Explosión	300	150
31	2001	Toulouse, Francia.	Fertilizantes	Explosión	39	2500
32	2001	San Lorenzo, Santa Fe, Argentina.	Cereal	Explo. polvo	s/d	s/d
33	2000	Puerto General San Martín, Santa Fe, Argentina.	Cereal	Explo. polvo	s/d	s/d
34	1997	Tokaimura, Tokio, Japón	Mat. Radiactivo	Explosión	0	37
35	1992	Guadalajara, México.	Combustible	Explosión	200	1500
36	1992	Paranaguá, Brasil.	s/d	Explo. polvo	s/d	s/d
37	1991	Veracruz, México	Plaguicidas	Incendio	87	1300
38	1991	Israel	Forraje	Explo. polvo	s/d	s/d
39	1991	T' aichung, Taiwán	Harina	Explo. polvo	s/d	s/d
40	1991	Japón	Hexano	Explosión	8	s/d
41	1989	Pasadena, Texas, EE.UU.	Plásticos	Incendio	s/d	s/d

No.	Año	Lugar	Sustancia involucrada	Tipo de Accidente	Daños	
					Muertos	Lesionados
42	1988	Deer Park, Texas, EE.UU.	Oxido de Etileno	Explosión	0	s/d
43	1988	Mar del Norte, a unos 180 km de la Costa de Aberdeen.	Petróleo	Explosión	166	s/d
44	1988	General Lagos, Santa Fe, Argentina.	Cereal	Explo. polvo	1	6
45	1988	Kingston, Jamaica.	Harina	Explo. polvo	s/d	s/d
46	1987	Goiana, Brasil	cesio 137	Radiación	s/d	s/d
47	1987	Harbin, China.	Lino	Explo. polvo	s/d	s/d
48	1987	Oslo, Noruega.	Cereal	Explo. polvo	s/d	s/d
49	1986	Kennedy, EE.UU.	Hidrógeno	BLEVE	7	s/d
50	1986	Newcastle, Australia.	s/d	Explo. polvo	s/d	s/d
51	1985	Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.	Cereal	Explo. polvo	4	20
52	1985	York, Nebraska, EE.UU.	Cereal	Explo. polvo	s/d	s/d
53	1985	Alberta, Canadá	Forraje	Explo. polvo	s/d	s/d
54	1984	Bhopal, India.	Isocianato de metilo	Escape	3500	200000
55	1984	San Juan de Ixhuatepec -México DF, México.	GLP	BLEVE	1500	4200

No.	Año	Lugar	Sustancia involucrada	Tipo de Accidente	Daños	
					Muertos	Lesionados
56	1984	Cork, Irlanda	Cereal	Explo. polvo	2	0
57	1983	Reserve, EE.UU.	Clorobutadieno	BLEVE	3	s/d
58	1983	Houston, EE.UU.	Bromuro de metilo	BLEVE	2	s/d
59	1983	Hamburgo, República Federal de Alemania.	Cereal	Explo. polvo	1	10
60	1982	Tocoa, Venezuela	Fuel-Oil	Boilover	s/d	150
61	1982	Spencer, EE.UU.	Agua	BLEVE	7	s/d
62	1982	Taft, EE.UU.	Acroleína	BLEVE	0	s/d
63	1982	Tiene, Bélgica	Azúcar	Explo. polvo	4	s/d
64	1982	Metz, Francia	Malta	Explo. polvo	12	10
65	1982	Rabat, Marruecos.	Harina	Explo. polvo	s/d	s/d
66	1982	Jackson, Mississippi, EE.UU.	Hexano	Incendio	2	1
67	1981	Montones, México.	Cloro	BLEVE	29	s/d
68	1981	Bangkok, Tailandia	Cereal	Explo. polvo	s/d	s/d
69	1981	Corpus Christi, EE.UU.	s/d	Explo. polvo	s/d	s/d

No.	Año	Lugar	Sustancia involucrada	Tipo de Accidente	Daños	
					Muertos	Lesionados
70	1980	Canadá	s/d	Explo. polvo	s/d	s/d
71	1979	Good Hope, EE.UU.	Butano	BLEVE	12	s/d
72	1979	Lérida, España.	Cereal	Explo. polvo	10	18
73	1979	Bremen, República Federal de Alemania.	Harina	Explo. polvo	14	17
74	1978	Santa Cruz, México.	Metano	Incendio	52	--
75	1978	Waverly, EE.UU.	Propano	BLEVE	12	s/d
76	1978	Baltimore, Maryland, EE.UU.	Dióxido de azufre	Escape	---	100
77	1978	Chicago, Illinois, EE.UU.	Acido sulfhídrico	Escape	8	29
78	1978	Camping de Los Alfaques, San Carlos de la Rápita, España.	Propileno	BLEVE	216	s/d
79	1978	Texas City, EE.UU.	Butano	BLEVE	7	s/d
80	1977	Cartagena, Colombia	Amoníaco	BLEVE	30	25
81	1977	Westwego, Louisiana, EE.UU.	Cereal	Explo. polvo	s/d	s/d
82	1976	Seveso, Italia.	Dioxina/TCDD	Escape	---	2
83	1976	Houston, EE.UU.	Amoníaco	BLEVE	6	s/d

No.	Año	Lugar	Sustancia involucrada	Tipo de Accidente	Daños	
					Muertos	Lesionados
84	1976	Gadsden, EE.UU.	Gasolina	BLEVE	3	s/d
85	1976	Oslo, Noruega	Cereal	Explo. polvo	s/d	s/d
86	1976	Galena Park, Louisiana, EE.UU.	s/d	Explo. polvo	s/d	s/d
87	1975	Eagle Paas	Propano	BLEVE	16	s/d
88	1975	Beek, Paises Bajos.	Propileno	Explosión	14	107
89	1975	Niagara Falls, EE.UU.	Cloro	BLEVE	4	s/d
90	1975	Vancouver, Canadá.	s/d	Explo. polvo	s/d	s/d
91	1974	Decatur, Illinois - EE.UU..	Propano	Explosión	7	152
92	1974	Flixborough, Reino Unido.	Ciclohexano	Explosión	28	89
93	1974	Cubatao, Brasil.	Gasolina	Incendio	500	---
94	1974	West St. Paul, EE.UU.	Propano	BLEVE	4	s/d
95	1974	Oreonta, EE.UU.	Propano	BLEVE	0	s/d
96	1974	Puebla, EE.UU.	Propano	BLEVE	0	s/d
97	1974	Clyde, Texas, EE.UU.	Dinamita	Explosión	4	2

No.	Año	Lugar	Sustancia involucrada	Tipo de Accidente	Daños	
					Muertos	Lesionados
98	1973	Pryor, Oklahoma, EE.UU.	Nitrato amónico	Explosión	s/d	s/d
99	1973	Staten Island, Nueva York, EE.UU.	GNL	Incendio	40	---
100	1973	Kingman, EE.UU.	Propano	BLEVE	13	s/d
101	1972	Río de Janeiro, Brasil	Propano	BLEVE	37	s/d
102	1972	East St. Louis, Illinois - EE.UU.	Propileno	Explosión	0	230
103	1972	New Jersey, EE.UU.	Propileno	BLEVE	2	s/d
104	1972	Tewksbury, EE.UU.	Propano	BLEVE	2	s/d
105	1972	San Antonio, EE.UU.	CO ₂	BLEVE	0	s/d
106	1971	Houston, EE.UU.	VCM	BLEVE	1	s/d
107	1970	Crescent City, EE.UU.	Propano	BLEVE	0	s/d
108	1970	Baton Rouge, EE.UU.	Etileno	BLEVE	0	s/d
109	1970	Stavanger Havn, Noruega.	Cereal	Explo. plvo	s/d	s/d
110	1969	Repcelak	CO ₂	BLEVE	9	s/d
111	1969	Crete, EE.UU.	Amoníaco	BLEVE	8	s/d

No.	Año	Lugar	Sustancia involucrada	Tipo de Accidente	Daños	
					Muertos	Lesionados
112	1969	Glendara, EE.UU.	VCM	BLEVE	0	s/d
113	1968	Pernis - Países Bajos.	Residuos de Petróleo	Explosión	2	85
114	1968	Lieven, Francia	Amoníaco	BLEVE	5	s/d
115	1968	Donruth, EE.UU.	Oxido de etileno	BLEVE	0	s/d
116	1967	Lake Charles, Luisiana - EE.UU.	Isobutano	Explosión	7	13
117	1966	Feyzin, Francia.	GLP	BLEVE	18	90
118	1966	EE.UU.	Hexano	Incendio	0	0
119	1964	Marshal Creek, PA, EE.UU.	Dinamita	Explosión	6	13
120	1962	Doe Run, EE.UU.	Oxido etileno	BLEVE	1	s/d
121	1960	Traskwood, Arkansas, EE.UU.	Nitrato amónico	Explosión	s/d	s/d
122	1959	Weldria, EE.UU.	Propano	BLEVE	23	s/d
123	1959	Kansas City, EE.UU.	Gasolina	BLEVE	5	s/d
124	1958	Michigan, EE.UU.	Butano	BLEVE	1	s/d
125	1957	Quebec, Canadá	Butano	BLEVE	1	s/d

No.	Año	Lugar	Sustancia involucrada	Tipo de Accidente	Daños	
					Muertos	Lesionados
126	1954	Bitburg - República Federal de Alemania.	Querosén	Explosión	32	16
127	1954	Institute, EE.UU.	Acroleína	BLEVE	0	s/d
128	1953	Mar Rojo	Nitrato amónico	Explosión	s/d	s/d
129	1952	Walsum, República Federal de Alemania.	Cloro	BLEVE	7	---
130	1951	Port Newark, EE.UU.	Propano	BLEVE	0	s/d
131	1950	Poza Rica, México.	Fosgeno	Escape	10	---
132	1948	Ludwigshafen - República Federal de Alemania.	Eterdimetílico	BLEVE	245	3.8
133	1947	Roerno, Finlandia	Cloro	BLEVE	19	s/d
134	1947	Texas City, Texas, EE.UU.	Nitrato amónico	Explosión	468	s/d
135	1947	Brest, Francia	Nitrato amónico	Explosión	s/d	s/d
136	1944	Port Chicago, EE.UU.	Municiones	Explosión	322	s/d
137	1944	Cleveland, Ohio, EE.UU.	Metano	Incendio	136	77
138	1943	Ludwigshafen - República Federal de Alemania.	Butadieno	BLEVE	57	s/d
139	1938	Zarnesti, Rumania	Cloro	BLEVE	60	s/d

No.	Año	Lugar	Sustancia involucrada	Tipo de Accidente	Daños	
					Muertos	Lesionados
140	1929	Syracusa, EE.UU.	Cloro	BLEVE	1	s/d
141	1928	Hamburgo, Alemania	Fosgeno	BLEVE	10	s/d
142	1926	Saint Auban, Francia	Cloro	BLEVE	19	s/d
143	1865	Río Mississippi, EE.UU.	Caldera	Explosión	1547	s/d

Anexo 5. Antecedente de Atención a la Gestión de los Materiales Peligrosos (MPs) En México

Año	Suceso
1983	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue). • Primer Procedimiento de Impacto Ambiental de la Ley Federal de Protección al Ambiente en el que se incluye el concepto de peligro.
1984	<ul style="list-style-type: none"> • Explosión de gas en San Juan Ixhuatepec.
1986	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de la Subdirección de Peligro de la Sedue. • Desarrollo del Procedimiento para Evaluar Proyectos de Instalaciones que Manejen Sustancias Peligrosas.
1988	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. • Publicación del Reglamento en Materia de Impacto Ambiental que prevé la realización de Estudios de Peligro y la elaboración de Programas para la Prevención de Accidentes. • Creación del Comité de Actividades Altamente Peligrosas.
1989	<ul style="list-style-type: none"> • Creación del Comité de Análisis y Aprobación de los Programas para la Prevención de Accidentes (COAAPPA).
1990	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación del Primer Listado de Actividades Altamente Peligrosas (por manejo de sustancias tóxicas).
1992	<ul style="list-style-type: none"> • Creación del Instituto Nacional de Ecología en la Secretaría de Desarrollo Social. • Creación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. • Introducción de las Auditorías Ambientales. • Explosión del drenaje en la ciudad de Guadalajara. • Establecimiento del Programa Nacional para la Prevención de Accidentes de Alto Peligro Ambiental (PRONAPAARA). • Creación de los Comités Ciudadanos de Información y Apoyo para Casos de Prevención y Atención de Peligros Ambientales.
1992	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación del Segundo Listado de Actividades Altamente Peligrosas (por manejo de sustancias explosivas e inflamables).
1994	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
1996	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación de la nueva Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, México, 2003. (www.semarnat.gob.mx)

Anexo 6. Accidentes Graves Ocurredos en México y Registrados en el Nivel Internacional

AÑO	País	Actividad	Lugar	Muertes	Heridos
1950	MEX	Proceso	Refinería		
1969	MEX	Proceso	Refinería		
1970	MEX	Transporte en ductos	Otro		
1972	MEX	Ferrocarril	Estación de ferrocarril		
1976	MEX	Transporte en ductos	Carretera / Autopista/Vialidad		
1977	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica de químicos		
1977	MEX	Uso/Aplicación	Fábrica		
1977	MEX	Almacenamiento	Refinería		
1978	MEX	Transporte en ductos	Desconocido		
1978	MEX	Transporte en ductos	Edificio		
1978	MEX	Transporte por Carretera	Carretera / Autopista/Vialidad		
1978	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica de químicos		
1978	MEX	Almacenamiento	Refinería		
1979	MEX	Transporte en ductos	Otro		
1979	MEX	Ferrocarril	En vía		
1979	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
1979	MEX	Transporte en ductos	Otro		
1979	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
1979	MEX	Almacenamiento	Fábrica		
1980	MEX	Manejo marítimo	Mar		
1980	MEX	Transporte por barco	Fábrica de Químicos		
1980	MEX	Almacenamiento	Terminal		
1980	MEX	Manejo marítimo	Área marítima		
1981	MEX	Transporte por Carretera	Carretera / Autopista/Vialidad		
1981	MEX	Procesamiento o Producción	Laboratorio		
1981	MEX	Ferrocarril	Ferrocarril		
1981	MEX	Transporte en ductos	Desconocido		
1981	MEX	Manejo marítimo	Área marítima		
1982	MEX	Transporte por barco	Área marítima		
1982	MEX	Transporte marítimo	Mar		
1982	MEX	Transporte en ductos	Refinería		
1982	MEX	Transporte por Carretera	Carretera /Autopista/Vialidad		
1982	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica de Químicos		
1982	MEX	Transporte marítimo	Mar		
1983	MEX	Manejo marítimo	Área Marítima		
1983	MEX	Tratamiento de Residuos	Carretera / Autopista/Vialidad		
1983	MEX	Ferrocarril	Ferrocarril		
1983	MEX	Almacenamiento	Edificio		
1983	MEX	Transporte en ductos	Fábrica de Químicos		
1984	MEX	Transporte por barco	Almacén/Depot		
1984	MEX	Transporte en ductos	Desconocido		
1984	MEX	Manejo Marítimo	Área marítima		
1984	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		

AÑO	País	Actividad	Lugar	Muertes	Heridos
1985	MEX	Transporte por Carretera	Carretera / Autopista/Vialidad		
1985	MEX	Use/Aplicación	Fábrica		
1985	MEX	Limpieza	Puerta		
1985	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
1985	MEX	Transporte por barco	Terminal		
1986	MEX	Transporte por barco	Área de manejo tanque		
1986	MEX	Transporte en ductos	Otro		
1986	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica de químicos		
1987	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica de químicos		
1987	MEX	Almacenamiento	Refinería		
1987	MEX	Transporte por Carretera	Carretera / Autopista/ Vialidad		
1988	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
1988	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
1988	MEX	Transporte en ductos	Otro		
1988	MEX	Use/Aplicación	Ciudad		
1989	MEX	Almacenamiento	Edificio		
1990	MEX	Use/Aplicación	Fábrica		
1991	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
1991	MEX	Transporte en ductos	Ciudad		
1991	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica de químicos		
1991	MEX	Procesamiento o Producción	Refinería		
1991	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica de químicos		
1991	MEX	Use/Aplicación	Fábrica		
1992	MEX	Use/Aplicación	Almacén/Depot		
1992	MEX	Transporte en ductos	Área industrial/Parque industrial		
1993	MEX	Transporte por barco	Puerto		
1994	MEX	Transporte en ductos	Otro		
1994	MEX	Transporte en ductos	Otro		
1994	MEX	Procesamiento o Producción	Refinería		
1994	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica de químicos		
1994	MEX	Procesamiento o Producción	Refinería		
1994	MEX	Procesamiento o Producción	Refinería		
1995	MEX	Transporte en ductos	Ductos		
1996	MEX	Use/Aplicación	Fábrica		
1996	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
1996	MEX	Transporte por barco	Estación de energía/Planta de energía		
1996	MEX	Procesamiento o Producción	Planta de procesamiento de gas		
1996	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
1997	MEX	Transporte por barco	Edificio		
1997	MEX	Transporte en ductos	Otro		
1997	MEX	Transporte en ductos	Otro		
1997	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
1998	MEX	Transporte en ductos	Otro		
1998	MEX	Transporte por Carretera	Zona de estacionamiento		
1998	MEX	Transporte en ductos	Otro		
1998	MEX	Use/Aplicación	Fábrica		


AÑO	País	Actividad	Lugar	Muertes	Heridos
1998	MEX	Procesamiento o Producción	Refinería		
1998	MEX	Use/Aplicación	Fábrica		
1998	MEX	Procesamiento o Producción	Refinería		
1999	MEX	Almacenamiento	Edificio		
1999	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
1999	MEX	Use/Aplicación	Ciudad		
1999	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
2000	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
2000	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
2000	MEX	Use/Aplicación	Edificio		
2000	MEX	Use/Aplicación	Granja		
2001	MEX	Use/Aplicación	Ciudad		
2001	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica de químicos		
2001	MEX	Procesamiento o Producción	Refinería		
2001	MEX	Procesamiento o Producción	Planta de procesamiento de gas		
2001	MEX	Ferrocarril	Ferrocarril		
2002	MEX	Transporte en ductos	Ciudad		
2002	MEX	Procesamiento o Producción	Refinería		
2002	MEX	Almacenamiento	Casa habitación		
2002	MEX	Use/Aplicación	Ciudad		
2002	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica de químicos		
2002	MEX	Procesamiento o Producción	Refinería		
2002	MEX	Procesamiento o Producción	Refinería		
2002	MEX	Procesamiento o Producción	Refinería		
2003	MEX	Procesamiento o Producción	Hogar		
2003	MEX	Procesamiento o Producción	Refinería		
2003	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
2003	MEX	Transporte en ductos	Otro		
2004	MEX	Transporte en ductos	Estación de tuberías		
2004	MEX	Procesamiento o Producción	Casa habitación		
2004	MEX	Almacenamiento	Almacén/Depot		
2004	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica		
2004	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica		
2004	MEX	Transporte en ductos	Otro		
2005	MEX	Ferrocarril	Ferrocarril		
2005	MEX	Transporte en ductos	Granja		
2005	MEX	Transporte en ductos	Ciudad		
2005	MEX	Use/Aplicación	Ciudad		
2005	MEX	Transporte por Carretera	Carretera /Autopista/Vialidad		
2005	MEX	Almacenamiento	Carretera /Autopista/Vialidad		
2005	MEX	Transporte por Carretera	Carretera /Autopista/Vialidad		
2005	MEX	Almacenamiento	Planta de procesamiento de gas		
2005	MEX	Transporte en ductos	Otro		
2005	MEX	Transporte por Carretera	Trabajo de ingeniería		


AÑO	País	Actividad	Lugar	Muertes	Heridos
2005	MEX	Procesamiento o Producción	Fábrica		
2007	MEX	Transporte por Carretera	Carretera /Autopista/Vialidad		
2007	MEX	Procesamiento o Producción	Planta de procesamiento de gas		
2007	MEX	Transporte en ductos	Otro		
2007	MEX	Transporte por barco	Almacén/Depot		


Total 138 Accidentes ocurridos en México de la Base de Datos FACTS con información de 2212 eventos ocurridos en el mundo.

Fuente: <http://www.factsonline.nl/>

Anexo 7. Accidentes de Transporte de Materiales Peligrosos Publicitados para el Periodo del Año 2000 al 2008

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
25/10/08 Puerto de Veracruz, Veracruz Zona urbana, localizada en espacio abierto	Astilleros del Puerto de Veracruz Avenida Principal Paseo del Malecón	Tricloro Seco 16 Toneladas (Ton)	<p>1) Emergencia química debida a incendio causado por la fuga de una sustancia en el puerto que generó una nube tóxica, sin ocasionar daños a la salud de las personas. El riesgo pasó debido a la disolución de la nube, la concentración no fue suficiente para causar afectación, aún con cambio en la dirección del viento. Indicó que la aglomeración de la sustancia que causó el desalojo de cientos de personas en el recinto portuario, el Paseo del Malecón y en el Centro de la ciudad, se debió a un mal manejo en un contenedor con ácido tricloroisocianúrico-seco, sustancia química altamente corrosiva, la cual provoca irritación de ojos, piel y mucosas. Fue implementado un operativo especial de evacuación de peatones en la zona y de tránsito y vialidad, a fin de evitar congestionamientos. El operativo de evacuación cerca de 15 cuadras en un perímetro de kilómetro y medio a la redonda desde la calle 5 de Mayo, Allende y zona portuaria de la ciudad de Veracruz. A la zona del incendio acudió personal de Bomberos, Tránsito, Protección Civil, Policía Estatal, Cruz Roja, Cruz Ambar, Capitanía de Puerto y autoridades navales, con el fin de evitar mayores riesgos. Autoridades de la Administración Portuaria Integral de Veracruz (Apiver) confirmaron que la situación se controló y durante la contingencia no se reportaron personas lesionadas, intoxicadas o con crisis nerviosa, debido a la intervención de los cuerpos de emergencia y al apoyo de los medios de comunicación para alertar a la población. Se detuvieron a dos personas presuntamente relacionadas con la fuga de la sustancia en el recinto portuario.</p>	Accidente por manejo de contenedor. Nube Toxica. Fuga química y reacción con gases tóxicos. Intoxicados y daños ambientales	 <p>The top photograph shows a large, dense, white and yellowish toxic cloud rising from the port area at night, illuminated by streetlights. The bottom photograph shows a similar scene from a different angle, with a bright fire or light source at the base of the cloud, reflecting on the water in the foreground.</p>


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>23/10/08</p> <p>Municipio de Orizaba Veracruz</p> <p>Zona boscosa.</p>	<p>Autopista de Ciudad Mendoza Orizaba</p>	<p>Combustóleo</p> <p>35 mil litros de</p>	<p>2) Vuelca pipa en la autopista. El accidente provocó el cierre del paso vehicular en la autopista tramo Ciudad Mendoza-Orizaba; hubo derrame de combustóleo. El tráfico se vio obstruido totalmente debido al accidente de la pipa a la altura del retén de la PF. Daños materiales por más de \$50 mil y caos vial durante varios minutos, causó ayer la volcadura de una pipa cargada con más de 35 mil litros de combustóleo sobre el tramo carretero Nogales-Orizaba, en donde la larga fila alcanzó los tres kilómetros de embotellamiento vehicular. El accidente de un tractocamión marca Kenworth, azul, con placas de circulación 949E62 se registró a las 13:00 horas en el kilómetro 268, a la altura de la comisaría de la Policía Federal. Se volcó causando un importante derrame de combustóleo. El trailer provenía de la Ciudad de México y se dirigía a Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. La pipa venía fallando kilómetros atrás, al dar la vuelta en una curva, el conductor no pudo controlar su unidad y se impactó contra el cerro, volcándose aproximadamente 20 metros, hasta quedar recostada a un costado de la autopista. El conductor pudo salir de la cabina, la cual quedó destrozada por el fuerte golpe. Al lugar arribaron paramédicos y elementos de Protección Civil de Río Blanco y Bomberos, quienes se encargaron de controlar la situación del contenido de la pipa; fue necesario lavar una parte de la cinta asfáltica para evitar un accidente mayor. Fueron cuatro horas las que se tardaron en liberar la carretera, por lo que algunos vehículos desviaban su rumbo por el entronque a Nogales.</p>	<p>Volcadura</p> <p>Derrame</p> <p>Daños materiales</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>22/10/08</p> <p>Municipio de Orizaba Veracruz</p> <p>Zona Boscosa.</p>	<p>Autopista Puebla-Veracruz</p> <p>kilómetro 245 del tramo Balastlera-Cumbres de Maltrata</p>	<p>Combustóleo</p> <p>42,000 litros</p>	<p>3) De acuerdo al reporte de la Comisaría Orizaba de la Policía Federal Preventiva (PFP), al parecer producto del mal estado mecánico, una pipa cargada con 42 mil litros de combustóleo ardió en el lugar de Cumbres de Maltrata. Los propios transportistas alertaron a la PFP sobre un incendio registrado en el kilómetro 245 del tramo Balastlera-Maltrata de la autopista Puebla-Veracruz, en el carril de descenso. Se movilizaron Bomberos de Orizaba, la Coordinación Regional de Protección Civil, Seguridad Pública y, Caminos y Puentes Federales (CAPUFE). La pronta intervención de los cuerpos de auxilio para enfriar la salchicha con chorros de agua a presión, evitó una posible explosión, aunque los daños se centraron de manera principal en el tractor de la empresa de Transportes TSF de la Ciudad de México cuyo conductor se dio a la fuga. Durante más de dos horas el tráfico en el carril de descenso, de Puebla con destino a Veracruz fue suspendido de manera total, hasta pasadas las 11 de la mañana fue liberado un carril para desahogar la larga fila de tráileres y automóviles particulares. El operativo SSP y PFP se prolongó durante casi tres horas a fin de evitar que se registraran nuevos accidentes ante lo congestionado del tráfico vehicular, la mayoría tráileres y pipas con material peligroso. Este tipo de accidentes se presenta a causa del poco interés de los transportistas por revisar las condiciones mecánicas de sus unidades, exponiendo no solo la vida de sus operadores, sino de los demás automovilistas.</p>	<p>Volcadura</p> <p>Derrame e Incendio</p> <p>Daños materiales</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>17/10/08</p> <p>Ecatepec de México</p> <p>Zona Urbana</p> <p>Zona Metropolitana del Valle de México.</p>	<p>Circuito Mexiquense a la Altura del Anillo Periférico Norte</p>	<p>Cloro</p> <p>45,000 litros</p>	<p>4) Un tráiler con un contenedor de 45 mil litros de cloro volcó sobre el Circuito Mexiquense a la altura del Anillo Periférico Oriente. El contenedor quedó en el camellón central, y aunque no se derramó el líquido, afecta la circulación vehicular, informó Reporte 98.5. El conductor resultó lesionado y fue trasladado al Hospital Magdalena de las Salinas. El contenedor de 45 mil litros quedó en el camellón y afecta la circulación en la zona.</p>	<p>Volcadura</p> <p>No hubo fuga</p> <p>Daños materiales</p>	
<p>20/09/08</p> <p>Nuevo León</p> <p>Montemorelos</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Carretera Nacional</p> <p>kilómetro 211 más 500.</p>	<p>Sosa cáustica</p> <p>20 mil litros de</p>	<p>5) Vuelca pipa con Sosa Cáustica en Montemorelos (19:58 horas). La unidad salió de la carretera quedando volcada hacia el lado del acompañante quien sufrió la peor parte. El rescate se registró en el municipio de Montemorelos en el kilómetro 211 más 500 de la transitada Carretera Nacional, en el peligroso tramo conocido como la cuesta de garrapatas, en donde la falta de precaución y exceso de velocidad provocaron que la pipa con más de 20 mil litros de Sosa Cáustica se volcara hacia el acotamiento. La unidad provenía de la Ciudad de Tuxpan Veracruz y tenía como destino la Ciudad de Monterrey. Acudieron elementos de protección civil y bomberos del municipio para realizar las primeras maniobras ante la fuga del material peligroso y paramédicos de la Cruz para atender el lesionado. El accidente provocó problemas viales con dirección la Ciudad</p>	<p>Volcadura</p> <p>Fuga</p> <p>Daños materiales</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			de Monterrey y fue requerida otra pipa para trasbordar 21 mil litros de la sosa cáustica y de la cual se registró un derrame controlado por los cuerpos de auxilio que trabajaron varias horas en el área.		
22/08/08 Municipio Juan Galindo Puebla Zona boscosa	Carretera Federal 130 México-Tuxpan	Combustóleo 20 mil litros	6) Una pipa cargada con más de 20 mil litros de combustóleo se volcó provocando que parte del hidrocarburo llegara al agua de la presa. La cantidad de material fue mínima, pero si produjo daños en la micro flora y micro fauna de la zona; afirmó que no generará un riesgo para la población ya que se tiene contenido y controlado el material. Luego de que una pipa cargada con más de 20 mil litros de combustóleo se volcara y parte del hidrocarburo llegara al agua de la presa de Necaxa, el delegado de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), señaló que el daño es reversible y que será sancionada la empresa responsable ya que no se trató de un derrame de los 25 mil litros sobre la presa de Necaxa, sino una parte mínima del material. Lo que ocurrió es que el combustóleo que traía en dos de los remolques del transporte -algo así como 18 mil litros, estimó- escurrió en la carretera hacia un canal que conduce a la presa, sin embargo, sólo un porcentaje menor llegó al agua luego de que se desbordara dicho canal con la lluvia. Esta cantidad de material aunque sí produjo daños en la micro flora y micro fauna de la zona, no generará un riesgo para la población ya que se tiene contenido y controlado el material que salió de los contenedores de la empresa JFB. Al momento, la empresa aceptó la total restitución del daño que es "completamente reversible" indicó el funcionario. Mientras tanto, la Profepa está en proceso de iniciar el dictamen que presentará ante el ministerio público para tipificar lo acontecido como delito ambiental y sancionar en su caso a la empresa responsable. Aunque no quiso aventurarse a revelar la cantidad, ya que ésta se determinará hasta después de concluidos los análisis del daño causado, respondió que en este tipo de casos la multa máxima podría llegar a ser	Volcadura Derrame Daños materiales y ambientales	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>hasta de 2 millones de pesos. En materia ecológica, el daño es reversible ya que el hidrocarburo identificado como una especie de chapopote no se disuelve en el agua, sin embargo lo que sí podría tener una afectación son las turbinas de la planta hidroeléctrica. "En realidad no es una gran cantidad, pero no estamos hablando ni siquiera del 10 por ciento del combustóleo, pero como al llegar al agua se dispersa es muy aparente" señaló. Durante la madrugada del día anterior, estuvo personal de Profepa en la zona para realizar la inspección, se determinaron las faltas y se concretó como único responsable del daño a la empresa JFB. "Es reversible, no hay riesgo a la población, sí hubo un impacto a la micro flora y micro fauna, pero pueden ser restituidas siempre y cuando se haga la recuperación total del combustóleo". Por último precisó el dictamen para determinar la sanción correspondiente se tendrá aproximadamente en unos veinte días, mismo tiempo aproximado al que espera se tarde la empresa en restituir el daño que causó mediante un proceso biológico.</p>		



Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
16/08/08 Siderúrgica Lázaro Cárdenas Michoacán Zona Abierta	Libramiento carretero La Orilla-Sicartsa	Amoniaco 45,454 litros	<p>7) La volcadura del segundo remolque de una pipa cargada con 45,454 litros de amoniaco, equivalentes a unas 24 toneladas, causó gran movilización de los cuerpos de rescate, bomberos, protección civil y corporaciones policiacas. El percance tuvo lugar poco después de las seis de la tarde, en el inicio del libramiento carretero La Orilla-Sicartsa, cuando la pipa, de la empresa Distribuidora de Amoniaco, procedente de Topolobampo, Sonora, con destino a la planta de Fertinal, para descargar ahí casi 91 mil litros de amoniaco, al ingresar al citado libramiento, el segundo remolque “jaló” al primero y al tractocamión, para terminar desprendiéndose y volcándose el segundo remolque con placas de circulación 163-WA-9, quedando recostado sobre el acotamiento derecho y dejando escapar por la válvula de seguridad, pequeñas porciones de dicho gas. De inmediato arribó al lugar el especialista el área de seguridad industrial de Fertinal, quien en coordinación con personal de Protección Civil y la Policía del Ayuntamiento y, la Policía Federal Preventiva, establecieron un cerco de seguridad en torno al remolque volcado, desviando el tránsito ligero y pesado, para evitar algún contratiempo. Se informó que tratar de poner sobre sus llantas al remolco, requería de gran destreza de los operadores de grúas, para tratar de montar de nuevo el remolque en otro tractocamión para ser llevada a la planta de Fertinal y descargar su contenido. De lo contrario, se esperaría hasta las primeras horas del siguiente día para que llegara equipo especial de Celaya, Guanajuato, para iniciar el trasvase del amoniaco a otro tanque, esto implicaría un recorrido de 6 horas, por lo que las maniobras de esta segunda posibilidad, para evitar algún siniestro, se iniciaron hasta pasadas las dos de la mañana de este sábado.</p>	Volcadura Fuga pequeña Daños materiales	
28/07/08	Carretera México- Cuautla	Gas Butano	<p>8) Vuelca pipa con gas butano en carretera México-Cuautla. En el lugar murió calcinado el copiloto de la unidad; el chofer resultó con quemaduras leves. Una pipa que transportaba gas butano volcó en el kilómetro 33 de la</p>	Volcadura	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
Zoyatzingo Morelos Zona abierta	A la altura del poblado de Zoyatzingo	4 mil litros	<p>carretera Federal México-Cuautla, a la altura del poblado de Zoyatzingo, y en el lugar murió calcinado el copiloto, en tanto que el chofer de la unidad resultó con quemaduras leves, por lo que fue trasladado al hospital general de Amecameca. La Agencia de Seguridad Estatal (ASE) informó que por el percance tuvo que cerrarse durante casi cuatro horas la Carretera Federal México-Cuautla en ambos sentidos, para que los cuerpos de bomberos de Amecameca, Tepetlixpa, Ozumba y de Protección Civil estatal, extrajeran los más de 4 mil litros de gas que contenía el vehículo. Al lugar también llegó personal del Ejército Mexicano, de la 37 zona militar de Temamatla, que acordonó el área al igual que la Policía Municipal de Amecameca y de la ASE. Elementos de la ASE que fueron los primeros en llegar al lugar del incidente, contaron que el conductor de la pipa, perdió el control de la unidad porque se le reventó uno de los neumáticos. La cabina del vehículo DINA con placas de circulación del Estado de México KS49206 se incendió y el copiloto no pudo salir de la unidad y las llamas alcanzaron su cuerpo. En las labores participaron alrededor de 100 elementos de las corporaciones municipales y de Protección Civil mexiquense que, luego de 45 minutos, vaciaron el gas que llevaba la pipa de le empresa Gas Popo que está localizada a un kilómetro de donde se registró el accidente. Para apagar el fuego se utilizaron más de 70 mil litros de agua. Reporteros gráficos por los elementos de las corporaciones municipales para evitar que tomaran fotografías</p>	Explosión e Incendio. Daños materiales Lesionados.	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>15/07/08</p> <p>Chihuahua, Chihuahua.</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Carretera Juárez</p> <p>kilómetro 83</p>	<p>Amoniaco Anhidro</p> <p>15000 litros</p>	<p>9) El pesado camión dejó escapar mil quinientos litros de amoniaco anhidro ante la mirada de impotencia de autoridades que nada pudieron hacer por evitarlo. En punto de las 14:30 horas se recibió el reporte de parte de el agente de la Policía Federal Preventiva, de la unidad 10245, solicitando apoyo sobre el kilómetro 83 de la carretera Juárez, una pipa de la empresa Macroquímica se había volcado metros adelante de donde se localizaba. El agente dijo que observó cuando la cisterna pasaba de norte a sur a su costado con velocidad encima de los 160 kilómetros por hora, la unidad cerraba su curva para luego volcarse. El chofer de la unidad se encontraba atrapado y en la parte de arriba de la pipa se escapaba un combustible que desprendía un fuerte olor, y además otra persona estaba a un costado semiinconsciente, por lo cual avisó a las autoridades competentes. A los heridos rápidamente los atendieron agentes de la Policía Municipal, quienes dieron parte a las autoridades de Protección Civil del Estado, Bomberos y la Cruz Roja, quienes identificaron el material como amoniaco anhidro, combustible altamente tóxico por inhalación o por absorción a través de la piel, según algunos paramédicos. Al lugar, de manera inmediata arribó la unidad 003 de Ángeles Blancos y el Helicóptero Águila, para realizar maniobras coordinadas con Bomberos y rescatar a los hombres del interior de la cisterna. Los heridos, por traumatismo craneoencefálico e intoxicación por amoniaco. Tras llevarse a los lesionados, los agentes de bomberos evaluaron la situación del área, determinando que una válvula principal del camión estaba averiada y se tendría que taponear para evitar que continuara escapando el mortal gas. Por la curva peligrosa, se decidió dejar el flujo de automóviles constante, pero antes de cruzar les hacían la recomendación que cerraran sus ventanillas para evitar incidentes. Mientras que esta situación se presentaba, los bomberos realizaron otra inspección al cisterna y se dieron cuenta que no podían taponar la llave averiada, ya que ésta era una válvula Parker y se requiere contar con herramienta especializada. Para entonces tres</p>	<p>Volcadura</p> <p>Fuga.</p> <p>Daños materiales</p> <p>Lesionados</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>cuartas partes del material había escapado del contenedor ante la preocupación de los bomberos, policías municipales y gente de Protección Civil, quienes dialogaron con agentes de la Federal para detener el tráfico vehicular lo que fuera necesario, y esperar a que todo el material saliera del sitio. Al lugar mandaron al centro de control y comunicaciones de la Policía Municipal adecuado para monitorear las partículas del ácido en el aire y ver qué tan peligroso se tornaba la situación. Los bomberos aseguraron que no había peligro grave toda vez que el viento estaba esparciendo todo el material por el cielo y no exponía a los conductores a intoxicación. A las cinco de la tarde lograron taponar la fuga del cisterna, que había dejado escapar hasta ese momento mil quinientos litros del ácido. Y fue hasta entonces que la Policía Federal Preventiva reabrió la circulación de norte a sur para los automóviles que habían formado una fila de cerca de cinco kilómetros de largo con la espera.</p>		
<p>14/07/08</p> <p>Guadalajara</p> <p>Jalisco</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Autopista a Tepic</p> <p>Kilómetro 20.</p>	<p>Gasolina</p> <p>30 mil litros</p>	<p>10) El accidente de la pipa doble semirremolque, cargada dos tanques de 30 mil litros de gasolina Magna Sin, ocurrió en el kilómetro 20 de la autopista a Tepic. Una pipa doble semirremolque que transportaba gasolina se volcó e incendió este mañana en el kilómetro 20 de la autopista a Tepic. El accidente obligó el cierre de la vía y la desviación de los automóviles hacia la carretera libre a Tequila. El camión cargaba dos tanques con 30 mil litros de gasolina Magna Sin cuando aparentemente se volcó el contenedor trasero, lo que originó la emisión de combustible y el flamazo que alcanzó todo el resto del camión, según informó el director de Protección Civil y Bomberos de Zapopan,. El conductor de la pipa no resulto herido.</p>	<p>Volcadura</p> <p>Fuga y Explosión</p> <p>Daños materiales</p> <p>Sin lesionados</p>	



Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>04/07/08</p> <p>Acapulco, Guerrero</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Carretera Acapulco- Zihuatanejo</p>	<p>Gasolina</p> <p>72 mil litros</p>	<p>11) Una pipa con 72 mil litros de combustible explotó tras perder el control debido a lo accidentado de la carretera; el siniestro caos vial por cerca de siete horas. Un muerto y daños incuantificables fue el saldo que dejó la explosión de una pipa cisterna que provocó el incendio de un autobús de la empresa Estrella de Oro y cuatro vehículos en el kilómetro 221 de la carretera federal Acapulco-Zihuatanejo a la altura del punto conocido como Loma del Toro. de acuerdo con testigos fue en una curva donde se le reventaron las llantas del remolque trasero lo que provocó que se saliera del camino y se volcara sobre la cinta asfáltica. El tanque se incendió debido a las chispas que produjo rodar por el pavimento. Al percatarse que el remolque se dirigía hacia el autobús, el conductor optó por salirse del tramo carretero lo que permitió que los pasajeros descendieran lo que logró salvarlos de morir calcinados. Telésforo Elías García, quien viajaba en una camioneta de tres media toneladas que venía de tras del camión, detalló que detuvo su marcha sobre la cinta asfáltica en donde viajaban unas ocho personas, todos ellos comerciantes de lavaderos, que abandonaron la camioneta rápidamente. Sin embargo, su hermano, Benito Elías García de 54 años de edad, no alcanzo a salir con vida de este accidente debido a que una de las fuertes llamas que salían de la cisterna del camión de gasolina lo envolvió completamente. Un Volkswagen tipo Jetta de color guinda modelo 2008, propiedad de Gladis Rumbo Rodríguez, quedó hecho cenizas. Al lugar arribaron efectivos del Departamento de Bomberos, Protección Civil Estatal, Policía Federal Preventiva y uniformados del municipio de Petatlán.</p>	<p>Volcadura</p> <p>Explosión e Incendio.</p> <p>Daños materiales</p> <p>Muertos.</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>04/07/08</p> <p>Naucalpan, Estado De México</p> <p>Zona urbana</p> <p>Zona Metropolitana del Valle de México</p>	<p>Col. San Luis Tlatilco</p>	<p>Turbosina</p> <p>35 000 litros</p>	<p>12) Fueron desalojadas cerca de 150 familias, luego de que una pipa de Pemex con capacidad de 30 mil litros de turbosina volcara en la colonia San Luis Tlatilco, aproximadamente 600 litros del combustible se derramaron durante los trabajos, mismos que fueron contenidos por un dique de arena. Una pipa que transportaba 35 mil litros de turbosina volcó en Naucalpan; bomberos acordonaron el lugar para detener la fuga y desalojaron viviendas para evitar incidentes. Una pipa que trasportaba 35 mil litros de turbosina volcó este viernes en la colonia San Luis Tlatilco, municipio de Naucalpan, Estado de México, sin que hasta el momento se registren heridos. De acuerdo con información de la Policía Municipal, la pipa, con una capacidad de 45 mil litros, volcó en la calle Minas Palacio poco después de las 6:00 horas, por lo que la circulación en la zona se encuentra cerrada. Personal de Bomberos y Protección Civil que se encuentra en el lugar acordonaron el sitio e incluso han comenzado el desalojo de las viviendas que se encuentran cerca para evitar cualquier posible accidente. El pesado vehículo será retirado una vez que llegue otro camión en donde pueda ser trasladado el contenido de la pipa.</p>	<p>Derrame y de peligro explosión</p> <p>Daños materiales</p> <p>Evacuación</p>	
<p>26/06/08</p> <p>Villahermosa, Tabasco</p> <p>Zona urbana</p>	<p>Periférico Carlos Pellicer Cámara de la ciudad de Villahermosa</p>	<p>Sulfato de Bario</p>	<p>13) Chocan dos pipas en Periférico Carlos Pellicer Cámara de la ciudad de Villahermosa, hay un lesionado. Una de las pipas trasladaba sulfato de bario (conocido también como "barita") para perforación, el cual no es tóxico para el ser humano., material que se derramó y se acordonó el área. El accidente dejó lesionado al conductor de una de las pesadas unidades y provocó un caos vial en la zona. Alrededor de las 5:30 de la mañana se suscitó el accidente y a las 9:30 horas, el tránsito en el área se regularizó, ya que el área se limpió y se removieron los vehículos accidentados. Arribaron bomberos y elementos de la Policía Estatal de Caminos para acordonar el área y cerrar las calles aledañas al tráfico vehicular. Al parecer, el conductor de la pipa "Transportes Las Rosas", con placas</p>	<p>Volcadura</p> <p>Derrame</p> <p>Daños materiales</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>de circulación 040WB-9, de 18 años de edad, fue el responsable del accidente al chocar por alcance a la otra unidad, este joven quedó prensado y trasladado por la Cruz Roja a un hospital de la ciudad. El conductor de la otra pipa se dio a la fuga después del percance. Desde el momento del accidente y hasta las se informó que el material que se derramó no era peligroso pero sí podría resultar tóxico si se entraba en contacto directo con él, por esa razón se dieron a la tarea de echarle tierra al pavimento para evitar que los automovilistas pudieran sufrir un accidente con este material.</p>	Lesionados	
<p>22/06/08</p> <p>Municipio de Centla</p> <p>Tabasco</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Carretera federal del Golfo número 180, Villahermosa-Frontera</p>	<p>Diesel</p> <p>80 000 litros</p>	<p>14) El incidente ocurrió en la Carretera Federal del Golfo número 180, Villahermosa-Frontera. El autotanque transportaba 80 mil litros de diesel Dos personas fallecieron calcinadas al quedar envueltas en las llamas que produjeron los 80 mil litros de diesel que transportaba el autotanque contra el que chocaron los dos vehículos que conducían. Los hechos se registraron en la madrugada, en el kilómetro 70 sobre la Carretera Federal del Golfo #180, Villahermosa- Frontera, a la altura del puente "Enrique González Pedrero", antes de llegar al municipio de Centla. El autotanque, placas 742-D54, de la compañía Transportes Integrados Cabazos, S.A. de C.V., transportaba 80 mil litros de diesel, colisionó con dos vehículos particulares. Los conductores de las dos unidades particulares fallecieron y se desconoce el paradero del operador del autotanque. Los tres vehículos siniestrados quedaron calcinados totalmente. Petróleos Mexicanos informó que realiza búsqueda en sus áreas de control para conocer si había despachado ese cargamento de combustible. Personal de PEMEX Exploración y Producción del Activo Integral Samaria-Luna, acudió al siniestro con equipo contra-incendio para apoyar las actividades de control, En el operativo especial participaron la Policía Federal Preventiva, Protección Civil estatal y municipal, Ejército Mexicano, seguridad pública municipal y</p>	<p>Choque</p> <p>Explosión e Incendio</p> <p>Muertos</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			cuerpo de Bomberos, Se evacuaron 4 familias y se suspendió el tránsito vehicular en la carretera.		
<p>16/05/08</p> <p>Tlalnepantla</p> <p>Estado de México</p> <p>Zona Urbana</p> <p>Zona Metropolitana del Valle de México</p>	<p>Carretera México-Pachuca y</p> <p>Vía Morelos</p>	<p>Gas LP</p> <p>45,000 litros</p>	<p>15) Vuelca pipa en unión de autopista y carretera México-Pachuca. Resulta lesionado el chofer de la unidad de la empresa Tomsa, placa 907WD9, con capacidad para 45 mil litros de gas LP, volcó esta madrugada en los carriles centrales de la carretera México-Pachuca. El accidente ocurrió a las 04:45 horas de este martes, según fuentes de la Policía Federal sector Caminos, en el entronque de la autopista con la vía Morelos en Tlalnepantla, estado de México, en dirección al Distrito Federal. El camión quedó recostado sobre su lado izquierdo en los carriles de baja y media velocidad. Elementos de seguridad pública municipales y federales abanderan la zona. El conductor del autotransporte dijo que mientras era atendido por paramédicos de la ambulancia de protección Civil de Ecatepec: "Circulaba sobre la autopista y al llegar al entronque un automovilista proveniente de la vía Morelos me cerró el paso, motivo por el cual perdí el control del volante". Bomberos de Ecatepec confirmaron que la pipa transportaba gas LP con 40% de los 45 mil litros y la estructura metálica no sufrió daños de consideración que pongan en riesgo la integridad física de los cercanos al lugar. El entronque es utilizado diariamente como vía primaria de acceso a la ciudad de México por miles de habitantes de los municipios conurbados, de Ecatepec, Tecámac, Texcoco, Acolan, Ozumba y del estado de Hidalgo. Se espera que en los próximos minutos el camión</p>	<p>Volcadura</p> <p>Sin derrame</p> <p>Daños materiales</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			de carga sea retirado por grúas tipo brigadier, puesto que el asentamiento vial se prolonga hasta la colonia Xalostoc por la vía Morelos y hasta el kilómetro 17 de la autopista de cuota.		
14/05/08 Entre Querétaro y Celaya Guanajuato Zona abierta	Autopista de Cuota Querétaro- Celaya	Ácido sulfúrico 20 000 litros	16) Vuelca pipa con ácido sulfúrico en vía Querétaro-Celaya. El conductor perdió el control y el químico se derramó. Protección Civil implementó un cerco de protección. Una pipa con 20 mil litros de ácido sulfúrico se volcó hoy en la carretera de cuota a Celaya, cuando el conductor perdió el control de la unidad por una falla en la suspensión, por lo que parte del químico se derramó. El jefe del Departamento de Accidentes de Tránsito Municipal de Querétaro, señaló que elementos de Protección Civil y Guardia Municipal, instrumentaron un cerco de protección en la zona ante los daños que podría causar este ácido, ya que puede ser corrosivo al contacto con la piel. Informó que el percance se registró poco después de las 10:00 horas, cerca del kilómetro 3 de la carretera, a la altura del puente de Prolongación Zaragoza, sin que se registraran lesionados. Señaló que aunque no hay riesgos de explosión, se temen casos de intoxicación, por lo que se cerraron los dos carriles de la carretera. Refirió que la unidad viajaba de la localidad de Tlacote rumbo a Celaya, y por el percance se derramó una gran cantidad del ácido que transportaba la unidad, por lo que se espera que la vía continúe cerrada mientras se realizan labores los diferentes cuerpos de rescate.	Volcadura Derrame Daños materiales	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>03/03/08</p> <p>Culiacán Sinaloa</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Carretera México 15 San Rafael Guasave</p>	<p>Amoniaco</p> <p>32 500 litros</p>	<p>17) Un autotank cargado con 32 mil 500 kilos de amoniaco, se volcó hoy por la mañana por la carretera México 15, cerca de la comunidad San Rafael, Guasave, cuyos habitantes de pueblos cercanos, estuvieron en riesgo al presentarse una fuga de consideración que fue controlada a tiempo por elementos del H. Cuerpo de Bomberos de Guamúchil. Este percance ocurrió alrededor de las 09:00 horas, cuando el conductor del tractor de doble remolque que jalaba la nodriza, perdió el control del volante y se volcó y, derrumbó los cables de energía eléctrica de orillas de la carretera. Algunas de las llantas en mal estado de la pipa, propiedad de Feserosa, se salieron y cayeron en un canal de riego, mientras que el conductor continuó su viaje de norte a sur con el otro autotank. El tractor de doble remolque había salido de Topolobampo con destino a Culiacán, pero en el tramo entre esta comunidad y Cuatro Caminos, se suscitó el accidente. El representante de la compañía, quien supervisó el resultado de la volcadura que puso en riesgo a cientos de personas en caso de que se hubiese presentado una fuga mayor. .</p>	<p>Volcadura</p> <p>Fuga pequeña</p> <p>Daños materiales</p>	
<p>21/02/08</p> <p>Celaya, Guanajuato</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Libramiento Sur</p> <p>A la altura de la comunidad de La Palmita</p>	<p>Amoniaco</p> <p>40 000 litros</p>	<p>18) Una pipa de doble contenedor, cargada con cerca de 40 mil litros de amoniaco, sufrió una volcadura la madrugada de este miércoles en el Libramiento Sur. Se generó intensa movilización de los cuerpos de emergencia que cerraron uno de los carriles de la vialidad por más de 10 horas, mientras se realizaban las maniobras para trasvasar la carga y para retirar la unidad. No se registraron personas lesionadas. A las cinco de la mañana, aproximadamente, ocurrió el aparatoso accidente a la altura de la comunidad de La Palmita, por donde circulaba en dirección de poniente a oriente, la pipa de la empresa 'Aidebsa' con placas de circulación 651EK-7, misma que llevaba dos contenedores conocidos como 'salchichas', cada uno con capacidad para 20 mil litros. Aparentemente las llantas derechas de la unidad dejaron de rodar sobre la carpeta asfáltica y esto originó que el conductor perdiera el</p>	<p>Volcadura</p> <p>Daños materiales</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>control del volante, lo que a su vez provocó la salida de camino y posterior volcadura. Las corporaciones de emergencia implementaron un operativo en el que participó Protección Civil, Bomberos, la Guardia Municipal y Tránsito del Estado. No hubo fuga en la unidad que quedó a un costado de la carretera, pero la presión que se pudo originar al interior de las salchichas con el golpe generaba cierto riesgo. El titular de Protección Civil en el municipio, informó que no había mayor riesgo para la población, pero para evitar una contingencia mayor se implementó el operativo preventivo. Otra pipa con la misma capacidad acudió en apoyo y con las medidas de seguridad necesarias se inició el trasvase del producto que se prolongó hasta las 17:00 horas, aproximadamente. Al final de la jornada la unidad fue retirada sin que se registraran mayores contratiempos y la circulación del libramiento se reabrió de forma normal.</p>		
<p>30/01/08</p> <p>Toluca</p> <p>Estado de México</p> <p>Zona boscosa</p>	<p>Carretera México Toluca</p>	<p>Formaldehído</p> <p>36 mil litros</p>	<p>19) Accidente químico, tras volcar pipa de "aecsa". controlan derrame de 36 mil litros de formol en la México-Toluca El derrame se generó cuando el conductor de una pipa, que transportaba la sustancia, perdió el control y volcó derramando la sustancia en el kilómetro 13 de la carretera. Elementos de diversas estaciones de bomberos y cuerpos de seguridad pública de esta capital y municipios aledaños, controlaron entre la 01:00 y 02:00 de la madrugada de hoy el derrame de 36 mil litros de formol derramados en el kilómetro 13 de la carretera libre México-Toluca, que eran transportados por una pipa que se volcó. En el accidente no se reportaron víctimas. Al conocer el accidente, especialistas de la empresa AECSA, propietaria de la unidad, se dirigieron al lugar para controlar la fuga de formol y recuperar el líquido derramado, que puede causar problemas a la salud.</p>	<p>Volcadura</p> <p>Derrame</p> <p>Daños materiales</p>	



Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>23/12/2007</p> <p>Delicias, Chihuahua</p> <p>Zona boscosa</p>	<p>Carretera federal 45 México–Ciudad Juárez, en el tramo Delicias–Meoqui</p>	<p>Gas LP</p> <p>12,900 litros</p>	<p>20) Un tractocamión con una pipa de 12 mil 900 litros de gas LP de capacidad, cargada en un 90 por ciento, se volcó la tarde de ayer sobre la carretera federal 45 México–Ciudad Juárez, en el tramo Delicias–Meoqui: el incidente provocó la concentración de corporaciones de Seguridad Pública como la Policía Federal Preventiva, el cierre de la carretera en ese tramo y la desviación de los vehículos hacia caminos alternos. Esta es la segunda volcadura de pipa que se registra en la Carretera Federal entre Meoqui y Delicias en un lapso de cuatro días; el primero fue una pipa cargada con 50 toneladas de amoniaco. El jefe de Protección Civil Municipal, dijo que la causa de estos accidentes se deben al incremento de tráfico vehicular en vacaciones decembrinas, ya que la gente maneja distraída; por ello se recomienda conducir con precaución, es decir, a la defensiva. El conductor sufrió lesiones leves El tracto camión es propiedad de la compañía Gas Económico y según el encargado de la empresa gasera, al conductor se le atravesó un carro que salió de un camino de terracería; al tratar de esquivarlo, el peso de la pipa hizo que se inclinara. La volcadura ocasionó congestionamiento tanto en la carretera como en Meoqui e interrumpió el tranquilo viaje de los paisanos, ya que les llevó casi quince minutos recorrer el tramo por el que se desvió a los automovilistas. Pese a que no hubo pérdidas humas que lamentar, el conductor del tracto camión huyó por lo que la PFP, está haciendo las investigaciones correspondientes para localizarlo. Afortunadamente no hubo peligro de fuga del combustible gracias a que la pipa trae válvula de seguridad,</p>	<p>Volcadura</p> <p>No hubo Fuga</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>y además el tanque no sufrió fisuras. El riesgo pudo ser a la hora de maniobrar para enderezar la pipa, ya que se podría romper el chasis, caer y entonces sí sufrir de una fisura; pero los grupos de auxilio estaban atentos para actuar y de inmediato, según se dijo, tapanían con agua u otros métodos la fisura que se presentara. La unidad 09 de Bomberos de Delicias, atendió al llamado de Bomberos Policía y Tránsito de Meoqui, PFP y Gas Económico. El llamado del accidente se dio aproximadamente a las 17:30 horas y a las 19:45 ya estaba la pipa levantada, y minutos después fue reabierto la circulación en la carretera federal.</p>		
<p>19/12/07</p> <p>Delicias, Chihuahua</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Carretera federal 45 México–Ciudad Juárez, en el tramo Delicias– Meoqui</p>	<p>Amoniaco</p> <p>50 Toneladas</p>	<p>21) Un tractocamión con dos pipas cargadas con 50 toneladas de amoniaco se volcó ayer alrededor de las cinco de la mañana, tras haber chocado contra un camión de refrescos cargado justo enfrente de las instalaciones de la empresa refresquera, en el tramo Conchos–Delicias, lo que obligó al cierre de la carretera y la evacuación de al menos diez empresas asentadas en un perímetro de mil 500 metros. El oficial de la Policía Federal Preventiva, confirmó que el choque fue en el Kilómetro 137 más 800 de la carretera 45 México–Juárez en el tramo Conchos–Delicias, lo que obligo al cierre de los carriles en ambos sentidos, desde la calle 3ª de la Colonia Carmen Serdán (antes de llegar al puente de la calzada del Charro), y hasta la altura del Puente de la avenida Tecnológico, desde las seis de la mañana y todavía al cierre de la edición no se hacían maniobras de levantamiento de la pipa volcada. Las empresas afectadas reportaron que las pérdidas pudieran del 50 al 80 por ciento ya que además de dejar de vender toda la mañana, tuvieron que desalojar a sus empleados al medio día de ayer. Los chóferes de los dos vehiculos que se impactaron resultaron ilesos. De acuerdo con lo informado por la PFP y el chofer de la Pipa, cada una de las dos pipas tienen una capacidad de 49 toneladas, pero llevaban sólo 25, provenía de Minatitlán, Veracruz con destino a Cuauhtémoc, y circulaba en sentido sur-norte.</p>	<p>Choque y volcadura</p> <p>Evacuación.</p> <p>Daños materiales</p>	



Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>Inspectores de PROFEPA, llegaron a las 12 del día a levantar un acta de verificación de que no se estaba contaminando el ambiente, mientras que el camión permaneció volcado desde las 6 de la mañana de ayer. Para descargar el líquido que aún permanecía en los contenedores, se utilizaron tres pipas con capacidad de 5 toneladas que fueron descargadas en la Compañía Tepeyac de Delicias, ubicada en Plutarco Elías Calles. Para hacer la sustracción de la sustancia, se ordenó por parte de Protección Civil que diez empresas evacuaran a su personal, unas debido a su giro cerraron desde las 12 del día, otras suspendieron el segundo turno de labores, pero unas como la Gasolinera desde esas horas sufrieron pérdidas de hasta el 80 por ciento al no tener ventas por el cierre de la carretera.</p>		
<p>10/12/07</p> <p>Toluca</p> <p>Estada México</p> <p>Zona boscosa</p>	<p>Autopista México Toluca</p>	<p>Gas LP</p> <p>12,900 litros</p>	<p>22) Vuelca pipa en la México-Toluca; golpea a 11 autos. Una pipa de gas volcó la mañana de este lunes cuando circulaba sobre la autopista México-Toluca, con dirección al Distrito Federal, golpeó a 11 vehículos y dejó como saldo al menos dos personas lesionadas. De acuerdo con información de la Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal (SSP-DF), el accidente ocurrió a la altura del kilómetro 22 de la referida autopista, cerca de las instalaciones de la Universidad Iberoamericana, perímetro de la delegación Cuajimalpa. El accidente ocurrió cuando el conductor de la pipa de la empresa Unigas, número económico 133, perdió el control de la unidad al parecer por el exceso de velocidad y volcó sobre su costado izquierdo. En su recorrido alcanzó a golpear al menos a 11 vehículos, siendo el más afectado un Pointer color gris que quedó destrozado en su parte frontal. Debido a que el accidente ocurrió en la autopista, la zona fue acordonada por elementos de la Policía Federal Preventiva (PFP) mientras personal del Cuerpo de Bomberos trabaja con la pipa para</p>	<p>Choque múltiple y volcadura</p> <p>Sin fuga</p> <p>Lesionados</p> <p>Daños materiales</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>prevenir algún riesgo de explosión o fuga. Fueron reportadas, hasta el momento, dos personas lesionadas a causa del percance que serán trasladadas a hospitales de la zona. Mientras grúas trabajaban en el lugar para remolcar los vehículos involucrados, fue habilitado sólo un carril de la autopista con dirección al Distrito Federal, por lo que la alternativa es utilizar la carretera libre. La SSP-DF informó además que, sobre la misma autopista pero a la altura de la Puerta Santa Fe, en el kilómetro 15, se reportó el choque de un autobús contra una camioneta Pick Up, lo que dejó como saldo dos personas lesionadas. También se redujeron los carriles en ese punto</p>		
<p>13/11/07</p> <p>Delegación Gustavo A. Madero.</p> <p>Distrito Federal</p> <p>Zona Urbana</p> <p>Zona Metropolitana del Valle de México</p>	<p>Circuito Interior Río Consulado</p>	<p>Diesel</p> <p>32,000 litros</p>	<p>23) Después de cinco horas continúa el cierre en el Circuito Interior a la altura de La Raza, con dirección al Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, provocado por la volcadura de una pipa que transportaba casi 32 mil litros de diesel.</p> <p>Elementos del H. Cuerpo de Bomberos de la Estación Central siguen con las labores de cubrir con arena el combustible derramado por la pipa de la empresa Transperc, placas 916 DE-3, que volcó debido al exceso de velocidad con el que circulaba. Unos 600 metros resultaron afectados por el derrame de diesel en Circuito Interior Río Consulado, por lo cual la Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal (SSP-DF) informó que los automóviles son desviados desde la zona de San Cosme a Insurgentes o el Eje Central. En tanto, los conductores que transitan por calzada Vallejo son canalizados al Eje 1 Poniente Guerrero, para evitar el paso por la superficie afectada.</p>	<p>Volcadura</p> <p>Derrame</p> <p>Cierre de vialidades por 5 horas.</p> <p>Daños económicos y ambientales.</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
18/10/07 Nuevo Laredo, Tamaulipas Zona urbana	Anillo periférico y la carretera al aeropuerto	Acido Propílico 20,000 Litros	24) Evacuan 800 metros a la redonda. Decenas de familias fueron evacuadas tras el derrame de acido propílico tras la volcadura de una pipa a la altura del anillo periférico y la carretera al aeropuerto, esto debido a un impacto con otro vehículo, ocasionando que se derramara un químico de alta peligrosidad. Tras estos hechos se solicitó que elementos del ejército mexicano resguardaran el área, debido a que el acido propílico se considera de alto riesgo, al lugar también arribaron elementos de la policía municipal y de protección civil, así como personal de PEMEX que ayudará a las tareas para evitar que se origine algún accidente mayor, cerca de este lugar se encuentra la colonia Francisco Villa 150 aniversario. Hasta este momento se ha confirmado la evacuación de personas a 800 metros a la redonda.	Volcadura Derrame Daños materiales Evacuación	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
10/09/07 Monclova Coahuila Zona abierta	Carretera Monclova Cuatro Ciénagas	Nitrato de Amonio (Dinamita) 25 Toneladas	<p>25) Un tráiler cargado con 25 toneladas de dinamita explotó a unos 30 kilómetros al sur de Monclova, dejando como saldo preliminar 40 personas muertas, más de 240 heridos, 50 vehículos dañados y un hoyo de dos metros en la carretera Monclova-Cuatro Ciénagas. Esta mañana se tenía el reporte de veintidós personas, entre ellos tres reporteros que cumplían su labor periodística, perecieron en forma trágica tras la explosión de un tráiler cargado con más de 25 toneladas de nitrato de amonio, un químico altamente peligroso por su reacción al contacto con gasolina. La tragedia ocurrida en el kilómetro 37 de la carretera federal 30, a la altura del vado ubicado frente al poblado de Celemania, cobró más de 100 heridos, algunos de ellos de gravedad, que fueron depositados en los diferentes centros hospitalarios de la región. Al sitio arribó el gobernador del estado, Humberto Moreira Valdés, para dimensionar la tragedia. La onda expansiva del estallido, alcanzó varios kilómetros a la redonda y produjo un cráter de 12 metros de ancho por tres de profundidad. Azotó a su paso a varios vehículos de paseantes que circulaban por esa carretera, provenientes de los balnearios de los alrededores. La Policía Federal Preventiva informó que el tráiler circulaba por la carretera federal 30, con dirección a Monclova, cuando se estrelló contra una camioneta Lobo, cuyas características se desconocen. Un testigo asegura que en la camioneta viajaban dos personas en estado de ebriedad e invadieron el carril por el que circulaba el tráiler, produciendo el encontronazo. En cuestión de minutos, curiosos se apersonaron al sitio, así como rescatistas de la Cruz Roja para auxiliar a los tripulantes de la unidad. Luego se aproximaron los reporteros David, quienes sucumbieron ante el estallido mientras realizaban su trabajo periodístico y por lo menos una veintena de curiosos que no atendieron el llamado de retirarse. El tránsito se llevo por una brecha</p>	Choque Explosión Muertos Lesionados	 

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>07/09/07</p> <p>Delegación Venustiano Carranza</p> <p>Distrito Federal</p> <p>Zona Urbana</p> <p>Zona Metropolitana del Valle de México.</p>	<p>Carretera México-Puebla</p> <p>Calzada Ignacio Zaragoza</p>	<p>Combustóleo</p> <p>30,000 litros</p>	<p>26) En la Carretera México-Puebla, un coche entre una pipa de combustóleo y un taxi genera severos congestionamientos en la Calzada Ignacio Zaragoza y hasta la zona del Peñón Viejo. En dicho percance el chofer de transporte público perdió la vida, además de que se produjo una fuga de combustible, por lo que el Ejército mexicano aplicó el Plan DN-III, para evitar cualquier contingencia. .</p>	<p>Choque</p> <p>Fuga de combustible</p> <p>Daños materiales</p> <p>Muertos</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>20/08/07</p> <p>San Juan del Río, Querétaro</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Carretera federal 57 México-Querétaro.</p>	<p>Bióxido de carbono</p> <p>20 toneladas</p>	<p>27) Un incendio provocado por la fuga de aceite de un trailer, que transportaba sobre la plataforma dos cilindros con capacidad cada uno de 10 toneladas de bióxido de carbono, ocasionó que fuera consumido en su totalidad por las llamas, en el kilómetro 174.6 de la carretera federal 57 México-Querétaro.</p>	<p>Volcadura</p> <p>Explosión Incendio</p> <p>Daños materiales</p>	
<p>14/08/07</p> <p>Las Delicias</p> <p>Chihuahua</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Carretera las Delicias</p> <p>Cercano al Entronque San Diego Alcalá</p>	<p>Gas LP</p> <p>80,000 Litros</p>	<p>28) Una pipa cargada con más de 80 mil litros de gas LP se volcó la madrugada de este lunes en la carretera a Delicias, sin embargo no hubo fuga de combustible. El accidente ocurrió en el kilómetro 181 de la mencionada vía, en sentido sur a norte, cerca del entronque a San Diego de Alcalá. El tractor, con placas 135EB6 propiedad de la empresa Trafusa, arrastraba dos tanques con una carga de 41, 604 litros cada uno, lo cual representa el 90 por ciento de su capacidad total. Al tomar una curva el camión se “acostó”, al parecer por el peso que llevaba y lo cerrado del tramo. Al lugar arribó personal de la Policía Federal Preventiva, quienes junto con empleados de la compañía gasera realizaron una inspección de los tanques y determinaron que no había fisuras en los mismos, por lo que no fue necesario solicitar apoyo de cuerpos de seguridad. Fue hasta la mañana siguiente que acudieron bomberos de la capital y de ciudad Meoqui para supervisar las operaciones de trasvase de gas. El equipo que se encarga de vaciar las pipas, por seguridad, trabajó hasta que la luz del día se lo permitió, y reanudarán labores la mañana de hoy. Se estima que hasta la noche se había logrado cambiar de tanque alrededor del 60 por ciento del gas. El tráfico vehicular por la zona ha sido afectado parcialmente, pero no fue necesario cerrar la circulación.</p>	<p>Volcadura</p> <p>Fuga de Gas</p> <p>Daños materiales</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>Según archivos periodísticos en ese tramo ya se han presentado accidentes similares. Uno de ellos ocurrió en noviembre del año pasado cuando un camión de plataforma, cargado con pisos y accesorios para baño, se volcó en una curva cercana, en esa ocasión a los cuerpos de rescate les tomó 40 minutos sacar al chofer de la cabina por lo dañado que quedó el tractor.</p>		
<p>01/08/07</p> <p>Minatitlán Veracruz</p> <p>Zona urbana</p>	<p>Carretera federal de Minatitlán entre Cosoleacaque y Minatitlán</p>	<p>Amoniaco</p> <p>90 Toneladas</p>	<p>29) Una pipa que cargaba 90 toneladas de Amoniaco se volcó en la carretera federal a la altura del entronque a esta ciudad, no hubo lesionados, pero se tuvo que desalojar a decenas de familias de las colonias Agustín Melgar y México, mientras se realizaban labores para levantar la unidad, que cayó sobre una vivienda. Debido al accidente que se suscitó a las 9:30 de la mañana por esa carretera - entre Cosoleacaque y Minatitlán, sólo se pudo circular por un carril desde esa hora hasta las 4 de la tarde. Personal de Protección Civil de los municipios de Minatitlán y Cosoleacaque, Petróleos Mexicanos y del Ejército participaron en las labores de enderezar el tractocamión, que el conductor no pudo controlar el peso de la unidad y en una curva perdió el control del vehículo registrándose la volcadura en el lugar conocido como puente de ICA. El conductor narró que la noche del martes cargó de amoniaco la pipa, en el complejo petroquímico de Pajaritos y que la sustancia tóxica la tenía que llevar a Chihuahua. Por la pericia y el trabajo minucioso con que levantaron la pipa no hubo derrame de amoniaco, con lo que se evitó un accidente de funestas consecuencias. La carretera se abrió a los dos carriles a partir de las 16 horas, en tanto, el afectado de la casa sobre la que cayó la unidad presentó la denuncia correspondiente para la reparación de daños.</p>	<p>Volcadura</p> <p>Daños materiales</p> <p>Evacuados</p>	
<p>29/07/07</p>	<p>Autopista Querétaro-</p>	<p>Aceite de Petróleo</p>	<p>30) Un derrame de 33 mil litros de aceite de petróleo se registró esta tarde en la autopista de cuota Querétaro-Celaya, a consecuencia de la volcadura de una pipa propiedad de Royal Transports, reportaron autoridades</p>	<p>Volcadura</p>	



Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>Entre Querétaro y Celaya Guanajuato</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Celaya</p>	<p>30,000 Litros</p>	<p>policiacas. Señalaron que, al parecer, el chofer de la pipa, Tel conductor manejaba a exceso de velocidad alrededor de las 17:25 horas, cuando se registró el percance, por el cual permanecerá cerrada la vialidad al menos siete horas. Al pasar por la curva de un puente a desnivel que conecta la avenida Prolongación Zaragoza con la autopista de cuota a Celaya, el peso del producto y la velocidad provocaron el accidente. La pipa tenía como destino la ciudad de Celaya y transportaba 43 mil litros de aceite de petróleo, sustancia altamente inflamable. Elementos de Protección Civil, bomberos y policías iniciaron las labores de limpieza, por lo que acordonaron la zona. Sin embargo, estimaron que la vialidad permanecerá cerrada durante siete horas por lo menos, debido a que se debe vaciar tepetate en el lugar del derrame para evitar riesgos para los conductores. A pesar de que la volcadura generó una gran movilización, no hubo heridos o reportes de situaciones de gravedad.</p>	<p>Derrame</p> <p>Daños materiales</p>	
<p>16/07/07</p> <p>Querétaro</p> <p>Querétaro</p> <p>Zona Abierta</p>	<p>Libramiento México Querétaro</p>	<p>Gas Isobutano</p> <p>35,000 Litros</p>	<p>30) Una pipa de la empresa Flemsa, que transportaba más de 35 mil litros cúbicos de Gas Isobutano, se volcó cuando circulaba por el libramiento que conecta la carretera Querétaro-San Luis Potosí, con la autopista México-Querétaro. Ante la posibilidad de que se suscitara alguna explosión, por el tipo de combustible que transportaba el tracto camión, una brigada de la Unidad de Gestión de Emergencias de la Secretaría de Seguridad Ciudadana y de la Unidad de Protección Civil Municipal así como del cuerpo de Bomberos, arribaron al lugar y con la ayuda de 8 elementos de la Policía Federal Preventiva, acordonaron por más de 2 horas, la zona, en donde se presentó la volcadura. El accidente sobrevino minutos después de la 1 de la tarde, el conductor del tractocamión que circulaba en el sentido San Luis-Querétaro, tomó el libramiento que lo llevaría a la ciudad de México. Sin embargo el exceso de velocidad y la falta de pericia, motivaron el incidente, justo</p>	<p>Volcadura</p> <p>Daños materiales</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>en la curva que se ubica frente al establecimiento denominado "Mariscos Chilo". El conductor fue trasladado al Hospital San José para su valoración médica. El contenedor al colapsarse resistió el impacto y no se presentó ninguna fuga de combustible. El titular de Unidad de Gestión de Emergencias, explicó que el hecho de que las válvulas de liberación se encontraran en la "panza" de la pipa, ayudó a que el siniestro no se saliera de proporciones. El funcionario estatal aseguró que luego de que personal a su cargo verificó que el contenedor no presentaba ninguna fisura, el riesgo de que llegara a presentarse alguna contingencia mayor prácticamente fue nulo. Se precisó que será el día de hoy lunes por la mañana, que estén realizando las maniobras para desfogar el contenedor y transferir los 35 mil litros cúbicos de Gas Isobutano a otra unidad. Para ello el director de Gestión de Emergencias solicitó de urgencia el apoyo de pipas en las subestaciones que se encuentran en la ciudad Salamanca, en el estado de Guanajuato y en la ciudad de Tula, en el estado de Hidalgo.</p>		
<p>11/06/07</p> <p>Xicotepec De Juárez</p> <p>Entre los Estados de Hidalgo y Veracruz</p>	<p>Carretera Federal</p> <p>México Tuxpan</p>	<p>Combustóleo</p> <p>30,000 litros</p>	<p>31) Dos personas muertas, tres lesionadas y miles de litros de combustóleo regados, es el saldo de dos accidentes que sucedieron el fin de semana, luego de que un auto se desbarrancara a profundo barranco y un tráiler con doble pipa con combustóleo dejara escapar el contaminante producto cuando sufrió un percance vial en esta accidentada carretera serrana. Los dos accidentes sucedieron, en gran medida, debido a la complicada orografía del terreno que obliga a tener una carretera estrecha y sinuosa que la hace altamente peligrosa donde la inexperiencia, falta de precaución y exceso de confianza producen accidentes con alarmante regularidad al grado que la carretera federal 130 México-Tuxpan en el tramo Sierra Norte de Puebla, comprendido entre los estados de Hidalgo y Veracruz, es considerada una de las carreteras más peligrosas del país. El primer accidente sucedió a la</p>	<p>Volcadura</p> <p>Derrame</p> <p>Muertos y lesionados</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
Zona boscosa			altura del kilómetro 133+370, donde se encuentra una cerrada curva y por lo largo del trailer marca Kenworth color blanco, que remolcaba una doble pipa de la empresa Santana de		
19/12/2006 Coatzacoalcos, Veracruz Zona abierta	Carretera Coatzacoalcos- Las Choapas	XILENO	32) El Xileno, altamente contaminante y que era transportado por la pipa que colisionó con un tren, se derramó en las inmediaciones del complejo Pajaritos, por lo que elementos del Ejército Mexicano y de diversas corporaciones de auxilio y rescate acordonaron la zona. Una pipa cargada con la sustancia química Xileno se estrelló de frente contra un tren en las inmediaciones del complejo Pajaritos de Pemex, en el sur de Veracruz, sin que hasta el momento se reporten víctimas ni lesionados. La subsecretaría de Protección Civil del gobierno de Veracruz informó que poco antes del mediodía de hoy, la pipa cargada con esta sustancia altamente contaminante se estrelló con un tren a la altura de un puente ubicado en dicho complejo petrolero del municipio de Coatzacoalcos. La sustancia que transportaba la pipa se derramó en la zona, por lo que elementos del Ejército Mexicano y de diversas corporaciones de auxilio y rescate debieron acordonar la región para evitar que la población pudiera resultar afectada. Desde el mediodía, hasta las 15:00 horas, permaneció cerrada la carretera Coatzacoalcos-Las Choapas, mientras que los cuerpos de seguridad realizaban labores para evitar que el químico se esparciera en la zona.	Choque Pipa con tren Derrame Daños materiales	
20/09/06 Orizaba, Veracruz	Autopista	Amoniaco 49,588 litros al 100 por ciento de	33) Las fuertes emanaciones de amoniaco – anhídrido de un trailer tanque propiedad de la empresa transportista "Gama" provocó en la noche, una fuerte movilización de los grupos de Protección Civil en la zona, quienes se desplazaron en cuestión de minutos a las gasolineras "Las Gemelas" de la colonia Barrio Nuevo. La fuga minutos después fue controlada. Los hechos ocurrieron a las 20:00 horas aproximadamente de este lunes cuando la subdirectora de	Vehículos detenidos con fuga	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
Zona urbana		agua y 44 mil 629 litros al 90 por ciento de gas	rescate urbano de Protección Civil, recibió el llamado de auxilio por vecinos de la colonia Barrio Nuevo ya que le indicaron que una pipa que transportaba amoniaco había volcado en la autopista a la altura de las gasolineras "Las Gemelas", más tarde se confirmó que no se trataba de la volcadura del tráiler, sino de una fuerte fuga de amoniaco de un vehículo pipa que se encontraba estacionado en una calle adyacente a las gasolineras. Se trató de un trailer marca Kemworth color blanco, con placas 639 – BZ9 del Servicio Público Federal y propiedad de la empresa transportes "Gama" que transportaba 49 mil 588 litros al 100 por ciento de agua y 44 mil 629 litros al 90 por ciento de gas, lo cual fue controlado por PC y elementos de la central de bomberos que también acudieron al lugar de la fuga. No se presentaron víctimas o daños materiales, solo la fuerte movilización de los grupos de rescate urbano que acudieron para sofocar la fuga del amoniaco que ocurrió anoche en una calle adyacente a la gasolinera de la colonia Barrio Nuevo.		
11/02/06 Municipio de Allende, Nuevo León Zona abierta	Carretera Nacional	Sosa Caustica 37,000 litros	34) El chofer de una pipa murió hoy al volcar la unidad que conducía cargada con 37 mil litros de sosa cáustica, en la Carretera Nacional. El accidente se registró alrededor de las 10:00 horas en el kilómetro 233, a la altura del municipio de Allende, donde quedó derramada la carga, ocasionando el cierre de ambos sentidos de la carretera. Tras una hora de maniobras, el cuerpo del chofer de la pipa logró ser rescatado de entre los restos del que fuera su tráiler. Según información proporcionada por la Policía Federal Preventiva, se estableció que el tráiler pipa se desplazaba en la circulación de Monterrey a Allende y al tomar una curva el conductor perdió el control del vehículo. Tras brincar el camellón, la pipa se volcó y quedó en la circulación contraria. Los dos sentidos de la carretera fueron cerrados por el derrame de la sosa cáustica que transportaba. Además de la pérdida humana y los daños materiales, el percance también causó daño ecológico al	Volcadura Muertos Derrame Daños	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>caer la sosa cáustica sobre el Río Lazarillos, el cual se conecta con el Río Atongo, Río Ramos y San Juan. Pese al cierre de la Carretera Nacional, la circulación no fue interrumpida, ya que los automovilistas fueron desviados por un tramo de terracería por la comunidad Lazarillos de Abajo. Alrededor de las 12:50 horas, la circulación de Monterrey a Allende fue habilitada como doble sentido. Lamentablemente hubo una daño ecológico en los ríos encontraron ya peces muertos</p>	Ecológicos	
<p>15/11/2005</p> <p>Culiacán, Sinaloa.</p> <p>Zona abierta</p>	<p>La Carretera Internacional México-Nogales a la altura del poblado Barobampo</p>	<p>Amoniaco</p> <p>40,000 litros</p>	<p>35) La Procuraduría General de Justicia del Estado (PGJE) confirmó que fueron 39 personas las que perdieron la vida en el choque registrado la tarde del martes entre un camión de pasajeros y una pipa que transportaba 25 toneladas de amoniaco El director de Averiguaciones Previas de la PGJE en la zona Norte, informó la identificación de 31 cadáveres y reveló que otras cuatro personas que viajaban en el camión de la línea Autotransportes de Guasave, se encuentran graves en hospitales de la ciudad de Los Mochis y que debido a sus lesiones no han rendido declaración para conocer su versión del accidente. El funcionario de la Procuraduría comentó que las labores de rescate de los cuerpos de las personas que fallecieron, se prolongaron hasta las 03.00 horas de ayer miércoles, debido a las dificultades que se derivaron de la fuga del amoniaco y se dijo que la mayoría de las personas que viajaban en el camión de pasajeros tenían sus residencias en poblados circunvecinos al lugar donde ocurrió el fatídico accidente. También detalló que la fiscal encargada de Atención a Víctimas de Delitos, lleva a cabo los trámites y acciones correspondientes para los funerales, así como el apoyo a los deudos. Finalmente dio a conocer que los conductores de ambas unidades, murieron. La pipa de la línea Tepeyac cargada con amoniaco circulaba de sur a norte por la carretera México 15 y el autobús de pasajeros de la Empresa Transportes de Guasave, número económico 158, placas 107 HU-1, dejó un saldo de 31</p>	<p>Choque de pipa con autobús de pasajeros</p> <p>Fuga</p> <p>Muertos</p> <p>Lesionados</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>personas muertas, entre ellas, mujeres, niños y ancianos. Tras el impacto el autobús volcó y cayó a un barranco de aproximadamente cuatro metros. Debido al impacto el tractocamión que transportaba el amoniaco perdió la carga registrándose una fuga del químico. El autobús de pasajeros venía procedente de El Carrizo, mientras que la pipa venía de Topolobampo. Dos personas lograron salvar la vida pero se encuentran gravemente heridas. La Carretera Internacional México-Nogales a la altura del poblado Barobampo se cerró en ambos sentidos.</p>		
<p>11/11/05</p> <p>Municipio Los Reyes La Paz</p> <p>Estado de México</p> <p>Zona urbana</p> <p>Zona Metropolitana del Valle de México</p>	<p>Autopista México Puebla</p>	<p>Azufre fundido</p>	<p>36) Un fuerte accidente automovilístico se registró aproximadamente a las seis de la mañana en la autopista México- Puebla. Tres muertos, seis lesionados y ocho vehículos involucrados es el saldo del choque provocado por una pipa de un tráiler que transportaba azufre fundido. Según versiones de testigos, el chofer perdió el control del camión, a su paso colisionó con cinco vehículos particulares, una camioneta de transporte público de pasajeros y una camioneta tipo pick up. El trailer quedó impactado en la barda de una casa habitación, a la altura del kilómetro 18, en la colonia Ampliación Los Reyes, del municipio de Los Reyes la Paz, Estado de México. "Tenemos un tráiler que al parecer perdió el control, y se llevó un vehículo a la parte de abajo, está incrustado en la casa", comentó el oficial de la Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal (SSPDF). El último reporte indicó que fueron tres personas muertas, dos adultos de entre 30 y 35 años de edad, y un menor de 2 o 3 años. Por casi dos horas, la circulación se vio severamente afectada en dirección hacia la Ciudad de México. Las maniobras de recuperación de los cadáveres, remoción de vehículos y del</p>	<p>Choque</p> <p>Salida del camino</p> <p>Daños Materiales</p> <p>Muertos</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			tráiler, estuvieron a cargo de SSP DF y bomberos del municipio.		
01/09/05 Nogales, Veracruz Zona abierta	Autopista México Puebla	Estireno 17 Toneladas	37) Una pipa de "Transporte Gama", que llevaba más de 17 toneladas de Estireno, volcó sobre la autopista con dirección al estado de Puebla, en el kilómetro 242 más 400, sobre el carril de ascenso, debido a que era conducida sin precaución y a velocidad inmoderada por el trailerero, quien resultó lesionado de gravedad en el accidente. En este percance el conductor debido a sus lesiones tuvo que ser hospitalizado en conocido sanatorio particular y a disposición de las autoridades del Ministerio Público de la Federación, para la responsabilidad que le resulte, luego de que se presentó el derrame del producto químico que transportaba sobre el asfalto, provocando el cierre de la circulación para retirarlo y evitar otro accidente. De acuerdo con el reporte del comandante de la Policía Federal Preventiva , Omar Dorantes Cervantes , el accidente se registró ayer por la mañana, cuando el trailerero Antonio Hernández Sandoval , de 45 años de edad, con domicilio en Valentín Gómez número 6 de la colonia 21 de Marzo, del municipio de Tlalnepantla, Estado de México, conducía un tractocamión marca Kenworth modelo 2003, con placas de circulación 403CAZ, del Servicio Público Federal , con razón social Transporte GAMA, la unidad trasladaba más de 17 toneladas de Estireno sobre la autopista con dirección al estado de Puebla. Al llegar al kilómetro 242 más 400, sobre el carril de ascenso, el conductor de la pipa se orilló demasiado sobre el área de acotamiento, lo que provocó que con el peso de la carga volcara hasta quedar sobre la cuneta a una profundidad de 5 metros, resultando lesionado el trailerero, quien fue atendido en el lugar del accidente por paramédicos de Caminos y Puentes Federales, que a bordo de la ambulancia lo trasladaron a conocido sanatorio particular, en donde es custodiado por un policía, ya que se encuentra a disposición de las autoridades del Ministerio Público de la Federación, para la	Volcadura Derrame Daños materiales Lesionados	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			responsabilidad que le resulte.		
<p>27/10/04</p> <p>Córdoba</p> <p>Veracruz</p> <p>Zona urbana</p>	<p>Taller de Mantenimiento</p>	<p>Combustóleo</p> <p>Restos de Combustóleo</p>	<p>38) Causa pánico explosión de remolque de pipa con combustóleo. Daños materiales por varios miles de pesos y pánico de vecinos de La Quebradora provocó la tarde de ayer la explosión de un remolque de pipa que era sometido a reparaciones en el taller de Remolques y Accesorios Sánchez, ubicado a orillas de la autopista; afortunadamente no se registraron desgracias personales, aunque gran cantidad de combustóleo quedó esparcida en el interior del taller. Los hechos se registraron alrededor de las 16:20 horas, cuando trabajadores del taller realizaban cortes con un soplete oxi-acetilénico al remolque número 466 de la empresa Transportes San José, que contenía restos de combustóleo. Debido al calor provocado por los trabajos de corte, el hidrocarburo gasificó provocando la explosión del tanque, mismo que se desfondó por la parte trasera y regó gran parte del combustóleo en el interior del taller. Ante el estruendo, vecinos del lugar dieron parte a los bomberos cordobeses y a la Unidad Municipal de Protección Civil, quienes se apersonaron en el lugar de los hechos para cuantificar los riesgos. Al respecto, y a pesar de que no es la primera vez que un siniestro de estas características sucede en esta ciudad el director de la Unidad Municipal de Protección Civil, señaló que por el momento no se procedería a la clausura del taller, y que la dependencia a su cargo levantará el acta administrativa para iniciar el procedimiento legal, por parte del secretario del ayuntamiento. Asimismo, dijo que el Reglamento Municipal de Protección Civil establece que cada autotanque que deba ser sometido a procesos de reparación deben tener constancias de la empresa encargada de la limpieza del mismo, situación que no ocurrió en este caso, y que el personal del taller, al momento de los hechos, se aprestaba a realizar un corte en la parte superior de la pipa. Por su parte el propietario del taller señaló que el vehículo solamente llegó para revisión, y aceptó que no contaba con</p>	<p>Vehículo en reparación</p> <p>Explosión en sitio</p> <p>Lesionados</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>el certificado de limpieza correspondiente. "Solamente venía a revisión, no lo estaban soldando porque primero lo tengo que revisar yo, pero los empleados me ganaron, yo vengo llegando y necesito ver con mis trabajadores una vez que se les pase el susto, qué es lo que hicieron y porqué, ya que saben que no pueden iniciar un trabajo sin que yo revise las unidades", afirmó. Asimismo, recaló que "necesito hablar con ellos para ver qué estaban haciendo; definitivamente cortaron, debieron cortar, y saben que el tanque debe venir limpio por la empresa que los manda, si es que se va a trabajar con ellos, además antes de eso yo los checo con exposímetro".</p>		
<p>21/09/04</p> <p>Municipio Los Reyes La Paz</p> <p>Estado de México</p> <p>Zona urbana</p> <p>Zona Metropolitana del Valle México</p>	<p>Carretera Panamericana</p>	<p>Titanio</p> <p>9 Toneladas</p>	<p>39) Vuelca Camión con 9 toneladas de Titanio en la Carretera Panamericana se presentan 2 muertos y contaminación del Suelo.</p>	<p>Volcadura</p> <p>Derrame</p> <p>Muertos</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
21/09/04 Ixtapaluca Estado de México Zona Urbana Zona Metropolitana del Valle de México Urbana	Autopista México Puebla Calzada Ignacio Zaragoza	Hidróxido de Sodio en Escamas Sosa Caústica 9 Toneladas	40) Se derrama cianuro en autopista. Autoridades cerraron la carretera para evitar accidentes. La volcadura de una pipa en la carretera México-Puebla (centro del país) y el derrame de cianuro de sodio, una sustancia altamente tóxica, sobre los seis carriles de la autopista, mantienen cerrada esa vialidad en ambos sentidos desde la una de la madrugada, (hora local) con el fin de evitar serios accidentes. El peligro es que el material tóxico se evapore y se propague a otras zonas. Por seguridad cierran el paso. De acuerdo con reportes de la Policía Federal Preventiva (PFP) en Chalco, personal especializado de la compañía Dupont, que presta servicio de logística a las empresas que transportan materiales peligrosos, se encuentra en la zona para colaborar con los bomberos en las labores de limpieza y retiro de la unidad. "No dejamos pasar a nadie por su propia seguridad. Estamos hablando que el Cianuro se regó en ambos sentidos de la carretera, por lo que cerramos tanto la ida como la llegada de la vialidad. De acuerdo con los reportes de la gente que logró llegar hasta el lugar del accidente, se encuentran esparcidos varios tambos de aproximadamente 52.83 galones, destacó el agente de PFP a la prensa mexicana. "En el interior de dichos depósitos, puntualizó, se encontraba el Cianuro en granel. Por el impacto algunos se abrieron o rompieron, eso provocó que el material se regara de manera peligrosa. Los paramédicos que lograron llegar lo único que hicieron fue valorar al conductor y alejarlo de dicho sitio por su propia seguridad. "Para poder acercarse y laborar en el traspaleo se requiere de equipo especial de penetración, pero como no lo tenemos tuvimos que llamar a la empresa responsable para que mande gente especializada en el manejo de este químico", dijo.	Volcadura Derrame Muertos Daños ecológicos	
20/05/04	Autopista Puebla-Veracruz	Combustóleo	41) De acuerdo al reporte de la Comisaría Orizaba de la Policía Federal Preventiva (PFP), al parecer producto del mal estado de las balatas, una pipa cargada con 42 mil litros de combustóleo volcó y ardió la mañana de éste	Volcadura	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>Maltrata</p> <p>Entre Puebla y Veracruz</p> <p>Zona boscosa</p>		<p>42 mil litros</p>	<p>jueves en las cumbres de Maltrata. Fue a las 9 de la mañana cuando propios transportistas alertaron a la PFP sobre un incendio registrado en el kilómetro 245 del tramo Balastlera-Maltrata de la autopista Puebla-Veracruz en el carril de descenso, por lo que se movilizaron elementos de Bomberos Orizaba, la Coordinación Regional de Protección Civil, Seguridad Pública y Camino y Puentes Federales (CAPUFE). La pronta intervención de los cuerpos de auxilio al enfriar la salchicha con chorros de agua a presión, evitó una posible explosión, aunque los daños se centraron de manera principal en el tractor de la empresa de Transportes TSF de la Ciudad de México cuyo conductor se dio a la fuga. Durante más de dos horas el tráfico en el carril de descenso, de Puebla con destino a Veracruz fue suspendido de manera total, hasta pasadas las 11 de la mañana fue liberado un carril para desahogar la larga fila de tráileres y automóviles particulares. El operativo implementado por la SSP y PFP se prolongó durante casi tres horas a fin de evitar que se registraran nuevos accidentes ante lo congestionado del tráfico vehicular, la mayoría tráileres y pipas con material peligroso. El Coordinador Regional de PC, éste tipo de accidentes se presenta a causa del poco interés por revisar las condiciones mecánicas de sus unidades.</p>	<p>Fuga</p> <p>Incendio</p> <p>Daños materiales</p>	
<p>13/04/2004</p> <p>Nogales, Veracruz</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Autopista México Veracruz</p>	<p>Nitrógeno</p> <p>41 000 litros</p>	<p>42) Vuelca Pipa con Nitrógeno. Velocidad excesiva, y falta de precaución por parte del conductor de un tráiler marca Kemworth que transportaba 41 mil litros de Nitrógeno por la autopista México. Estuvo a punto de provocar una catástrofe, tras volcar aparatosamente en el kilómetro 261 de la Carretera de Nogales. El percance se registró al filo de las 13:30 horas de la tarde de este martes, cuando el conductor del vehículo pesado, Geu Mendoza, conducía a velocidad inmoderada, el tractor Kemworth, color blanco, placas 430CXG del Servicio Público, propiedad de la empresa "CRIOINFRA" por el carril de descenso con dirección a Orizaba. Sin embargo al llegar al kilómetro 261</p>	<p>Volcadura</p> <p>Salida del camino</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>de la desviación de la autopista de Nogales - Ciudad Mendoza; El operador de la pipa perdió el control de la unidad, y tras derrapar en la carretera federal se impactó contra la barra de contención, la cual derribó y posteriormente brincó sobre el camellón central, e invadió el carril de accenso, y volcó .Las autoridades federales, precisaron que el conductor de la unidad, fue detenido en el mismo lugar por oficiales de la Policía Federal Preventiva , para fincar y deslindar responsabilidades con relación a este accidente, afortunadamente el percance no dejó pérdidas humanas, solamente daños materiales por más de 60 mil pesos. A la zona donde volcó el auto tanque, propiedad de la empresa "CRIOINFRA Fletera Nacional de Gases", placas 2-HV7889 del Estado de México, y placas del tractor 430CXG, el cual circulaba cargado con más de 41 mil litros del químico, acudió la Policía Municipal de Nogales y Ciudad Mendoza, así como personal de la central de bomberos y de los grupos de Protección Civil a fin de evitar que otro accidente de mayor escala. Luego de varias maniobras ejecutadas por los grupos de rescate urbano, la PFP ordenó que el vehículo fuera arrastrado por personal de grúas "Guadalupe" para que fuera canalizado al corralón de esta corporación a fin de que se investiguen las causas de este accidente, que se registró ayer en la autopista de Nogales. Por su parte, los grupos de Protección Civil de Ciudad Mendoza y Nogales, así como de la central de bomberos de Orizaba, previnieron a los curiosos no entorpecer las maniobras de rescate, sino tomar las precauciones debidas, tras expresar que el líquido que transportaba el tráiler llamado Nitrógeno era considerado nocivo y explosivo ante el contacto con el fuego. Minutos después los bomberos cubrieron con tierra la cinta asfáltica donde se derramó el diesel y evitar que los automovilistas que circulan con dirección al estado de Puebla, sufrieran un posible accidente el líquido regado por la volcadura del vehículo pesado.</p>	<p>Derrame</p> <p>Daños ambientales</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
20/11/03 Ecatepec Estado de México Zona Urbana Zona Metropolitana del Valle de México	Avenida Central	Monóxido de etileno 45,000 litros	43) Una pipa que transportaba 45 mil litros de un químico tóxico, volcó aparatosamente sobre la avenida central, en Ecatepec, Estado de México. Unas 300 familias de las calles adyacentes a las colonias El Potrero Chico y Valle de Ecatepec, fueron desalojadas de sus viviendas momentáneamente como medida precautoria. La pipa "transporta mono-óxido de etileno, es una resina. Acudimos de inmediato y se precedió a evacuar a la gente a retirarla de aquí del lugar. Aproximadamente es una cuadra, unas 200, 300 gentes", menciona el Director de Protección Civil y Bomberos de Ecatepec. Afortunadamente, los cuerpos de rescate no reportaron lesionados, ni intoxicados: "No hay lesionados, el operador de la unidad huyó, no se encontró aquí". No le importó dejar a la pipa con una fuga "muy mínima, digamos 20 litros". Según la policía estatal el accidente se produjo al parecer por el exceso de velocidad y la falta de precaución con que conducía el chofer del carro tanque al tomar esta peligrosa curva. Al respecto el Jefe de Sector de la Policía Estatal, menciona que "las posibles causas de la voladura es que venía en acceso de velocidad el conductor, y al momento que da la vuelta pierde el equilibrio, da contra la guarnición y es cuando se voltea la pipa". Aunque vecinos de las colonias Valle de Ecatepec y El Potrero Chico, señalaron la falta de señalización vial y de medidas de seguridad para los peatones.	Volcadura Fuga pequeña Evacuados Daños materiales	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
<p>17/11/03</p> <p>Delegación Cauhtémoc</p> <p>Distrito Federal</p> <p>Zona urbana</p> <p>Zona Metropolitana del Valle de México</p>	<p>Avenidas 3 y Reforma</p>	<p>Gas Butano</p> <p>10,000 Litros</p>	<p>44) Se vuelca una pipa de gas en Reforma. Los bomberos lograron retirar el vehículo de la compañía Garza Gas; una persona resultó lesionada.- La Secretaría de Seguridad Pública (SSP) capitalina informó este lunes que una pipa de gas se volcó en la esquina del Eje 3 Norte y Avenida Reforma, por lo que se acordonó la zona para prevenir cualquier contingencia. Indicó que personal de la SSP, bomberos y Protección Civil retiró la unidad con placas KS33370 de la compañía Garza Gas, que desde las 7:30 de la mañana se volteó luego de que el chofer de la unidad perdiera el control de la misma. El conductor de la pipa de gas con capacidad de 10 mil litros de combustible, señaló que se estrelló primero contra la banqueta y luego contra un semáforo en la esquina referida, lo que provocó que la unidad volcara y quedara lesionado su ayudante. La SSP reportó que luego de dos horas de trabajos y de un operativo de vialidad para reducir el conflicto se retiró el vehículo. Agregó que se realizaron las labores correspondientes para asegurar que el vehículo no explotara, mientras que ya se había realizado el operativo para actuar de manera inmediata y evitar cualquier contingencia que pudiera presentarse a causa del accidente.</p>	<p>Choque</p> <p>Volcadura</p> <p>Sin Fuga</p> <p>Daños materiales</p>	
<p>Orizaba Veracruz Zona boscosa</p>	<p>Autopsita México- Veracruz</p>	<p>Materiales Tóxicos</p>	<p>45) Un tráiler doble pipa, marca Kemworth, que transportaba productos químicos por la autopista México - Veracruz, volcó ayer, a la altura de la congregación de la Estancia. La Policía Federal Preventiva (PFP) no reportó víctimas, solamente daños materiales por más de 25 mil pesos. Señalaron que los hechos se registraron a las 06:00 horas en el kilómetro 257 carril de bajada de la autopista de Maltrata, cuando el conductor del tractor, color amarillo, con placas de circulación 680 - CU2 del Servicio Público Federal, propiedad de la empresa transportista Onis, perdió el control del volante, tras sufrir una falla mecánica, lo que provocó el accidente. Las autoridades federales, inmediatamente se presentaron al sitio del percance, al</p>	<p>Volcadura</p> <p>Daños materiales</p>	


Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>igual que paramédicos de Caminos y Puentes Federales (Capufe) para auxiliar al chofer del vehículo pesado que volcó en la carretera federal, sobre todo porque transportaba sustancias tóxicas y explosivas. En éste accidente que ocurrió ayer en la autopista de la congregación de la Estancia, no se presentaron víctimas de que lamentar, solamente daños materiales a la carrocería del vehículo pesado. El chofer resultó ileso ante esta volcadura, que fue consecuencia supuestamente de una falla mecánica. Las autoridades posteriormente ordenaron que el tractor volcado fuera canalizado al corralón de grúas Guadalupe, para confirmar si éste accidente fue a causa una falla en el sistema de frenos, o por de exceso de peso en el tractor Kemworth pipa doble remolque.</p>		
<p>12/12/02</p> <p>Col del Valle</p> <p>Delegación Cuauhtémoc</p> <p>Distrito Federal</p> <p>Zona urbana</p> <p>Zona Metropolitana del Valle de México</p>	<p>Cruce de las Calles Gabriel Mancera y José M. Rico</p>	<p>Gasolina</p> <p>12,000 litros</p>	<p>46) Se volcó un autotank de Pemex en la colonia del Valle. Alrededor de las 05:50 horas, el autotank de Petróleos Mexicanos, con No. económico 7146, se volcó en el cruce de las calles Gabriel Mancera y José M. Rico, Colonia del Valle, en el Distrito Federal, lo que provocó el derrame e incendio del combustible, sin que se registraran daños personales. De acuerdo con informes preliminares, el fuego afectó a cuatro casas y a dos vehículos particulares, líneas de conducción eléctrica, un transformador y un poste de luz. El autotank transportaba 20 mil litros de gasolina Pemex Magna, de los cuales se derramaron alrededor de 12 mil litros de combustible. Personal de contra incendio de Pemex se dirigió de inmediato a apoyar al Cuerpo de Bomberos del Distrito Federal en las labores de control e extinción del incendio, todo ello, en coordinación con los elementos de Protección Civil y de seguridad pública. Esta acción coordinada de los equipos de emergencia permitió que el fuego fuera sofocado totalmente en 50 minutos. Una vez apagado el incendio, personal de Pemex procedió a las labores de trasiego de aproximadamente ocho mil litros de combustible hacia otra pipa. Personal de Pemex y de</p>	<p>Volcadura</p> <p>Fuga</p> <p>Incendio</p> <p>Daños materiales</p> <p>Lesionados</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>Protección Civil de la Ciudad de México monitorean el área afectada y toman registros en el sistema de drenaje público sin que hasta el momento se haya encontrado explosividad en las alcantarillas de la zona. En el lugar de los hechos, el Subdirector de Auditoría de Seguridad Industrial de Pemex Refinación, señaló que los daños a las personas que resultaron afectadas en sus casas y vehículos serán pagados por el seguro de la empresa. Descartó que el conductor de la pipa estuviera circulando a exceso de velocidad, debido a que esas unidades cuentan con un regulador de control de velocidad y que posiblemente el accidente se debió a una falla mecánica; sin embargo, aclaró que serán las autoridades correspondientes quienes dictaminen los orígenes del mismo. Por su parte, el chofer resultó con ligeras lesiones y en este momento rinde su declaración ante el Ministerio Público.</p>		
<p>18/02/2000</p> <p>TORREÓN, Coahuila.</p> <p>Zona urbana</p>	<p>Prolongación Calzada Colón, al sur de la ciudad</p>	<p>Amoniaco</p> <p>40 000 litros</p>	<p>47) La volcadura de una pipa que transportaba amoniaco y que era remolcada por un tractocamión, causó pánico entre los vecinos de un amplio sector de la población, y aunque el líquido no llegó a derramarse, originó la movilización de cuerpos de seguridad y de protección civil. Lo anterior ocurrió la tarde del miércoles en el cruce de las vías férreas y Prolongación Calzada Colón, al sur de la ciudad, en donde fueron evacuados por varias horas los colonos de esa área habitacional ante el riesgo de que pudieran sufrir alguna intoxicación, lo cual no ocurrió, pues no hubo derrame del líquido. Después de varias horas de maniobras por parte de técnicos especialistas en grúas, fue hasta las 21:00 horas cuando se pudo rescatar la pipa del hoyanco en que cayó, y después, paulatinamente se restableció la calma. Fue preciso acordonar el área, a fin de evitar la presencia de curiosos y el tráfico de vehículos, lo que ocasionó un congestionamiento de unidades automotores, ya que ese cruce es muy transitado por ser</p>	<p>Volcadura</p> <p>Daños materiales</p> <p>Evacuación</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>el paso obligado para llegar a las colonias que se ubican en el sur-poniente de este lugar. El Jefe de Operaciones de la Dirección de Seguridad Pública y Protección Ciudadana, estuvo al frente del espectacular operativo de protección que se montó. Fue tanto el riesgo de intoxicación, que las empresas Peñoles y Ferti-Rey, participaron en las labores con equipo móvil y mecánico, lo cual fue fundamental para que la pipa volviera a su posición normal. El vehículo es propiedad de Transportes Especializados, conducido por Victoriano Cañedo, originario del estado de México, quien dijo que al transitar por la calzada Cuauhtémoc el tanque trasero, de la doble pipa, se volcó sobre un pequeño vado que ahí se encuentra, al tratar de dar vuelta a su derecha. Pese a lo aparatoso del accidente no se registraron víctimas, pero sí fue preciso, como ya se dijo, evacuar a un regular número de vecinos del lugar y acordonar amplio sector, en prevención de cualquier posible derrama y en consecuencia alguna intoxicación, lo cual no sucedió.</p>		
<p>11/02/2000</p> <p>Naucalpan</p> <p>Estado de México</p> <p>Zona urbana</p> <p>Zona Metropolitana del Valle de</p>	<p>Avenida Ingenieros Militares</p>	<p>Gas LP</p> <p>50 mil litros</p>	<p>48) Bomberos sofocan una de las siete pipas que esta mañana explotaron al interior de la gasera "Regio Gas", ubicada en avenida Ingenieros militares, Colonia San Lorenzo Tlaltenango. Bomberos de Naucalpan y de la ciudad de México controlaron el incendio al interior de la gasera Regio Gas que causaron al menos siete pipas con capacidad de 50 mil litros de gas doméstico en total. Bomberos de Azcapotzalco y Naucalpan sofocaron el incendio de siete pipas distribuidoras de la gasera Regio Gas. En el accidente no hubo muertos, sólo un bomberos heridos.</p>	<p>Accidente en sitio de manejo de materiales</p> <p>Explosión e incendio</p> <p>Lesionados</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
México					
Chihuahua Zona abierta	Carretera Federal a Ciudad Juárez	Amoniaco 15 000 litros	<p>49) Accidente químico con amoníaco en la curva de la muerte. vuelca pipa con amoniaco, otro accidente en 'la curva de la muerte.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cierran por 50 minutos la carretera a Juárez • El conductor de la unidad, en estado grave <p>En el tramo llamado “La Curva de la Muerte” o “El Panteoncito”, volcó ayer una pipa cargada con amoniaco, en el mismo tramo de la carretera federal a Ciudad Juárez, donde la semana pasada ocurrió un accidente con saldo de cuatro muertos. El incidente sucedió a las 14:30 horas, en el kilómetro 85.6, cuando el chofer de una pipa de la compañía Macroquímica, cargada con 1500 litros de amoniaco (2000KG), perdió el control del vehículo, debido al exceso de velocidad y al asfalto mojado a consecuencia de la lluvia, por lo que se volcó en una curva. De acuerdo con información de la Policía Federal Preventiva, un oficial se encontraba a unos metros del lugar del accidente, por lo que presencié los hechos. Según se dio a conocer, el guiador, Raúl Rodríguez de 39 años, conducía a más de 100 kilómetros por hora, al tomar la vuelta, que está muy cerrada, se salió del camino y la pipa dio una vuelta sobre su costado. Tras el accidente, el chofer resultó con traumatismo craneoencefálico, golpes en todo el cuerpo e intoxicación, por la fuga de amoniaco. Su estado se reportó como delicado. De igual forma su acompañante, Gustavo Rodríguez de 49 años, salió lesionado y con intoxicación menor. Ambos fueron trasladados por vía aérea al hospital Morelos del IMSS a recibir atención. El incidente provocó una gran movilización de cuerpos de rescate y seguridad. Al lugar se trasladaron siete unidades de la Policía</p>	<p>Volcadura</p> <p>Derrame y fuga</p> <p>Muertos</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>Municipal, cinco de la PFP, tres de bomberos, los Ángeles Blancos, Cruz Roja, Protección Civil y el Centro de Comando y Comunicaciones de la DSPM. La carretera fue cerrada al tránsito de Norte a Sur por un lapso de 50 minutos, lo que generó una fila de automóviles, camiones de pasajeros y tráileres que se extendía por varios kilómetros. Durante la volcadura se rompió una válvula de llenado de la pipa, lo que originó el derrame de alrededor de mil 500 litros del químico, 80 por ciento de su contenido, informó el Departamento de Bomberos. Fue necesario que miembros del equipo de manejo de materiales peligrosos de la corporación "taponearan" el cilindro, lo que les tomó cerca de una hora, para que se pudiera retirar del lugar el vehículo siniestrado. Elementos de la Policía Federal Preventiva comentaron que en ese mismo tramo han perdido la vida en accidentes alrededor de 20 personas en los últimos dos años.</p>		
<p>Tampico, Tamaulipas</p> <p>Zona abierta</p>	<p>Carretera Tampico Tamaulipas</p>	<p>Combustóleo</p> <p>30,000 litros</p>	<p>50) Pipa con placas 325-VY-9 del Servicio Público Federal, tuvo una falla en las llantas y se volcó, regando sobre la carpeta asfáltica, miles de litros de combustóleo que fluyeron por la cuneta hacia dos terrenos particulares donde ocasionaron una grave contaminación y daños a cultivos que allí tienen.</p> <p>Uno de los terrenos afectados con diversos cultivos de 10 matas de plátano que desafortunadamente se encontraban en el camino por donde fluyó el caliente, viscoso y pestilente producto de PEMEX que provocará la muerte lenta de esta variedad de frutos muy comunes en esta región.</p> <p>El otro terreno fue afectado en unos cien metros cuadrados, luego de que este combustible altamente contaminante se extendió por la zona y que dejó la superficie fuertemente contaminada.</p>	<p>Volcadura</p> <p>Derrame</p> <p>Daños ambientales en suelo agrícola</p> <p>Daños materiales</p>	

Fecha Lugar Terreno	Vialidad	Material Peligroso Volumen	Nota Pública de los Hechos	Tipo de Accidente Y consecuencias	Imagen
			<p>Cabe mencionar que el transporte de sustancias peligrosas por esta carretera es muy común como común es la contaminación que producen sin que las autoridades procuren que las empresas reparen los daños ocasionados, ya que los engorrosos trámites que deben encarar los propietarios de los terrenos generan repudio al sistema de justicia, donde, al igual que en otros rubros, la impunidad y la corrupción son sinónimo de atención al cliente.</p>		
<p>Ciudad Juárez y Salamanca</p> <p>Zona Abierta</p>	<p>Autopista México-Ciudad Juárez, tramo Salamanca – Celaya SALAMANCA</p>	<p>Turbosina</p> <p>31,500 litros</p>	<p>51) Vuelca pipa con turbosina en carretera federal. El accidente causó la movilización inmediata de los cuerpos de rescate. La volcadura de una pipa cargada con dos tanques de 31 mil 500 litros de turbosina cada uno, en la autopista México - Ciudad Juárez, tramo Salamanca - Celaya, causó la movilización de los cuerpos de rescate del municipio. El hecho se registró poco después de las 06:00 horas del día, en el kilómetro 70 de la arteria mencionada, hasta donde se trasladaron elementos del cuerpo de Bomberos, PC, Policía Federal Preventiva (PFP), y una ambulancia de Caminos y Puentes Federales (Capufe), para atender el reporte. Al llegar al lugar, se localizó una pipa volcada en la cuneta que divide los carriles, y uno de los tanques cubría parcialmente el carril de ida, por lo que se acordonó el área para evitar otro accidente que pusiera en riesgo la vida de los automovilistas que transitaban por la zona. El conductor de la unidad quien resultó ileso del percance, se identificó como Pablo Santillán García, quien mencionó que se dirigía a esta ciudad cuando uno de los neumáticos del autotanque, sufrió una ponchadura, lo que ocasionó perdiera el control, saliera del acotamiento y terminara volcada en la cuneta. Luego de ocho horas de maniobras se trasladó el combustible a otro tanque, y la unidad fue remolcada.</p>	<p>Volcadura</p> <p>Sin Fuga</p> <p>Daños Materiales</p>	

Anexo 8. Empresas que Manejan Materiales Peligrosos (MPs)
Empresas Autorizadas a la Recolección y Transporte de Residuos Peligrosos en el Distrito Federal

No.	No. DE AUTORIZACIÓN	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	DELEGACIÓN	VEHICULOS REGISTRADOS
1	09-6B-PS-I-43-97	GRUPO ESPECIALIZADO EN INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS AMBIENTALES, S.A. DE C.V.	MONTERREY No. 60, COL. ROMA, TEL: 549-96-25	D.F.	ALVARO OBREGON	2
2	9-1B-GM-I-02-99	JORGE ISAAC DE LOS SANTOS GARZA	TETELA No. 62, COL. VALLE GÓMEZ, C.P. 15210, TEL: 5-17-77-86	D.F.	ALVARO OBREGON	1
3	9-7-PS-I-06-2000	LUIS NAVA MARTÍNEZ	AV. RÍO DE LOS REMEDIOS No. 370, COL. PROGRESO NACIONAL, C.P. 07600, TEL: 53-92-47-73	D.F.	ALVARO OBREGON	6
4	9-6B-PS-I-07-99	TRANSPORTES ESPECIALIZADOS SEGUTAL, S.A. DE C.V.	TOPACIO No. 284, COL. PAULINA NAVARRO, C.P. 06370, TEL: 7 41 02 06	D.F.	ALVARO OBREGON	ND
5	9-03-PS-I-20-2002	CR INVENTARIOS, S.A DE C.V.	AV. INSURGENTES SUR No. 724-700 COL. DEL VALLE C.P. 03100 TEL: 5714-3223	D.F.	ALVARO OBREGON	3
6	09-01-PS-I-06-2003 (RENOVACIÓN)	MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS, S.A. DE C.V.	CALLE ARTEAGA No. 43, COL. SAN ANGEL, C.P. 01000, TEL: 56-16-00-09	D.F.	ALVARO OBREGON	3
7	09-01-PS-I-20-2003 (RENOVACIÓN)	TECNOLOGÍA EN TRANSPORTE, S.A. DE C.V.	AV. REVOLUCIÓN No. 1836, COL. GUADALUPE INN, C.P. 01020, TEL: 56-64-31-50	D.F.	ALVARO OBREGON	7
8	9-2B-PS-I-21-99	MARÍA ANTONIETA GARRIDO SANCHEZ	FRANCISCO VILLA MZ. 73 LOTE 24, COL. AMPLIACION SAN PEDRO XALPA, C.P. 02710	D.F.	AZCAPOTZALCO	1
9	9-2B-PS-I-05-98	EXPRESS POLARIS, S.A. DE C.V.	ROSARIO No. 26, COL. SANTA BÁRBARA, C.P. 02230, TEL: 383-2700.	D.F.	AZCAPOTZALCO	ND
10	9-2B-PS-I-22-2003 (Renovación)	EXPRESS POLARIS, S.A. DE C.V.	ROSARIO No. 26, COL. SANTA BÁRBARA, C.P. 02230, TEL: 383-2700.	D.F.	AZCAPOTZALCO	7
11	9-2-PS-I-01-2000	INTER TRUCKS DE MEXICO, S.A. DE C.V.	FERROCARRIL CENTRAL No. 75-B, COL. TLATILCO, C.P. 02860, TEL: 55-41-59-10	D.F.	AZCAPOTZALCO	12
12	15-25-PS-I-12-95	C. ALEJANDRO MERIN WINNITZKY	ALONSO DE VILLASECA, No. 209-2, COL. INDEPENDENCIA, TEL: 84-20203; 860-1549	D.F.	BENITO JUÁREZ	ND
13	9-03-PS-I-20-2002	CR INVENTARIOS, S.A. DE C.V.	AV. INSURGENTES SUR No. 724-700, COL. DEL VALLE, C.P. 03100, TEL: 57-14-32-33	D.F.	BENITO JUÁREZ	1
14	9-3-PS-I-13-94	INTEGRACIÓN DE SERVICIOS PARA EL SANEAMIENTO	CALZADA DE TLALPAN No. 1220 COL. ZACAHUITZCO TEL:	D.F.	BENITO JUÁREZ	ND

No.	No. DE AUTORIZACIÓN	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	DELEGACIÓN	VEHICULOS REGISTRADOS
		AMBIENTAL S.A. DE C.V.	5674-7171, 5674-7273			
15	9-3-PS-I-08-2000	MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS, S.A. DE C.V.	CAROLINA No. 44-1, COL. AMPLIACIÓN NÁPOLES, C.P. 03840, TEL: 55-36-85-24	D.F.	BENITO JUÁREZ	1
16	9-3B-GM-I-18-99	SISA SERVICIOS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.	PATRIOTISMO No. 70, COL. SAN PEDRO DE LOS PINOS, C.P. 03800, TEL: 55-15-41-07	D.F.	BENITO JUÁREZ	7
17	9-6B-PS-I-03-99	TRANSESP, S.A. DE C.V.	AV. COLONIA DEL VALLE No. 137-2, COL. DEL VALLE, TEL: 2-86-36-77	D.F.	BENITO JUÁREZ	1
18	9-4-PS-I-25-99	EFRAÍN GARCÍA MÉNDEZ	AV. AZTECAS No. 468, COL. AJUSCO, C.P. 04300, TEL: 56-18-52-81	D.F.	COYOACÁN	1
19	9-4-PS-I-11-2000	HÉCTOR DÁVILA FERNÁNDEZ	ORIENTE EDIFICIO 24, DEPTO. 32, COL. ALIANZA POPULAR REV., C.P. 04800, TEL: 56-79-99-26	D.F.	COYOACÁN	1
20	9-04-PS-I-21-2002	LUIS ADOLFO MENDEZ DELGADO	MAR DE LA TRANQUILIDAD No. 198-303, COL. EL PARQUE, C.P. 04899, TEL: 56-77-85-69	D.F.	COYOACÁN	1
21	9-4B-PS-I-02-98	MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS PELIGROSOS, S.A. DE C.V.	AV. SAN FRANCISCO CULHUACAN No. 336, COL. PRESIDENTES EJIDALES, C.P. 04470, TEL: 656-13-18 Y 656-14-97	D.F.	COYOACÁN	1
22	9-5B-PS-I-06-99	AURELIO VÁZQUEZ VÁZQUEZ	EBANO No. 11, COL. SAN JOSÉ DE LOS CEDROS, C.P. 05200, TEL: 5813-3605	D.F.	CUAJIMALPA	2
23	9-6-PS-I-04-2003	GEISWISS DE MÉXICO, S.A DE C.V.	RÍO PANUCO No. 127-1402, COL. CUAUHTÉMOC, C.P. 06500, TEL: 55-14-69-17	D.F.	CUAUHTÉMOC	ND
24	9-6B-PS-I-03-98	FERROCARRIL MEXICANO, S.A. DE C.V.	INSURGENTES SUR No. 432 2o PISO, COL. ROMA SUR, TEL: 5238-7632.	D.F.	CUAUTÉMOC	ND
25	9-7B-GM-I-13-98	ALEJANDRO ROQUE MONROY	NORTE 88-A No. 5915, COL. GERTRUDIS, SÁNCHEZ, C.P. 07880, TEL: 760-39-06	D.F.	GUSTAVO A. MADERO	1
26	09-9B-GM-I-16-98	DEFORX, S.A. DE C.V.	NAUTLA No. 64 NAVE G(F), COL. SAN JUAN XALPA, TEL: 614-13-13	D.F.	IZTAPALAPA	1
27	9-9-PS-I-07-2000	FRANCISCA MORA RUBIO	CALLE VERBENA No. 29, COL. LOS ANGELES IZTAPALAPA, C.P. 09830, TEL: 56-14-73-86	D.F.	IZTAPALAPA	1
28	09-09-PS-I-19-2003 (RENOVACIÓN)	SUVALSA, S.A. DE C.V.	BENITO JUAREZ MZ. 62, LTE. 5, COL. SANTA MARIA AZTAHUACAN, C.P. 09500, TEL: 56-93-61-33	D.F.	IZTAPALAPA	10

No.	No. DE AUTORIZACIÓN	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	DELEGACIÓN	VEHICULOS REGISTRADOS
29	10-9-PS-I-02-2001	TRANSPORTES ESPECIALIZADOS INDUSTRIALES Y ECOLÓGICOS, S.A.	MANTO No.71, COL. FRANCISCO VILLA, C.P. 09720, TEL: 56-90-36-48	D.F.	IZTAPALAPA	4
30	9-11-GM-I-03-2000	ACUMULADORES ANAHUAC, S.A. DE C.V.	MARIANO ESCOBEDO No. 67-A, COL. ANAHUAC, C.P. 11400, TEL: 57-15-37-03	D.F.	MIGUEL HIDALGO	4
31	09-11-PS-I-17-2003 (RENOVACIÓN)	BIO-TRATAMIENTOS MEXICO, S.A. DE C.V.	AV. CONSTITUYENTES No. 653-501, COL. 16 DE SEPTIEMBRE, C.P. 11810, TEL: 26-14-73-90	D.F.	MIGUEL HIDALGO	2
32	9-11B-PS-I-13-99	FERROCARRIL DEL SURESTE, S.A. DE C.V.	JAIME BALMES No. 11, TORREC C4TO. PISO, COL. LOS MORALES POLANCA, C.P. 11520, TEL: 53-87-65-40	D.F.	MIGUEL HIDALGO	65
33	09-11-PS-I-18-2003	FERROCARRIL MEXICANO, S.A. DE C.V.	BOSQUES DE CIRUELOS No. 99, COL. BOSQUES DE LAS LOMAS, C.P. 11700, TEL: 5246-38-75	D.F.	MIGUEL HIDALGO	111
34	9-11-PS-I-12-2003	INGENIERIA ESPECIALIZADA Y SERVICIOS AMBIENTALES, S.A. DE C.V.	LAGO ATTER No. 37, EDIFICIO 2-A, DPTO.518, COL. PENSIL, C.P. 11430, TEL: 85-95-24-42	D.F.	MIGUEL HIDALGO	1
35	9-11-PS-I-24-99	JUAN MANUEL ARÉVALO PÉREZ	MAR ADRIÁTICO, COL. POPOTLA, C.P. 11400, TEL: 55-70-53-00	D.F.	MIGUEL HIDALGO	6
36	9-9-PS-I-05-2003	ERNESTO AZUCENO SÁNCHEZ	SAN ANTONIO MANZANA 1, LOTE 3, COL. SAN LORENZO TEZONCO, C.P. 09900, TEL: 5751-1672	D.F.	TLAHÚAC	1
37	09-13-PS-I-11-2002	TOMÁS IBARRA DEL TORO	AV. TLÁHUAC No. 6646, COL. ZAPOTITLÁN, C.P. 13300, TEL: 58 41 41 79	D.F.	TLÁHUAC	1
38	9-14-GM-I-02-2000	INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO	AV. SAN FERNANDO No. 547, COL. TORIELLO GUERRA, C.P. 14060, TEL: 56-56-05-51	D.F.	TLALPAN	1
39	9-14B-PS-I-10-98	TFM, S.A. DE C.V.	PERIFERICO SUR No. 4829, 4o. PISO, COL. PARQUES DEL PEDREGAL, C.P.14010, TEL: 447-58-36 Y 447-58-30	D.F.	TLALPAN	ND
40	9-15-PS-I-15-94	EMPRESAS DRAGÓN, S.A. DE C.V.	MARTILLO No. 5, COL. ARTES GRÁFICAS, TEL: 5397-3633, LIC. FEDERICO GARMENDIA C.	D.F.	VENUSTIANO CARRANZA	ND
	TOTAL	EMPRESAS	40		VEHÍCULOS	266

Empresas Autorizadas a la Recolección y Transporte de Residuos Peligrosos en la Zona Conurbada del Valle De México

No.	No. DE AUTORIZACIÓN	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	MUNICIPIO	VEÍCULOS REGISTRADOS
1	15-2-PS-I-05-2000	FRANCISCO GARCÍA LÓPEZ	TAMPICO No. 9, COL. ANÁHUAC, C.P. 55885, TEL: 59-57-01-70	ESTADO DE MÉXICO	ACOLMAN	2
2	15-2B-PS-I-14-98	MARGARITO GAMBOA MOSQUEDA	FRANCISCO VILLA No. 16, COL. LOS ANGELES, C.P. 55870, ACOLMAN, TEL: 91 (595) 709 80.	ESTADO DE MÉXICO	ACOLMAN	1
3	15-002-PS-I-11-2000	ZEFERINO CRISPIN ZIMBRON TABOADA	VENUSTIANO No. 20, COL. LOS ANGELES TOTOCINGO, C.P. 55885, TEL: (015) 5-790-31-90	ESTADO DE MÉXICO	ACOLMAN	2
4	15-13-GM-I-10-98	AGRICULTURA NACIONAL, S.A. DE C.V.	BOULEVARD ADOLFO RUIZ CORTINEZ No. 7, COL. LOMAS DE ATIZAPAN, C.P.52977, TEL: 397-36-33, 3 97-36-55	ESTADO DE MÉXICO	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	9
5	15-13-PS-V-03-93	ECOLOGÍA Y LUBRICANTES, S.A. DE C.V.	AV. ADOLFO LÓPEZ MATEOS No.3 MÉXICO NUEVO, TEL: 822-5816; 822-5843	ESTADO DE MÉXICO	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	1
6	15-12-PS-I-04-2001	JORGE DEL CASTILLO MEJIA	MOLINOS 18-B COL. VILLAS DE LA HACIENDA TEL: (94)25044	ESTADO DE MÉXICO	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	1
7	15-13-PS-I-20-2000	RAÚL GONZÁLES ORTIZ	SAN VICENTE No. 24 COL. SAN MIGUEL XOCHIMANGA	ESTADO DE MÉXICO	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	1
8	15-29B-PS-I-11-98	TRANSNEC, S.A. DE C.V.	PROL. AV. JUÁREZ S/N, SAN JOSÉ CHICOLAPAN, C.P. 56370, TEL: (01) 59-21-53-78	ESTADO DE MÉXICO	CHICOLAPAN	16
9	15-29-PS-I-14-2003 (RENOVACIÓN)	TRANSNEC, S.A. DE C.V.	PROL. AV. JUÁREZ S/N, SAN JOSÉ CHICOLAPAN, C.P. 56370, TEL: (01) 59-21-53-20	ESTADO DE MÉXICO	CHICOLAPAN	13
10	15-29B-PS-I-11-98	TRANSNEC, S.A. DE C.V.	PROL. AV. JUÁREZ S/N, SAN JOSÉ CHICOLAPAN, TEL: (01592) 1-53-78.	ESTADO DE MÉXICO	CHICOLAPAN	1
11	15-33-PS-I-36-2000	TRANACI S.A DE C. V.	IXTLEMELIXTLE COL. CABECERA MUNICIPAL TEL: 5874-8484	ESTADO DE MÉXICO	COACALCO	1

No.	No. DE AUTORIZACIÓN	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	MUNICIPIO	VEÍCULOS REGISTRADOS
12	15-20-PS-I-02-2002	DINAQUIMIA MEXICANA, S.A. DE C.V.	MAQUILAS HUITRON No. 39, COL. SAN LORENZO TETLIXTAC, C.P. 55714, TEL: 58 75 35 08	ESTADO DE MÉXICO	COACALCO	1
13	15-121-PS-I-10-95	TRANSPORTES INTER-MEX, S.A. DE C.V.	AV. INDUSTRIALES No. 26, ZONA INDUSTRIAL TEL: 5360-3078, 5360-4998 FAX: 9172-0040-41	ESTADO DE MÉXICO	CUATITLAN IZCALLI	1
14	15-24B-PS-I-09-99	T.D.R. TRANSPORTES, S.A. DE C.V.	CARR. MÉXICO CUAUTITLÁN KM 17.5, COL. E. PILAR, C.P. 54879, TEL: 8 70 09 05	ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLÁN DE ROMERO RUBIO	43
15	15-121-PS-V-09-94	INDUSTRIAS DEUTCH, S.A. DE C.V	ANTONIO LAVOISIER No. 51, COL. PARQUE INDUSTRIAL CUAMANTLA	ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	1
16	15-121B-PS-I-45-99	VICENTE COPTO TORRECILLA	CISNES No. 24-4, COL. LAGO DE GUADALUPE, C.P. 54760, TEL: 58-81-05-40, 58-81-51-29 FAX: 58-73-10-75	ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLÁN IZCALLI	3
17	15-33-PS-I-21-2002	ROBERTO VARGAS OLVERA	CERRADA DE ROBLES S/N, EJIDOS DE SAN CRISTOBAL, C.P. 55024, TEL: 58-82-45-12	ESTADO DE MEXICO	ECATEPEC	1
18	15-33-PS-I-11-2003	TRANSPORTES ESPECIALIZADOS GARZA E HIJOS, S.A. DE C.V.	JUSTO SIERRA No. 11, COL. LOA ARBOLITOS, C.P. 55310, TEL: 57-91-71-27	ESTADO DE MEXICO	ECATEPEC	20
19	15-33-GM-I-09-2000	BAYER DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	VÍA MORELOS No. 330-E, COL. SANTA CLARA	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
20	15-33-PS-I-25-2000	EFRAÍN CHAVEZ TRUJILLO	1ERA. CERRADA DE LAS TORRES M-16 L-1, COL. MIGUEL HIDALGO, C.P. 55490, TEL: 55-69-33-71	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
21	15-33-PS-I-11-2001	EVA RAMÍREZ SERRANO	TULIPAN No. 51 COL. JARDINES DEL TEPEYAC TEL: 5710-2665	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1

No.	No. DE AUTORIZACIÓN	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	MUNICIPIO	VEÍCULOS REGISTRADOS
22	15-33-PS-I-36-2000	HERIBERTO JUÁREZ HERNÁNDEZ	JUAN DE DIOS BATIZ MZ. 16 LT. 7 COL. JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ TEL: 5770-2053	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
23	15-33B-PS-I-11-99	HERNÁNDEZ GARCÍA FÉLIX	ZAPOTECAS No. 6, COL. SANTA CLARA, C.P. 55330, TEL: 5 7-90-80-87	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	2
24	15-33-PS-I-16-2002	INTERNACIONAL DE TRANSPORTES ESPECIALIZADOS, S.A. DE C.V.	ANTONIO VILCHIS No. 33 COL. GRANJAS VALLE DE GUADALUPE C.P. 55270 TEL: 5095-8124	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	3
25	15-33-PS-I-16-2002	INTERNACIONAL DE TRANSPORTES ESPECIALIZADOS, S.A. DE C.V.	ANTONIO VILCHIS No. 33 COL. GRANJAS VALLE DE GUADALUPE C.P. 55270 TEL: 5095-8124	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	3
26	15-33B-PS-I-01-99	JOSÉ LUIS SÁNCHEZ FLORES	MANZANO No. 15, COL. VISTA HERMOSA, C.P. 55020, TEL: 8-82-27-72	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
27	15-33-PS-I-06-2001	JOSÉ TRINIDAD CERVANTES DOMINGUEZ	GRANADAS MZ. 6 LT. 12 COL. EJIDOS DE SAN CRISTOBAL TEL: 5175-6682	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
28	15-33B-PS-I-12-99	MAGALIS GARCÍA ALVARADO	ADOLFO LÓPEZ MATEOS No. 11, COL. EJIDAL EMILIANO ZAPATA, TEL: 5-8-82-05-63	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
29	15-33-PS-I-13-2003	MARÍA ELENA POSADAS ENRIQUEZ	CALLE 15 No. 33, COL. JARDINES DE SANTA CLARA, C.P. 55450, TEL: 57-74-14-46	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
30	15-33B-PS-I-42-99	MARIO CORONA VIGUERAS	CALLE PEMEX No. 9, COL. SANTA MARÍA TEPETLAC, C.P. 55400, TEL: 57-76-39-57	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
31	15-33B-PS-I-06-99	MARTHA GUTIÉRREZ DÍAZ	AV. ENCINO MZ. 2 LOTE 19, COL. PRIZO I, C.P. 55264, TEL: 1-20-08-11	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
32	15-33-PS-I-35-2000	MIGUEL VARGAS PACHECO	SANTOS DEGOLLADO MZ. 47 LT. 4, COL. EJIDAL EMILIANO ZAPATA, C.P. 55020, TEL: 5882-0772	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	3

No.	No. DE AUTORIZACIÓN	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	MUNICIPIO	VEÍCULOS REGISTRADOS
33	15-33B-PS-I-05-99	OSCAR FERNANDO RODRÍGUEZ ROJAS	PEMEX No. 13, COL. PCOL. SANTA MARÍA TULPETLAC ROVIDENCIA, 2A. SECC, C.P. 55400, TEL: 5-776-85-57	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	2
34	14-33-PS-I-49-99	REFUGIO PÉREZ ORTIZ	PEMEX No. 20 COL. TULPETLAC, C.P.55400 TEL: 57-76-05-78	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
35	15-33-PS-I+15-2001	RINCÓN ROSALES PATRICIA	CALLE CHIHUAHUA No. 625, COL. STA. MARÍA TULPETLAC C.P. 55400 TEL: 5776-9320	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
36	15-33B-PS-I-33-98	RUBEN MONROY CASAS	ERNESTO PUGIBET No. 36, FRACC. INDUSTRIAL XALOSTOC, C.P. 55348, TEL: 714-05-73	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
37	15-33B-PS-I-05-2002	SERVICIO INTEGRAL EN TRANSPORTACIÓN, S.A. DE C.V.	CALLE 13 No.24 JARDINES DE SANTA CLARA, C.P. 55450, TEL: 57756737	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
38	15-33B-PS-I-16-99	SILVERIO MARTÍNEZ ROJAS	CALLE 1a. CERRADA DE LAS TORRES MZ 15 L 6, COL. MIGUEL HIDALGO, 39C.P. 55490, TEL: 5-529-25-99	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
40	15-33-PS-I-04-99	SILVERIO ROSALES PÉREZ	PEMEX No. 13, COL. SANTA MARÍA TULPETLAC, C.P. 55400, TEL: 5126-2629	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
41	15-33-PS-I-14-2002	TRANSPORTA LÍQUIDOS DE ECATEPEC, S.A. DE C.V.	CALLE CARLOS B. ZETINA No. 2, FRACCIONAMIENTO INDUSTRIAL XALOSTOC C.P. 55340 TEL: 5714-3233	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	17
42	15-33-PS-I-23-2000	TRANSPORTES ROQUE, S.A. DE C.V.	CALLE GUANAJUATO S/N, COL. SANTA MARÍA TULTEPEC, C.P. 55400, TEL: 57-76-12-24	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	2
43	15-104-PS-I-31	VARGAS OLVERA JOEL	POPOCATÉPETL No. 112, COL. DR. J. JIMÉNEZ CANTÚ, C.P. 54190, TEL: 58-82-35-59	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
44	15-33-PS-I-24-2000	RAMIRO CABRERA HERNÁNDEZ	AV. DE LAS TORRES MZ. 16 LOTE 3, COL. MIGUEL HIDALGO, C.P. 55490, TEL: 57-88-83-84	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	4

No.	No. DE AUTORIZACIÓN	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	MUNICIPIO	VEÍCULOS REGISTRADOS
45	15-33-PS-I-30-2000	REYNA GARCÍA JOSÉ MANUEL	AV. MARAVILLAS No. 12, COL. JARDINES DEL TEPEYAC, C.P. 55220, TEL: 044-59-09-53	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	1
46	15-39B-PS-I-03-2002	EFRÁIN MEDINA LÓPEZ	CALLE AGRICULTORES No. 16, COL. EMILIANO ZAPATA, C.P. 56560, TEL: 59741952	ESTADO DE MÉXICO	IXTAPALUCA	1
47	15-57B-PS-I-36-98	GRUPO PROYEKTO VIDA, S.A. DE C.V.	AV. VÍA GUSTAVO BAZ No. 307, COL. ECHEGARAY, C.P. 53310, TEL: 373-38-62	ESTADO DE MÉXICO	NAUCALPAN	1
48	15-57-PS-I-03-95	DESPERDICIOS Y RECUPERACIONES INDUSTRIALES DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	PASEO DE LA PRIMAVERA No. 130 SEGUNDO PISO, COL. LA FLORIDA, C.P. 53310, TEL: (5) 360-30-78, 360-49-98.	ESTADO DE MÉXICO	NAUCALPAN	1
49	15-57-PS-I-32-2000	CLASS CHEMICAL, S.A. DE C.V.	CALLE CENTRAL No. 1, COL. MODELO, C.P. 53330, TEL: 53-60-31-86	ESTADO DE MÉXICO	NAUCALPAN	1
50	15-60-PS-III-01-93	C. JUAN R. SANTOS NIETO	DOMICILIO CONOCIDO PRIMER BARRIO DE CAHUACAN NICOLAS ROMERO, TEL: 91-599-24044	ESTADO DE MÉXICO	NICOLAS ROMERO	1
55	15-060-PS-I-08-2000	FRANCISCO JAVIER PASCUAL ALMAZAN	AV. 1 DE MAYO, ESQ. CALLE AVENA No. S/N , COL. ELGAVILLERO, C.P. 54400, TEL: (8015) 58-21-65-15	ESTADO DE MÉXICO	NICOLAS ROMERO	1
51	15-60-PS-III-01-93	JUAN R. SANTOS NIETO	DOMICILIO CONOCIDO EN EL PRIMER BARRIO DE CACAHUACAN TEL: (599) 24044	ESTADO DE MÉXICO	NICOLAS ROMERO	1
52	15-60-PS-I-02-2001	LUIS SANTOS NIETO	LLORONES No. 6 COL. CACAHUACAN TEL: 5992-4447	ESTADO DE MÉXICO	NICOLAS ROMERO	1
53	15-081-PS-I-04-2000	SALVADOR IVAN LÓPEZ GÓMEZ,	RUBI No. 134, 2A. FRACC. INDUSTRIAL TECAMAC, C.P. 40860	ESTADO DE MÉXICO	TECAMAC	1

No.	No. DE AUTORIZACIÓN	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	MUNICIPIO	VEÍCULOS REGISTRADOS
54	15-91B-PS-I-15-99	TRANS-DELTA, S.A. DE C.V.	CARRETERA TEOLOYUCAN-HUEHUETOCA No. 259 AREA 2, BARRIO STA. MARIA CALIACAC, C.P. 54270, TEL: 2-46-21-00	ESTADO DE MÉXICO	TEOLOYUCAN	1
55	15-91B-PS-I-31-99	TRANSPORTES ESPECIALIZADOS CURIEL, S.A. DE C.V.	Av. DEL PANTEÓN S/N BARRIO TLATILCO, C.P. 54770, TEL: (01591) 4-00-96	ESTADO DE MÉXICO	TEOLOYUCAN	17
56	15-104-PS-I-24-2002	EQUILIBRIO AMBIENTAL DE MÉXICO, S.A. DE C.V.	CONVENTO DE ACOLMAN No. 39 SUR, COL. SANTA MÓNICA, C.P. 54050, TEL: 53-65-20-03	ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	1
57	15-104-PS-I-07-2003	SOLUCIONES ECOLÓGICAS INTEGRALES, S.A. DE C.V.	AV. RÍO LERMA No. 22, FRACC. INDUSTRIAL TLAXCOLPAN, C.P. 54030, TEL: 55-65-81-91	ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	4
58	15-104B-GM-I-20-98	ADHESIVOS Y PRODUCTOS QUIMICOS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.	CRUCERO SAN RAFAEL S/N, FRACC. SAN NICOLÁS, C.P. 54120, TEL: 310-2701, 310-3873.	ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	1
59	15-104B-PS-I-04-2002	ALCOHOLES DESNATURALIZADOS Y DILUENTES, S.A. DE C.V.	AV. SAN JOSÉ No. 11-18, SAN JUÁN IXHUATEPEC, C.P. 54180, TEL: 57269050	ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	6
60	15-104-GM-I-06-2000	ESTAÑO ELECTRO, S.A. DE C.V.	CALLE FERNANDO MONTES DE OCA No. 14, FRACC. INDUSTRIAL TLALNEPANTLA, C.P. 54030, TEL: 53-10-43-91	ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	1
61	15-104B-PS-I-30-99	FRANCISCO MONTOYA HERNÁNDEZ	CDA. MORELOS No.28, COL. XOCOYAHUALCO, C.P. 54080, TEL: 55-72-31-50	ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	1
62	15-104B-PS-I-07-99	JUAN GABRIEL VARGAS OLVERA	POPOCATÉPETL No.112, COL. DR. JORGE JIMÉNEZ CANTÚ, C.P. 054190, TEL: 5 7-88-48-05	ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	1
63	15-104-PS-II-11-94	PROAMBIENTE, S.A. DE C.V. (ESTACIÓN DE	VÍA GUSTAVO BAZ No. 4865, COL. BARRIENTOS,	ESTADO DE	TLALNEPANTLA	1

No.	No. DE AUTORIZACIÓN	EMPRESA	DOMICILIO	ESTADO	MUNICIPIO	VEÍCULOS REGISTRADOS
		TRANSFERENCIA TLALNEPANTLA)	TEL: 310-2400; 310-1525	MÉXICO		
64	15-104B-PS-I-43-99	PROTECCIÓN INTEGRAL DEL MEDIO AMBIENTE, S.A. DE C.V.	EMILIANO ZAPATA No. 11-2, COL. SAN JERONIMO TEPETLACALCO, C.P. 54090, TEL: 53-97-51-64.	ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	2
65	15-104-GM-I-03-2000	S. D. MYERS DE MEXICO, S.A. DE C.V.	BENITO JUAREZ No. 102, COL. SAN LUCAS TEPETLACALCO, C.P. 54050, TEL: 5-361-77-79, 5-361-76-68, 5-362-06-76	ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	1
66	15-104-PS-I-09-2002	TRANSPORTADORA DE LÍQUIDOS Y DERIVADOS, S.A. DE C.V.	AV. SAN JUÁN No. 11-15, COL. SAN JUÁN IXHUATEPEC, C.P. 54180, TEL: 57 26 90 50	ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	13
67	15-104B-PS-I-29-99	JOSÉ CRISTINO VARGAS PUGA	POPOCATEPETL No. 106 COL. JORGE JIMENEZ CANTU TEL: 5788-0273	ESTADO DE MÉXICO	TLANEPANTLA	1
68	15-104B-PS-I-41-99	TRANSPORTES AUTOTANQUES S.A DE C.V.	SAN JUAN No. 7 COL. SAN JUAN IXHUATEPEC TEL: 5718-1844	ESTADO DE MÉXICO	TLANEPANTLA	1
69	15-33B-PS-I-25-99	JUAN PÉREZ ORTIZ	AV. HIDALGO No. 620 COL. TULPETLAC, ESTADO DE MÉXICO TEL: 57-79-23-54	ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEPEC	1
70	15-109-PS-I-19-2002	AUTOTANQUES MEJIA, S.A. DE C.V.	MARISCALA Y PINO No. 125, COL. SANTA MARIA CUAUTEPEC, C.P. 54900, TEL: 58-90-36-30	ESTADO DE MEXICO	TULTITLAN	10
71	15-109-GM-I-22-2000	DUQUIM, S.A. DE C.V.	AV. TLALNEPANTLA No. 45, COL. BARRIO DE LA CONCEPCIÓN, C.P. 54900, TEL: 58-70-52-98	ESTADO DE MÉXICO	TULTITLÁN	5
72	15-25-PS-I-09-2003	MUEBLES USADOS Y DESPERDICIOS INDUSTRIALES DE IXTAPALUCA, S.A. DE C.V.	SOR JUANA INES DE LA CRUZ, SOLAR 7-A, MZA. 338, COL. DARIO MARINES, C.P. 56560, TEL: 59-74-08-47	ESTADO DE MEXICO	VALLE DE CHALCO	6
	TOTAL	EMPRESAS	72		VEHÍCULOS	224

Empresas Químicas Altamente Peligrosas Localizadas en la ZMVM

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
1	BIP PLASTICS S.A. DE C.V.	UREA FORMALEHIDO, FENOL FORMALEHIDO, MELAMINA FORMALEHIDO, NYLON TERMOPLASTICO NYLON 666	58257019 58257016	SAN JAVIER 16, CIUDAD LÓPEZ MATEOS 54500, ATIZAPAN DE ZARAGOZA ESTADO DE MÉXICO	54500	1 EN ATIZAPAN DE ZARAGOZA	ATIZAPAN	0	0
2	MACROPOL S.A. DE C.V.	MODIFICADORES DE IMPACTO, AYUDAS DE PROCESO ACRILICAS, CARBOMEROS ACRILICOS, SURFACTANTES, ETOXILADOS, SURFACTANTES ETOXILADOS, SURFACTANTES SULFATANTES, ACIDOS GRASOS, ALCOHOL GRASO	10835800 AL 26	CAMINO LAGO GUADALUPE 74, SAN MIGUEL XOCHIMANGA 52927, ATIZAPAN DE ZARAGOZA ESTADO DE MÉXICO.	52927	1 EN TLANEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLANEPANTLA	0	0
3	QUÍMICA CENTRAL DE MÉXICO S.A. DE C.V.	SULFATO BÁSICO DE CROMO Y CROMO ALUMINIO, ACIDO CROMICO, BICROMATO DE SODIO Y POTASIO, CROMATO DE SODIO, SULFHIDRATO DE SODIO, EXTRACTO DE MIMOSA, ACIDO FORMICO, FORMIATO DE SODIO, BISULFITO DE SODIO, ACEITES SULFATADOS, ACEITES SULFONADOS, ACEITES FOSFATADOS, ACEITES SULFONADOS, ACEITES FOSFATADOS, ACEITES CRUDOS, RECUERTIENTES Y AUXILIARES DE CURTIDURIA	55363746	CARRETERA LEÓN SAN FRANCISCO DEL RINCÓN KM 13.5 APARTADO POSTAL 76, CP 36300, SAN FRANCISCO DEL RINCÓN GUANAJUATO	36300	1 EN MÉXICO DISTRITO FEDERAL	0	0	ATCAPOTZALCO
4	INDUSTRIAS RESISTOL, S.A. DE C.V.	ADHESIVOS BASE PVA, ADHESIVOS DE CONTACTO, ADHESIVOS BASE POLIURETANO, ADHESIVOS BASE CIANOACRILATO, LAPIZ ADHESIVO, ADHESIVOS TERMOFUSIBLES (HOT-MELTS), IMPERMEABILIZANTES	50789900 50789900	CALZADA AZCAPOTZALCO COL. INDUSTRIAL VALLEJO LA VILLA 705, C.P. 02630	2630	1 EN ATZCAPOTZALCO O MÉXICO Y 1 EN LERMA ESTADO DE MÉXICO	0	0	ATCAPOTZALCO
5	PRAXAIR MEXICO, S.A. DE C.V.	GASES INDUSTRIALES (OXIGENO, NITROGENO, ARGON HIDROGENO, BIOXIDO DE CARBONO, HELIO), GASES ESPECIALES (GASES PUROS Y MEZCLAS DE CALIBRACIÓN, NTRMS), GASES MEDICINALES, GASES PARA SOLDADURA Y GASES ESTERILIZANTES.	53549500 0188 83294885 83294800	BIOLOGO MAXIMINO MARTÍNEZ 3804, SAN SALVADOR XOCHIMANCA 02870, MÉXICO D.F.	2870	MAS DE 50 PLANTAS PRODUCTORAS DE GASES INDUSTRIALES Y 3 LABORATORIOS DE DESARROLLO (SUCURSALES EN TODA LA REPUBLICA MEXICANA)	12 ESTADO DE MÉXICO	6 DISTRITO FEDERAL	

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
6	REICHOLD QUIMICA DE MEXICO S.A. DE C.V.	RESINAS POLIESTER, RESINAS FENOLICAS, BREAS ESTERIFICADAS, RESINAS FUMARICAS, RESINAS ACRILICAS, RESINAS DE ACETATO DE POLIVINILO, COPOLIMEROS	57298600 53684524	NRTE 45 731, INDUSTRIAL VALLEJO 02300, MÉXICO D.F.	2300	1 EN MÉXICO DISTRITO FEDERAL Y 1 EN ATLACOMULCO ESTADO DE MÉXICO	0	0	ATCAPOTZALCO
7	CASTROL MEXICO, S.A. DE C.V.	CASTROL GTX, VEEDOL	54822004 55634083	AV. REVOLUCIÓN 775, ESQ. REMBRAT, NONOALCO MIXCOAC C.P. 03700, MÉXICO, D.F.	3700	1 DISTRITO FEDERAL	0	0	BENITO JUAREZ
8	INDUSTRIA CYDSA BAYER S.A. DE C.V.	TOLUEN DISISOCIANATO	53401800 53401844 53401843	VIADUCTO RIO BECERRA 287, NAPOLES 03810, MÉXICO, D.F.	3810	1 DE DISTRIBUCIÓN EN DISTRITO FEDERAL, PLANTA EN PAJARITOS VERACRUZ	0	0	BENITO JUAREZ
9	INDUSTRIA QUIMICA DEL ISTMO, S.A. DE C.V.	SOSA CAUSTICA LIQUIDA AL 50% Y SOLIDA EN ESCAMAS, CLORO LIQUIDO Y GASEOSO, ACIDO CLORHIDRICO GRADO TECNICO, HIPOCLORITO DE SODIO.	56876853 55431346 55433400 53401800	VIADUCTO RIO BECERRA 287, NAPOLES 03810, MÉXICO, D.F.	3810	1 EN MÉXICO DISTRITO FEDERAL	0	0	BENITO JUAREZ
10	KLUBER LUBRICATION MEXICANA, S.A. DE C.V.	ACEITES LUBRICANTES, GRASAS COMPLEJAS, ACEITES MINERALES CON ADITIVOS, GRASAS PARA ALTA PRESIÓN, ACEITES PARA ALTAS TEMPERATURAS, ACEITE SINTETICO, ACEITE PARA COMPRESORES.	57020048 57021021	BOLEO 62, MAZA 06270, MÉXICO D.F.	6270	1 EN MÉXICO DISTRITO FEDERAL	0	0	BENITO JUAREZ
11	POLIOLES, S.A. DE C.V.	GLICOLES ETILENICOS, GLICOLES PROPILENICOS, GLICOETERES (ETILICOS, METILICOS Y BUTILICOS), POLIETILENGLICOLES, TENSOACTIVOS NO IONICOS, POLIOLES INDUSTRIALES, POLIMEROS DE ESTRENO.	91400500 91400502 91404800 91408565	FERNANDO MONTES DE OCA 71, CONDESA 06140, MÉX. D.F.	6140	1 EN SANTA CLARA Y 1 EN LERMA ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	0	0
12	MICRO, S.A. DE C.V.	ACELERANTES DE LA VULCANIZACIÓN, AGENTES ESPONJANTES, DISPERSIONES ACUOSAS, FACTICIOS, RETARDADORES, PLASTIFICANTES, PEPTIZANTES	58727522 58720125	SAN LORENZO RIO TENCO 54713, CUAUTITLAN, EDO. DE MÉXICO	54713	1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
13	ALMACENADORA ACCEL, S.A.	AMONIACO		ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIAS NO. 6 ZONA INDUSTRIAL DE CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO	54700	1 EN CUAUTITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
14	AZTECA GAS, S.A. DE C.V.	GAS L.P.		FRACCIÓN RESTANTE DEL LOTE 11 DE LA SECCIÓN B, COL. VICTORIA, 54700 CUAUTITLAN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	54700	1 EN CUAUTITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
15	BECTON DICKINSON DE MEXICO, S.A. DE C.V.	GAS NATURAL		KM 37.5 DE LA AUTOPISTA MÉXICO QUERÉTARO, ZONA INDUSTRIAL CUAUTITLÁN IZACALLI, EDO. DE MÉXICO, C.P. 54700	54700	1 EN CUAUTITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
16	CORPORACION QUIMICA SOLVEN, S.A. DE C.V.	TOLUENO, XILENO, DIOCTILFTALATO, METANOL, GAS NAFTA, ISOPROPANOL, HEXANO, ACETONA, PERCLOROETILENO, ACETATO DE ESTILO		CARPINTEROS NO. 11, FRACC. INDUSTRIAL XHALA, CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO DE MÉXICO		1 EN CUAUTITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
17	DEXTER MEXICANA S.A. DE C.V.	ETIL GLICOL MONOBUTIL ETER, ETILEN GLICOL MONOBUTIL ETER ACETATO, GLICOL		CARRETERA CUAUTITLÁN - TEOLUYUCAN KM, 10.5 PARQUE INDUSTRIAL XHALA, 54714 CUAUTITLÁN IZCALLI EDO. DE MÉXICO	54714	1 EN CUAUTITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
18	DISTRIBUIDORA QUIMICA MEXICANA S.A. DE C.V.	SOLVENTES	58702055 58703116 58702629	GUILLERMO MARCONI 13 A, FRACCIONAMIENTO INDUSTRIAL CUAMATLA 54730 CUTITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	54730	1 EN CUAUTITLAN IZACALLI	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
19	DISTRIBUIDORA QUIMICA MEXICANA, S.A. DE C.V.	ACETONA, ALCOHOL ISOPROPILICO, ACETATO DE ETILO, CLORURO DE METILIO, GAS NOFTA, MATANOL, SOSA LIQUIDA		GUILLERMO MARCONI NO. 13 FRACC. INDUSTRIAL CUAMATLA, CUAUTITLÁN IZCALLI EDO. DE MÉXICO, C.P. 54730	54730	1 EN CUAUTITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
20	ECOLAB, S.A. DE C.V.	PERÓXIDO DE HIDROGENO, ÁCIDO NITRICO Y ALCOHOL ISOPROPILICO		AV. INDUSTRIAL NO. 28 PARQUE INDUSTRIAL CUAMATLA, C.P. 54730, CUAUTITLÁN IZACALLI EDO DE MÉXICO	54730	1 EN TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
21	EMBOTELLADORA DE REFRESCOS MEXICANOS, S.A. DE C.V.	AMONIACO		AV. TECNOLOGÍA NO. 1 CUAUTITLÁN IZCALLI		1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
22	FORD MOTOR COMPANY, S.A. DE C.V.	CLORO, AMONIACO, METIL ISOCIANATO Y BIÓXIDO DE NITRÓGENO		KM 36.5 CARRETERA MÉXICO - QUERÉTARO, CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO, C.P. 56730	56730	1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
23	GARZA GAS, S.A. DE C.V.	GAS L.P.		AV ANDRÉ MARÍN AMPERE NO. 8 PARQUE INDUSTRIAL, CUAMATLA, CUAUTITLÁN IZCALLI EDO. DE MÉXICO		1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
24	INTERQUIM, S.A. DE C.V.	ACETONA, AMONIACO, ACIDO FÓRMICO, ACETATO DE ZINC.		MAURICIO S/N COL. SANTIAGO TEPALCAPA CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO.		1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
25	INTERQUIM, S.A. DE C.V.	AMONIACO		CALLE MAURICIO S/N, SANTIAGO TEPALCAPA, CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO		1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
26	JUGO DE FRUTAS MUNDET, S.A. DE C.V.	AMONIACO		KM. 37.8 AUTOPISTA MÉXICO - QUERÉTARO CUAUTITLÁN IZCALLI		1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
27	KOBLENZ ELECTRICA, S.A. DE C.V.	CIANURO DE SODIO		AV. CIENCIA NO. 28 CUAUTITLÁN IZCALLI.		1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
28	KROMOS, S.A. DE C.V.	ALCOHOL ETILICO, ACETATO DE ETILIO, GAS L.P.		AV. DEL CANAL S/N, GRANJAS MOLINO DE SAN DIEGO, CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO		1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
29	LA INDEPENDIENTE, S.A. DE C.V.	FÓSFORO ROJO, AZUFRE, BICROMATO DE POTASIO, BIÓXIDO DE MAGNESIO, OXIDO DE ZINC, CAL QUÍMICA, GAS L.P. Y DIESEL		CALZ.LA VENTA NO. 30 FRACC. COMPLEJO INDUSTRIAL CUAMATLA, CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO, C.P. 54730	54730	1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
30	MICROQUIMICA DEL CENTRO. S.A. DE C.V.	AMONIACO		ANTOINE LAVOISER NO. 34 COL. PARQUE INDUSTRIAL CUAMATLA		1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
31	NACIONAL DE RESINAS, S.A. DE C.V.	POLIESTIRENO ALTO IMPACTO		CALZADA UNIÓN NO. 10 CUAUTITLÁN IZCALLI.		1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
32	POLIMEROS ESPECIALES, S.A. DE C.V.	RESINAS ACRILICAS, RESINAS VINILICAS, RESINAS ESTIRENADAS, ADHESIVOS SENSITIVOS A LA PRESIÓN, ESPECIALIDADES	2181760 58726952 58726829	3A. DE CEDROS 315, JURICA CAMPESTRE 76100, QUERETARO, QRO. CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO DE MÉX.	76100	1 EN CUATITLÁN, ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
33	POLIURETANOS SW, S.A. DE C.V.	POLIOL, DISOCIANATOS TOLUENO, GAS PROPANO		AV. ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES NO. 43, CUAMATLA, ZONA INDUSTRIAL, CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO, C.P. 54730	547730	1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
34	PROPIMEX, S.A. DE C.V.	AMONIACO, GAS L.P., DIESEL		AV. HENRY FORD NO. 2 FRACC. INDUSTRIAL CUAMATLA, CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO		1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
35	PROTEM DE MEXICO, J.V., S.A. DE C.V.	RESIDUOS BIOLÓGICOS INFECCIOSOS Y RESIDUOS PELIGROSOS COMBUSTIBLES		CARPINTEROS S/N FRACC. INDUSTRIAL XHALA; CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO		1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
36	PROTERM DE MEXICO, S.A. DE C.V.	GAS L.P.; DIESEL, DESECHOS BIOLÓGICOS INFECCIOSOS		PARQUE INDUSTRIAL SAN SEBASTIAN XHALA, LOTE 18, MANZANA 11, DISTRITO 1-81-B, MUNICIPIO CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO, C.P. 54714	54714	1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
37	WITCO MÉXICO S.A. DE C.V.	GRUPO: POLIMEROS: SISTEMAS DE POLIURETANO , CATALIZADORES PARA POLIURETANO, PLATIFICANTES EPOXIDADOS, PLASTIFICANTES POLIMERICOS, ESTABILIZADORES PARA PVC, ABSORVEDORES PARA RAYOS UV, ADITIVOS PARA GRASAS	58701654 52720078 58720078 58727116	CALZADA GUADALUPE 410, EL CERRITO 54880 CUAUTITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	54880	1 EN CUATITLÁN, ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
38	BENEFICIADORA INDUSTRIALIZADORA, S.A. DE C.V.	INTERMEDIOS FARMOQUIMICOS	50630900 50630901	GUANAJUATO 22, SANTA CLARA COATITLA C.P. 55500, ECATEPEC, EDO. DE MEX.	55500	1 ECATEPEC EN EL ESTADO DE MEXICO	ECATEPEC	0	0
39	CONGIS MEXICANA, S.A. DE C.V.	MATERIAS PRIMAS DE FUENTES NATURALES PARA LOS MERCADOS DE ALIMENTOS, NUTRICIÓN Y CUIDADOS DE LA SALUD Y EL DE COSMETICOS, DETRGENTES Y LIMPIADORES INDUSTRIALES.	58361200 58361395 58361358	CALZADA DE LA VIGA S/N, FRACC. LOS LAURELES 55090, ECATEPEC, EDO. DE MEXICO	55090	1 EN ECATEPEC ESTADO DE MEXICO	ECATEPEC	0	0
40	DRESEN QUIMICA, S.A. DE C.V.	ADITIVOS PARA LA INDUSTRIA PECUARIA Y ACUICOLA, ANTIOXIDANTES PARA CONSUMO HUMANO.	58877775 55363426 56877768	ARTEMIO DEL VALLE ARIZPE 16-401, DEL VALLE 03100, MEXICO, D.F. ECATEPEC, EDO. MEX.	3100	1 EN ECATEPEC ESTADO DE MEXICO	ECATEPEC	0	0
39	ELECTRO QUIMICA MEXICANA, S.A DE C.V.	PEROXIDOS DE HIDROGENO, AVICELES, AC-DI-SOL, AQUA-COAT, DIOXIDO DE TIOUREA (TOD), PEROXIDO DE CALCIO, PERSULFATOS DE AMONIO, POTASIO Y SODIO.	55763433 57763933 57754005 57763872	AV. INDUSTRIA 9, INDUSTRIAL CERRO GORDO 55420, ECATEPEC DE MORELOS.	55420	1 EN SANTA CLARA ESTADO DE MEXICO	ECATEPEC	0	0
40	HENKEL CAPITAL, S.A.DE C.V.	LAPIZ ADHESIVO, ADHESIVOS PARA TUBERIAS PVC, ADHESIVOS HOT MELT, SELLADORES DE SILICON Y ACRILICO, ADHESIVOS DE MONTAJE, ADHESIVOS DE PVA, CIANOCRILATOS, EPOXICOS.		CALZADA DE LA VIGA S/N FRACC. LOS LAURELES 55090, ECATEPEC, EDO DE MEX.	55090	1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MEXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
41	MALLINCKRODT BAKER, S.A. DE C.V.	LINEA DE PRODUCTOS PARA LABORATORIO, REACTIVOS ANALITICOS, PRODUCTOS PARA CROMATOGRAFIA, PRODUCTOS PARA BIOTECNOLOGIA Y MATERIAS PRIMAS PARA LA INDUSTRIA EN GENERAL.	57912347	ESFUERZO NACIONAL XALOSTOC 55320, ECATEPEC, EDO. MEX.	55320	1 EN XALOSTOC ESTADO DE MEXICO	ECATEPEC	0	0
42	POLI RESINAS HÜTTENES-ALBERTUS, S.A. DE C.V.	RESINAS FENOLICAS, RESINAS UREA-FORMALDEHIDO, RESINAS FURANICAS, RESINAS FENOLICAS MODIFICADAS.	55694111 55684111 55691850 55691850	COBRE 27, FRACC. ESFUERZO NACIONAL 55320, XALOSTOC, EDO. MEX.	55320	1 EN XALOSTOC ESTADO DE MEXICO	ECATEPEC	0	0
43	PYCOMSA, S.A. DE C.V.	PEROXIDOS ORGANICOS, ADITIVOS PARA PINTURAS Y TINTAS, SECANTES METALICOS Y PIGMENTOS DISPERSADOS.	55697433 57551251 57902141	FRANCISCO VILLA S/N, SAN FRANCISCO XALOSTOC 55540, ECATEPEC DE MORELOS, EDO. DE MEX.	555540	1 EN ECATEPEC ESTADO DE MEXICO	ECATEPEC	0	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
44	SCHEECTADY MÉXICO, S.A. DE C.V.	RESINAS FENOLICAS, RESINAS SINTÉTICAS, ESMALTE Y BARNICES ELECTROAILANTES, PINTURAS INDUSTRIALES, ALQUIFENOLES, ANTIOXIDANTES, POLVO DE MOLDEO FENOLICO	57145282 57140173	CARLOS B ZETINA 12, FRACCIONAMIENTO INDUSTRIAL XALOSTOC 55340, ECATEPEC ESTADO DE MÉXICO.	55340	1 EN XALOSTOC ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	0	0
45	SHELL MÉXICO, S.A. DE C.V.	ACIETES LUBRICANTES AUTOMOTRICES, ACEITES LUBRICANTES INDUSTRIALES, ACEITES MARINOS, GRASAS AUTOMOTRICES, GRASAS INDUSTRIALES	50895700	AV. DE LAS PALAMAS 425, PISO 3, LOMAS DE CHAPULTEPEC 11000, MÉXICO DF	11000	1 EN XALOSTOC ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	0	0
46	SILICATOS ESPECIALES S.A. DE C.V.	SILICATO DE SODIO, METASILICATO DE SODIO PENTAHIDRATADO	52276800 53902523 52276830 52276859	AV. CENTRAL 131, FRACCIONAMIENTO EFUERZO NACIONAL, 55320, XALOSTOC ESTADO DE MÉXICO	0	1 EN XALOSTOC ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	0	0
47	COMERCIAL ROSFRANS, S.A. DE C.V.	ACEITE PARA MOTORES A: GASOLINA, DIESEL, TRANSMICIÓN MANUAL, ATF, DIFERENCIAL, TRACTORES, ACEITES INDUSTRIALES TODO TIPO Y ADITIVOS, LIQUIDOS DE FRENSOS, ANTICONGELANTES, ARRANCADOR.	57475719 57475748 57224600 57475700	OTON MENDIZABAL OTE 484, NUEVA INDUSTRIAL VALLEJO 07700 MÉXICO D.F.	7700	1 EN VALLEJO DISTRITO FEDERAL	GUSTAVO A. MADERO	0	0
48	EXXONMOBIL MEXICO, S.A. DE C.V.	ACEITES LUBRICANTES INDUSTRIALES, ACEITES LUBRICANTES AUTOMOTRICES, ACEITES DE AVIACIÓN, ACEITES MARINOS, ESPECIALIDADES Y ACEITES DE PROCESO, GRASAS AUTOMOTRICES E INDUSTRIALES.	53540500 53540509	PONIENTE 146 # 760 COL. INDUSTRIAL VALLEJO 02300, MÉXICO, D.F.	2300	1 EN VALLEJO GUSTAVO A. MADERO DISTRITO FEDERAL	GUSTAVO A. MADERO	0	0
49	FERRO MEXICANA, S.A. DE C.V.	ESPECIALIDADES PARA LA INDUSTRIA CERAMICA, VIDRIO Y PORCELANIZADO, ADITIVIS QUIMICOS PARA LAS INDUSTRIAS DEL PLASTICO, PINTURAS Y TINTAS: ESTABILIZADORES TERMICOS PARA PVC, PLASTIFICANTES, ABSORVEDORES DE LUZ ULTRAVIOLETA, LUBRICANTES (ESTEARATOS METALICOS), ANTIOXIDANTES, PIGMENTOS EN POLVO Y EN MASTER BATCH	55514059 57606100 57605154 57519024 57608077	ORIENTE 171 NO. 450, ARAGON INGUARAN 07490, MÉXICO, D.F.	7490	1 EN EL DISTRITO FEDERAL	GUSTAVO A. MADERO	0	0
50	GRUPO DERMET	SOLVENTES Y MEZCLAS, RECUBRIMIENTOS, QUIMICOS DE	30035553 30035551	CAMINO A SAN JUAN IXHUATEPEC 1045, ZACATENCO	7360	1 EN EL ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	0	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
		REACCION.		07360 MÉXICO D.F.					
51	HYSOL INDAEL DE MEXICO, S.A DE C.V.	RESINAS EPOXICAS PARA ENCAPSULADOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS, ADHESIVOS EPOXICOS, RECUBRIMIENTOS DE POLIURETANO Y EPOXICOS, RESINAS DE POLIURETANO, PLASTISOLES Y ORGANOSILES, DESMOLDANTES DE CERA Y SILICON.	55870800 53686099 55870843	PONIENTE 140 NO. 707, INDUSTRIAL VALLEJO 02300, MÉXICO, D.F.	2300	1 EN MÉXICO DISTRITO FEDERAL	0	0	GUSTAVO A. MADERO
52	INDUSTRIAL QUIMICA DEL CENTRO, S.A.	ESTERES DEL ACIDO GRASO, ESTERES AROMATICOS, LANOLINAS Y SUS ALCOHOLES, ACIDO P-HIDROXIBENZOICO Y SUS SALES, AMIDAS Y COCO BETAINAS, GLICOLES, AMINAS.	56574144 56549771 56578411	CENTENO 546, GRANJAS MÉXICO 08400, MÉXICO, D.F.	8400	1 EN SAN COSME MÉXICO DISTRITO FEDERAL Y 1 EN XALOSTOC ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	0	VENUSTIANO CARRANZA
53	SILER INDUSTRIAL POLIQUIMICA S.A. DE C.V.	PEGAMENTO PARA TUBERÍA DE PVC HIDRAÚLICA, LUBRICANTES Y LIMPIADORES PARA PVC, PEGAMENTO DE ACETATO POLIVINILO, SELLADORES PARA ROSCA, PEGAMENTO PARA TUBERIA SANITARIA, PEGAMENTO DE CONTACTO, PASTA PARA SOLADAR	01722 2261100 2261101	SUR 6 NO. 48, AGRICOLA ORIENTAL 08500, MÉXICO DF	8500	1 EN LOS REYES ACOZAC, ESTADO DE MÉXICO		0	0
54	BAYER DE MEXICO, S.A. DE C.V.	POLIURETANOS, RECUBRIMIENTOS, CAUCHO Y PLÁSTICOS, PRODUCTOS QUÍMICOS Y PRODUCTOS ESPECIALES, PRODUCTOS AGROPECUARIOS, PRODUCTOS PARA LA SANIDAD ANIMAL, PRODUCTOS DE CONSUMO DOMÉSTICO Y PARA LA SALUD	57283000 58283111	BLVD. MIGUEL DE CERVANTES SAAVEDRA 259, AMPLIACIÓN GRANADA C.P. 11520, MÉXICO, D.F.	11520	1 EN EL DISTRITO FEDERAL 2 EN EL ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	CUATITLAN IZCALLI	MIGUEL HIDALGO
55	DUPONT S.A. DE C.V.	PINTURAS, GASE REFRIGERANTES Y FLOUROQUIMICOS, POLIMEROS DE INGENIERÍA, PIGMENTO BLANCO, LUBRICANTES, ADITIVOS PARA COMBUSTIBLES, EXPLOSIVOS COMERCIALES	57221210 57221370	HOMERO 206, CHAPULTEPEC MORALES 11570 MÉXICO D.F.	11570	1 EN TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0
56	FRIALSA FRIGORIFICOS, S.A. DE	AMONIACO ANHÍDRIDO		INGENIEROS MILITARES 105 PISO 3, LOMAS DE SOTELO 11200,	11200	1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
	C.V.			MÉX. D.F.		DE MÉXICO			
57	PROCTER & GAMBLE DE MEXICO, S. DE R.L. DE C.V.	DETERGENTES, SUAVIZANTES, SHAMPOOS, PAÑALES, TOALLAS SANITARIAS, PAPEL TISSUE, PRODUCTOS FARMACEUTICOS, JABONES, LIMPIADORES LIQUIDOS, DENTRIFICOS.	57242284 57242254 57242075	LOMA FLORIDA NO. 32 COL. LOMAS VISTA HERMOSA 05100 MÉXICO DF.	5100	3 EN MÉXICO DISTRITO FEDERAL Y 1 EN EL ESTADO DE MÉXICO	NAUCALPAN	ATZCAPOTZA LCO	CUAJIMALPA
58	PROD. CHEVRON TEXACO MEXICO, S.A. DE C.V.	ACEITES LUBRICANTES AUTOMOTRICES, ACEITES LUBRICANTES INDUSTRIALES GRASAS LUBRICANTES, ANTICONGELANTE/ENFRIADOR, LIQUIDO PARA FRENOS.	55209400 52022957 57474900	BLVD. MANUEL AVILA CAMACHO 36, PISO 2, EDIF. ESMERALDA 2, LOMAS DE CHAPULTEPEC 11000, MÉXICO, D.F.	11000	1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
59	BOSTIK FINDLEY S.A. DE C.V.	ADHESIVOS DE CONTACTO, SELLADORES, ADHESIVOS TEMOFUSIBLE, GRASA ANTIFERRANTES, LUBRICANTES, ADHESIVOS ELASTOMERICOS, BASE SOLVENTE Y BASE AGUA.	55767644 53582215 55764055	EFUERZO NACIONAL NO. 2; FRACCIONAMIENTO INDUSTRIAL ALCE BLANCO 53370, NAUCALAPAN ESTADO DE MÉXICO.	53370	1 EN NAUCALPAN ESTADO DE MÉXICO	NAUCALPAN	0	0
60	CLARIANT (MEXICO), S.A. DE C.V.	COLORANTES TEXTILES, PAPEL Y CUERO, PIGMENTOS Y ADITIVOS SURFACTANTES Y QUIMICOS FINOS, CELULOSICOS Y POLIMERIZADOS MASTERBATCHES	53291800 53873200	BOULEVARD TOLUCA NO. 46 COL. EL CONDE NAUCALPAN DE JUAREZ ESTADO DE MÉXICO C.P. 53500	53500	2 ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	NAUCALPAN	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
61	COMERCIAL IMPORTADORA	ACEITES DE CORTE Y DE ROLADO LUBRICANTES AUTOMOTRICES, ACEITES HIDRAULICOS, ACEITES PARA TEMPLADO, ACEITES MARINOS, ACEITES INDUSTRIALES Y ACEITES EMULSIONABLES	52577222 52 577202	GUILLERMO GONZALEZ CAMARENA 400, CENTRO DE CD. SANTA FE 01210, MÉXICO, D.F. NAUCALPAN EDO. MÉX.	1210	1 EN NAUCALPAN ESTADO DE MÉXICO	NAUCALPAN	0	0
62	CRYOINFRA, S.A. DE C.V.	PRODUCTOS DE GASES INDUSTRIALES: OXIGENO, NITROGENO, HIDROGENO, ARGON, BIOXIDO DE CARBONO, MEZCLAS DE GASES ESPECIALES	53293300 53293391 53293385 53293375	FELIX GUZMAN 16, EL PARQUE 53390, NAUCALPAN, EDO DE MÉX.Y TOLUCAEDO. MÉX.	53390	1 EN NAUCALPAN Y 1 EN TOLUCA ESTADO DE MÉXICO	NAUCALPAN	0	0
63	QUIMOBASICOS, S.A. DE C.V.	GASES REFRIGERANTES GENETRON, GASES PROPELENTES, GASES ESPUMANTES, ACIDO MURIATICO, SOLVENTES GENESOLV, ANHIDRITA III (SULFATO DE CLCIO)	55767167 53592121 55767344 55767578 53586429	CALZADA DE LA NARANJA 146, FRACC. ALCE BLANCO 53370, NAUCALPAN EDO. DE MÉX.	53370	1 EN NAUCALPAN ESTADO DE MÉXICO	NAUCALPAN	0	0
64	SOVERING SPECIALITY CHEMICAL S.A. DE C.V.	PEGAMENTOS PARA PLASTICOS, PEGAMENTOS DE CONTACTO BASE AGUA, PEGAMENTOS DE CONTACTO POLIVINILO, SELLADORES, IMPERMIEBILIZANTES, PEGAMENTOS SENSITIVOS A LA PRESIÓN	53000222 53001173 53001339	GLADIOLA NO. 1 LOMA LINDA 53618, NAUCALPAN DE JUAREZ ESTADO DE MÉXICO	53618	1 EN NAUCALPAN ESTADO DE MÉXICO	NAUCALPAN	0	0
65	MEXICA DE LUBRICANTES, S.A. DE	ACEITES LUBRICANTES AUTOMOTRICES, ACEITES	0133	POTRERILLOS 12, ESPERANZA 57819, NEZAHUALCOYOTL, EDO.	57819	1 EN TULTITLÁN ESTADO DE	TULTITLAN	0	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
	C.V.	LUBRICANTES INDUSTRIALES, GRASAS LUBRICANTES AUTOMOTRICES, GRASAS LUBRICANTES INDUSTRIALES.	31340501	DE MÉX.		MÉXICO			
66	MEXICANA DE RESINAS S.A DE C.V.	RESINAS POLIESTER, RESINAS NADICAS, RESINAS DICICLOPENTADIENICAS, RESINAS TEREFTALICAS, RESINAS ISOFTALICAS, RESINAS ORTOFTALICAS, RESINAS VINIL ESTER.	57167000	POTRERILLOS 12, ESPERANZA 57819, NETZAHUALCOYOTL, EDO. DE MÉX.	57819	1 EN NEZAHUALCOYOT L ESTADO DE MÉXICO	NEZAHUALCOYOTL	0	0
67	AKZO NOBEL CHEMICALS, S.A DE C.V.	PEROXIDOS ORGÁNICOS, PERCARBONATOS, AZO INICIADORES, JABONES METÁLICOS, CLORUROS DE ÁCIDO, ÁCIDO FOSFÓROSO, RETARDANTES DE FLAMA	58580700 58580703 58580704	AV. MORELOS 49, TECAMACHALCO, C.P. 56500, LOS REYES LA PAZ, EDO. DE MÉXICO	56500	1 EN LOS REYES LA PAZ, ESTADO DE MÉXICO	PAZ LA	0	0
68	CLARIMEX, S.A. DE C.V.	CARBON ACTIVADO, CARBON ACTIVADO VEGETAL, CARBÓN ACTIVADO MENERAL	53908711 55653429 53908697 53908916	CALLE 2 NO. 18, SAN LORENZO 540304, TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	540304	1 DE DISTRIBUCIÓN EN TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO, PLANTA EN ATITALAQUIA HIDALGO	TLALNEPANTLA	0	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
69	COLORO DE TEHUANTEPEC, S.A. DE C.V.	COLORO LIQUIDO, SOSA CAUSTICA, HIPOCLORITO DE SODIO, CLORURO DE SODIO	53664000 53611154 53669906 53620582	RIO SAN JAVIER 10, FRACC. VIVEROS DEL RIO 54060, TLALNEPANTLA, EDO DE MÉX.	54060	1 DE DISTRIBUCIÓN EN ESTADO DE MÉXICO, PLANTA EN VERACRUZ	TLALNEPANTLA	0	0
70	DOW QUIMICA MEXICANA, S.A. DE C.V.	POLIETILENOS, SOLVENTES CLORADOS, ETILENAMINAS, RESINAS EPOXICAS, POLIURETANOS, ESTIRENOS.	52014700 52014723 52014752	PASEO DE LAS PALMAS 405 MZ, TORRE OPTIMA, LOMAS DE CHAPULTEPEC 11000, MÉXICO, D.F., TLANEPANTLA MEX, TLAXCALA, TLAX.	11000	1 EN TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0
71	EGON MEYER, S.A. DE C.V.	FTALATOS Y TRIMELITATOS PARA LA IND. CAB. ELECTRICOS, FTALATOS PARA LA INDUSTRIA DE VENOCLISIS, PLASTIFICANTES DE LA INDUSTRIA DEL PLASTICOS, FTALATOS PARA LA IND. ALIMENTICIA Y DE PERFUMERIA, ANTIOXIDANTES PARA LA IND. ALIMENTICIA Y COSMETICO, SOLVENTES PARA LA INDUSTRIAS EN GENERAL, MONOMEROS, THINERS Y MEZCLAS.	53105766 53104649 53101149	AV. HENRY FORD 38, FRACC. INDUSTRIAL SAN JAVIER 54030, TLANEPANTLA, EDO. DE MÉX.	54030	1 EN TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0
72	ESPECIALIDADES IND. Y QUIM., S.A. DE C.V.	COMPUESTOS RIGIDOS Y FLEXIBLES DE PVC, COMPUESTOS TECNICOS DE POLIPROPILENO, COMPUESTOS TERMOPLASTICOS OLEFINICOS (TPO'S) COMPUESTOS TERMOPLASTICOS	55653500 55655158 55650782	ANTONIO M. RIVERA 21, FRACC. INDUSTRIAL SAN NICOLAS 54030, TLANEPANTLA, EDO. DE MÉX.	54030	1 EN TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
		ESTIRENICOS (TPR'S),CONCENTRADOS PARA PIGMENTAR PVC,PLASTISOLES, PLASTIFICANTES FTALICOS							
73	GRUPO ADYSA	ALCOHOL, SOLVENTES AROMATICOS, SOLEVENTES ALIFICATICOS, SOLVENTES CLORADOS, CETONAS, ESTERES, GLICOETERES.	57269050 57157331 57155057	AV. SAN JOSÉ 54180, JOSÉ NO. 11-18 SAN JUAN IXHUATEPEC 54180, TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	54180	1 EN TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0
74	KIMEX, S.A. DE C.V.	RESINAS PET, PREFORMAS Y BOTELLAS, FILAMENTO POLIESTER, FILAMENTO NYLON, FIBRA CORTA POLIESTER, TEJIDO CIRCULAR.	53669040 53669046	KM. 26.5 AUTOPISTA MÉXICO-QUERETARO, LOMAS BOULEVARES 54020, TLANEPANTLA, EDO. DE MÉXICO	54020	1 EN CUATITLÁN IZCALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
	PENWALT, S.A. DE C.V.	CLORO LIQUIDO, CLORATO DE POTASIO, HIPOCLORITO DE SODIO, ACIDO CLORHIDRICO, SOSA CAUSTICA, LUBRICANTES PARA ESTIRADO DE ALAMBRE, HIDROGENO.	53664000 53611154 536699096 53620582	RIO SAN JAVIER 10 FRACC. VIVEROS DEL RIO 54060, TLANEPANTLA, EDO. MEX.	54060	1 EN SANTA CLARA Y 1 EN TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA		0
75	PETROQUIMICA PENNWALT	PEROXIDOS ORGANICOS, CLORUROS ACIDOS Y ACIDO FOSFOROSO.	53664162 53628336	RÍO SAM JAVIER 10, FRACCIONAMIENTO VIVEROS DEL RÍO 54060, TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	54060	2 SANTA CLARA ESTADO DE MÉXICO	ECATEPEC	ECATEPEC	0
76	PÉTROQUIMICA PENNWALT, S.A. DE C.V.	PEROXIDOS ORGANICOS, CLORUROS ACIDOS Y ACIDO FOSFOROSO.		RIO SAN JAVIER 10, FRACC. VIVEROS DEL RIO 54060, TLALNEPANTLA, EDO DE MÉX.	54060	1 TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
77	POLIMERPOS DE MÉXICO S.A. DE C.V.	RESINAS DE PVC MASA, SUSPENSIÓN Y EMULSIÓN, COMPUESTOS DE PVC RÍGIDO Y FLEXIBLES, LÁMINA DE POLIESTIRENO.	53664000 53611154 53669902 53664193	RÍO SAM JAVIER 10, FRACCIONAMIENTO VIVEROS DEL RÍO 54060, TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	54060	1 TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0
78	PPG INDUSTRIES DE MEXICO, S.A. DE C.V.	PINTURAS ACRILICAS, RESINAS CATODICAS, RESINAS ACRILICAS FOSFATO Y LIMPIADORES Y PINTURAS DE BASE AGUA.	2719139 2749179 01800 8887747	LIBRAMIENTO A TEQUISQUIAPAN 66, ZONA INDUSTRIAL 76800 SAN JUAN DEL RÍO QUERETARO.	5100	1 TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0
79	PROBST, S.A. DE C.V.	ADHESIVOS PARA CALZADO, ADHESIVOS PARA CONSTRUCCIÓN, ADHESIVOS TERMOFUSIBLES, TINTAS PARA LA SERIGRAFIA Y AUXILIARES PARA ESTAMPADO TEXTIL.	53947866 53824306 53947698	CALZADA DE LAS ARMAS 120, FRACC. INDUSTRIAL LAS ARMAS 54080, TLANEPANTLA, EDO. DE MÉX.	54080	1 TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0
80	QUIMICA ESTEROIDAL, S.A. DE C.V.	HORMONAS Y ESTEROIDES SINTETICOS	57467000	NARCISO MENDOZA, SAN JUAN IXHUATEPEC 54180, TLANEPANTLA, EDO. MÉX.	54180	1 TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0
81	QUIMICA MONSAYER, S.A. DE C.V.	RESINAS POLIESTER, RESINAS ALQUIDALICAS, RESINAS UREICAS, ISOCIANATOS MODIFICADOS, PREPOLIMEROS DE ISOCIANATOS.	55659333	FRANCISCO VILLAZ 2, CENTRO 54000, TLANEPANTLA, EDO. DE MÉX.	54000	1 TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0
82	SILICATOS Y DERIVADOS S.A. DE C.V.	SILICATOS DE SODIO, SILICATOS DE POTASIO, METASILICATOS DE SODIO, SULFATO DE ALUMINIO, ZEOLITAS	52276800 52276830 52276820	RIO LERMA 55 INDUSTRIAL SAN NICOLÁS 54030, TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO	54030	1 TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	TLALNEPANTLA	0	0

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
83	HOLLAND CHEMICAL MEXICANA, S.A. DE C.V.	SOLVENTES, TENSOACTIVOS,SURFACTANTES, PETROPOLEO, GAS, PINTURAS, LACAS Y TINTAS, ADHESIVOS Y RESINAS	58880344 58881142	BLVD. TULTITLÁN ORIENTE 35, BARRIO SANTIAGUITO, 54900, TULTITLÁN ESTADO DE MÉXICO	54900	1 EN TULTITLAN ESTADO DE MÉXICO	TULTITLAN	0	0
84	QUIMIR, S.A. DE C.V.	FOSFATO INDUSTRIALES Y ALIMENTICIOS: TRIPOLIFOSFATO DE SODIO, PIROFOSFATO TETRASODICO, FOSFATO MONOSODICO, HEXAMETAFOFATO DE SODIO, ACIDO FOSFORICO INDUSTRIAL Y PURIFICADO, CARBON ACTIVADO.	55991100 55991196	AV. VIA JOSÉ LOPEZ PORTILLO 39, LECHERIA 54940, TULTITLAN, EDO. DE MÉX.	54940	1 EN TULTITLÁN Y 1 EN LECHERÍA EN CUATITLAN IZACALLI ESTADO DE MÉXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0	0
85	RESINAS Y MATERIALES, S.A. DE C.V.	PLATIFICADOS POLIMERICOS, PLASTIFICADOS MONOMERICOS, ACEITE DE SOYA EPOXIDADO, PLASTIFICANTES SECUNDARIOS, PLATIFICANTES ESPECIALIZADOS, POLIOLESPARA POLIURETANOS, POLIOLES POLIESTER.	52860211 55536351 52860310 52865310	SAN LUCAS TEPETLALCALCO 54050, TLANEPANTLA, EDO. MÉX.	54050	1 EN TULTITLÁN ESTADO DE MÉXICO	TULTITLAN	0	0
86	DEGUSSA MEXICO, S.A. DE C.V.	AMALGAMAS DE PLATA, ALEACIONES DENTALES, DERIVADOS DEL ACIDO CIANHIDRICO, DERIVADOS DEL METANOL, OXIGENOS ACTIVOS, SILICAS PRECIPITADAS Y PIROGENICAS Y NEGROS DE HUMO	54831000 56731016	CALZADA MÉXICO XOCHIMILCO 5149, ARENAL 14610, MÉXICO, D.F.	14610	1 EN EL ESTADO DE MÉXICO Y 1 DISTRITO FEDERAL	LERMA	0	XOCHIMILCO

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	Tel-fax	DOMICILIO	CP	No. De PLANTAS	Loc_plantas 1	Loc_plantas 2	Loc_3DF
87	DE MATEO Y CIA, S.A. DE C.V.	OXIDOS DE HIERRO AMARILLOS GRADO PIGMENTO, OXIDOS DE HIERRO ROJOS GRADO PIGMENTO, OXIDOS DE HIERRO CAFES GRADO PIGMENTO Y OXIDOS DE HIERRO NEGROS GRADO PIGMENTO	55396814 56742266 55395608 53742233	EJE CENTRAL LAZARO CADENAS 908, DEL PERIODISTA 03620, MÉXICO, D.F. ZUMPANGO, EDO. MÉX.	3620	1 EN ZUMPANGO ESTADO DE MÉXICO	ZUMPANGO	0	0

Distribuidores Químicos Localizados en la ZMVM

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	DOMICILIO	CP	Tel-fax	Delegación o Municipio
1	ATLANTA QUIMICA S.A. DE C.V.	SOLVENTES INORGÁNICOS, ESTIRENO, PLASTICOS, PRODUCTOS QUIMICOS ALIMENTICIOS, PLASTIFICANTES	LLANURA 155, INSURGENTES CUICULCO 04530, MÉXICO D.F.	4530	56523396 55681410 56525910	ALVARO OBREGON
2	ATO FINDELEY	ADHESIVOS DE HOT MELT, ADHESIVOS SENSITIVOS A LA PRESIÓN, ADHESIVOS INDUSTRIALES EN GENERAL	INSURGENTES SUR 1677-902, GUADALUPE INN 01020 MÉXICO DISTRITO FEDERAL	1020	56626005 56627130	ALVARO OBREGON
3	GRUPO RHODIA	ACIDOS FONOSFORICO, PILFOSFATOS, FOSFATO DE AMONIO, FERTILIZANTES SOLUBLES, FERTILIZANTES GRANULARES, DERIVADOS DEL FÓSFORO, QUIMICOS ORGANOFOSFORADOS, BIOSIDAS, TENSOACTIVOS, INHIBIDORES DE CORROSIÓN, RETARDANTES DE FUEGO PARA TEXTILES, POLIURETANO, ADITIVOS PARA PLASTICOS Y PARA LUBRICANTES, QUIMICOS PARA EL TRATAMIENTO DE SUPERFICIES.	AVENIDA INSURGENTES SUR 1971, EDIFICIO III, P6 GUADALUPE INN 01020 MÉXICO D.F.	1020	53224800	ALVARO OBREGON
4	QUIMART S.A. DE C.V.	RESINAS EPOXICAS, POLVOS DE ALUMINIO Y BRONCE, BIOCIDAS, DISPERSIONES ACUOSAS DE POLIURETANO-CROMOGENIA, RESINAS Y BARNICES UV-CROMOGENIA.	INSURGENTES SUR 800, DEL VALLE 03100, MÉXICO DISTRITO FEDERAL	3100	54484977 54484910	BENITO JUAREZ
5	BP MÉXICO	POLIPROPILENO, POLIETILENO, PLASTICOS DE INGENIERIA, QUIMICOS INDUSTRIALES, FIBRAS Y TELEAS SINTÉTICAS	AV. REVOLUCIÓN 775, NONALCO MIXCOAC 03700; MÉXICO D.F.	3700	56153006 AL 10	BENITO JUAREZ
6	MITSUBSHI DE MÉXICO S.A DE C.V.	PLASTICOS, QUIMICOS ORGANICOS E INORGNICOS, MERCANCIAS GENERALES, PETROQUIMICOS, ESTABILIZADORES PARA PLASTICOS, REPELENTES PARA LA INDUSTRIA TEXTIL, ENZIMAS PARA LA INDUSTRIA LACTEA.	PASEO DE LA REFORMA 287, CUAUHTEMOC 06500 MÉXICO D.F.	65500	53281900 53281949 53281944 53281922 53281946	CUAHEMOC
7	OXYMEX S.A. DE C.V.	SOLVENTES	HIERRO 14 ESFUERZO NACIONAL 55320 ECTEPEC ESTADO DE MÉXICO	55320	57900122 57886666	ECATEPEC
8	DISTRIBUIDORA INTERNACIONAL S.A. DE C.V.	LUBRICANTES PARA MOTORES A DIESEL, GASOLINA, HIUDRAULICOS, TURBINAS, REFRIGERANTES, DESMOLDANTES TEXTILES, METALMECÁNICA, DIELÉCTRICA	AVENIDA URANIO 251, NUEVA INDUSTRIAL VALLEJO 07700, MÉXICO D.F.	7700	57545511 55862410 57540444	GUSTAVO MADERO A.
9	PRODUCTOS QUIMICOS MARDUPOL	COLORANTES, PIGMENTOS Y ANILINAS, AUXILIARES TEXTILES, AGROQUIMICOS, PRODUCTOS QUIMICOS INORGANICOS Y ORGANICOS, PRODUCTOS BIOQUIMICOS.	AV. TALISMAN 468, ARAGÓN INGUARAN 07820	7820	51180100 57607558	GUSTAVO MADERO A.

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	DOMICILIO	CP	Tel-fax	Delegación Municipio o
10	QUIMICOS PLASTICOS CENTURION S.A. DE C.V.	PLASTICOS QUIMICOS	AV. FERROCARRIL HIDALGO 523, SANTA COLETA, 07470 MÉXICO D.F.	7470	51180800 51180801	GUSTAVO A. MADERO
11	AIR PRODUCTS AND CHEMICAL DE MÉXICO S.A. DE C.V.	CATALIZADORES, ADITIVOS PARA POLIURTEANOS, ENDURECEDORES Y ADITIVOS PARA EPOXY	PASAJE INTERLOMAS 16, PISO 1 SAN FERNANDO LA HERRADURA 52790 HUIXQUILUCAN ESTADO DE MÉXICO	52790		HUIXQUILUCAN
12	TULIP AROMATICS S.A. DE C.V.	PLASTIFICANTES, ANHIDRIDO FTALICO Y MALEICO	VICENTE GEURRERO NO. 16 PALO SOLO 52778 HUIXQUILUCAN ESTADO DE MÉXICO	52778	52915829 52910208 52917377 52910241	HUIXQUILUCAN
13	CHEMICAL ADDTIVES DE MÉXICO S.A. DE C.V.	ABRILLANTADORES OPTICOS, ABSORVEDORES DE RAYOS UV, ACTIVADORES PARA ESPONJANTES, AGENTES ESPUMANTES, ANTIOXIDANTES FENOLICOS, COESTABILIZADORES PARA PVC, PIGMNETOS PAQUETES DE LUBRICANTES PARA PVC RIGIDOS, RETARDANTES DE FLAMA Y LUBRICANTES PARA PVC Y POLIOFELINAS.	AÑIL 693, GRANJAS 08400, MÉXICO D.F.	8400	56485863 56482903 56485864 56482720	IZTACALCO
14	ACIDOS CARBOXILICOS Y ESP. S.A. DE CV.	ACIDOS CARBOXILICOS, ANHIDRIDO ACETICO	MONTES CARPATOS 950, LOMAS DE CHAPULTETEPEC 11000 MÉXICO D.F.	11000	55407983 55203105 55203124	MIGUEL HIDALGO
15	CHEVRON PHILLIPS CHEMICALS S.A. DE C.V.	PLIETILENOS, POLIPROPILENOS K RESIN, RYTON, AROMÁTICOS, ESPECILIDADES QUÍMICAS, POLIESTIRENOS	BOSQUES DE DURAZNOS 69, TORRE B PH BOSQUES DE LAS LOMAS 011700 MÉXICO D.F.	11700	52516542 52518845	MIGUEL HIDALGO
16	COORPORACIÓN MÉXICANA DE POLIMEROS S.A. DE C.V.	RESINAS EPOXICAS DER, RESINAS CELULOSICAS; AGENTES CURANTES EPOXICOS ANCAMINE, SILICONES RTV, ADITIVOS DE SUPERFICIE, POLIURETANOS AROMATICOS.	PRESA TEPUXTEPEC 32 INT 301-A IRRIGACIÓN 11500 MÉXICO D.F.	11500	55800941 55573097	MIGUEL HIDALGO
17	HUNSTAMAN DE MÉXICO S.A. DE C.V.	SURFACTANTES, CARBONATOS, ETANOLOMINAS, GLICOLES, MORFOLINAS, CATALIZADORES PARA RESINAS EPOXICAS, CATALIZADORES PARA POLIURETANOS, ETILENAMINAS, PROPILAMINAS SUBSTITUIDAS Y ALQUILALCANOLAMINAS.	MONTECITO NO. 38 PISO 21 OFICINA 38 WTC, NAPOLES 03810 MÉXICO D.F.	3810	54882911 54882910 54882913 54882912	MIGUEL HIDALGO
18	MATERIAS QUÍMICAS DE MÉXICO	PRODUCTOS QUIMICOS BÁSICOS, CLOROFORMATOS Y CLORUROS ÁCIDOS, YODO, FORMATO DE SODIO, ISOBUTILENO Y DISOBUTILENO, SULFURO Y SUFHIDRATO DE SODIO, SURFACTANTES, Y FLOCULANTES.	BOSQUES DE DURAZNOS 65-4040, BOSQUES DE LAS LOMAS 011700 MÉXICO D.F.	11700	52510065 52451544 52451520 52451776 52451777	MIGUEL HIDALGO

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	DOMICILIO	CP	Tel-fax	Delegación Municipio
19	MITSUI DE MÉXICO S.A. DE C.V.	PLASTICOS, PRODUCTOS QUIMICOS ORGANICOS E INORGANICOS, RESINAS SINTÉTICAS, FERTILIZANTES, SOLVENTES Y PETROQUIMICOS.	MONTE PELVOUX 220 PB LOMAS DE CHAPULTEPEC 11000	11000	52840500 52840515 52840515 52840696 Y 97	MIGUEL HIDALGO
20	NISSHO IWAI MEXICANA S.A. DE C.V.	FERTILIZANTES, PLÁSTICOS, QUIMICOS INORGANICOS, RESINAS SINTETICAS, INSECTISIDAS, FARMACEUTICOS, QUÍMICOS ORGÁNICOS QUIMICOS.	PASEO DE LAS PALMAS 239 PISO 3, LOMAS DE CHAPULTEPEC 11000, MÉXICO D.F.	11000	52027222 52029875 52208089 52029707	MIGUEL HIDALGO
21	NYNAS MÉXICO S.A. DE C.V.	ACEITES, PRUDUCTOS QUÍMICOS Y PETROLEO	EMERSON 150 PISO 8 POLANCO 11560 MÉXICO D.F.	11560	55453870 52500930	MIGUEL HIDALGO
22	SOLUTIA MÉXICO S.A. DE C.V. S. DE R.L. DE C.V.	RESINAS (MELAMINA FORMALEHIDO, ACRILICA, PVB, ESTIRENO-MELEICO Y ADHESIVOS PVA) FOSFATOS (FIBRAS ACRÍLICAS) Y NAYLON, HULE	BLVD. MANUEL ÁVILA CAMACHO 40 PISO 12, LOMAS DE CHAPULTEPEC 11000, MÉXICO D.F.	11000	52025600 52025232	MIGUEL HIDALGO
23	TRANSMERQUIM S.A. DE C.V.	SOLVENTES, QUIMICOS GENÉRICOS, DILUYENTES, ACEITES, LUBRICANTES	JAIME BALMES 11 LOCAL 103, POLANCO 11510 MÉXICO D.F.	11500	55807060 55807061	MIGUEL HIDALGO
24	ARCH QUIMICA S.A. DE C.V.	ORGANICOS: SOSA CAUSTICA, ACIDO NITRICO, HIDROSULFITO DE SODIO, CLORITO DE SODIO, HIDRATO DE HIDRAZINIA; INORGÁNICOS: POLIEOLES, GLICOETERES, FLUIDOS TERMICOS, BIOCIDAS PARA TODO TIPO DE APLICACIÓN.	AV. LOMAS VERDES 791 PISO 201 JARDINES DE SATÉLITE 53129, NAUCALAPAN DE JUAREZ ESTADO DE MÉXICO	53129	53446486 AL 89	NAUCALPAN
25	CALDONIAN OIL COPRORATION	PRODUCTOS PETROQUIMICOS LUBRICANTES	CIRCUITOS MÉDICOS 51, DEPTO 3003, CIUDAD SATÉLITES 53100 NAUCALPAN ESTADO DE MÉXICO	53100	52501574 52036434	NAUCALPAN
26	QUIMICA DELTA	AUXILIARES PARA LA INDUSTRIA DE PINTURAS Y DE TINTAS, FARMACEUTICOS, ALIMENTOS Y COSMETICOS, TEXTIL Y HULERA, RESINAS Y ADHESIVOS, IMPRESIÓN, LIMPIADORES Y PAPEL, PLASTICOS, INTERMEDIARIOS QUIMICOS.	CARRETERA TEOLOYUCAN 259, BARRIO DE SANTA MARIA CALIACAC 54770, TEOLOYUCAN ESTADO DE MÉXICO.	54770	58999400 58999403 58999407 58999425	TEOLOYUCAN
27	ATOFINA MÉXICO	POLIMEROS DE INGENIERIA, POLIMEROS TÉCNICOS, POLIMEROS FUNCIONALES, DERIVADOS DE FLOURADOS, DERIVADOS DE TOLUENO, PERIXIDOS ORGANICOS, QUIMICA DE ESPECIALIDADES, AGROQUIMICOS, MONOMEROS ACRILICOS Y METACRILICOS, ACRILATOS	RIO SAN JAVIER 10, FRACCIONAMIENTO VIVEROS DEL RÍO 54060, TLALNEPANTLA ESTADO DE MÉXICO	54060	53664000 53620699 53624894	TLALNEPANTLA

No	EMPRESA	MATERIAL MANEJADO	DOMICILIO	CP	Tel-fax	Delegación Municipio
28	UCB QUIMICA DE MEXICO SA DE CV	RESINAS POLIESTER SATURADAS, RESINAS EPOXIACRILDAS, AGROQUIMICOS	ANTONIO M RIVERA 1 ALTOS CENTRO INDUSTRIAL 54030 EN TLALNEPANTLA ESTADO DE MEXICO	54030	55656798 55656665	TLALNEPANTLA
29	OCCIDENTAL CHEMICAL DE MEXICO S.A. DE C.V.	PRODUCTOS QUIMICOS, QUIMICOS ORGANICOS E INORGANICOS, PETROQUIMICOS, RESINAS Y ESPECIALIDADES QUIMICAS.	PERIFERICO SUR 3343, PISO 5 SAN JERÓNIMO LIDICE 10200 MEXICO D.F.	10200	55959542 55959923	TLALPAN
30	RODEQUIM S.A. DE C.V.	SOLVENTES PETROQUIMICOS, PRRODUCTOS QUIMICOS ORGANIICOS E INORGANICOS.	AV. CONTRERAS 246-304, SAN JERÓNIMO LIDICE 10200 MEXICO D.F.	10200	56819965 56819809 56814725	TLALPAN
31	UNIÓN CARBIDE QUIMICA Y PLAST S.A. DE C.V.	LUBRICANTES Y FLUIDOS, PRODUCTOS QUIMICOS BÁSICOS, PRODUCTOS QUIMICOS PARA LA INDUSTRIA DE PINTURAS, POLIETILENO,POLIPROPILENO, SOLVENTES. AMINAS BIOCIDAS, MALLAS MOLECULARES	PERIFERICO SUR 4118, PISO 3 JARDINES DEL PEDREGAL 01900 MEXICO D.F.	1900	54909070 56521419	TLALPAN
32	QUIMICA TREZA S.A. DE C.V.	QUIMICOS BÁSICOS, ESPECILIDADES TEXTILES Y TANQUES INDUSTRIALES.	PRESA HUAPANGO 11, RECURSOS HIUDRÁHULICOS 54900, TULTITLÁN ESTADO DE MEXICO.	54900	58841717, 58849900 58999170	TULTITLAN

Transportistas Reconocidos por la Industria Química Localizados en la ZMV

No.	EMPRESA	DIRECCIÓN MATRIZ	TELÉFONO Y FAX	FAMILIA DE PRODUCTOS Y/O SERVICIOS QUE MANEJA.	INFRAESTRUCTURA	VEHICULOS	UNIDADES DE APOYO	DE PLATAFORMAS	DELEGACIÓN O MUNICIPIO DE LOCALIZACIÓN
1	AUTOTRANSPORTES GRANADOS (JOSÉ JOEL GRANADOS CARVAJAL)	ZAPOTECAS NO. 14 COL. SANTA CLARA, ECATEPEC, EDO. MÉX. C.P. 55540	TEL: 0155 57 55 16 17, 01 55 57 90 28 44 FAX: 01 55 57 90 28 44	SE TRANSPORTAN TODO LO RELACIONADO CON PINTURAS Y SOLVENTES, CORROSIVOS, TOXICOS, PEROXIDOS Y TODO LO RELACIONADO CON LA INDUSTRIA QUIMICA	3 TORTHON, 3 RABON Y 1 CAMIONETA.	7	0	0	ECATEPEC
2	MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS, S.A.DE C.V	AUGUSTO RODIN NO. 20, COL. NÁPOLES, MÉXICO, D.F., C.P. 03810	TEL: 01 55 56 87 02 36, 01 33 31 22 99 86 FAX: 01 55 56 36 85 24, 01 33 10 57 93 72	SE TRANSPORTAN TODO TIPO DE RESIDUOS Y MATERIALES PELIGROSOS, EXCEPTO, EXPLOSIVOS Y RADIOACTIVOS.	2 CAMIONES DE 2 TONELADAS, 1 CAMIONETA 4 TONELADAS, PIPAS DE DIFERENTES CAPACIDADES, TRACTOCAMIONES, TOLVAS, ETC.	3	3	0	
3	TRANSPORTES MARIO ALBERTO (MARIO DURAN PEREZ)	MERCURIO NO. 10 COL. LA CANTERA, TLALNEPANTLA, EDO. MÉX. C.P. 54140	TEL Y FAX: 01 55 53 09 06 32	CATALIZADORES, ESTEARATOS, SALES DE PLOMO, ESTABILIZADORES, REFRIGERANTES.	1 CAMION DE 10 TONELADAS; 1 CAMION DE 8 TONELADAS; 1 CAMIONETA DE 3.5 TONELADAS.	3	0	0	TLALNEPANTLA
4	TRANSPORTES ONIS, S.A. DE C.V.	EMILIO CARDENAS NO. 203, FRACC. INDUSTRIAL TLALNEPANTLA, TLALNEPANTLA DE BAZ, ED. MÉX. C.P. 54030	TEL: Y FAX. D.F. 01 55 55 65 26 56 TEL Y FAX: JAL. 01 33 36 40 23 28	SE TRANSPORTA COMBUSTIBLE, ACEITE DE PETRÓLEO, SULFATO DE ALUMINIO, HIPOCLORITO, ACIDO FOSFORICO, POTASA CAUSTICA, SOSA CAUSTICA, ANHÍDRIDO FTÁLICO, ANHÍDRIDO MALÉICO, CLORURO FÉRRICO, AMINAS, SULFATO DE ALUMINIO, SILICATOS, ACIDO SULFÚRICO, GLICOLES, DOP.	45 TRACTOCAMIONES, 60 TANQUES, 3 CAMIONETAS, 23 PLATAFORMAS, 4 AUTOTANQUES, 6 VOLTEOS.	58	60	23	TLALNEPANTLA
5	EMPRESA CO2 LIQUID, S.A. DE C.V.	AGUASCALIENTES NO. 199-101, COL. HIPODROMO CONDESA, MÉX. D.F., C.P. 06170	TEL: 0155 52 64 70 28, 01 55 52 64 7039 FAX: 01 55 52 64 81 19	BIOXIDO DE CARBONO EN SUS 3 ESTADOS FISICOS.	10 SEMIREMOLQUES DE ACERO AL CARBÓN DE 19,000 KGS., 20 TANQUES DE ALMACENAMIENTO CON CAPACIDAD DESDE 20 HASTA 200 TONELADAS.	10	20	0	

No.	EMPRESA	DIRECCIÓN MATRIZ	TELÉFONO Y FAX	FAMILIA DE PRODUCTOS Y/O SERVICIOS QUE MANEJA.	INFRAESTRUCTURA	VEHICULOS	UNIDADES DE APOYO	DE PLATAFORMAS	DELEGACIÓN O MUNICIPIO DE LOCALIZACIÓN
6	GRUPO TRANSPORTES JOSE LUIS HUERTA S.A. DE C.V.	AV. KENNEDY ESQ. CALLE FUTBOL COL. OLIMPICA JAJALPA, ECATEPEC, EDO. MÉX. C.P. 55090	TEL: 01 55 57 87 78 28, 01 833 260 01 00 Y 01, 01 921 214 39 25 FAX: 01 55 57 87 73 25, 01 833 260 01 01, 01 921 214 39 25	SE TRANSPORTAN LOS SIGUIENTES PRODUCTOS: ASETALDEHÍDO, AMONIACO, METANOL, POLIVINYLO, RESINAS, ANHIDRIDO FTÁLICO Y DIOCTIL FTALATO.	100 TRACTOCAMIONES, 21 CAJAS, 26 ENCORTINADAS, 6 PLATAFORMAS, 41 TOLVAS, 19 TANQUES ATMOSFERICOS, 33 TANQUES A PRESIÓN, 7 TANQUES PARA CORROSIVOS, 1 CAMIONETA PARA EMERGENCIAS EN TRANSPORTACIÓN, 1 CAMIONETA PARA COMPRAS, TAMBIÉN LO APOYAN 2 EMPRESAS.	102	153	6	ECATEPEC
7	TRANSPORTES ESPECIALIZADOS ANTONIO DE LA TORRE E HIJOS, S.A. DE C.V.	VERACRUZ NO. 206, COL. TULPETLAC, ECATEPEC, EDO. DE MÉX., C.P. 55400	TEL: 01 55 57 76 16 33/3831, 01 33 36 88 02 54/26,01 55 58 68 10 58 FAX: 01 55 57 76 18 25, 01 33 36 88 02 59, 01 55 57 79 50 57	TRANSPORTES DE SUBSTANCIAS LIQUIDAS: ALIMENTICIOS: ACEITE COMESTIBLE, FRUCTUOSA, TEQUIL. LACTEOS: HELADOS. CORROSIVOS: ACIDO CLORHIDRICO, SOSA, ACIDO SLFURICO. INFLAMABLES: ALCOHOLES, PINTURAS, BARNICES. MICELÁNEOS: ADITIVOS, AMINAS, CLISERINA, LATEX, SURFACTANTES., CARGA GRANEL: BENTONITA, CARBONATO DE SODIO, CAL, LLANTAS, CERAMICAS, DETERGENTES, LIMPIADORES, PAPEL.	300 TRACTORES, 550 REMOLQUES: TANQUES, PLATAFORMAS, CAJAS	850	0	0	ECATEPEC
8	AUTOTRANSPORTES DELTA, S.A. DE C.V.	KM. 34.5 CARRETERA FEDERAL A LAS PIRAMIDES TEPEXSPAN ACOLMAN, EDO. MÉX, C.P. 55885, SUCURSALES EN MINATITLAN Y MATAMORES.	TEL: 01 594 957 17 12, 01 594 957 16 19, 01 594 957 33 74 FAX: 01 594 957 33 76, 01 594 957 16 30	SE TRANSPORTAN SOLVENTES, GLICOLES, AMINAS, TITANIO, PINTURA, RESIDUOS PELIGROSOS, EMULSIONES, RECINAS, PRODUCTOS QUIMICOS.	70 TRACTOCAMIONES, 110 TANQUES, 100 CAJAS, 10 PIPAS, 5 CAMIONETAS, 3 RABONES, 2 TOLVAS, 1 LOW BOY	78	213	0	ACOLMAN
9	AUTOTRANSPORTES PARADA HERMANOS S.A. DE C.V.	AV. ING. EDUARDO MOLINA NO. 5613 COL. GERTRUDIS SÁNCHEZ, MÉXICO D.F. C.P. 077830	TEL: 01 55 57 51 15 72, 01 55 55 51 04 74, TALLER: 0155 57 55 99 FAX: EXT. 12 FAX: 01 55 57 51 23 61	ACETATO DE BUTILO, ACETATO DE TILO, ACETONA, ACRILONITRILLO, ACOHOL BUTILICO, ACOHOL ETILICO, ACOHOL ISOPROPILICO, ACOHOL METILICO, CCICLO HEXANO, GLISERINA, GLICOLES, EPTANO, HEXANO, TOLUENO, XILENO, METANOL	80 TRACTORES Y 115 TANQUES, EQUIPO DE ACERO INOXIDABLE, 14 AUTOTANQUES, TALLER, ESTACIONAMIENTO, LOCALIZADOR VIA SATELITAL	94	115	0	

No.	EMPRESA	DIRECCIÓN MATRIZ	TELÉFONO Y FAX	FAMILIA DE PRODUCTOS Y/O SERVICIOS QUE MANEJA.	INFRAESTRUCTURA	VEHICULOS	UNIDADES DE APOYO	DE PLATAFORMAS	DELEGACIÓN O MUNICIPIO DE LOCALIZACIÓN
10	GRUPO TRANSPORTES INTER-MEX	AV. INDUSTRIALES NO. 26, ZONA INDUSTRIAL, CUAUTITLAN IZALLI, MÉX. C.P. 54730	TEL: 01 55 58 64 10 00, 01 868 824 05 40, 01 868 824 05 41 FAX: 055 58 64 10 04, 01 868 824 05 40, 01 868 824 05 41	LIQUIDOS INFLAMABLES (DERIVADOS DE PETROLEO, ALCOHOLES, ACRILATOS, ACETATOS, RESINAS, ETC.) SUBSTANCIAS TOXICAS Y ACIDOS CORROSIVOS, LIGEROS O PESADOS, EN AUTOTANQUE; Y SOLIDOS A GRANEL O ENVASADOS EN TOLVAS NEUMATICAS, PLATAFORMAS O CONTENERIZADOS.	56 TRACTOCAMIONES, 70 AUTOTANQUES, NORMAS Y TERMOS, 15 TOLVAS NEUMATICAS, 3 PLATAFORMAS Y 2 PORTACONTENEDORES, 4 UNIDADES PARA RESPUESTA DE EMERGENCIA, 2 TERMINALES DE ENCIERRO, 1 CENTRO DE CAPACITACIÓN, 2 TALLERES UNO DE MANTENIMIENTO Y OTRO DE FRABRICACIÓN Y REPARACIÓN, CENTRO DE LAVADO Y TANQUES DE ALMACENAMIENTO	130	17	3	CUAUTITLAN

1335

581

32

Anexo 9. Ejemplo Aforos Corredores Seleccionados
Corredor 1, Eje Central Lázaro Cárdenas o Av. de los Cien Metros

Arco del corredor (ID)	Nombre	Longitud	Flujo Total Vehicular	Flujo_AB	Flujo_BA	Velocidad Promedio	Time de Viaje AB	Tiempo de Viaje BA	Porcentaje Autos	Porcentaje Autobuses	Porcentaje Vehículos de Carga	Porcentaje Vehículos MPs (Del porcentaje carga)	Suma Porcentajes
111277	Lázaro Cárdenas	0.16	19333.3438	9666.6719	9666.6719	54.72	10.472145	627.7155	68.00	12.00	20.00	2.2222	100.0000
111283	Lázaro Cárdenas	0.14	19333.3438	9666.6719	9666.6719	54.72	8.911489	534.1675	68.00	12.00	20.00	2.2222	100.0000
111289	Lázaro Cárdenas	0.09	3287.7078	1643.8539	1643.8539	54.72	5.882702	5.9321	68.00	12.00	20.00	0.3779	100.0000
111296	Lázaro Cárdenas	0.27	3287.7078	1643.8539	1643.8539	54.72	17.813440	17.9630	68.00	12.00	20.00	0.3779	100.0000
111302	Lázaro Cárdenas	0.24	3296.1450	1648.0725	1648.0725	54.72	15.574714	15.7075	68.00	12.00	20.00	0.3789	100.0000
111308	Lázaro Cárdenas	0.24	6070.5796	3035.2898	3035.2898	54.72	15.595679	18.1521	68.00	12.00	20.00	0.6978	100.0000
111315	Lázaro Cárdenas	0.02	6070.5796	3035.2898	3035.2898	54.72	1.433441	1.6684	68.00	12.00	20.00	0.6978	100.0000
111321	Lázaro Cárdenas	0.14	6070.5796	3035.2898	3035.2898	54.72	9.150100	10.6500	68.00	12.00	20.00	0.6978	100.0000
111328	Lázaro Cárdenas	0.10	6070.5796	3035.2898	3035.2898	54.72	6.441314	7.4972	68.00	12.00	20.00	0.6978	100.0000
111334	Lázaro Cárdenas	0.09	6301.8654	3150.9327	3150.9327	54.72	6.052754	7.2532	68.00	12.00	20.00	0.7244	100.0000
111340	Lázaro Cárdenas	0.09	4091.7644	2045.8822	2045.8822	54.72	6.030759	6.1619	68.00	12.00	20.00	0.4703	100.0000
129074	Lázaro Cárdenas	0.30	2177.0370	1088.5185	2557.9901	54.72	19.488076	19.4914	68.00	12.00	20.00	0.1787	100.0000
129080	Lázaro Cárdenas	0.16	2177.0370	1088.5185	2557.9901	54.72	10.278688	10.2804	68.00	12.00	20.00	0.1787	100.0000
57653	Lázaro Cárdenas	0.17	10814.5798	5407.2899	5407.2899	54.72	10.913148	44.2647	68.00	12.00	20.00	1.2431	100.0000
57659	Lázaro Cárdenas	0.36	10814.6186	5407.3093	5407.3093	54.72	23.774189	96.4316	68.00	12.00	20.00	1.2431	100.0000
57666	Lázaro Cárdenas	0.28	10814.6186	5407.3093	5407.3093	54.72	18.698554	75.8441	68.00	12.00	20.00	1.2431	100.0000
57678	Lázaro Cárdenas	0.17	8986.1560	4493.0780	4493.0780	54.72	11.034065	24.3164	68.00	12.00	20.00	1.0329	100.0000
57691	Lázaro Cárdenas	0.18	8986.1560	4493.0780	4493.0780	54.72	12.065122	26.5885	68.00	12.00	20.00	1.0329	100.0000
57698	Lázaro Cárdenas	0.15	9833.0788	4916.5394	4916.5394	54.72	10.022980	30.0338	68.00	12.00	20.00	1.1302	100.0000
57704	Lázaro Cárdenas	0.16	9833.0788	4916.5394	4916.5394	54.72	10.783533	32.3128	68.00	12.00	20.00	1.1302	100.0000
114161	Lázaro Cárdenas	0.15	4059.6486	2029.8243	2029.8243	54.72	9.975434	10.1837	68.00	12.00	20.00	0.4666	100.0000

Arco del corredor (ID)	Nombre	Longitud	Flujo Total Vehicular	Flujo_AB	Flujo_BA	Velocidad Promedio	Time de Viaje AB	Tiempo de Viaje BA	Porcentaje Autos	Porcentaje Autobuses	Porcentaje Vehículos de Carga	Porcentaje Vehículos MPs (Del porcentaje carga)	Suma Porcentajes
114167	Lázaro Cárdenas	0.07	4691.4020	2345.7010	2345.7010	54.72	4.354214	4.5453	68.00	12.00	20.00	0.5392	100.0000
114174	Lázaro Cárdenas	0.14	4691.4020	2345.7010	2345.7010	54.72	9.534578	9.9531	68.00	12.00	20.00	0.5392	100.0000
114180	Lázaro Cárdenas	0.10	3568.1432	1784.0716	1784.0716	54.72	6.305194	6.3728	68.00	12.00	20.00	0.4101	100.0000
114187	Lázaro Cárdenas	0.09	3435.0730	1717.5365	1717.5365	54.72	5.961173	6.0137	68.00	12.00	20.00	0.3948	100.0000
114193	Lázaro Cárdenas	0.10	3435.0730	1717.5365	1717.5365	54.72	6.823484	6.8836	68.00	12.00	20.00	0.3948	100.0000
114199	Lázaro Cárdenas	0.12	3435.0730	1717.5365	1717.5365	54.72	7.704848	7.7728	68.00	12.00	20.00	0.3948	100.0000
114206	Lázaro Cárdenas	0.13	3148.1302	1574.0651	1574.0651	54.72	8.726195	8.7853	68.00	12.00	20.00	0.3619	100.0000
116866	Lázaro Cárdenas	0.04	1525.3536	762.6768	762.6768	48.28	2.942658	3.3116	68.00	12.00	20.00	0.6598	100.0000
116872	Lázaro Cárdenas	0.31	367.3926	183.6963	183.6963	54.72	20.089520	20.0895	68.00	12.00	20.00	0.0422	100.0000
116878	Lázaro Cárdenas	0.04	2912.7894	1456.3947	1456.3947	72.42	2.025885	3.4517	85.00	8.00	7.00	0.9814	100.0000
116885	Lázaro Cárdenas	0.08	367.3926	183.6963	183.6963	54.72	4.984248	4.9842	68.00	12.00	20.00	0.0422	100.0000
116891	Lázaro Cárdenas	0.04	1850.7128	925.3564	925.3564	54.72	2.403468	2.4045	68.00	12.00	20.00	0.2127	100.0000
116911	Lázaro Cárdenas	0.13	2904.1126	1452.0563	1452.0563	54.72	8.311985	8.3176	68.00	12.00	20.00	0.2384	100.0000
115709	Lázaro Cárdenas	0.04	3148.1302	1574.0651	1574.0651	54.72	2.651693	2.6697	68.00	12.00	20.00	0.3619	100.0000
115716	Lázaro Cárdenas	0.18	2697.9300	1348.9650	1348.9650	72.42	9.058203	9.6566	68.00	12.00	20.00	0.6060	100.0000
115725	Lázaro Cárdenas	0.11	2697.9300	1348.9650	1348.9650	72.42	5.505117	5.8688	68.00	12.00	20.00	0.6060	100.0000
115742	Lázaro Cárdenas	0.62	450.2002	225.1001	225.1001	54.72	40.848506	40.8485	68.00	12.00	20.00	0.0517	100.0000
115753	Lázaro Cárdenas	0.01	3153.4450	1576.7225	1576.7225	54.72	0.669288	0.6828	90.00	7.00	3.00	0.4531	100.0000
115760	Lázaro Cárdenas	0.05	2817.8926	1408.9463	1408.9463	72.42	2.306311	2.4957	68.00	12.00	20.00	0.6329	100.0000
115766	Lázaro Cárdenas	0.03	5252.1816	2626.0908	2626.0908	54.72	2.052957	2.5639	90.00	7.00	3.00	0.7546	100.0000
115772	Lázaro Cárdenas	0.07	4379.0150	2189.5075	2189.5075	54.72	4.802866	5.3012	90.00	7.00	3.00	0.6292	100.0000
129616	Lázaro Cárdenas	0.07	2771.6950	1385.8475	1385.8475	54.72	4.842175	5.0588	68.00	12.00	20.00	0.5310	100.0000
129622	Lázaro Cárdenas	0.37	1928.3114	964.1557	964.1557	54.72	24.617759	24.6203	68.00	12.00	20.00	0.1583	100.0000
129628	Lázaro Cárdenas	0.47	7687.2022	3843.6011	3843.6011	54.72	31.228109	34.4599	68.00	12.00	20.00	0.6311	100.0000

Arco del corredor (ID)	Nombre	Longitud	Flujo Total Vehicular	Flujo_AB	Flujo_BA	Velocidad Promedio	Time de Viaje AB	Tiempo de Viaje BA	Porcentaje Autos	Porcentaje Autobuses	Porcentaje Vehículos de Carga	Porcentaje Vehículos MPs (Del porcentaje carga)	Suma Porcentajes
129635	Lázaro Cárdenas	0.58	2695.2234	1347.6117	1347.6117	54.72	38.045178	39.5235	68.00	12.00	20.00	0.5163	100.0000
129641	Lázaro Cárdenas	0.67	2178.4966	1089.2483	1089.2483	54.72	43.873454	43.8809	68.00	12.00	20.00	0.1789	100.0000
129647	Lázaro Cárdenas	0.16	2695.2234	1347.6117	1347.6117	54.72	10.402484	10.8067	68.00	12.00	20.00	0.5163	100.0000
129654	Lázaro Cárdenas	0.05	2178.4692	1089.2346	1089.2346	54.72	3.150514	3.1511	68.00	12.00	20.00	0.1789	100.0000
129660	Lázaro Cárdenas	0.26	1693.0254	846.5127	846.5127	54.72	17.401660	17.4178	81.00	12.00	7.00	0.2433	100.0000
129674	Lázaro Cárdenas	0.36	7154.6422	3577.3211	4275.1968	54.72	23.839570	25.5756	68.00	12.00	20.00	0.5874	100.0000
129720	Lázaro Cárdenas	0.21			1452.0563	54.72	14.001235		68.00	12.00	20.00	0.5874	100.0000
129732	Lázaro Cárdenas	0.29	2587.9158	1293.9579	1293.9579	54.72	19.326771	23.9337	68.00	12.00	20.00	0.7437	100.0000
129739	Lázaro Cárdenas	0.21	2904.1126	1452.0563	1452.0563	54.72	14.071440	14.7291	68.00	12.00	20.00	0.5563	100.0000
129830	Lázaro Cárdenas	0.16	2809.3428	1404.6714	1404.6714	54.72	10.652526	11.1582	68.00	12.00	20.00	0.5382	100.0000
129840	Lázaro Cárdenas	0.19	2369.1942	1184.5971	1184.5971	54.72	12.376784	12.3797	68.00	12.00	20.00	0.1945	100.0000
129846	Lázaro Cárdenas	0.37	5.1808	2.5904	2.5904	72.42	18.628129	18.6281	68.00	12.00	20.00	0.0017	100.0000
129871	Lázaro Cárdenas	0.03	4401.0062	2200.5031	2200.5031	54.72	1.944755	2.8279	68.00	12.00	20.00	0.8431	100.0000
129894	Lázaro Cárdenas	0.29	5207.1954	2603.5977	2603.5977	54.72	19.392383	40.8971	85.00	8.00	7.00	1.0299	100.0000
129901	Lázaro Cárdenas	0.33	1449.4678	724.7339	724.7339	54.72	21.398315	21.4238	68.00	12.00	20.00	0.2777	100.0000
116240	Lázaro Cárdenas	0.36	450.2002	225.1001	225.1001	54.72	23.607486	23.6075	68.00	12.00	20.00	0.0517	100.0000
116369	Lázaro Cárdenas	0.53	56.7016	28.3508	28.3508	54.72	34.601833	34.6018	68.00	12.00	20.00	0.0065	100.0000
116381	Lázaro Cárdenas	0.22	368.8702	184.4351	184.4351	54.72	14.162693	14.1627	68.00	12.00	20.00	0.0424	100.0000
116394	Lázaro Cárdenas	0.40	367.3926	183.6963	183.6963	54.72	26.072826	26.0728	68.00	12.00	20.00	0.0422	100.0000
116400	Lázaro Cárdenas	0.15	367.3926	183.6963	183.6963	54.72	9.695506	9.6955	68.00	12.00	20.00	0.0422	100.0000
116443	Lázaro Cárdenas	0.03	18.1970	9.0985	9.0985	48.28	2.565367	2.5654	68.00	12.00	20.00	0.0079	100.0000
116449	Lázaro Cárdenas	0.04	8077.9864	4038.9932	4038.9932	88.51	1.790650	1.8958	98.00	7.00	3.00	0.9415	100.0000
110659	Lázaro Cárdenas	0.22	13361.7318	6680.8659	6680.8659	54.72	14.533372	149.3510	68.00	12.00	20.00	1.5358	100.0000
110665	Lázaro Cárdenas	0.12	13361.7318	6680.8659	6680.8659	54.72	7.868246	80.8574	68.00	12.00	20.00	1.5358	100.0000

Arco del corredor (ID)	Nombre	Longitud	Flujo Total Vehicular	Flujo_AB	Flujo_BA	Velocidad Promedio	Time de Viaje AB	Tiempo de Viaje BA	Porcentaje Autos	Porcentaje Autobuses	Porcentaje Vehículos de Carga	Porcentaje Vehículos MPs (Del porcentaje carga)	Suma Porcentajes
110671	Lázaro Cárdenas	0.26	13361.7318	6680.8659	6680.8659	54.72	17.209049	176.8474	68.00	12.00	20.00	1.5358	100.0000
110684	Lázaro Cárdenas	0.11	13361.7318	6680.8659	6680.8659	54.72	7.241016	74.4117	68.00	12.00	20.00	1.5358	100.0000
110697	Lázaro Cárdenas	0.13	3545.5848	1772.7924	1772.7924	54.72	8.770475	9.0991	98.00	7.00	3.00	0.5094	100.0000
110703	Lázaro Cárdenas	0.11	12476.9336	6238.4668	6238.4668	54.72	7.235880	54.8690	68.00	12.00	20.00	1.4341	100.0000
110716	Lázaro Cárdenas	0.28	15454.9568	7727.4784	7727.4784	54.72	18.464370	373.3590	68.00	12.00	20.00	1.7764	100.0000
110831	Lázaro Cárdenas	0.06	16752.7068	8376.3534	8376.3534	54.72	4.063476	120.9935	68.00	12.00	20.00	1.9256	100.0000
110837	Lázaro Cárdenas	0.06	16752.7068	8376.3534	8376.3534	54.72	4.276042	127.3229	68.00	12.00	20.00	1.9256	100.0000
110050	Lázaro Cárdenas	0.15	9833.0788	4916.5394	4916.5394	54.72	9.721065	29.1292	68.00	12.00	20.00	1.1302	100.0000
110056	Lázaro Cárdenas	0.14	12174.9488	6087.4744	6087.4744	54.72	9.354530	63.8256	68.00	12.00	20.00	1.3994	100.0000
110075	Lázaro Cárdenas	0.29	10168.9282	5084.4641	5084.4641	88.51	11.739401	18.5712	90.00	7.00	3.00	1.1852	100.0000
110082	Lázaro Cárdenas	0.04	13655.8584	6827.9292	6827.9292	54.72	2.441110	27.6409	68.00	12.00	20.00	1.5696	100.0000
110095	Lázaro Cárdenas	0.15	557.1142	278.5571	278.5571	72.42	7.365200	7.3665	90.00	7.00	3.00	0.1877	100.0000
110107	Lázaro Cárdenas	0.16	13071.2996	6535.6498	6535.6498	54.72	10.785097	100.4094	68.00	12.00	20.00	1.5024	100.0000
110114	Lázaro Cárdenas	0.18	13071.2996	6535.6498	6535.6498	54.72	11.603039	108.0244	68.00	12.00	20.00	1.5024	100.0000
110126	Lázaro Cárdenas	0.08	13361.7318	6680.8659	6680.8659	54.72	5.194023	53.3760	68.00	12.00	20.00	1.5358	100.0000
110146	Lázaro Cárdenas	0.03	244.6250	122.3125	122.3125	48.28	2.156025	2.1561	90.00	7.00	3.00	0.1058	100.0000
130348	Lázaro Cárdenas	0.05	41.1302	20.5651	20.5651	48.28	3.651632	3.6516	88.00	7.00	5.00	0.0178	100.0000
130354	Lázaro Cárdenas	0.17	1454.6448	727.3224	727.3224	48.28	12.389828	13.6835	68.00	12.00	20.00	0.6292	100.0000
130405	Lázaro Cárdenas	0.31	811.2374	405.6187	405.6187	48.28	23.269954	23.3812	68.00	12.00	20.00	0.3509	100.0000
130432	Lázaro Cárdenas	0.24	35.9494	17.9747	17.9747	48.28	18.121990	18.1220	68.00	12.00	20.00	0.0155	100.0000
130510	Lázaro Cárdenas	0.49	3136.3028	1568.1514	1568.1514	54.72	32.518141	35.0055	68.00	12.00	20.00	0.6008	100.0000
130519	Lázaro Cárdenas	0.35	1450.2498	725.1249	725.1249	54.72	22.991525	22.9919	68.00	12.00	20.00	0.1191	100.0000
130530	Lázaro Cárdenas	0.27	924.1254	462.0627	462.0627	72.42	13.608434	13.6127	68.00	12.00	20.00	0.2076	100.0000
130540	Lázaro Cárdenas	0.09	918.9444	459.4722	459.4722	48.28	6.980511	9.4008	68.00	12.00	20.00	0.7949	100.0000

Corredor 16, Vía José López Portillo- Los Reyes Texcoco

Arco del corredor (ID)	Nombre	Longitud	Flujo Total Vehicular	Flujo_AB	Flujo_BA	Velocidad Promedio	Time de Viaje AB	Tiempo de Viaje BA	Porcentaje Autos	Porcentaje Autobuses	Porcentaje Vehículos de Carga	Porcentaje Vehículos MPs (Del porcentaje carga)	Suma Porcentajes
177447	Los Reyes Texcoco	0.04	1916.5660	1916.5660		54.72	2.358856	2.339578	84.00	9.00	0.1011	7.00	100.0000
177440	Los Reyes Texcoco	0.04	1031.9308	1031.9308		54.72	2.358856	2.358856	84.00	9.00	0.6634	7.00	100.0000
177423	Los Reyes Texcoco	0.40	2747.7434	2747.7434		54.72	26.246570	26.246570	84.00	9.00	0.0189	7.00	100.0000
176496	Los Reyes Texcoco	2.03	1863.1082	1863.1082		54.72	133.852347	133.852347	84.00	9.00	0.1166	7.00	100.0000
176478	Los Reyes Texcoco	1.66	2867.2036	2867.2036		54.72	108.920642	108.920642	84.00	9.00	0.0150	7.00	100.0000
176468	Vía José López Portillo	0.63	1235.3583	1235.3583		54.72	41.550300	41.550300	86.00	5.00	0.4626	9.00	100.0000
176451	Vía José López Portillo	0.63	2272.3276	2272.3276		54.72	41.529321	41.529321	86.00	5.00	0.0448	9.00	100.0000
176416	Vía José López Portillo	3.17	2183.2170	2183.2170		54.72	208.666278	208.666278	86.00	5.00	0.0541	9.00	100.0000
176367	Vía José López Portillo	3.18	2451.8551	2451.8551		54.72	209.028344	209.028344	86.00	5.00	0.0317	9.00	100.0000
176323	Vía José López Portillo	0.53	1011.7427	1011.7427		40.23	47.033100	47.033100	86.00	5.00	0.3524	9.00	100.0000
176308	Vía José López Portillo	0.36	1015.8130	1015.8130		40.23	31.912620	31.912620	86.00	5.00	0.3592	9.00	100.0000
176301	Vía José López Portillo	0.02	2115.7604	943.6703	1172.0902	48.28	1.205006	1.205006	86.00	5.00	0.0590	9.00	100.0000
173605	Autopista Peñón- Texcoco	14.22	3515.6423	1042.2178	2473.4245	104.61	489.310967	489.310967	77.00	13.00	1.7435	10.00	100.0000
148449	Vía José López Portillo	0.02	1285.0076	5.3549	1279.6527	48.28	1.601021	1.601021	86.00	5.00	0.8047	9.00	100.0000
148433	Vía José López Portillo	1.02	2290.4333	2290.4333		54.72	66.922691	66.922691	86.00	5.00	0.0436	9.00	100.0000
147943	Vía José López Portillo	1.02	2938.0313	2938.0313		54.72	67.410320	67.410320	86.00	5.00	0.0135	9.00	100.0000
147936	Vía José López Portillo	0.02	1515.7721	1090.4969	425.2753	48.28	1.822890	1.822890	86.00	5.00	0.0317	9.00	100.0000
147930	Vía José López Portillo	0.27	2254.5218	2254.5218		54.72	17.646383	17.646383	86.00	5.00	0.0488	9.00	100.0000
147924	Vía José López Portillo	0.58	2360.9811	2360.9811		54.72	38.458234	38.458234	86.00	5.00	0.0376	9.00	100.0000
147903	Vía José López Portillo	0.99	3001.6771	3001.6771		54.72	64.864029	64.864029	86.00	5.00	0.0121	9.00	100.0000

Arco del corredor (ID)	Nombre	Longitud	Flujo Total Vehicular	Flujo_AB	Flujo_BA	Velocidad Promedio	Time de Viaje AB	Tiempo de Viaje BA	Porcentaje Autos	Porcentaje Autobuses	Porcentaje Vehículos de Carga	Porcentaje Vehículos MPs (Del porcentaje carga)	Suma Porcentajes
147837	Vía José López Portillo	0.56	4348.8620	4348.8620		54.72	36.695270	36.695270	86.00	5.00	0.0019	9.00	100.0000
147830	Vía José López Portillo	0.13	3076.6415	3076.6415		54.72	8.477470	8.477470	86.00	5.00	0.0102	9.00	100.0000
147818	Vía José López Portillo	0.02	2689.2446	484.4528	2204.7918	48.28	1.326867	1.326867	86.00	5.00	0.5631	9.00	100.0000
147811	Vía José López Portillo	0.07	764.2062	764.2062		54.72	4.472685	4.472685	86.00	5.00	0.8381	9.00	100.0000
147755	Vía José López Portillo	2.70	3301.6493	3301.6493		54.72	177.958043	177.958043	86.00	5.00	0.0076	9.00	100.0000
147706	Vía José López Portillo	2.93	2600.4245	2600.4245		54.72	192.965442	192.965442	86.00	5.00	0.0241	9.00	100.0000
147700	Vía José López Portillo	0.30	3301.6493	3301.6493		54.72	19.545245	19.545245	86.00	5.00	0.0076	9.00	100.0000
147694	Vía José López Portillo	0.03	5405.2730	2859.5849	2545.6882	48.28	2.055178	2.055178	86.00	5.00	0.0003	9.00	100.0000
147666	Vía José López Portillo	2.63	2914.3212	2914.3212		54.72	173.034119	173.034119	86.00	5.00	0.0136	9.00	100.0000
147637	Vía José López Portillo	2.67	2419.5404	2419.5404		54.72	175.499806	175.499806	86.00	5.00	0.0345	9.00	100.0000
147596	Vía José López Portillo	0.69	1879.6153	1879.6153		54.72	45.561779	45.561779	86.00	5.00	0.1086	9.00	100.0000
147590	Vía José López Portillo	0.64	2169.3824	2169.3824		54.72	42.395313	42.395313	86.00	5.00	0.0539	9.00	100.0000
147583	Vía José López Portillo	0.02	314.1282	16.5001	297.6281	48.28	1.434180	1.434180	86.00	5.00	0.8047	9.00	100.0000
147566	Vía José López Portillo	0.88	1928.7492	1928.7492		54.72	58.167436	58.167436	86.00	5.00	0.0912	9.00	100.0000
147549	Vía José López Portillo	0.90	2151.5643	2151.5643		54.72	59.429266	59.429266	86.00	5.00	0.0584	9.00	100.0000
147543	Vía José López Portillo	0.03	0.0000	0.0000	0.0000	48.28	2.598049	2.598049	86.00	5.00	0.8047	9.00	100.0000
147525	Vía José López Portillo	0.41	1928.7492	1928.7492		54.72	27.099648	27.099648	86.00	5.00	0.0912	9.00	100.0000
147509	Vía José López Portillo	0.36	2151.5643	2151.5643		54.72	23.920154	23.920154	86.00	5.00	0.0584	9.00	100.0000
147503	Vía José López Portillo	0.02	581.3980	581.3980	0.0000	48.28	1.651729	1.651729	86.00	5.00	0.3965	9.00	100.0000
147497	Vía José López Portillo	0.31	2186.2690	2186.2690		54.72	20.270579	20.270579	86.00	5.00	0.0542	9.00	100.0000
147078	Vía José López Portillo	0.05	1615.4461	1615.4461		54.72	3.588735	3.588735	86.00	5.00	0.2000	9.00	100.0000
147067	Vía José López Portillo	0.76	2510.1472	2510.1472		54.72	49.819774	49.819774	86.00	5.00	0.0269	9.00	100.0000
147057	Vía José López Portillo	0.40	455.1836	455.1836		54.72	26.429031	26.429031	86.00	5.00	0.9062	9.00	100.0000

Arco del corredor (ID)	Nombre	Longitud	Flujo Total Vehicular	Flujo_AB	Flujo_BA	Velocidad Promedio	Time de Viaje AB	Tiempo de Viaje BA	Porcentaje Autos	Porcentaje Autobuses	Porcentaje Vehículos de Carga	Porcentaje Vehículos MPs (Del porcentaje carga)	Suma Porcentajes
146997	Vía José López Portillo	0.95	1160.2626	1160.2626		40.23	84.787183	84.787183	86.00	5.00	0.2608	9.00	100.0000
146982	Vía José López Portillo	0.27	481.4608	481.4608		40.23	24.167038	24.167038	86.00	5.00	0.6403	9.00	100.0000
146936	Vía José López Portillo	0.56	2120.7132	2120.7132		40.23	50.036833	50.036833	86.00	5.00	0.0374	9.00	100.0000
146926	Vía José López Portillo	0.37	2028.6864	2028.6864		54.72	24.036324	24.036324	86.00	5.00	0.0736	9.00	100.0000
146898	Vía José López Portillo	0.17	4.0298	4.0298		40.23	14.837294	14.837294	86.00	5.00	0.6705	9.00	100.0000
146850	Vía José López Portillo	1.59	1578.8572	1578.8572		54.72	104.928895	104.928895	86.00	5.00	0.2242	9.00	100.0000
146827	Vía José López Portillo	1.28	1791.1084	1791.1084		54.72	84.085284	84.085284	86.00	5.00	0.1268	9.00	100.0000
146820	Vía José López Portillo	0.59	2602.1740	2602.1740		40.23	52.410746	52.410746	86.00	5.00	0.0169	9.00	100.0000
143633	Vía José López Portillo	0.21	43.2021	43.2021		40.23	18.368946	18.368946	86.00	5.00	0.6705	9.00	100.0000
143551	Vía José López Portillo	0.50	0.0000	0.0000		40.23	44.298580	44.298580	86.00	5.00	0.6705	9.00	100.0000
143536	Vía José López Portillo	0.10	621.2797	621.2797		40.23	8.961918	8.961918	86.00	5.00	0.5994	9.00	100.0000
143530	Vía José López Portillo	0.05	621.2797	621.2797		40.23	4.808511	4.808511	86.00	5.00	0.5994	9.00	100.0000

Anexo 10. Imágenes Corredores Seleccionados
Corredor 1, Eje Central Lázaro Cárdenas o Av. de los Cien Metros



Eje Central Lázaro Cárdenas o Av. de los Cien Metros.



Eje Central Lázaro Cárdenas o Av. de los Cien Metros.

Corredor 2, Av. Poniente 140 Montevideo y Calzada San Juan de Aragón



Av. Poniente 140



Av. Poniente 140



Av. Montevideo



Av. Montevideo



Calzada San Juan de Aragón



Calzada San Juan de Aragón

Corredor 3, Avenida Ferrocarril Hidalgo-del Trabajo



Av. Ferrocarril -Hidalgo



Av. Ferrocarril- Hidalgo



Av. Ferrocarril- Hidalgo



Av. Del Trabajo



Av. Del Trabajo



Av. Del Trabajo

Corredor 4, Av. Francisco del Paso y Eduardo Molina



Av. Francisco del Paso



Av. Francisco del Paso



Av. Francisco del Paso



Av. Eduardo Molina



Av. Eduardo Molina



Av. Eduardo Molina

Corredor 5, Avenida Revolución- Río Consulado – Río Churubusco



Av. Revolución



Av. Revolución



Av. Consulado



Río Consulado



Río Churubusco



Río Churubusco

Corredor 6, Calzada Vallejo



Calzada Vallejo



Calzada Vallejo



Calzada Vallejo



Calzada Vallejo



Calzada Vallejo



Calzada Vallejo

Corredor 7, Avenida Adolfo López Mateos, -Aquiles Serdán –Ceylán



Av. Adolfo López Mateos



Av. Adolfo López Mateos



Av. Aquiles Serdán



Av. Aquiles Serdán

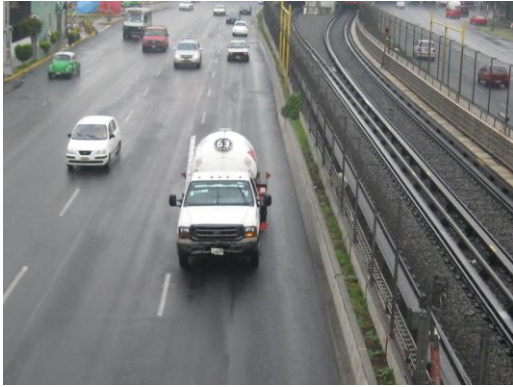


Av. Ceylán



Av. Ceylán

Corredor 8, Av. Oceanía- Central - Carlos Hank González



Av. Oceanía



Av. Oceanía



Av. Oceanía.



Av. Central o Carlos Hank González



Av. Central o Carlos Hank González



Av. Central O Carlos Hank González

Corredor 9, Av. Mario Colín- Río de los Remedios



Av. Mario Colín



Av. Mario Colín



Av. Mario Colín



Av. Rio de los Remedios



Av. Rio de los Remedios



Av. de los Remedios

Corredor 10, Av. Insurgentes Norte –Autopista México-Pachuca



Av. Insurgentes Norte



Av. Insurgentes Norte



Av. Insurgentes Norte



Autopista México- Pachuca



Autopista México-Pachuca



Autopista México-Pachuca

Corredor 11, Calzada de Tlalpan



Calzada de Tlalpan



Calzada de Tlalpan



Calzada de Tlalpan



Calzada de Tlalpan



Calzada de Tlalpan



Calzada de Tlalpan

Corredor 12, Calzada Ignacio Zaragoza-Autopista México -Puebla



Calzada Ignacio Zaragoza



Calzada Ignacio Zaragoza



Calzada Ignacio Zaragoza



Autopista México-Puebla



Autopista México-Puebla



Autopista México-Puebla

Corredor 13, Av. Cuitláhuac- Cinco de Mayo – Gobernador Sánchez Marín



Av. Cuitláhuac



Av. Cuitláhuac



Av. Cinco de Mayo



Av. Cinco de Mayo



Av. Gobernador Sánchez Colín



Av. Gobernador Sánchez Colín

Corredor 14, Av. Adolfo Ruíz Cortínez –Canal de Garay –Ermita Iztapalapa



Av. Adolfo Ruíz Cortínez



Av. Adolfo Ruíz Cortínez



Canal de Garay



Canal de Garay



Ermita Iztapalapa



Ermita Iztapalapa

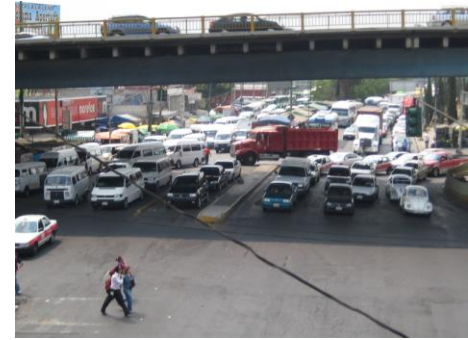
Corredor 15, Calzada Ignacio Zaragoza- Carretera Federal México Puebla



Calzada Ignacio Zaragoza



Calzada Ignacio Zaragoza



Calzada Ignacio Zaragoza



Carretera Federal México-Puebla



Carretera Federal México- Puebla



Carretera Federal México -Puebla

Corredor 16, Vía José López Portillo- Los Reyes Texcoco



Vía José López Portillo



Vía José López Portillo



Vía José López Portillo



Los Reyes Texcoco



Los Reyes Texcoco



Los Reyes Texcoco

Corredor 17, Autopista Peñón- Texcoco



Autopista Peñón- Texcoco



Autopista Peñón- Texcoco



Autopista Peñón- Texcoco.

Corredor 18, Vía Gustavo Baz Prada- Avenida Tlalnepantla Tenayuca



Vía Gustavo Baz Prada



Vía Gustavo Baz Prada



Vía Gustavo Baz Prada



Avenida Tlalnepantla Tenayuca



Avenida Tlalnepantla Tenayuca



Avenida Tlalnepantla Tenayuca

Corredor 19, Periférico Norte, Boulevard Manuel Ávila Camacho



Periférico Norte, Boulevard Manuel Ávila Camacho



Periférico Norte, Boulevard Manuel Ávila Camacho



Corredor 20, Avenida Constituyentes- Carretera México Toluca



Av. Constituyentes



Av. Constituyentes



Av. Constituyentes



Carretera México -Toluca



Carretera México- Toluca



Carretera México- Toluca

Corredor 21, Libramiento- Chamapa, Lechería- La Quebrada



Libramiento -Chamapa



Libramiento- Chamapa



Libramiento-Chamapa



Lechería-La Quebrada



Lechería- La Quebrada



Lechería-La Quebrada

Anexo 11. Software de Modelación

Nombre	Hipótesis de Cálculo	Origen
EFFECTS v.4.0.	Evaluación de las consecuencias derivadas de un escape de fluido (flujo, evaporación, dispersión, explosión, incendio)	TNO
HEGADAS	Cálculo de la dispersión atmosférica de escapes de gases pesados	SHELL
FRED	Evaluación de las consecuencias derivadas de un escape de fluido (flujo, evaporación, dispersión, explosión, incendio)	SHELL
PHAST	Evaluación de las consecuencias derivadas de un escape de fluido, aplicable para fugas de mezclas de hidrocarburos (flujo, evaporación, dispersión, explosión, incendio)	TECHNICA
ALOHA	Evaluación de las consecuencias derivadas de un escape de fluido (flujo, evaporación, dispersión, explosión, incendio)	EPA
DEGADIS	Cálculo de la dispersión atmosférica de escapes de gases pesados	TC
LPOOL	Cálculo de la evaporación de derrames de gases licuados	
LNGFIRE	Radiación térmica de derrames de GNL	
CONFEX	Cálculo de sobrepresión y proyección de fragmentos por explosiones confinadas	EIDOS/TEMA
MUDAN	Cálculo de diámetros de charcos incendiados	TEMA
LIUTO I	Cálculo de radiación térmica en incendio de líquidos en suelo o depósito	Batalle Instituto
LIUTO II	Cálculo de radiación térmica en escapes de gases en recipientes a presión (Jet-Fares)	Batalle Instituto

Nombre	Hipótesis de Cálculo	Origen
CELLO	Cálculo de radiación térmica en flujos laminares de antorchas	ENI & API/ASME
CETRA	Cálculo de radiación térmica en BLEVE de recipientes a presión (Firewall)	TEMA
OBOE-1	Cálculo de la dispersión atmosférica de escapes continuos de gases neutros	EPA/TEMA
SPINETTA	Cálculo de la dispersión atmosférica por evaporación de fluidos en charcos	TNO/TEMA
SOPRANO	Cálculo de la dispersión atmosférica de gases saliendo de recipientes a presión	TNO/TEMA
OBOE-2	Cálculo de la dispersión atmosférica de los resultados de SOPRANO	TNO/TEMA
TIMPANO 1	Cálculo de sobrepresión por explosiones no confinadas (UVCE)	TEMA
TIMPANO 2	Cálculo de sobrepresión por colapso de recipientes a presión	TEMA

Anexo 12. Anexo Modelación ALOHA de Escenarios

Accidente de autotank de amoníaco por volcadura con daños en la pared del tanque con un agujero localizado a 1.13 mts de la altura del piso al tanque.

ESCENARIO AMONIACO 1: DÍA CON VIENTO DE 2.5 MTS/S

SITE DATA:

Location: ZMVM, MÉXICO

Building Air Exchanges Per Hour: 0.19 (sheltered double storied)

Time: April 15, 2007 1430 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: AMMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol

ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm

IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm

Ambient Boiling Point: -38.7° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2.5 meters/second from 0° true at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths

Air Temperature: 18° C Stability Class: B
No Inversion Height Relative Humidity: 25%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 1.5 meters Tank Length: 12.7 meters

Tank Volume: 22.4 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: -33° C

Chemical Mass in Tank: 13,735 kilograms

Tank is 90% full

Circular Opening Diameter: 10 centimeters

Opening is 1.13 meters from tank bottom

Release Duration: 13 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 1,630 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 3,205 kilograms

Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 1.0 kilometers --- (750 ppm = ERPG-3)

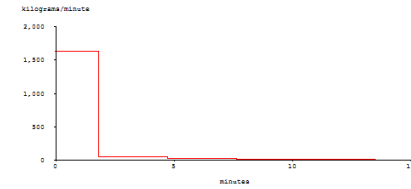
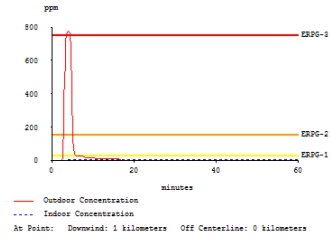
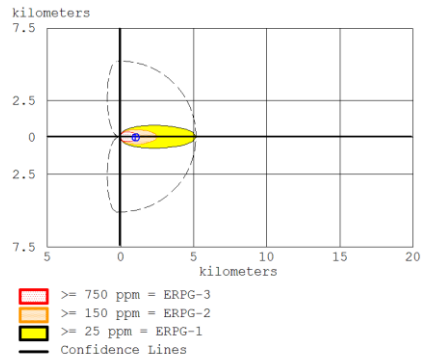
Orange: 2.5 kilometers --- (150 ppm = ERPG-2)

Yellow: 5.2 kilometers --- (25 ppm = ERPG-1)

THREAT AT POINT A:

Concentration Estimates at the point: Downwind: 1 kilometers; Off Centerline: 0 kilometers;

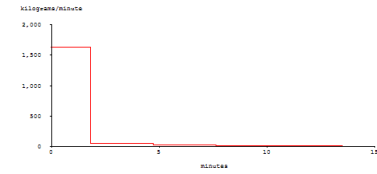
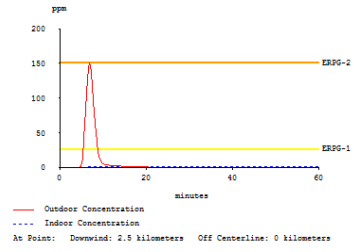
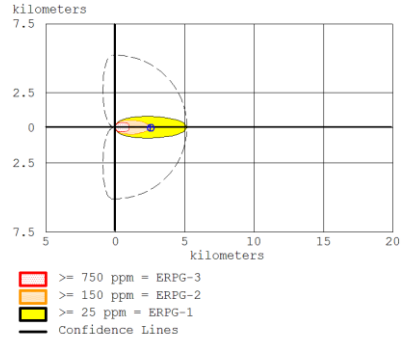
Max Concentration: Outdoor: 770 ppm ; Indoor: 4.63 ppm



AL PUNTO B

THREAT AT POINT: Concentration Estimates at the point: Downwind: 2.5 kilometers

Off Centerline: 0 kilometers; Max Concentration: Outdoor: 150 ppm; Indoor: 1.06 ppm

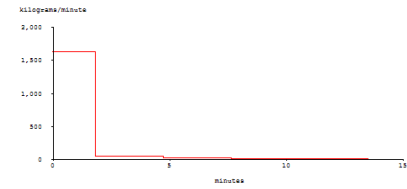
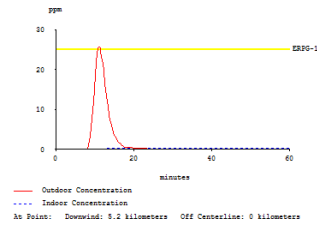
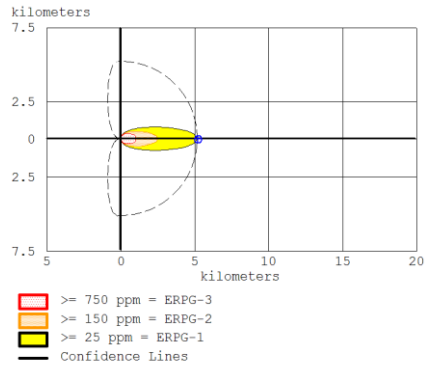


AL PUNTO C

THREAT AT POINT:

Concentration Estimates at the point: Downwind: 5.2 kilometers: Off Centerline: 0 kilometers:

Max Concentration: Outdoor: 25.5 ppm Indoor: 0.29 ppm



ESCENARIO AMONIACO 2: DÍA CON VIENTO CON VIENTO DE 8 MTS/S

SITE DATA:

Location: ZMVM, MÉXICO

Building Air Exchanges Per Hour: 0.49 (sheltered double storied)

Time: April 15, 2007 1430 hours DST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: AMMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol

ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm

IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm

Ambient Boiling Point: -38.7° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 8 meters/second from 0° true at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths

Air Temperature: 18° C Stability Class: B

No Inversion Height Relative Humidity: 25%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 1.5 meters Tank Length: 12.7 meters

Tank Volume: 22.4 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: -33° C

Chemical Mass in Tank: 13,735 kilograms

Tank is 90% full

Circular Opening Diameter: 10 centimeters

Opening is 1.13 meters from tank bottom

Release Duration: 13 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 1,630 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 3,205 kilograms

Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

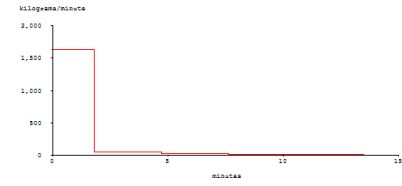
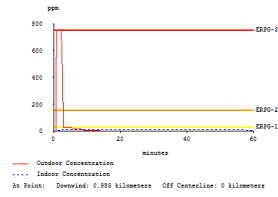
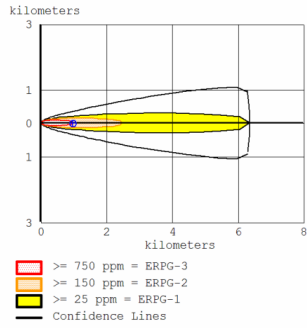
Red : 986 meters --- (750 ppm = ERPG-3)

Orange: 2.5 kilometers --- (150 ppm = ERPG-2)

Yellow: 6.5 kilometers --- (25 ppm = ERPG-1)

THREAT AT POINT A: Concentration Estimates at the point: Downwind: 0.986 kilometers; Off Centerline: 0 kilometers;

Max Concentration: Outdoor: 753 ppm; Indoor: 11.5 ppm



ESCENARIO AMONIACO 3: NOCHE VIENTO 2.5 M/S

SITE DATA:

Location: ZMVM, MÉXICO

Building Air Exchanges Per Hour: 0.30 (sheltered double storied)

Time: April 15, 2007 2300 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: AMMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol

ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm

IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm

Ambient Boiling Point: -38.7° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2.5 meters/second from 0° true at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 10 tenths

Air Temperature: 7° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 25%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 2.22 meters Tank Length: 5.8 meters Real

Tank Volume: 22.4 cubic meters o 22,443 litros.

Tank contains liquid Internal Temperature: -33° C

Chemical Mass in Tank: 13,735 kilograms

Tank is 90% full

Circular Opening Diameter: 10 centimeters

Opening is 1.13 meters from tank bottom

Release Duration: 13 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 1,630 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 3,205 kilograms

Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 1.2 kilometers --- (750 ppm = ERPG-3)

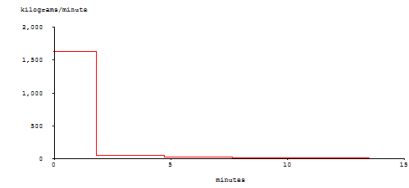
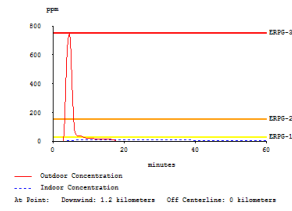
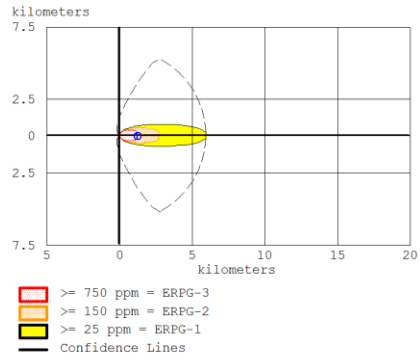
Orange: 2.7 kilometers --- (150 ppm = ERPG-2)

Yellow: 6.0 kilometers --- (25 ppm = ERPG-1)

THREAT AT POINT A: Concentration Estimates at the point: Downwind: 1.2 kilometers

Off Centerline: 0 kilometers;

Max Concentration: Outdoor: 741 ppm; Indoor: 7.5 ppm



ESCENARIO 4: NOCHE CON VIENTO 8 M/S

SITE DATA:

Location: ZMVM, MÉXICO

Building Air Exchanges Per Hour: 0.55 (sheltered double storied)

Time: April 15, 2007 2300 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: AMMONIA Molecular Weight: 17.03 g/mol

ERPG-1: 25 ppm ERPG-2: 150 ppm ERPG-3: 750 ppm

IDLH: 300 ppm LEL: 160000 ppm UEL: 250000 ppm

Ambient Boiling Point: -38.7° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 8 meters/second from 0° true at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 10 tenths

Air Temperature: 7° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 25%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 1.5 meters Tank Length: 12.7 meters

Tank Volume: 22.4 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: -33° C

Chemical Mass in Tank: 13,735 kilograms

Tank is 90% full

Circular Opening Diameter: 10 centimeters

Opening is 1.13 meters from tank bottom

Release Duration: 13 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 1,630 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 3,205 kilograms

Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

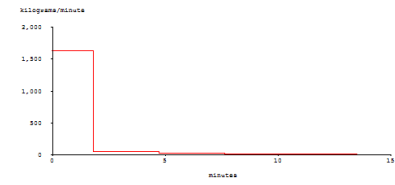
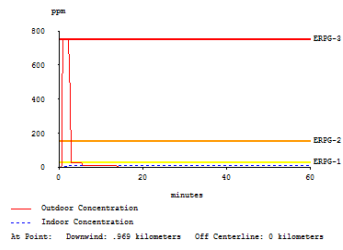
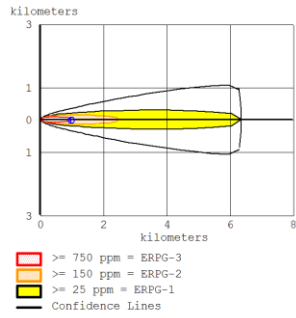
Red : 969 meters --- (750 ppm = ERPG-3)

Orange: 2.5 kilometers --- (150 ppm = ERPG-2)

Yellow: 6.4 kilometers --- (25 ppm = ERPG-1)

THREAT AT POINT A: Concentration Estimates at the point: Downwind: .969 kilometers; Off Centerline: 0 kilometers;

Max Concentration: Outdoor: 750 ppm; Indoor: 12.6 ppm



ESCENARIO CLORO 5: DÍA CON VIENTO DE 2.5 MTS/S

SITE DATA:

Location: ZMVM, MÉXICO

Building Air Exchanges Per Hour: 0.19 (sheltered double storied)

Time: April 15, 2007 1430 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CHLORINE Molecular Weight: 70.91 g/mol

AEGL-1(60 min): 0.5 ppm AEGL-2(60 min): 2 ppm AEGL-3(60 min): 20 ppm

IDLH: 10 ppm

Carcinogenic risk - see CAMEO

Ambient Boiling Point: -40.0° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2.5 meters/second from 0° true at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths

Air Temperature: 18° C Stability Class: B

No Inversion Height Relative Humidity: 25%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Non-flammable chemical is escaping from tank

Tank Diameter: 1.5 meters Tank Length: 12.7 meters

Tank Volume: 22.4 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: -1.5° C

Chemical Mass in Tank: 29,685 kilograms

Tank is 90% full

Circular Opening Diameter: 10 centimeters

Opening is 1.13 meters from tank bottom

Release Duration: 21 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 5,650 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 8,510 kilograms

Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 3.1 kilometers --- (20 ppm = AEGL-3(60 min))

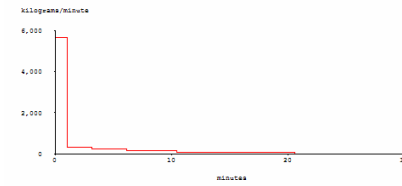
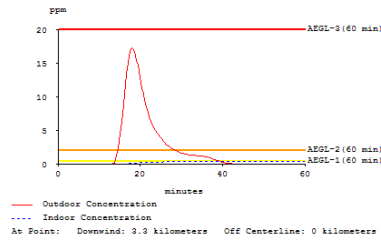
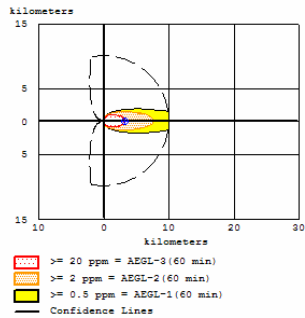
Orange: 7.8 kilometers --- (2 ppm = AEGL-2(60 min))

Yellow: greater than 10 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1(60 min))

THREAT AT POINT A: Concentration Estimates at the point: Downwind: 3.1 kilometers

Off Centerline: 0 kilometers;

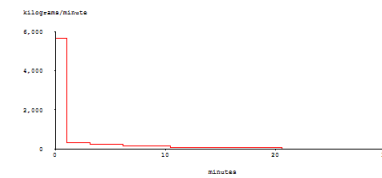
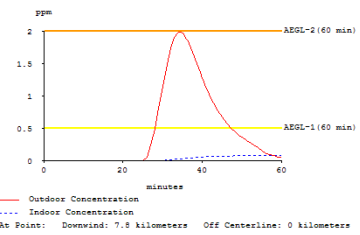
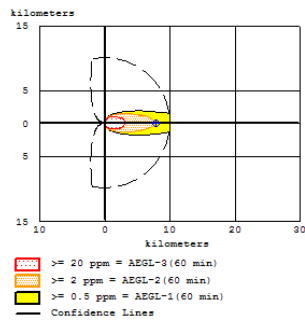
Max Concentration: Outdoor: 17.2 ppm; Indoor: 0.373 ppm



THREAT AT POINT B: Concentration Estimates at the point: Downwind: 7.8 kilometers

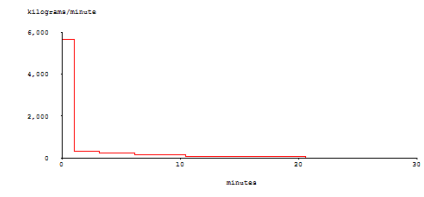
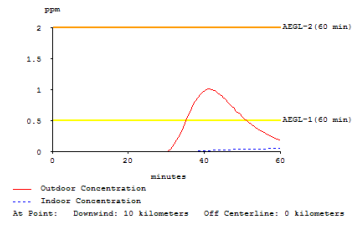
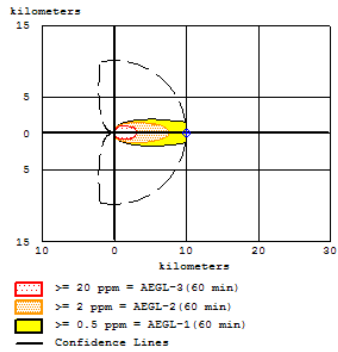
Off Centerline: 0 kilometers;

Max Concentration: Outdoor: 1.99 ppm; Indoor: 0.082 ppm



THREAT AT POINT C: Concentration Estimates at the point C: Downwind: 10 kilometers Off Centerline: 0 kilometers;

Max Concentration: Indoor: 0.0492 ppm; Outdoor: 1 ppm



ESCENARIO CLORO 6: DÍA CON VIENTO 8MTS/S

SITE DATA:

Location: ZMVM, MÉXICO

Building Air Exchanges Per Hour: 0.83 (sheltered double storied)

Time: April 15, 2007 1430 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CHLORINE Molecular Weight: 70.91 g/mol

AEGL-1(60 min): 0.5 ppm AEGL-2(60 min): 2 ppm AEGL-3(60 min): 20 ppm

IDLH: 10 ppm

Carcinogenic risk - see CAMEO

Ambient Boiling Point: -40.0° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 8 meters/second from 0° true at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths

Air Temperature: 18° C Stability Class: C

No Inversion Height Relative Humidity: 25%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Non-flammable chemical is escaping from tank

Tank Diameter: 1.5 meters Tank Length: 12.7 meters

Tank Volume: 22.4 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: -1.5° C

Chemical Mass in Tank: 29,685 kilograms

Tank is 90% full

Circular Opening Diameter: 10 centimeters

Opening is 1.13 meters from tank bottom

Release Duration: 20 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 5,650 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 8,510 kilograms

Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 4.0 kilometers --- (20 ppm = AEGL-3(60 min))

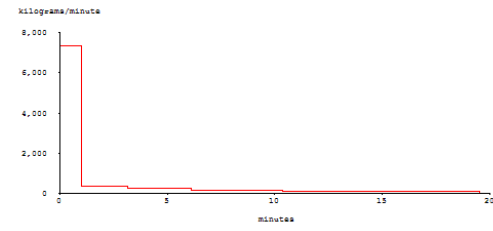
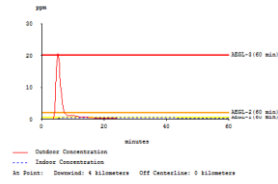
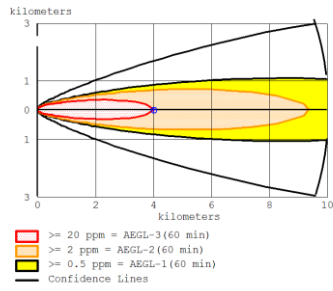
Orange: 9.4 kilometers --- (2 ppm = AEGL-2(60 min))

Yellow: greater than 10 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1(60 min))

THREAT AT POINT A: Concentration Estimates at the point: Downwind: 4 kilometers

Off Centerline: 0 kilometers;

Max Concentration: Outdoor: 20.5 ppm; Indoor: 0.519 ppm;



THREAT AT POINT B:

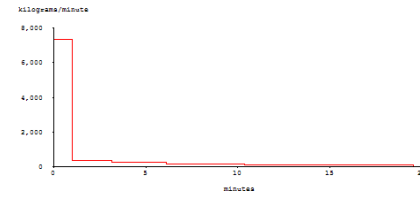
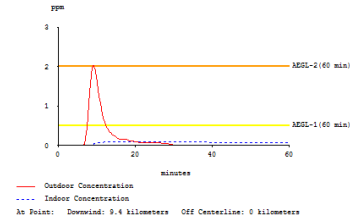
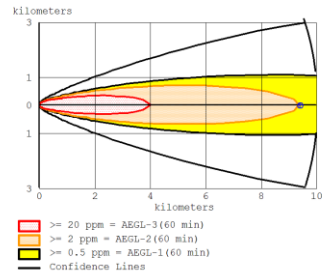
Concentration Estimates at the point:

Downwind: 9.4 kilometers Off Centerline: 0 kilometers

Max Concentration:

Outdoor: 2.02 ppm

Indoor: 0.0991 ppm

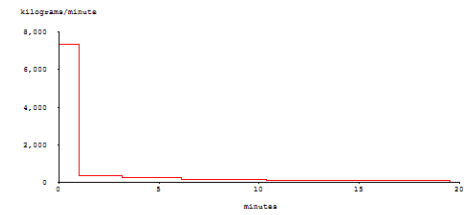
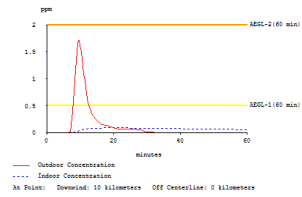
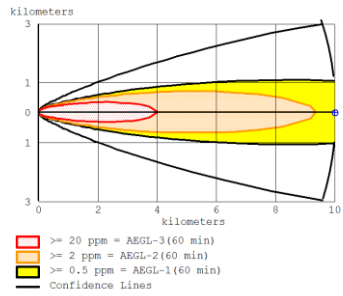


THREAT AT POINT C:

Concentration Estimates at the point:

Downwind: 10 kilometers Off Centerline: 0 kilometers

Max Concentration: Outdoor: 1.7 ppm; Indoor: 0.0878 ppm



ESCENARIO CLORO 7: DE NOCHE CON VIENTO DE 2.5 MTS/S

SITE DATA:

Location: ZMVM, MÉXICO

Building Air Exchanges Per Hour: 0.30 (sheltered double storied)

Time: April 15, 2007 23: 00 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CHLORINE Molecular Weight: 70.91 g/mol

AEGL-1(60 min): 0.5 ppm AEGL-2(60 min): 2 ppm AEGL-3(60 min): 20 ppm

IDLH: 10 ppm

Carcinogenic risk - see CAMEO

Ambient Boiling Point: -40.0° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2.5 meters/second from 0° true at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 10 tenths

Air Temperature: 7° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 25%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Non-flammable chemical is escaping from tank

Tank Diameter: 1.5 meters Tank Length: 12.7 meters

Tank Volume: 22.4 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: -1.5° C

Chemical Mass in Tank: 29,685 kilograms

Tank is 90% full

Circular Opening Diameter: 10 centimeters

Opening is 1.13 meters from tank bottom

Release Duration: 21 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 5,650 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 8,510 kilograms

Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

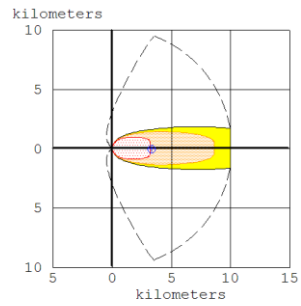
Red : 3.3 kilometers --- (20 ppm = AEGL-3(60 min))

Orange: 8.7 kilometers --- (2 ppm = AEGL-2(60 min))

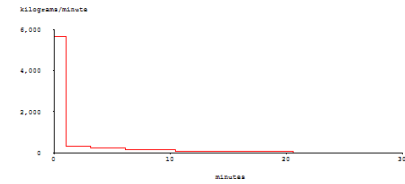
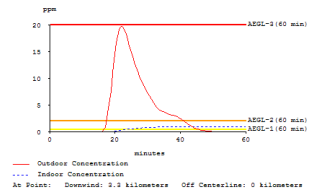
Yellow: greater than 10 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1(60 min))

THREAT AT POINT: Concentration Estimates at the point: Downwind: 3.3 kilometers Off Centerline: 0 kilometers;

Max Concentration: Outdoor: 19.7 ppm; Indoor: 0.962 ppm



- >= 20 ppm = AEGL-3 (60 min)
- >= 2 ppm = AEGL-2 (60 min)
- >= 0.5 ppm = AEGL-1 (60 min)
- Confidence Lines



ESCENARIO CLORO 8: NOCHE CON VIENTO DE 8 MTS/S

SITE DATA:

Location: ZMVM, MÉXICO

Building Air Exchanges Per Hour: 0.55 (sheltered double storied)

Time: April 15, 2007 2300 hours DST (user specified)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: CHLORINE Molecular Weight: 70.91 g/mol

AEGL-1(60 min): 0.5 ppm AEGL-2(60 min): 2 ppm AEGL-3(60 min): 20 ppm

IDLH: 10 ppm

Carcinogenic risk - see CAMEO

Ambient Boiling Point: -40.0° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 8 meters/second from 0° true at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 10 tenths

Air Temperature: 7° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 25%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Non-flammable chemical is escaping from tank

Tank Diameter: 1.5 meters Tank Length: 12.7 meters

Tank Volume: 22.4 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: -1.5° C

Chemical Mass in Tank: 29,685 kilograms

Tank is 90% full

Circular Opening Diameter: 10 centimeters

Opening is 1.13 meters from tank bottom

Release Duration: 21 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 5,650 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 8,510 kilograms

Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 4.4 kilometers --- (20 ppm = AEGL-3(60 min))

Orange: greater than 10 kilometers --- (2 ppm = AEGL-2(60 min))

Yellow: greater than 10 kilometers --- (0.5 ppm = AEGL-1(60 min))

THREAT AT POINT A: Concentration Estimates at the point: Downwind: 4.4 kilometers; Off Centerline: 0 kilometers;

Max Concentration: Outdoor: 19.9 ppm; Indoor: 0.484 ppm;

