



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERIA DE SISTEMAS – TRANSPORTE

TRANSPORTE DE ÁCIDO CLORHÍDRICO Y ÁCIDO SULFÚRICO
EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
CARLOS ALBERTO CANSECO LÓPEZ

TUTOR PRINCIPAL
ANGÉLICA DEL ROCÍO LOZANO CUEVAS, DRA.
INSTITUTO DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. (SEPTIEMBRE) 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Dartois Giraldo Laurent Yves Georges

Secretario: M. I. Reséndiz Lopez Héctor Daniel

Vocal: Dra. Lozano Cuevas Angélica del Rocío

1 er. Suplente: M. I. Rivera Colmenero José Antonio

2 do. Suplente: M. I. Guzmán Castro Luis Alejandro

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Posgrado de la Facultad de Ingeniería

TUTOR DE TESIS:

DRA. ANGÉLICA DEL ROCÍO LOZANO CUEVAS

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

El siguiente trabajo fue realizado bajo la tutela de la Dra. Angélica Lozano Cuevas, a quien agradezco profundamente la paciencia y consejos. Su trabajo y profesionalismo hicieron posible la elaboración de esta investigación.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme ser su alumno desde la preparatoria hasta el posgrado, sin lugar a dudas es un privilegio.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada en la realización de mis estudios de maestría.

Dra. Rina Aguirre Saldívar, Posgrado Ingeniería UNAM, por su apoyo en proporcionarme un lugar para trabajar, contactos profesionales y su calidad humana.

A las personas que brindaron la información sobre las bases de datos, en sus distintas dependencias:

Dra. Cecilia Izcapa Treviño, M.I. Rubén Rivera B, Ing. Enrique Bravo Medina -CENAPRED

Lic. Irma Flores Herrera - Subdirección de Normas del Autotransporte de Materiales Peligrosos
Dirección General de Autotransporte Federal Subsecretaría de Transporte, SCT.

Ing. Alfonso Flores Ramírez.

Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Residuos.

Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales (COATEA)

Ing. Gerardo Juárez Chávez

Subdirector de Evaluación de Emergencias Ambientales (PROFEPA)

Especialmente dedicada a:

A mi familia: Paula, la mejor jefa del mundo, a Gaby mi hermanita chula y Ruffas que me enseñó muchas cosas.

A Gaby, mi novia, por su cariño, confianza y amor.

A mis grandes amigos de la maestría, en especial a los “fundadores”: Charly, Eder, Julio; donde también se incluye a Ortiz y Álvaro, grandes personas todos ellos.

A todos los profesores de la maestría, excelentes profesionales quienes dan el verdadero sentido a la experiencia del posgrado.

*¡Estudia lo elemental! Para aquellos
cuya hora ha llegado
no es nunca demasiado tarde.
¡Estudia el "abc"! No basta, pero
Estúdialo. ¡No te canses!
¡Empieza! ¡Tú tienes que saberlo todo!
Estás llamado a ser un dirigente.*

*¡Estudia, hombre en el asilo!
¡Estudia, hombre en la cárcel!
¡Estudia, mujer en la cocina!
¡Estudia, sexagenario!
Estás llamado a ser un dirigente.*

*¡Asiste a la escuela, desamparado!
¡Persigue el saber, muerto de frío!
¡Empuña el libro, hambriento! ¡Es un arma!
Estás llamado a ser un dirigente.*

*¡No temas preguntar, compañero!
¡No te dejes convencer!
¡Compruébalo tú mismo!
Lo que no sabes por ti,
no lo sabes.
Repasa la cuenta,
tú tienes que pagarla.
Apunta con tu dedo a cada cosa
y pregunta: "Y esto, ¿de qué?"
Estás llamado a ser un dirigente.*

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. Transporte de materiales peligrosos	3
1.1 Transporte de carga	3
1.2 Material peligroso	4
1.2.1 Riesgo	4
1.2.2 Peligro.....	5
1.2.3 Exposición.....	5
1.3 Requisitos para el transporte de materiales peligrosos	6
1.4 Clasificación, sistemas de identificación y emergencias de materiales peligrosos	7
1.4.1 Clasificación.....	7
1.4.2 Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego (NFPA).....	10
1.4.3 Guía de Respuesta en Caso de Emergencia	11
1.5 Análisis de bases de datos de accidentes de materiales peligrosos	12
1.5.1 ACARMEX (accidentes carreteros)	13
1.5.1 ACQUIM (accidentes químicos).....	16
1.5.1 PROFEPA (accidentes urbanos)	20
1.6 Relevancia de los ácidos en los accidentes	22
2. Transporte de ácidos en la ZMVM	23
2.1 Propiedades de ácidos	23
2.1.1 Ácido Clorhídrico	23
2.1.2 Ácido Sulfúrico.....	24
2.2 Empresas oferentes y demandantes de ácidos en la ZMVM	24
2.2.1 Uso.....	24
2.2.2 Oferta y Demanda en la ZMVM.....	25
2.2.3 Prácticas comerciales	29
2.3 Características del transporte de ácidos	30
3. El problema de transporte.....	32
3.1 Problema de transporte	32
3.1.1 Definiciones de Redes	32
3.1.2 El Problema de Transporte o de Hithcock.....	33

3.1.3	Problema de transporte no balanceado	35
3.1.4	Técnica de solución del problema de transporte.....	36
3.1.4.1	Método de solución inicial básica factible	36
3.1.4.2	Esquina Noroeste	37
3.1.4.3	Costo Mínimo	37
3.1.4.4	Método de Aproximación Vogel	38
3.2	Sistemas de Información Geográfica	39
3.2.1	Tipos de datos en un SIG	40
3.2.2	SIG-T	40
3.2.3	TransCAD®	41
3.2.1	El Problema de Transporte en TransCAD	42
3.2.1.1	Información de entrada.....	42
3.2.1.2	Información de salida.....	43
3.3	El Problema de Transporte como herramienta para identificar las rutas utilizadas	43
4.	Problema de transporte de ácidos en la ZMVM	45
4.1	Descripción del problema	45
4.1.1	Delimitación del territorio de estudio.....	45
4.1.2	Orígenes Destinos, Oferta- Demanda	46
4.1.3	Obtención de rutas mediante la solución del Problema de Transporte	50
4.2	Creación de la red	50
4.2.1	Trabajo en Google Earth.....	51
4.2.1.1	Arcos	51
4.2.1.2	Nodos	51
4.2.2	Transformación en Global Mapper	51
4.2.3	Integración de información de atributos de la red	52
4.2.3.1	Sobre los arcos.....	52
4.2.3.2	Sobre los nodos: oferta y demanda	52
4.2.4	Creación de <i>.net</i>	57
4.2.5	Creación de matriz de costos	57
4.3	Obtención y análisis de resultados	57
4.3.1	Representación de flujo	58
4.3.1	Matriz de resultados	61

4.3.2	Ácido clorhídrico	61
4.3.3	Ácido sulfúrico.....	62
5.	Población expuesta en caso de un accidente	63
5.1	Población en la ZMVM.....	63
5.2	Población expuesta y población a evacuar en caso de accidentes.	65
5.2.1	Población expuesta y población a evacuar en caso de accidente en el transporte de ácido clorhídrico.....	65
5.2.1.1	Población expuesta estimada en las rutas del ácido clorhídrico	65
5.2.1.2	Número estimado de exposiciones	67
5.2.1.3	Población que debe ser evacuada en caso de accidente	68
5.2.2	Población expuesta en caso de accidente en el transporte de ácido sulfúrico	69
5.2.2.1	Población expuesta estimada en las rutas.....	70
5.2.2.2	Número estimado de exposiciones	71
5.2.2.3	Población que debe ser evacuada en caso de accidente	72
5.2.3	Población expuesta en el transporte de ácidos en tránsito en la ZMVM	73
5.3	Resultados sobre población expuesta	75
6.	Conclusiones y recomendaciones	77
	Referencias	79
	Anexos	85
	Anexo 1 Hoja de datos de los ácidos	85
	Ácido Clorhídrico	85
	Ácido Sulfúrico	91
	Anexo 2 Empresas oferentes y demandantes	97
	Oferentes.....	97
	Demandantes	100

Tabla de figuras

Figura 1.1 Tipos de exposición a materiales peligrosos	5
Figura 1.2 Simbología de carteles para MPs, clase 1, según su división.	8
Figura 1.3 Simbología de carteles para MPs, clase 2, según su división.	9
Figura 1.4 Simbología de carteles para MPs, clase 3.	9
Figura 1.5 Simbología de carteles para MPs, clase 4, según su división.	9
Figura 1.6 Simbología de carteles para MPs, clase 5, según su división	9
Figura 1.7 Simbología de carteles para MPs, clase 6, según su división	9
Figura 1.8 Simbología de carteles para MPs, clase 7	10
Figura 1.9 Simbología de carteles para MPs, clase 8	10
Figura 1.10 Simbología de carteles para MPs, clase 9	10
Figura 1.11 Rombo NFPA.....	11
Figura 1.12 Zona de Evacuación en caso de fuga o derrame	12
Figura 1.13 Grupos principales de sustancias reportados por ACARMEX	14
Figura 1.14 Ubicación por entidad federativa de accidentes ACARMEX.....	14
Figura 1.15 Clasificación de accidentes en el transporte de materiales peligrosos	15
Figura 1.16 Número de accidentes correspondientes a cada estado de la República Mexicana ACQUIM 2000-2005	17
Figura 1.17 Distribución porcentual de los grupos principales de sustancias químicas en ACQUIM 2000-2005	19
Figura 1.18 Causas principales de accidentes base de datos ACQUIM 2000-2005.....	19
Figura 2.1 Pipa para el transporte de ácidos.....	30
Figura 2.2 Simbología para el transporte de Ácido Clorhídrico	31
Figura 2.3 Simbología para el transporte de Ácido Sulfúrico.....	31
Figura 3.1 Representación gráfica del problema de transporte	34
Figura 3.2 Ejemplo de solución al problema de transporte.....	36
Figura 3.3 Principales tipos de SIG.....	39
Figura 3.4 Diferencia entre solución del Problema de Transporte y rutas mínimas entres nodos origen – destino.....	44
Figura 4.1 Zona de estudio	46
Figura 4.2 Campos mínimos en la capa de arcos	52
Figura 4.3 Campos mínimos en las capas de nodos.....	53
Figura 4.4 Capa de arcos	54
Figura 4.5 Capas de oferentes y demandantes ácido clorhídrico.....	55
Figura 4.6 Capas de oferentes y demandantes ácido sulfúrico	56
Figura 4.7 Transporte del ácido clorhídrico en la ZMVM	59
Figura 4.8 Transporte del ácido sulfúrico en la ZMVM	60
Figura 5.1 Densidad de población por AGEB.....	64
Figura 5.2 Población expuesta sobre la red vial, en caso de accidente de ácido clorhídrico	66
Figura 5.3 Frecuencia de exposiciones de ácido clorhídrico	67
Figura 5.4 Accidente 1. Ácido clorhídrico	68
Figura 5.5 Accidente 2. Ácido clorhídrico	69

Figura 5.6 Población expuesta sobre la red vial, en caso de accidente de ácido sulfúrico	70
Figura 5.7 Frecuencia de exposición al ácido sulfúrico	71
Figura 5.8 Accidente 1. Ácido sulfúrico.	72
Figura 5.9 Accidente 2. Ácido sulfúrico.	73
Figura 5.10 Población expuesta en rutas “en tránsito” de ácidos en la ZMVM	74
Figura 5.11 Acercamiento. Población expuesta en rutas en tránsito de ácidos en la ZMVM	75

Tabla de cuadros

Cuadro 1 Accidentes químicos por año, de acuerdo a ACQUIM	16
Cuadro 2 Clasificación de MPs por grupo, ACQUIM	18
Cuadro 3 Accidentes por modo de transporte, PROFEPA	20
Cuadro 4 Accidentes por MP PROFEPA	21
Cuadro 5 Proveedores de ácidos.....	26
Cuadro 6 Demandantes ácido clorhídrico	27
Cuadro 7 Demandantes ácido sulfúrico	28
Cuadro 8 Demandantes de ambos ácidos	28
Cuadro 9 Concentraciones de ácidos	29
Cuadro 10 Orígenes y destinos de ácido clorhídrico	47
Cuadro 11 Orígenes y destinos de ácido sulfúrico	48
Cuadro 12 Resumen población expuesta y población a evacuar en ambos ácidos	76

INTRODUCCIÓN

La movilidad es una necesidad humana esencial. La evolución de la sociedad depende de la habilidad de comunicarse, pero también de la capacidad y habilidad de mover o trasladar personas, bienes y/o servicios (Kahn et al, 2007).

Entre los bienes que se transportan se encuentran materiales de características especiales llamados Materiales Peligrosos (MPs) los cuales tienen condiciones específicas para su transportación debido a que resultan potencialmente dañinos para el ambiente y las personas.

En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) el transporte de MPs es una práctica común, es habitual observar camiones pipas de gasolina y diésel para la distribución a gasolineras. Se han realizado estudios acerca de la distribución de MPs en la ZMVM (Lozano et al, 2010), (Macías, 2008), (Muñoz, 2011), todos ellos referentes a sustancias comúnmente transportadas (combustibles fósiles, cloro y amoníaco). El presente trabajo presenta un par de sustancias potencialmente peligrosas y sin estudio de este tipo hasta la fecha.

El principal objetivo de la tesis es identificar la población expuesta en caso de accidente en las rutas de transporte de dos elementos de la familia de los ácidos más comúnmente usados, el ácido clorhídrico y ácido sulfúrico en la ZMVM.

Los objetivos secundarios se enlistan a continuación:

- Identificar los principales puntos de oferta y demanda de ácido clorhídrico y ácido sulfúrico en la ZMVM.
- Definir las prácticas de distribución urbana de estos ácidos en la zona.
- Modelar el transporte de los ácidos clorhídrico y sulfúrico en la ZMVM.
- Identificar las principales rutas utilizadas para el transporte de ácido clorhídrico y ácido sulfúrico.
- Determinar la población expuesta a lo largo de las rutas utilizadas por el transporte de ambos ácidos.
- Identificar la población a evacuar en caso de dos accidentes planteados para cada ácido.

La tesis se divide en cinco capítulos, los cuales se describen a continuación.

El primer capítulo comprende los antecedentes generales sobre el transporte de materiales peligrosos en la ZMVM, la clasificación de este tipo de materiales, y un análisis de distintas bases de datos sobre accidentes carreteros con el fin de identificar el material de estudio.

El segundo capítulo aborda el transporte y las prácticas de distribución comercial más importantes del ácido clorhídrico y del ácido sulfúrico (materiales de estudio), y presenta la descripción de las cantidades y concentraciones que se trasladan dentro de la ZMVM bajo supuestos de oferta y demanda por giro comercial y tamaño de empresas. Se detalla la forma en que se ubicaron los oferentes y demandantes de dichas sustancias, mediante guías comerciales e industriales.

El tercer capítulo presenta el modelo del Problema de Transporte en teoría de redes, haciendo especial énfasis en las técnicas de solución para el también llamado problema de Hithcock, el cual se utiliza como herramienta para identificar las rutas por donde se transportan ácidos, a fin de determinar la población expuesta en los mismos. También se describe el software utilizado TransCAD®, que es un Sistema de Información Geográfica orientado a modelación de transporte (SIG-T).

En el cuarto capítulo se detalla la forma en que se incluyó la información de interés en el software utilizado y la metodología empleada para obtener las rutas por donde se transportan los materiales seleccionados.

Dentro del quinto capítulo se hace la estimación de personas expuestas a lo largo de las rutas de transporte de ácidos, también se plantean dos accidentes para cada sustancia a fin de determinar la cantidad de población a evacuar.

Finalmente se muestran las conclusiones y recomendaciones de la investigación, así como los Anexos necesarios para el desarrollo del trabajo. El Anexo 1 corresponde a la hoja de datos, tanto del ácido clorhídrico como del ácido sulfúrico. El Anexo 2 es una lista detallada de la información de las empresas involucradas en el mercado de ácidos en la zona de estudio.

1. Transporte de materiales peligrosos

El presente capítulo muestra los conceptos básicos para entender la problemática del transporte de materiales peligrosos, la clasificación legal de los mismos, así como criterios internacionales asociados al manejo de dichas sustancias.

1.1 Transporte de carga

El transporte es un proceso común en la vida diaria, se utiliza para llegar al trabajo o la escuela, visitar a la familia o simplemente disfrutar de lugares desconocidos. Pero no es común que nos pongamos a pensar en los factores que afectan al transporte y lo complejo que puede llegar a ser.

Los modos de transporte han ido evolucionando junto con el ser humano; a partir de la Revolución Industrial, las tecnologías referentes al transporte han ido avanzando a un ritmo acelerado.

Una de las dos ramas principales del transporte es el *movimiento de mercancías*, a esto genéricamente se le conoce como transporte de carga, área de estudio de la presente tesis.

Todas las mercancías deben ser trasladadas al consumidor final, el transporte de carga se puede definir como: trasladar cualquier bien y/o servicio de un punto A hacia un punto B (RAE, 2010), pero al realizar esta actividad existen impactos negativos, conocidos como externalidades, entre los que se encuentran aspectos de tipo económicos, financieros, sociales, y ambientales.

El Transporte de carga genera problemáticas ambientales, como: ruido, vibraciones y contaminantes atmosféricos: CO, CO₂, NO_x, entre otros (Fernández, 2004). También, dado el tamaño de los vehículos y las maniobras de carga y descarga, es causa de problemas sociales y de seguridad ocasionando accidentes con lamentables consecuencias tales como muertes, mutilaciones y discapacidades (De Rus et al, 2003).

Sea cual sea la forma de transportar una determinada carga, los costos del transporte afectan directamente la localización de las plantas de producción, los almacenes, los puntos de abastecimiento, los sitios de disposición final y el acceso de los trabajadores y los consumidores a todas estas instalaciones. La disponibilidad del transporte y su costo definen en gran medida la factibilidad económica de diseñar y operar un sistema dado, permitiendo el rediseño de segmentos del proceso productivo y el aprovechamiento de algunas ventajas territoriales (Antún, 1994).

Una de las externalidades negativas con mayor impacto son los accidentes, éstos se vuelven un factor clave en el diseño de las rutas cuando se trasladan materiales peligrosos.

1.2 Material peligroso

Existen materias primas, productos por terminar o terminados e incluso residuos, que representan una amenaza al ser trasladados, a este tipo de materiales se les denomina peligrosos

Según el reglamento para el transporte de materiales y residuos peligrosos, responsabilidad de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), los materiales peligrosos se definen como:

Aquellas substancias peligrosas, sus remanentes, sus envases, embalajes y demás componentes que conformen la carga que será transportada por las unidades (SCT, 2006).

Los materiales peligrosos provocan daños al interactuar con seres vivos o el ambiente; particularmente, la salud del ser humano puede sufrir impactos considerables.

La alta densidad de población en las ciudades y en especial en la ZMVM que supera los 20 millones de habitantes (INEGI, 2010), la complejidad del tejido urbano, traza y vialidades y la variedad de tipos de suelos existentes dan como resultado un severo riesgo a sufrir accidentes en el manejo y transporte de materiales peligrosos dentro de la ZMVM con consecuencias variadas y sumamente dañinas pudiéndose traducir, lamentablemente en pérdidas humanas.

Conviene definir conceptos clave referentes al manejo, transporte de materiales peligrosos, los cuales se presentan a continuación.

1.2.1 Riesgo

El riesgo asociado a un material peligroso se refiere a la probabilidad de que se produzcan efectos adversos en función de la *exposición* directa a los materiales o a la contaminación generada por las actividades de manejo de los mismos. Por lo tanto el nivel de riesgo será una función de la *peligrosidad* del material; según el tipo, magnitud y duración de la exposición, de su difusión en el ambiente o de la magnitud de los siniestros que pueda ocasionar (Martínez et al, 2005). En transporte, la designación de camiones y el desarrollo de la gestión del transporte se deben basar en una evaluación del riesgo al trasladar materiales peligrosos, considerando el riesgo como *el resultado de la probabilidad de un accidente* (Scalon and Catilli, 1985).

1.2.2 Peligro

Se refiere a toda propiedad física, química o biológica del material que le confiere la capacidad de provocar efectos nocivos en los ecosistemas o la salud humana (Martínez et al, 2005). Al evaluar un *peligro* se cuantifica la potencia corrosiva, reactiva, explosiva, tóxica, inflamable o infecciosa de los materiales, en tanto que al evaluar los *riesgos* asociados se estima la probabilidad de que este material entre en contacto con el ser humano o el medio.

En cuanto al receptor, se debe tener en cuenta que no todos los individuos de una población o de un ecosistema son igualmente sensibles a un determinado peligro o a una forma de exposición por lo que es necesario, cuando se habla de riesgo, indicar el receptor al que está referido (Cortinas, 1993).

1.2.3 Exposición

Exposición es la manera en la que un material peligroso puede afectar al ambiente y en especial al ser humano. Existen dos principales exposiciones, como se puede ver en la Figura 1.1. La exposición directa en el caso de Materiales peligrosos derramados, directamente es la onda de choque de la explosión, las llamas y/o calor en caso de materiales flameables y nubes de gases tóxicos para materiales volátiles.



Fuente: Martínez et al, 2005

Figura 1.1 Tipos de exposición a materiales peligrosos

La exposición indirecta de materiales peligrosos es por liberación al ambiente, para después acceder al organismo humano mediante diferentes vehículos: el aire, el agua, el suelo o los alimentos.

1.3 Requisitos para el transporte de materiales peligrosos

Existen 29 normas de SCT que establecen los criterios para el manejo y transporte de MPs; en ellas se encuentra desde un listado de todos los materiales considerados como peligrosos (NOM-002-SCT/2011), como las características de los envases (NOM-003-SCT/2008) e información de emergencia durante su transporte (NOM-005-SCT/2008), entre otras mucho más específicas para cada tipo de MP. Por otro lado se debe mencionar el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, el cual regula el transporte de MPs y es responsabilidad de la SCT. En el apartado de referencias del presente trabajo se tiene un listado completo de la normatividad nacional vigente en materia de MPs.

Este reglamento establece las condiciones mínimas necesarias de circulación de transporte terrestre de MPs. Lo referente a la clasificación según la NOM-004-SCT/2008, lo relacionado al envase y el embalaje, lo relativo al etiquetado y marcado de los envases, así como de las características y especificaciones para el transporte terrestre como son la construcción, reconstrucción y reparación. Define también un conjunto de acciones prohibidas para el autotransporte de MPs, entre las que destacan:

- No realizar paradas no justificadas.
- No se podrá circular en convoy, a excepción de MPs clase 7.
- Se prohíbe purgar al piso o descargar camiones de MPs en vías públicas.
- En caso de ocurrir congestión vehicular o se interrumpa la circulación, el conductor de la unidad deberá solicitar al personal responsable de la vigilancia vial, prioridad para continuar su viaje.
- En caso de descompostura mayor de la unidad motriz, el operador y la empresa transportista deberán sustituirla a la brevedad.
- Las unidades que transporten materiales o residuos peligrosos, por ningún motivo podrán estacionarse cerca de fuego abierto, o de incendio.

El mismo reglamento de SCT establece documentación necesaria para el transporte carretero de materiales peligrosos:

- Documentos de licencia de conducir y certificados relacionados a ésta.
- Documentos de registro (tarjeta del camión, permisos, etc.).
- Prueba de seguro.
- Permisos especiales para carga de tamaño o peso extra grande.
- Papeles de embarque de materiales peligrosos.
- Permiso de impuesto de combustible.
- Archivos de horas de servicio (bitácora).

Los vehículos que transporten cualquier material peligroso, deben usar carteles de identificación, como señalamiento de seguridad, estos carteles también indican el riesgo principal asociado al material, así como el número de las Naciones Unidas que lo identifican

y deben colocarse en la parte media superior de las vistas laterales y posterior del semirremolque, remolque o de la carrocería del vehículo, así mismo en la parte delantera de la unidad motriz (tractor o camión). En caso de combinaciones vehiculares de doble semirremolque, los carteles se colocarán en ambos remolques.

Los carteles deben ser de tipo fijo. Cuando se trasladan vehículos que hayan transportado materiales peligrosos y no se haya realizado aún su limpieza y/o descontaminación deberán portar un cartel de las mismas dimensiones con el letrero "residuo", con el número de clase del material que se transportó.

De acuerdo a la norma NTTMP-SCT-008/92, todo vehículo que transporte material peligroso deberá portar en su parte trasera un letrero de dos renglones que contenga: primero. "TRANSPORTA" y el segundo. "MATERIAL PELIGROSO", (Salón Hogar, 2013).

1.4 Clasificación, sistemas de identificación y emergencias de materiales peligrosos

Existe una clasificación mundial de MPs creada por la ONU la cual se retoma en la normatividad mexicana, así como un sistema para la identificación de la peligrosidad de cada tipo de sustancia peligrosa, creada por la Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego; además desde 2004 se tienen la "Guía de respuesta en caso de emergencia" (US DOT, 2008), que establece el procedimiento a llevar por cada tipo de material peligroso en caso de accidente.

1.4.1 Clasificación

La NOM-004-SCT/2008 establece el sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos cumpliendo con criterios internacionales.

La norma establece la calificación general de los materiales peligrosos de acuerdo a nueve clases con sus respectivas subdivisiones:

Clase 1 – Explosivos (Ver Figura 1.2).

- División 1.1. Explosivos con un peligro de explosión en masa.
- División 1.2. Explosivos con un riesgo de proyección.
- División 1.3. Explosivos con riesgo de fuego predominante.
- División 1.4. Explosivos con un riesgo de explosión no significativo.
- División 1.5. Explosivos muy insensibles; explosivos con peligro de explosión en masa.

División 1.6. Artículos extremadamente insensibles.

Clase 2 – Gases (Ver Figura 1.3).

División 2.1. Gases inflamables.

División 2.2. Gases no-inflamables, no tóxicos.

División 2.3. Gases tóxicos.

Clase 3 - Líquidos inflamables (Ver

Figura 1.4).

Clase 4 - Sólidos inflamables (Ver Figura 1.5).

Materiales espontáneamente combustibles y materiales peligrosos cuando se humedece. Sustancias reactivas con el agua.

División 4.1. Sólidos inflamables.

División 4.2. Materiales espontáneamente combustibles.

División 4.3. Sustancias reactivas con el agua / materiales peligrosos cuando se humedecen.

Clase 5 - Sustancias Oxidantes y Peróxidos orgánicos (Ver Figura 1.6).

División 5.1. Sustancias oxidantes.

División 5.2. Peróxidos orgánicos.

Clase 6 - Sustancias Tóxicas y Sustancias infecciosas (Ver Figura 1.7).

División 6.1. Sustancias tóxicas.

División 6.2. Sustancias infecciosas.

Clase 7 - Materiales radiactivos (Ver Figura 1.8).

Clase 8 - Sustancias corrosivos (Ver Figura 1.9).

Clase 9 - Materiales, Sustancias y Productos peligrosos misceláneos (Ver Figura 1.10).

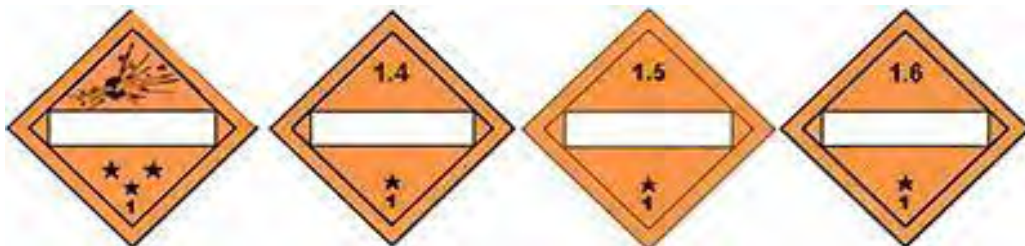


Figura 1.2 Simbología de carteles para MPs, clase 1, según su división.

Fuente: NOM-004-SCT/2008.



Figura 1.3 Simbología de carteles para MPs, clase 2, según su división.

Fuente: NOM-004-SCT/2008.



Figura 1.4 Simbología de carteles para MPs, clase 3.

Fuente: NOM-004-SCT/2008.



Figura 1.5 Simbología de carteles para MPs, clase 4, según su división.

Fuente: NOM-004-SCT/2008.



Figura 1.6 Simbología de carteles para MPs, clase 5, según su división

Fuente: NOM-004-SCT/2008.



Figura 1.7 Simbología de carteles para MPs, clase 6, según su división

Fuente: NOM-004-SCT/2008.



Figura 1.8 Simbología de carteles para MPs, clase 7

Fuente: NOM-004-SCT/2008.



Figura 1.9 Simbología de carteles para MPs, clase 8

Fuente: NOM-004-SCT/2008.

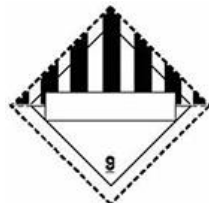


Figura 1.10 Simbología de carteles para MPs, clase 9

Fuente: NOM-004-SCT/2008.

1.4.2 Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego (NFPA)

Por su parte, la Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego, NFPA por sus siglas en inglés, estableció un sistema de identificación de materiales peligrosos en código denominado NFPA 704 o diamante de materiales peligrosos (NFPA, 2013), (Ver Figura 1.11). En esta simbología, las cuatro divisiones tienen colores asociados con un significado; el azul hace referencia a los peligros para la salud, el rojo indica la amenaza de inflamabilidad y el amarillo el peligro por reactividad, es decir la inestabilidad del producto. A estas tres divisiones se les asigna un número de 0 (no existe peligro) a 4 (peligro máximo).

Por su parte, en la sección blanca puede haber indicaciones especiales para algunos materiales.



Figura 1.11 Rombo NFPA

Fuente: <http://matpelfranrod.blogspot.mx>, 2008.

Esta clasificación no es obligatoria en el transporte de MPs, solo en el caso de almacenamiento, pero es complementaria y recurrentemente es utilizada con la simbología de nueve divisiones.

1.4.3 Guía de Respuesta en Caso de Emergencia

En el 2004 la autoridad de vialidades y protección ambiental de Canadá, Estados Unidos de Norteamérica y México, denominados Comité de Expertos en Transporte de Mercancías Peligrosas, lanzaron la “Guía de Respuesta en Caso de Emergencias” (US DOT 2008). La más reciente edición es correspondiente al año 2008, dicha publicación enlista los materiales peligrosos conforme a la numeración de la ONU (Organización de las Naciones Unidas), UN por sus siglas en inglés, clave que identifica cada material peligroso conocido.

Esta guía está dirigida a los cuerpos de respuesta; en el caso de México principalmente para 3 entidades: la Dirección General de Protección Civil, el H. Cuerpo de Bomberos de la región y el Departamento de Policía, tanto estatal como municipal.

Esta guía es una manera práctica de conocer el procedimiento en caso de emergencia en el manejo de MPs, parte importante son las indicaciones que brinda acerca de las distancias mínimas de evacuación por cada tipo de sustancia en distintos escenarios. Dentro de la

guía esta información corresponde a la Tabla 1 Distancias de Aislamiento Inicial y Acción Protectora. La Figura 1.12, muestra los conceptos básicos utilizados en las acciones planteadas en la guía de respuesta en caso de emergencia.

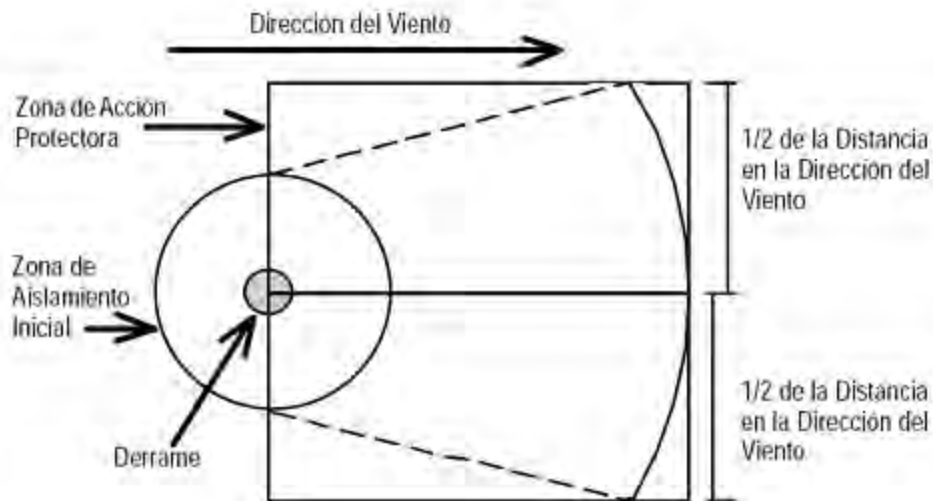


Figura 1.12 Zona de Evacuación en caso de fuga o derrame

Fuente: Guía de respuesta en caso de emergencia, 2008.

Con un panorama general de los tipos de materiales peligrosos es necesaria la selección de un material o un grupo de materiales, con el fin de conocer su distribución física y el peligro de su transporte en la ZMVM.

1.5 Análisis de bases de datos de accidentes de materiales peligrosos

El análisis de datos históricos es útil para identificar los materiales que tienen tendencia a sufrir más accidentes (Ronza, 2007). Fueron analizadas tres bases de datos distintas y un informe técnico, para determinar el material en el que enfocar el estudio del transporte de mercancías peligrosas.

Gracias al Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales, que pertenece a la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Residuos Peligrosos de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) se obtuvieron dos bases de datos para su correspondiente análisis.

La base de datos ACARMEX (Accidentes Carreteros en México) (COATEA, 2011) contiene información de los accidentes durante el período 2000-2004 en carreteras federales del país. Esta base de datos inició como un proyecto por parte del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). En 2004 pasó a ser responsabilidad de la SCT. La actualización no se ha realizado.

La base de datos ACQUIM (**A**ccidentes **Q**uímicos) (COATEA, 2011) está constituida por los reportes de accidentes de origen de fenómeno químico, que envía la Dirección General de Protección Civil de la Dirección de Administración de Emergencias, así como de otras fuentes periodísticas. La recopilación de los reportes contiene información del período 2000 - 2005.

La Subdirección de Inspección Industrial de PROFEPA, lleva un reporte de las emergencias químicas en el país. A esta dependencia se le solicitó el registro en el periodo comprendido entre los años 2000 y 2011, para las entidades de Hidalgo, Estado de México y Distrito Federal (PROFEPA, 2011).

Además se consultó el inventario nacional de sustancias peligrosas en almacenamiento reportado en el documento: "Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México", de CENAPRED, (Izcapa, 2003), donde se visualiza la cantidad y tipos de materiales peligrosos que se encuentran en cada una de las entidades federativas del país para el año 2003.

1.5.1 **ACARMEX (accidentes carreteros)**

Durante el período 2000-2004, fueron reportados a esta base de datos 1,131 accidentes carreteros, los cuales involucraban MPs (COATEA, 2011).

En la Figura 1.13, se pueden observar los resultados gráficos del análisis de la información de ACARMEX. Los principales grupos de sustancias involucradas en accidentes son: líquidos inflamables con el 48%, le sigue con un 27 % el grupo de los gases inflamables, lo que representa el 75% de accidentes de sustancias inflamables presumiblemente hidrocarburos.

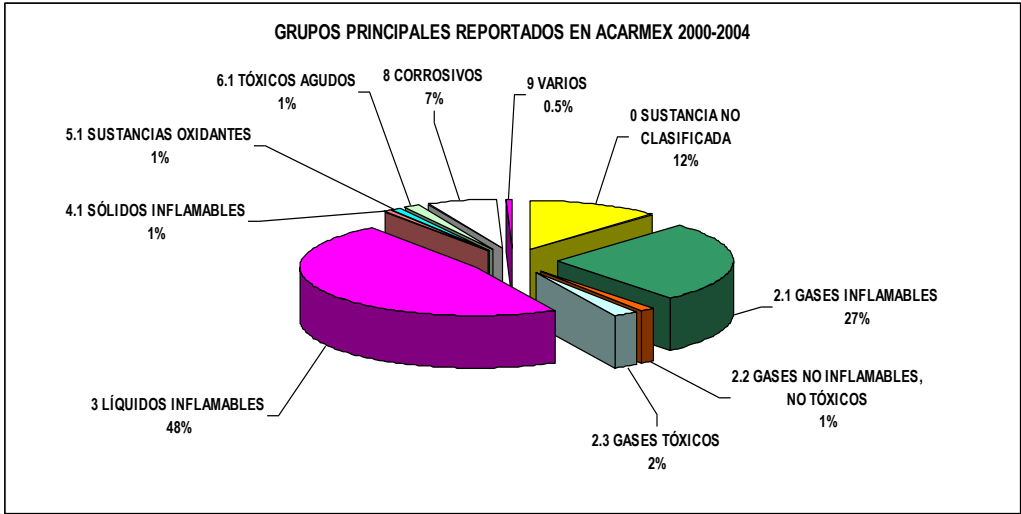


Figura 1.13 Grupos principales de sustancias reportados por ACARMEX

Fuente: COATEA, 2011.

Es notorio que los combustibles hidrocarburos son los materiales que más accidentes sufren, esto es por la alta rotación de estos productos y su consecuente transporte.

En la misma Figura 1.13 se observa que los primeros dos puestos en número de accidentes corresponden a combustibles fósiles y derivados, y en el tercer lugar se hayan las sustancias corrosivas con el 7 %, de los accidentes en este periodo. El grupo de corrosivos con esta participación es representativo en el total de accidentes carreteros.

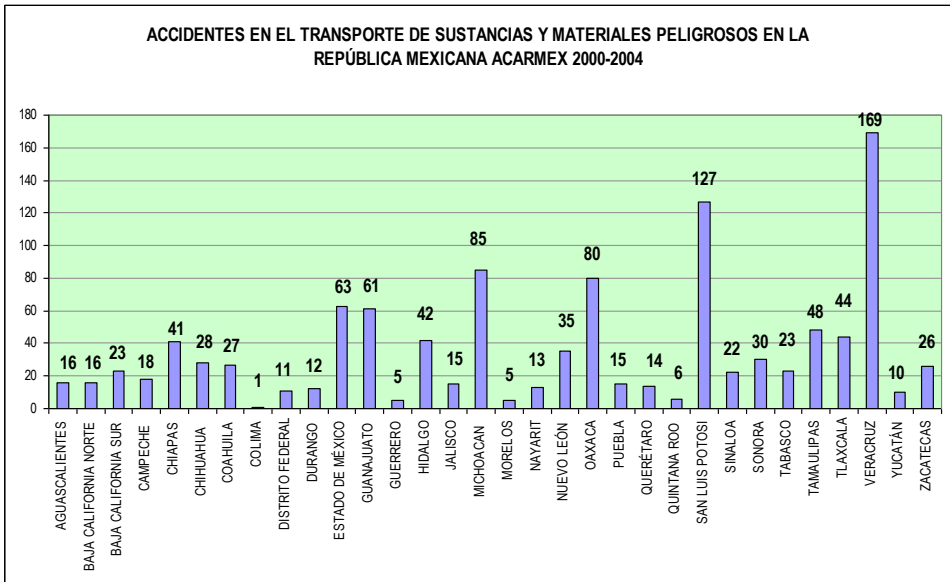


Figura 1.14 Ubicación por entidad federativa de accidentes ACARMEX

Fuente: COATEA, 2011

En la Figura 1.14 se muestra la distribución de accidentes en los estados del país. Esta información solo toma en cuenta accidentes ocurridos en carreteras federales y no precisa la ubicación por municipio de dichos sucesos. Es notorio que los estados que conforman la ZMVM, Distrito Federal, Estado de México e Hidalgo, en su conjunto tienen reportados 116 accidentes, lo que representa el 9.76% de los accidentes totales.

La Figura 1.15 se muestran los tipos de los accidentes, donde las volcaduras representan el 28%. Cuando existe volcadura pueden ocurrir tres situaciones: explosión, derrame tras volcadura y que el contenedor del material peligroso sea lo suficientemente resistente para no liberar el material al medio.

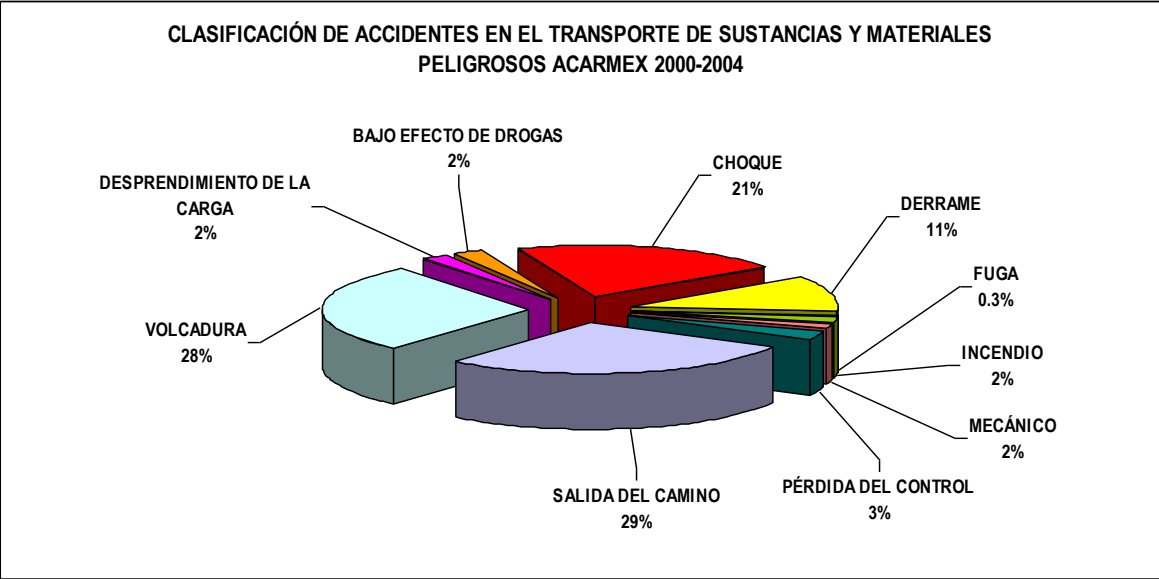


Figura 1.15 Clasificación de accidentes en el transporte de materiales peligrosos

Fuente: COATEA, 2011.

La base de datos contiene también las principales causas de los accidentes, ya sean naturales, del operador o mecánicas, cuyo análisis sale del alcance de este estudio.

1.5.1 ACQUIM (accidentes químicos)

Para ACQUIM durante el periodo 2000 al 2003 la principal fuente de información la constituye la información periodística, y en los siguientes años la componen los reportes de casos relevantes de Protección Civil en la República Mexicana (COATEA, 2011).

Los campos principales de captura de los reportes de accidentes en la base de datos ACQUIM son los siguientes:

- Fecha del accidente.
- Estado.
- Hora de inicio y término.
- Consecuencias.
- Causas.
- Sustancia y volumen.
- Daños físicos y muertes.

Por lo tanto, este estudio se basa en el análisis de 1,546 accidentes distribuidos en el periodo, como se observa en el

Cuadro 1.

Cuadro 1 Accidentes químicos por año, de acuerdo a ACQUIM

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Accidentes	58	113	172	448	464	291

Fuente: Elaboración propia con base en COATEA, 2011

Como se mencionó anteriormente las fuentes principales de información de la base de datos ACQUIM son los reportes de accidentes de la Coordinación de Protección Civil (73%), Internet/periódico (25%) y Comisión Nacional de Incendios Forestales (CONAFOR) (2%).

En la Figura 1.16 se presentan el número de accidentes por cada estado de la República Mexicana.

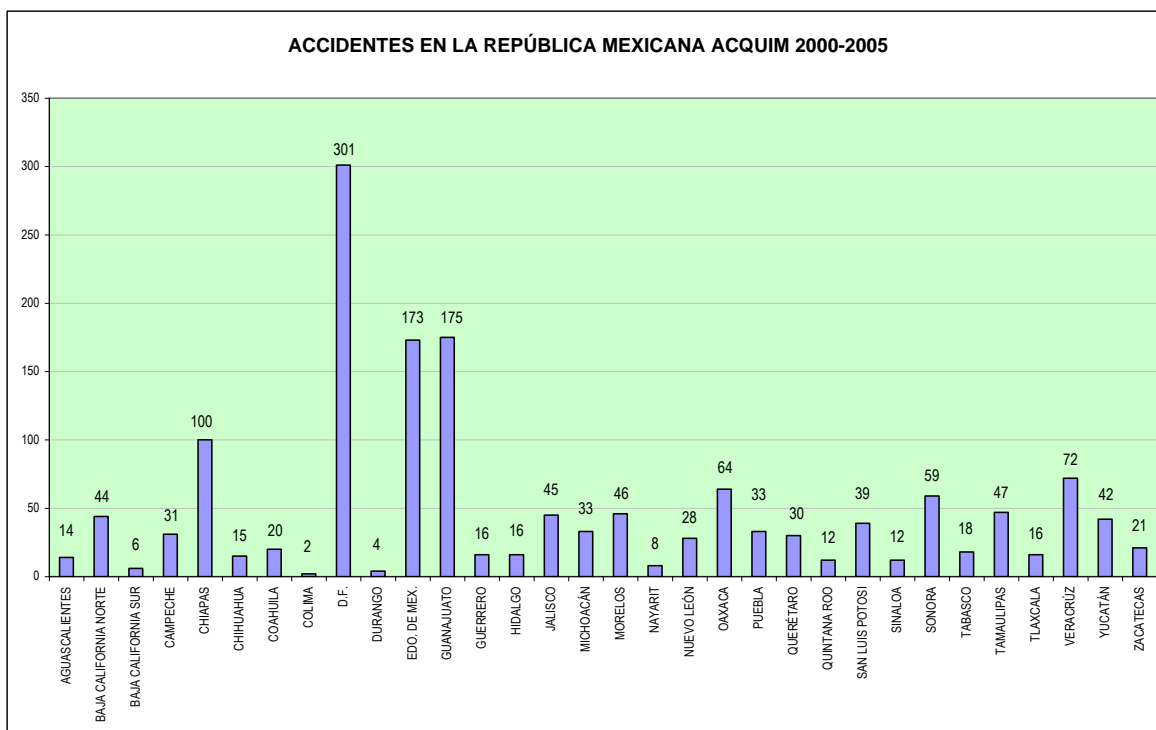


Figura 1.16 Número de accidentes correspondientes a cada estado de la República Mexicana ACQUIM 2000-2005

Fuente: Elaboración propia con base en COATEA, 2011

En este caso los accidentes correspondientes a la ZMVM son 490. Al no tratarse únicamente de accidentes carreteros, sino de accidentes que involucran sustancias peligrosas, los accidentes en escenarios urbanos toman una mayor importancia. Un poco más del 31% de accidentes ocurren en la zona de estudio, bajo el supuesto que los accidentes de Estado de México e Hidalgo sucedieron en los municipios de la ZMVM, debido a que la base ACQUIM no cuenta con localización puntual de los sucesos.

La parte sustancial de esta base de datos es que contiene las principales sustancias químicas involucradas en los accidentes, para tal efecto éstas son clasificadas en nueve grupos (Ver Cuadro 2).

Cuadro 2 Clasificación de MPs por grupo, ACQUIM

Ácidos	Ácido clorhídrico, Ácido esteárico, Ácido fosfórico, Ácido monocloroacético, Ácido muriático, Ácido nítrico, Ácido sulfúrico, Ácido tereftálico, Ácido tricloroisocianúrico.
Alcoholes	Alcohol etílico, Alcohol feniletílico, Isopropanol, Metanol, Propanol.
Bases	Cianuro de sodio, Hidróxido de potasio, Hidróxido de sodio, Hipoclorito de sodio.
Explosivos	Dinamita, Pirotécnicos, Pólvora, Clorato de potasio.
Fertilizantes	Nitrato de amonio, Nitrato de potasio, Fertilizantes.
Hidrocarburos	Aceite de petróleo, Asfalto, Butano, Chapopote, Ciclo hexano, Combustible, Combustóleo, Condensado de hidrocarburo, Crudo, Diésel, Etano, Etileno, Etilmercaptano, Gas amargo, Gas hidrocarburo, Gas propileno, Gasóleo ligero, Gasolina, Hexano, Metano, Petróleo, Propano, Tolueno, Turbosina, Xileno.
Otros	Peróxido de hidrogeno, Aceite vegetal, Acetato de cromo 3, Acetato de etilo, Acetato de vinilo, Acrilato de etilo, Bifenilos policlorados, Carburo de calcio, Cloruro de metileno, Copolímero de acrilamida, Desechos industriales, Mercurio, Metiliterbutileter, Monómero de estireno, Monómero de etileno, Polietileno, Sulfato de calcio, Solventes, Tripolifosfato de sodio.
Otros gases	Bióxido de carbono, Dióxido de azufre, Disulfuro de carbono, Gas lacrimógeno, Gas sulfuro de hidrogeno, Hidrogeno, Monóxido de carbono, Nitrógeno, Óxido de etileno, Oxígeno.
Radioactivos	Desechos radioactivos, Iridio 192, Tecnecio 99, Uranio.

Fuente: Elaboración propia con base en COATEA, 2011

Las siguientes sustancias se consideran de mayor relevancia debido a su mayor número de accidentes registrados: Amoniaco, Azufre, Cloro, Gas L.P., Gas Natural.

Según la clasificación del Cuadro 2, los accidentes en el periodo 200-2005 se componen como lo muestra la Figura 1.17, donde el grupo de los hidrocarburos tiene el mayor porcentaje, con un 32%, en segundo lugar está el gas L.P. con 22% y en tercera posición, los explosivos con 13%. En las últimas posiciones aparecen fertilizantes, cloro, azufre y radioactivos, con un 1%.

De nuevo se resalta el grupo de ácidos (corrosivos), ya que juegan un papel representativo en la base de datos, con la participación del 5%. La presencia de este grupo de MPs es de importancia para análisis de la ACQUIM.

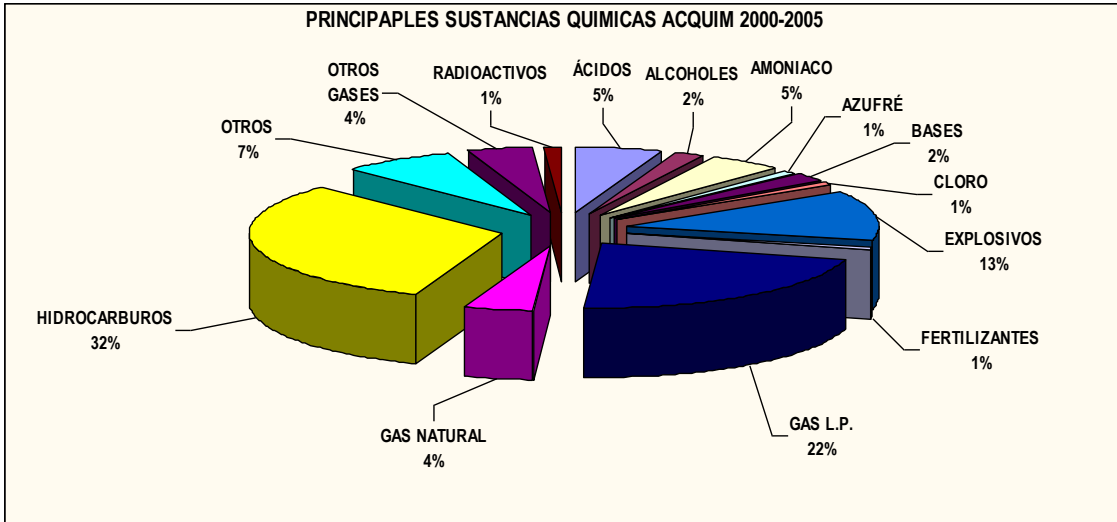


Figura 1.17 Distribución porcentual de los grupos principales de sustancias químicas en ACQUIM 2000-2005

Fuente: COATEA, 2011

En la Figura 1.18 se muestran las causas de los accidentes reportados. Se atribuye un 48% por causa desconocida, la cual indica la falta de investigación y análisis del accidente; es importante mencionar que el conocer la causa, es un primer antecedente para el estudio de prevención de accidentes.

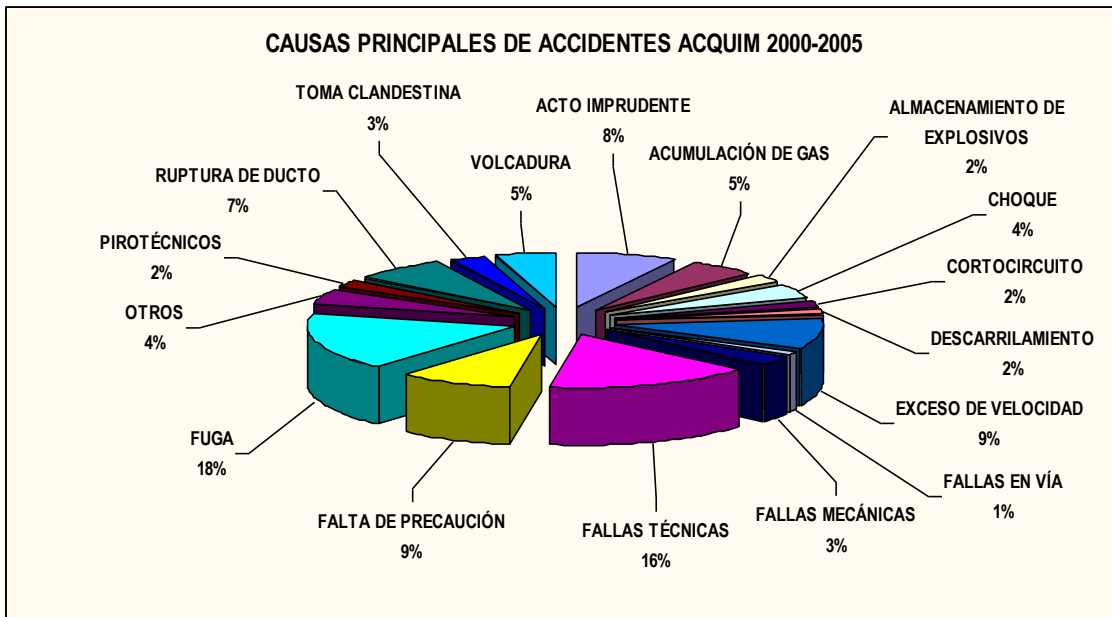


Figura 1.18 Causas principales de accidentes base de datos ACQUIM 2000-2005

Fuente: COATEA, 2011

La base ACQUIM no tiene datos públicos después del 2005, la responsabilidad de dicha base recae en la ANIQ, Asociación Nacional de la Industria Química, a la cual se le solicitó información actualizada sobre accidentes, sin haber tenido respuesta.

1.5.1 PROFEPA (accidentes urbanos)

Durante el periodo 2000-2011, la PROFEPA a través de la Subdirección de Inspección Industrial reportó 221 accidentes para los municipios y delegaciones que conforman la ZMVM (PROFEPA, 2011).

Algunos campos de importancia en la base de datos son:

- Fecha.
- Tipo de Emergencia.
- Sustancia.
- Municipio.
- Tipo de transporte.

La distribución por modo de transporte, de los accidentes que involucran MPs, se muestra en el Cuadro 3

Cuadro 3 Accidentes por modo de transporte, PROFEPA

Tipo de transporte	Distrito federal	Hidalgo	Estado de México	Total general
Carretero	24	48	76	148
Ducto	19	34	18	71
Ferrovionario	-	1	-	1
Otro	1	-	-	1
Total general	44	83	94	221

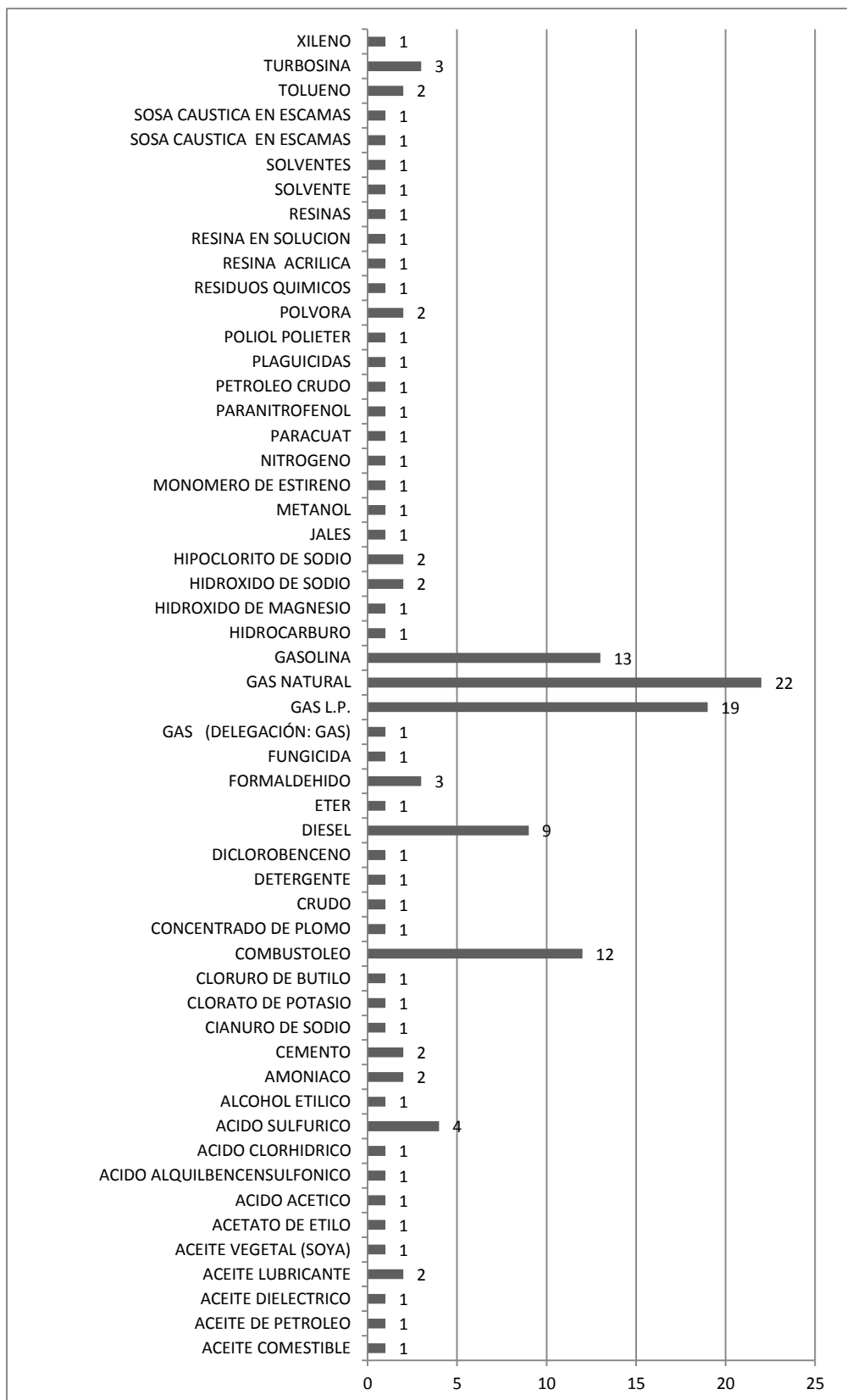
Fuente: elaboración propia con base en PROFEPA (2011)

En este caso las sustancias se reportaron individualmente como se puede ver en el Cuadro 4. De nuevo los hidrocarburos son las sustancias con mayor número de accidentes: gasolina, gas natural, gas licuado de petróleo, diésel, combustóleo y turbosina, todos ellos juntos representan el 67%.

Como caso particular se presenta el ácido sulfúrico con seis accidentes los cuales corresponden en cinco ocasiones a derrames y en uno a fuga, dos de ellos en el estado de Hidalgo y cuatro más en el Estado de México. Dentro de la familia de ácidos, el ácido clorhídrico presenta un solo accidente reportado, éste sucedió en la Delegación Azcapotzalco del Distrito Federal, en forma de derrame.

Resaltar que se presentan siete tipos distintos de ácidos con accidentes, con 12 sucesos, lo cual representa el 5.4% del total de accidentes.

Cuadro 4 Accidentes por MP PROFEPA



Fuente:
PROFEPA,
2011

1.6 Relevancia de los ácidos en los accidentes

Es obvio que los hidrocarburos, ya sean líquidos o gases inflamables, son el grupo de MPs que predomina en los accidentes, pero como se ha mencionado ya, estos materiales han sido objeto de estudios específicos, Macías, (2008); Lozano, (2010); Muñoz, (2012).

Por otro lado, el grupo de los explosivos tiene un control casi total por parte de las fuerzas militares, lo cual dificultaría en gran medida un estudio sobre su transporte.

En dos de las tres bases analizadas (ACARMEX, PROFEPA), el grupo de ácidos (corrosivos) se presenta en segundo lugar conforme al total de accidentes, mientras que en una tercera base de datos (ACQUIM) ocupa el lugar número tres, lo que lleva a tomar al grupo de ácidos como sustancias de interés en el presente estudio. Además, no se conocen estudios al momento de análisis sobre la manera en que estos materiales se distribuyen y mueven por la ZMVM.

Además en el Informe Técnico de CENAPRED *“Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México”* (Arcos, 2003), se realizó el análisis de las sustancias químicas que se manejan en grandes volúmenes en México, obteniendo como resultado que las principales sustancias químicas peligrosas almacenadas en mayor volumen son: los hidrocarburos, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio, amoníaco, cloro, solventes, alcoholes, gas L.P, nitrógeno e hidrógeno entre otras. Los estados de la República Mexicana que tienen mayor número y volumen de sustancias almacenadas son: Estado de México, Nuevo León, Veracruz, Tamaulipas, Jalisco, Coahuila, Distrito Federal, Querétaro y Puebla.

Dado que el grupo de ácidos es amplio en sus características y variedades, fueron seleccionados dos de los mayormente utilizados por la industria (Arcos, 2003), el ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico.

2. Transporte de ácidos en la ZMVM

Una vez definidas las sustancias para análisis de transporte conviene conocer las características básicas de las mismas; así como listar las empresas oferentes y demandantes presentes en la ZMVM, las prácticas de distribución, y la oferta y la demanda estimadas bajo parámetros de licitaciones públicas en internet.

También se describen los requisitos para el transporte, tales como tipo de embalaje, cantidades a transportar y diversas concentraciones industriales de ácidos utilizadas.

2.1 Propiedades de ácidos

A continuación se enumeran las principales características de los ácidos seleccionados, información basada en (Arcos, 2003).

2.1.1 Ácido Clorhídrico

De fórmula química *HCl*, con un peso molecular de 36.46 g/mol. El ácido clorhídrico es una disolución acuosa de cloruro de hidrógeno, también conocido con el nombre de ácido muriático. Es un líquido de color amarillo (por presencia de trazas de fierro, cloro o materia orgánica) o incoloro con un olor penetrante.

Reactividad: Reacciona vigorosamente con álcalis, aminas, cobre y sus aleaciones, hidróxidos, zinc y materiales orgánicos. Genera gran cantidad de calor cuando se disuelve en agua y muchas otras sustancias.

Reacciona con oxidantes formando gas cloro. En solución es altamente corrosivo para muchos metales, reaccionando con los mismos, lo que puede producir gas hidrógeno el cual es muy inflamable. Puede causar explosión, fuego o reaccionar violentamente en contacto con anhídrido acético, aluminio, amoníaco, hidróxido de amonio, carburos metálicos, ácido sulfúrico, óxido de propileno y sodio entre otros.

Riesgo de fuego: No es inflamable. Cuando se calienta a descomposición se forma gas cloro tóxico e hidrógeno gaseoso inflamable.

Riesgo a la salud: Es corrosivo para la piel, ojos, nariz, membranas mucosas, tracto respiratorio e intestinal cuando ocurre exposición a más de 5 ppm (partes por millón). Puede ser fatal cuando se inhala, el contacto con la piel causa quemaduras y daño severo. El contacto con los ojos produce daño a la córnea.

2.1.2 Ácido Sulfúrico

De fórmula química H_2SO_4 , con peso molecular de 98.08 g/mol. El ácido sulfúrico es un líquido aceitoso incoloro e inodoro, altamente corrosivo, también conocido como Aceite de vitriolo.

Reactividad: Reacciona violentamente con el agua o alcohol liberando una gran cantidad de calor.

Puede disolver muchos materiales orgánicos. Puede reaccionar explosivamente con anhídrido acético, acrilonitrilo, acetonitrilo, hidróxido de amonio, carburos, cloratos, ácido clorhídrico, hierro, fósforo, metales en polvo, percloratos, óxido de propileno, sodio y sus compuestos y acetato de vinilo entre otros.

Riesgo de fuego: No es inflamable, pero puede encender otros materiales combustibles. Cuando se calienta a descomposición emite humos tóxicos e irritantes de óxido de azufre.

Riesgo a la salud: Es corrosivo a la piel, ojos, nariz, membranas mucosas, tracto respiratorio y gastrointestinal. Puede causar severas quemaduras con necrosis y cicatrices permanentes.

Las características fisicoquímicas de ambos ácidos, así como las medidas en caso de emergencia se engloban en las hojas de seguridad del **Anexo 1**.

2.2 Empresas oferentes y demandantes de ácidos en la ZMVM

Dentro de la ZMVM existen zonas industriales, concentradas en la frontera norte del Distrito Federal y el Estado de México. Es necesario conocer los usos más comunes de los ácidos, para la identificación de los puntos donde se demandan estas sustancias en la ZMVM, así como aquellos puntos que ofertan las mismas.

2.2.1 Uso

Cada uno de los distintos ácidos son utilizados en procesos productivos diferentes, por ello es conveniente conocer los principales usos de cada tipo de sustancia, a fin de identificar las empresas involucradas en el mercado de ácidos.

Ácido Clorhídrico: Síntesis química, procesamiento de alimentos (jarabe de maíz, glutamato de sodio), acidificación (activación) de pozos de petróleo, reducción de minerales, decapado y limpiado de metales, acidificante industrial, limpieza en general, membranas en plantas de desalinización, pulpa, papel, celulosa desnaturalizante de alcohol

Ácido Sulfúrico: En la manufactura de fosfato y sulfato de amonio. Otros usos importantes incluyen la producción de rayón y fibras textiles, pigmentos inorgánicos, explosivos, alcoholes, plásticos, tintas, drogas, detergentes sintéticos, caucho sintético y natural, catalizadores. Es usado en la refinación del petróleo, acero y otros metales. En electroplateado y como reactivo de laboratorio.

2.2.2 Oferta y Demanda en la ZMVM

Fueron consultadas la “Guía de la Industria Química” Edición 2011, (Cosmos, 2011), así como de los siguientes buscadores industriales en internet:

- <http://www.quiminet.com>
- <http://www.eindustria.com>
- <http://www.cosmos.com.mx/>
- <http://www.quimpac.com>
- <http://spanish.alibaba.com>

Se obtuvieron los puntos de oferta en la ZMVM, empresas dedicadas a la elaboración y comercialización de ácidos. En el Cuadro 5 se muestran las razones sociales de los oferentes, tanto de ácidos individuales como aquellos que ofrecen ambos ácidos.

En el **Anexo 2** se listan los datos generales de todas las empresas involucradas en el estudio, tanto oferentes como demandantes.

Cuadro 5 Proveedores de ácidos

Ácido clorhídrico	Ambos ácidos
Ácidos y solventes, S.A. de C.V.	Abastecedora de productos Vallejo, S.A. de C.V
Almacén de drogas la paz, S.A. de C.V., ALDROPAZ	Abaquim, S.A.
Central de drogas, S.A. de C.V. CEDROSA	Alkem industrias, S.A. de C.V.
Clorobencenos, S.A. de C.V.	Alquimia mexicana, S. De R.L.
Especialidades PDV, S.A. de C.V.	Avantor performance materials, S.A. de C.V.
Hiperquim, S.A. de C.V.	Cámara Suarez, S.A. de C.V.
I.q. Arrecife, S.A. de C.V.	Cía. Química industrial Neumann, S.A. de C.V.
Industrias químicas Sepmont, S.A. de C.V. IQSSA	Cloro internacional, S.A. de C.V.
Polaquimia, S.A. de C.V.	Galvanoquímica mexicana, S.A. de C.V.
Praxair México	Grupo Tanya, S.A. de C.V.
Quimera especialidades, S.A. de C.V.	Herschi Trading
Rot química, S.A. de C.V.	Lagsom Química, S.A. de C.V.
Sales química, S.A. de C.V.	Manuchar internacional
Tensos, S.A. de C.V.	Mardi, inc.
	NIQUEL Y DERIVADOS, S.A. DE C.V.
Ácido sulfúrico	Productos químicos Monterrey, S.A. de C.V.
Acido de México, S.A. de C.V.	Productos químicos MARDUPOL, S.A. de C.V.
Casa Holck, , S.A.	Proveedora de productos químicos, S.A. de C.V.
Cía. Tratamiento de cobre y sulfato	Qr minerales, S.A. de C.V.
Distribuidora química Lufra	Química Richter, S.A. de C.V.
El Crisol, S.A. de C.V.	Química Cosmos, S.A. de C.V.
Larkem química, s. de R.L.	Química integral de México, S.A. de C.V.
Productos industriales SAAR, S.A. de C.V.	Química Pima, S.A. de C.V.
Reactivos y productos químicos finos, S.A. de C.V.	Química Treza, S.A. de C.V.
Valno, S.A. de C.V.	Servical mexicana, S.A. de C.V.
	RAW MATERIAL CORPORATION, S.A. DE C.V.

Fuente: Elaboración propia con base en COSMOS 2011

Los puntos de demanda se investigaron en función de los usos comerciales comunes de ambos ácidos, también mediante buscadores industriales en internet. Se identificaron los puntos consumo de ácidos, clasificados según tipo de sustancia y uso.

El ácido clorhídrico tiene usos comunes en las industrias petrolera y minera. Dado que en la ZMVM dichas actividades no son llevadas a cabo, se identificaron los puntos de demanda mostrados en el Cuadro 6, considerando que para la industria de artículos de limpieza se emplean ambos tipos de sustancias (Ver Cuadro 8).

Cuadro 6 Demandantes ácido clorhídrico

Desnaturalizante de alcohol
Gremco, S.A. de C.V.
Procesamiento de alimentos
Conservas la Costeña, Novoa 41
Conservas la Costeña
Conservas La Costeña, S.A. de C.V.
Steele o Celanese
Pulpa, papel
Kimberly-Clark de México, S.A.B. De C.V. Ecatepec
Kimberly-Clark De México, S.A.B. De C.V. Teoloyucan
Grupo papelerero Scribe, S.A. de C.V., Ecatepec
Grupo papelerero Scribe, S.A. de C.V., Naucalpan

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del ácido sulfúrico, los puntos de demandas presentan una variedad mayor (Ver Cuadro 7); existen seis diferentes giros industriales que recurren a estas sustancias. Se encontraron 24 empresas consideradas demandantes de ácido sulfúrico, que se suman a las cinco empresas que solicitan los dos tipos de ácidos.

Cuadro 7 Demandantes ácido sulfúrico

Baterías
Acumuladores Anáhuac
Jonhson Controls
Caucho
Químicos y polímeros Corporation, S.A. de C.V.
Unimat de México, S.A. de C.V.
Colorsil, S.A. de C.V.
Compañía Hulera Nacional del Centro, S.A. de C.V.
Disan México, S.A de C.V.
Productos de Hule Valmar, S.A. de C.V.
Ramson Elastomeros, S.A. de C.V.
Pigmentos inorgánicos
Ameripol Chemical, S.A. de C.V.
Danamart Chemicals de México
Promotora Industrial Química, S.A. de C.V. GRUPO PIQSA
Básicos para Recubrimientos, S.A. de C.V. Baresa
Chemical color de México, s.a.
Colorantes Roji, S.A. de C.V.
Rayón y fibras textiles
Martex Potosí, S.A. de C.V
Deiman, S.A. de C.V.
Distribuidora de Productos Químicos Diproquim
Inquimia, S.A. de C.V.
Pigmentos Químicos, S.A. de C.V.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 8 Demandantes de ambos ácidos

Limpieza en general, detergentes sintéticos
Henkel Capital S.A. de C.V.
Colgate Palmolive, S.A. de C.V.
Fábrica de Jabón La Corona S.A. de C.V.
Sc Johnson
Procter & Gamble Manufactura, S. De R.L. de C.V.

Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Prácticas comerciales

Para cada tipo de sustancia existen diferentes concentraciones que se pueden poner a la venta, las variantes son directamente relacionadas con el tipo de industria. Las diferentes concentraciones se pueden observar en el Cuadro 9.

Cuadro 9 Concentraciones de ácidos

Sustancia	HCL	H2SO4
Concentración	Ácido clorhídrico Ácido clorhídrico concentrado Ácido clorhídrico grado alimentario Ácido clorhídrico grado reactivo Ácido clorhídrico inhibido Ácido clorhídrico molar Ácido clorhídrico muriático Ácido clorhídrico solución Ácido clorhídrico normal o fraccional	Ácido sulfúrico fumante (óleum) Ácido sulfúrico grado alimenticio Ácido sulfúrico grado batería Ácido sulfúrico grado reactivo Ácido sulfúrico inhibido

Fuente: Elaboración propia con base en COSMOS 2011

Para efecto del presente trabajo, se selecciona sólo una concentración por cada ácido, esto debido a que las empresas industriales identificadas en la ZMVM a excepción del procesamiento de alimentos y la fabricación de baterías, utilizan las concentraciones comerciales estándar, las cuales son ácido clorhídrico 30-32% y ácido sulfúrico al 98%.

El acceso a la información de las licitaciones de ambas sustancias, fue realizado mediante los buscadores industriales en internet citados en el apartado 2.2.2. En dichas licitaciones se especifican los periodos, cantidades y concentraciones de ácidos requeridos por tipo de industria, no se listan los nombres de las empresas ya que esta información se considera secreto industrial.

Se puede notar en dichas licitaciones que, los pedidos encargados se realizan frecuentemente en unidades de peso, kilogramos (kg) o toneladas métricas (ton), y en menor medida en unidades de volumen como litros (l). Generalmente la frecuencia de los pedidos es semanal, aunque también se encuentran pedidos mensuales o únicos.

Por otro lado, las empresas productoras ofrecen sus productos en distintas presentaciones de cantidad. A granel, donde también se ofrece el servicio de transporte o se usa transporte propio o subcontratado del demandante. Se ofrecen también empaques y embalajes estándar como son: bidones o porrones de 25 y 30 kg, tambos y bidones de 250 kg, "Hoover Drums" de 1,160 kg (tanque plástico instalado dentro de una estructura metálica, malla y base soporte, que permite su transporte con montacargas). Todas estas presentaciones

deben estar convenientemente aseguradas, y etiquetadas de acuerdo a normas internacionales (Quimipac, 2013).

2.3 Características del transporte de ácidos

Al tratarse de materiales peligrosos, el transporte de estas sustancias debe estar bajo la regulación mencionada en el Capítulo 1; específicamente para el caso de los ácidos, se detallan los requisitos a continuación.

El ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico son incompatibles, esto quiere decir que no deben ser transportados juntos, (NOM-002-SCT/2011).

Ambos ácidos a granel son transportados en camiones pipa de acero revestido o acero inoxidable, de acuerdo a la legislación internacional, según se muestra en la Figura 2.1.



Figura 2.1 Pipa para el transporte de ácidos

Fuente: US DOT, 2008.

El ácido clorhídrico a granel, para grandes cantidades, superando los 1,200 kg, deberá ser transportado en camiones pipas de acero al carbón con recubrimiento interior, en caso de menores cantidades los envases deberán ser de FRP fibra de vidrio reforzada con poliéster. Todas las presentaciones deberán portar la simbología requerida por normas internacionales (ver Figura 2.2).

El ácido sulfúrico a granel deberá ser transportado en camiones pipas de acero inoxidable; en presentaciones de menor tamaño se permite PVC, fibra de vidrio, e incluso el vidrio, todo debidamente identificado (ver Figura 2.3).

Para ambas sustancias, en el caso de transporte en pipa, se deberá realizar al menos una prueba hidrostática cada 5 años. Mientras que para todos los recipientes retornables, una vez vacíos, deberán drenarse perfectamente colocándoles las tapas y tapones en su sitio, asegurándose de que cuenten con sus respectivos empaques. La parte inferior de los tambores o barriles retornables no deberá lavarse (US DOT, 2008).

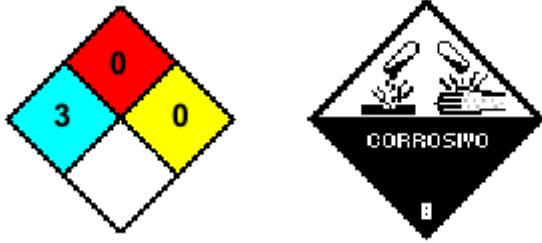


Figura 2.2 Simbología para el transporte de Ácido Clorhídrico

Fuente: CISPROQUIM, 2005



Figura 2.3 Simbología para el transporte de Ácido Sulfúrico

Fuente: CISPROQUIM, 2005

En la “Guía de Respuesta en Caso de Emergencia” (US DOT, 2008), se indican distancias de seguridad en caso de derrame o incendio, para ambos ácidos; se estipula la misma distancia de aislamiento con 800 metros en el caso de incendio, y 50 metros en el caso de fuga.

3. El problema de transporte

Este capítulo abarca las teorías de la investigación de operaciones con respecto a los problemas de transporte, para envío de mercancías entre orígenes y destinos a costo mínimo. En la primera parte se presenta el Problemas de Transporte, así como sus técnicas de solución. En la segunda parte se dan a conocer las características de los Sistemas de Información Geográfica en general, así como aquellos que son orientados al transporte, donde además se presentan algunas de las características del programa TransCAD, software utilizado en la presente tesis.

3.1 Problema de transporte

El transporte es una de las actividades económicas y sociales más importantes del hombre. La operación y la planeación del transporte han llegado a ser tan complejas que se requiere de la modelación matemática y de la tecnología para poder llevarlas a cabo de la mejor manera. Una de las herramientas matemáticas utilizadas para estudiar las operaciones asociadas al transporte es la Teoría de Redes.

3.1.1 Definiciones de Redes

Una red consta de un conjunto de nodos conectados por arcos. La notación estándar para describir una red G es $G = (N, A)$, donde N es el conjunto de nodos y A es el conjunto de arcos.

En general, el flujo en un arco está limitado por su capacidad que puede ser finita o infinita. Se dice que un arco está dirigido u orientado si permite un flujo positivo en una dirección y cero flujo en la dirección opuesta. Una red dirigida es una red con todos sus arcos dirigidos.

Una trayectoria es una secuencia de arcos distintos que conectan dos nodos sin considerar la orientación de los arcos individuales. Una trayectoria forma un lazo (ciclo) si conecta un nodo consigo mismo. Un lazo dirigido es un lazo donde todos los arcos tienen la misma dirección. Una red conectada es una red donde cada dos nodos distintos están conectados por una trayectoria. Un árbol es una red conectada que puede constar sólo de un subconjunto de los nodos sin lazos, es una estructura jerárquica aplicada sobre una colección de nodos; uno de los cuales es conocido como raíz. Además se crea una relación de parentesco entre los nodos dando lugar a términos como padre, hijo, sucesor, ancestro, etc.

Un árbol T es un árbol expandido de G , si T es un subgrafo expandido de G

Un árbol expandido de $G = (N, A)$, tiene $n-1$ arcos.

3.1.2 El Problema de Transporte o de Hitchcock

El Problema de Transporte busca elegir un plan óptimo de envío de una mercancía desde varios orígenes (por ejemplo, plantas de producción) a varios destinos (por ejemplo, centros de almacenamiento o consumo) de forma que el costo sea mínimo (Taha, 1994). Entre los datos del modelo se encuentran:

- El nivel de oferta en cada fuente y la cantidad de la demanda en cada destino
- El costo de transporte unitario de la mercancía de cada origen a cada destino

Como sólo hay una mercancía, un destino puede recibir su demanda de una o más fuentes. El objetivo del modelo es determinar la cantidad que se enviará de cada fuente a cada destino, de modo que el costo de la operación total sea el mínimo. La suposición básica del modelo es que el costo del transporte en una ruta es directamente proporcional al número de unidades transportadas. La definición de “unidad de transporte” variará dependiendo de la “mercancía” que se transporte. En cualquier caso, las unidades oferta y demanda deben ser consistentes con la definición de “unidad de transporte.”

A continuación se presenta la modelación matemática y las técnicas de solución del Problema de Transporte tomado de Taha (1994).

La figura 3.1 representa el modelo de transporte como una red con m orígenes y n destinos. Un origen o un destino está representado por un nodo, el arco que une un origen con un destino representa la ruta por la cual se transporta la mercancía. La cantidad de la oferta en el origen i es a_i y la demanda en el destino j es b_j . El costo de transporte unitario entre el origen i y el destino j es C_{ij} .

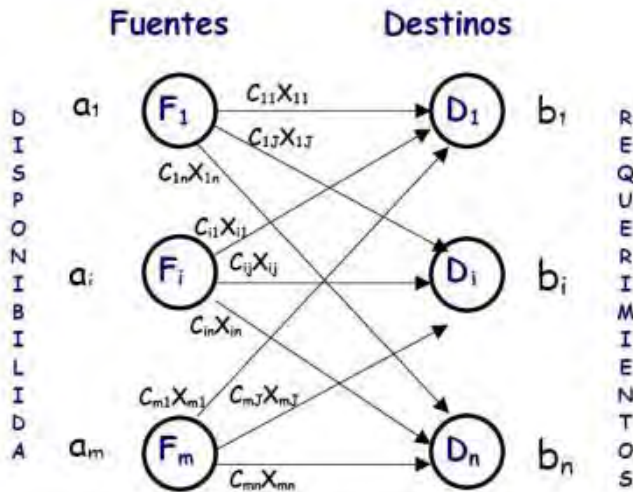


Figura 3.1 Representación gráfica del problema de transporte

Fuente: www.investigacion-operaciones.com, 2002

Si X_{ij} representa la cantidad transportada desde el origen i al destino j , el problema de transporte tiene la siguiente formulación general:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq a_i \quad i=1, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq b_j \quad j=1, \dots, n \quad (3)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \in A \quad (4)$$

La restricción (2) asegura que la suma de los envíos desde una fuente no sea mayor que su oferta; en forma análoga, la restricción (3) asegura que la suma de los envíos a un destino satisfaga su demanda.

Este modelo implica que la oferta total, sea cuando menos igual a la demanda total. Cuando la oferta total es igual a la demanda total.

$$\sum_{j=1}^n b_j = \sum_{i=1}^m a_i \quad (5)$$

La formulación recibe el nombre de modelo de transporte balanceado y se formula como aparece en las ecuaciones (6) a (9).

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (6)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = a_i \quad i=1,\dots,m \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = b_j \quad j=1,\dots,n \quad (8)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j \in A \quad (9)$$

3.1.3 Problema de transporte no balanceado

A continuación se presenta información basada en Taha (1994).

Si la oferta total supera a la demanda total, se puede balancear el problema de transporte incorporando un punto de demanda artificial que tenga como demanda el excedente de oferta del problema. Como las asignaciones al punto artificial no son reales, se le asigna un costo unitario de cero. En general, el costo unitario no necesariamente debe ser igual a cero, basta que tenga igual valor a todos los puntos de oferta disponibles de forma de no generar preferencias. Por simplicidad, se prefiere emplear cero.

Para el problema de transporte, las ofertas y las demandas tienen un valor entero, de esta forma todas las variables básicas X_{ij} . En toda solución básica inicial factible (incluyendo la óptima), la oferta y la demanda tendrán valores enteros.

El modelo de transporte es básicamente un programa lineal que se puede resolver a través del método simplex regular. Sin embargo, su estructura especial hace posible la aplicación de un procedimiento de solución, conocido como técnica de transporte, que es más eficiente en términos de cálculo. Los métodos de esquina noroeste, costo mínimo y Vogel son alternativas para encontrar una solución inicial factible.

3.1.4 Técnica de solución del problema de transporte

A continuación se presenta información basada en Taha (1994) y Macías (2008).

Los pasos de la técnica de solución del problema de transporte son:

Paso 1: Se determina una solución factible inicial.

Paso 2: Se determina una variable que entra, que se elige entre las variables no básicas. Si todas estas variables satisfacen la condición de ser óptimas (si todos los coeficientes de la ecuación son no negativos), se termina de lo contrario ir al paso 3.

Paso 3: Se determina la variable que sale (la variable básica que tiene la razón más pequeña positiva) de entre las variables de la solución básica actual; después se obtiene la nueva solución básica y se regresa al paso 2.

Para el Paso 1 existen distintas metodologías, las más empleadas se presentan a continuación.

	Ciudad 1	Ciudad 2	Ciudad 3	Ciudad 4	Oferta
Planta 1	8	6	10	9	35
		10	25		
Planta 2	9	12	13	7	50
	45		5		
Planta 3	14	9	16	5	40
		10		30	
Demanda	45	20	30	30	

Figura 3.2 Ejemplo de solución al problema de transporte

Fuente: www.investigacion-operaciones.com, 2002

3.1.4.1 Método de solución inicial básica factible

Si el modelo de transporte es formulado como una tabla simplex o tableau (ver Figura 3.2), es necesario utilizar variables artificiales para que se asegure una solución básica inicial. Cuando se utiliza la tabla de transporte, una solución factible básica inicial se puede obtener fácil y directamente. Se presenta un procedimiento llamado regla de la esquina noroeste para este fin. Se presentan otros dos procedimientos, llamados costo mínimo y aproximación de Vogel.

3.1.4.2 Esquina Noroeste

El método de esquina noroeste se considera el más fácil pero es aquel que menos probablemente dé una buena solución inicial y de “bajo costo”, ya que ignora la magnitud relativa de los costos C_{ij} . Para este procedimiento, es necesario establecer que el número de variables básicas en cualquier solución básica de un problema de transporte es una menos de la que se espera. Normalmente en los problemas de programación lineal se tiene una variable básica para cada restricción. En los problemas de transporte con m recursos y n destinos, el número de restricciones funcionales es $m + n$. Sin embargo, el número de variables básicas es $m + n - 1$.

Los pasos del método son los siguientes:

Paso 1. Se comienza asignando la máxima cantidad posible a la variable X_{11} , de manera que se satisfaga totalmente la demanda (columna), o bien, se agote la oferta (renglón). Como en el primer caso se satisface la demanda, se tacha la columna y, en el segundo caso, como lo que se agota es la oferta se tacha el renglón, indicando que las variables son iguales a cero.

Paso 2. Cuando se satisface simultáneamente un renglón y una columna, solo se tacha uno de ellos, el renglón o la columna. Esta condición garantiza la ubicación automática de variables básicas cero, si las hay.

Paso 3. Después de ajustar las cantidades de oferta y demanda de todos los renglones y columnas no tachados, la cantidad factible máxima se asigna al primer elemento de la nueva columna (renglón). El proceso termina cuando se deja de tachar exactamente un renglón o columna.

3.1.4.3 Costo Mínimo

El método de Costo Mínimo es un procedimiento que utiliza como base a las rutas que tengan el menor costo. Los pasos del método son los siguientes:

Paso 1. Se asigna el valor más grande posible a la variable con menor costo unitario de toda la tabla (los empates se rompen arbitrariamente).

Paso 2. Se tacha el renglón o columna satisfecha, como en el método de la esquina noroeste, si una columna y un renglón se satisfacen de manera simultánea (sólo una puede tacharse). Después de ajustar la oferta y la demanda de todos los renglones y columnas no tachados

Paso 3. Se repite el proceso asignando el valor más grande posible a la variable con el costo unitario no tachado más pequeño. El procedimiento termina cuando queda exactamente un renglón o una columna sin tachar.

3.1.4.4 Método de Aproximación Vogel

El método Vogel es heurístico y suele producir una mejor solución inicial que los métodos anteriores. De hecho, suele producir una solución inicial óptima, o próxima al nivel óptimo.

Los pasos del método son los siguientes:

Paso 1. Se evalúa una penalización para cada fila (columna) restando el menor elemento de costo de la fila (columna) del elemento de costo menor que le sigue en la misma fila (columna).

Paso 2. Se identifica a la fila o columna con mayor penalización, rompiendo empates en forma arbitraria. Se asigna el mayor valor posible a las variables con el costo más bajo de la fila o columna seleccionada. Se ajusta la oferta y la demanda y se tacha la fila o columna satisfecha.

Si una fila y una columna se satisfacen al mismo tiempo, sólo uno de ellos se tacha y a la fila (columna) restante se le asigna una oferta (demanda) cero. Ninguna fila o columna con oferta o demanda cero debe utilizarse para calcular penalizaciones futuras (en el paso 3).

Paso 3.

A) Si sólo hay una fila o columna sin tachar, se termina.

B) Si sólo hay una fila (columna) con oferta (demanda) positiva sin tachar, se determinan las variables básicas de la fila (columna) a través del método de costo mínimo.

C) Si todas las filas o columnas sin tachar tienen oferta y demanda cero (asignadas), se determinan las variables básicas cero a través del método de costo mínimo y se concluye.

D) De lo contrario, se calculan las penalizaciones de los renglones y columnas no tachados y después se va al paso 2 (los renglones y columnas con oferta y demanda cero asignadas no deben utilizarse para determinar estas penalizaciones).

3.2 Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas informáticas que procesan los datos con algún componente espacial. La tecnología SIG es un proceso computarizado aplicado a cualquier campo que requiera una representación geográfica de distintos parámetros. Los campos tradicionales de aplicación han sido la gestión catastral y de propiedad urbana, el medio ambiente, la planificación urbana y el control de grandes redes (telecomunicaciones, gas, agua, electricidad, etc.).

Otras definiciones de SIG:

“Una tecnología de manejo de información geográfica formada por equipos electrónicos (hardware) programados adecuadamente (software) que permiten manejar una serie de datos espaciales (información geográfica) y realizar análisis complejos con éstos siguiendo los criterios impuestos por el equipo científico (capital humano)” (Ortiz, 2002).

Existen dos grandes grupos de datos que pueden ser manejados en un SIG: datos vectoriales, y datos raster.

Los datos vectoriales utilizan vectores (puntos, líneas y áreas) para delimitar los objetos geográficos, mientras que los datos raster utilizan una cuadrícula para documentar los elementos geográficos que tienen lugar en el espacio (Ver Figura 3.3).

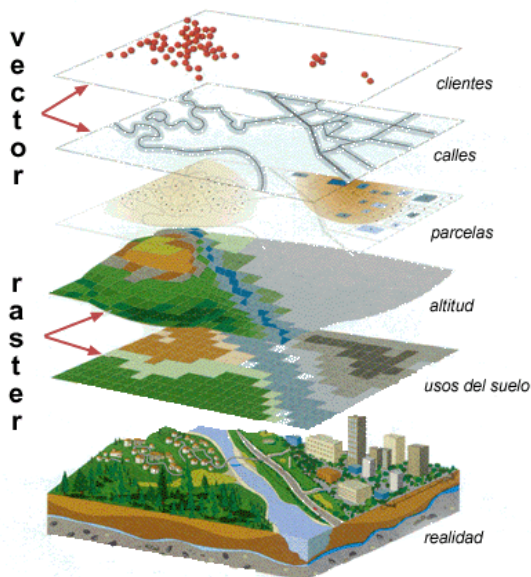


Figura 3.3 Principales tipos de SIG

Fuente: (Catastro, Cartografía y SIGs, 2009)

3.2.1 Tipos de datos en un SIG

Los datos vectoriales son aquellos que utilizan vectores definidos por pares de coordenadas relativas a algún sistema cartográfico.

Con un par de coordenadas y la altitud se precisa un punto de georreferencia, con dos puntos se generan una línea, y con una agrupación de líneas se forman polígonos (áreas). De todos los métodos para formar topología vectorial la forma más robusta es la topología arco-nodo. La topología arco-nodo basa la estructura de toda la información geográfica en pares de coordenadas, que son la entidad básica de información para este modelo de datos. Con pares de coordenadas (puntos) se forman vértices y nodos, y con agrupaciones de estos puntos se forman líneas, con las que a su vez se forman polígonos.

La información es representada en capas, cada capa puede solo tener un tipo de topología vectorial, ya sean puntos, líneas o polígonos.

Para poder implementar el modelo de datos vectoriales en SIGs en una computadora, se requiere la interconexión de varias bases de datos a través de identificadores comunes. Estas bases de datos, que son como tablas con datos ordenados de forma tabular, contienen columnas comunes a partir de las cuales se pueden relacionar datos no comunes entre una y otra tabla.

En general, el modelo de datos vectorial es adecuado cuando se trabaja con objetos geográficos con límites bien establecidos, como pueden ser fincas, carreteras, etc. (Ortiz, 2002).

Los SIG se utilizan en diversas áreas tales como la creación de mapas, planeación regional y urbana, planeación y administración del uso del suelo, administración de recursos naturales, estudios de impacto ambiental, transporte y marketing.

3.2.2 SIG-T

Los sistemas información geográficos orientados al transporte SIG-T, son SIGs con funciones, algoritmos y aplicaciones específicamente diseñadas para el análisis de problemas relacionados con el transporte.

Los SIG-T se han beneficiado de muchas de las funciones estándares de los SIG, (consulta, geo codificación, amortiguación, superposición, etc.) para apoyar la administración, análisis y visualización de datos. Al igual que en otros campos, el transporte ha desarrollado sus propios métodos y modelos de análisis. Algunos ejemplos incluyen los algoritmos de los modelos de flujo en la red (problemas de flujo a costo mínimo, problema de ruta mínima, problema de flujo máximo, problema de árbol de cobertura mínima), así como de ruteo de vehículos (VRP y sus variantes) y los de asignación de tráfico, entre otros.

Muchas aplicaciones de los SIG-T han sido implementadas en diversas agencias de transporte en las últimas décadas, tanto empresas privadas como entes gubernamentales. Abarcan gran parte de la amplia gama de transporte, como la planeación de la infraestructura, diseño y administración del transporte, análisis de la seguridad del transporte, análisis de la demanda de viajes, monitoreo de tráfico, control de tráfico, planeación del transporte público y la planificación de sus operaciones, evaluación del impacto ambiental, mitigación de riesgos y los sistemas de transporte inteligente. (Macías, 2008)

Otra tendencia que se ha observado en los últimos años son las aplicaciones de los SIG-T en el sector privado, particularmente en las aplicaciones de logística. Dado que muchas empresas tienen operaciones en ubicaciones geográficas dispersas (proveedores, centros de distribución, almacenes, puntos de venta), los SIG-T pueden ser útiles para una gran cantidad de aplicaciones logísticas.

3.2.3 TransCAD®

A continuación se presentan algunas de las principales características de TransCAD®, un SIG-T, tomadas de su página web oficial: www.caliper.com/TransCAD/introduccion.html

TransCAD® es un SIG diseñado especialmente para transporte con el objeto de almacenar, mostrar, y analizar datos de transporte. Combina en una sola plataforma integrada las propiedades de un SIG y las capacidades de modelación del transporte como:

- Redes de transporte.
- Matrices.
- Rutas y sistemas de ruta.
- Datos con referencias lineales.

Puede usarse para la mayoría de los modos de transporte (especializado en terrestre carretero), y a cualquier escala geográfica o nivel de detalle.

TransCAD proporciona una plataforma SIG con extensiones específicas para modelos de transporte, herramientas de análisis diseñadas para el transporte, mapeo y visualización, así como aplicaciones para módulos de creación de rutas, previsión de la demanda de viajes, transporte público, logística y gestión del territorio.

Este SIG-T permite crear y adaptar mapas, construir y mantener bases de datos geográficas, así como realizar diferentes tipos de análisis espaciales. Incluye características SIG como el diseño de polígonos, áreas de influencia de líneas, y geocodificación, y tiene una arquitectura de sistema abierto que permite el almacenamiento compartido de datos.

TransCAD incluye un conjunto de procedimientos (los módulos Routing/Logistics y Networks/Paths) para solucionar problemas de flujo en la red, los cuales se utilizaron en el desarrollo del presente trabajo.

3.2.1 El Problema de Transporte en TransCAD

Dentro del software TransCAD 4.5 existe la aplicación que resuelve el Problema de Transporte, específicamente ubicado dentro del módulo de Routing/Logistics. Para poder hacer uso de esta herramienta es necesario alimentar el sistema con información básica (información de entrada), la cual es procesada en la herramienta para después generar el resultado (información de salida), ya sea en forma de matriz de flujos o como su representación geográfica (mapas).

3.2.1.1 Información de entrada

Para la solución del Problema de Transporte mediante esta herramienta de SIG-T es necesaria la correcta inclusión de información necesaria, se requiere como mínimo la siguiente información:

- Capa conformada por arcos (líneas) que representen la red vial por donde se transportan los materiales y bienes deseados.
- Capa de nodos oferentes (puntos geo referenciados), que representan los orígenes donde parten los materiales y/o bienes, un atributo de esencial de esta capa es la oferta que son capaces de brindar.
- Capa de nodos demandantes (puntos geo referenciados), representando los destinos a donde se desean enviar los materiales y/o bienes, el atributo necesario en este caso es la demanda de cada punto.

Los nodos de diferentes capas deben estar conectados correctamente a los arcos por medio de arcos conectores, generados automáticamente por TransCAD al crear el archivo con extensión “.net” archivo editable que integra los elementos de nodos y arcos en un sistema de red.

La matriz de costos representa el costo asociado entre cada par de orígenes-destino, que puede ser generada automáticamente a partir del criterio que se seleccione: distancia, tiempo, costos asociados al transporte generados a partir de las necesidades del usuario.

3.2.1.2 Información de salida

Después de ingresar correctamente la información necesaria en TransCAD, el software procesa la información y brinda como resultado dos archivos:

- Matriz de resultados, archivo “.bin”, que consiste en una estructura tabular donde se reflejan los valores de flujos asociados a cada uno de los arcos de la red que satisfacen las condiciones de oferta - demanda.
- Representación de flujo en un diagrama, archivo extensión “.map”, que muestra de manera gráfica la cantidad de materiales y/o servicios que recorren cada arco.

3.3 El Problema de Transporte como herramienta para identificar las rutas utilizadas

En la realidad la oferta y la demanda son parámetros muy difíciles de precisar, la confidencialidad de la información industrial representa un obstáculo para la formulación de algunos Problemas de Transporte. Sin embargo se sabe que existe tanto oferta, como demanda de un bien, si se tiene identificado un mercado en una zona (proveedores y compradores).

De este modo se puede echar mano del Problema de Transporte como herramienta para resolver problemas, bajo supuestos de oferta y demanda estimadas. Si bien la solución del Problema de Transporte, al considerar este supuesto, no representa con exactitud el comportamiento del mercado, puede dar una aproximación a la realidad.

La solución de un Problema de Transporte identifica las mejores rutas (mínima costo) factibles tales que la demanda de los destinos sea satisfecha con la oferta de los orígenes.

La solución de un Problema de Transporte es distinta a la solución de rutas mínimas entre cada par de puntos origen-destino, ya que esta última incluye rutas entre todos los pares origen destino.

En la realidad la mayoría de estas rutas pueden no ser utilizadas, ya que generalmente las rutas que se consideran solamente son aquellas que permiten reducir los costos satisfaciendo la oferta y demanda.

En ocasiones la demanda de un comprador no puede ser satisfecha por un único proveedor cercano, por ello no basta con plantear este tipo de problema con la herramienta de rutas mínimas, ya que el Problema de Transporte brinda la posibilidad de generación de múltiples rutas a considerar en la toma de decisiones de un comprador. La Figura 3.4 muestra la principal diferencia entre generar una solución mediante el Problema de Transporte y el de Rutas Mínimas entre todos los pares origen – destino.

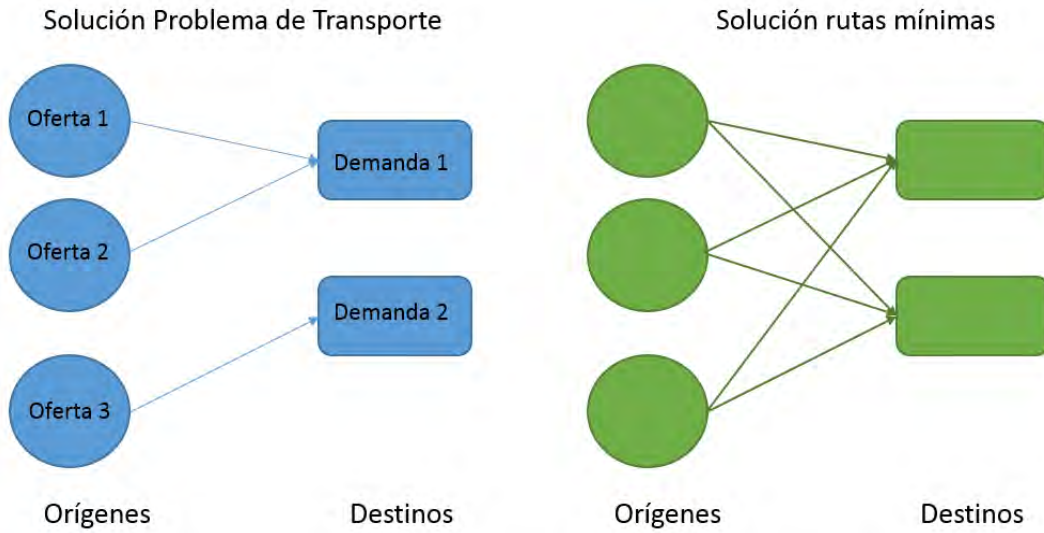


Figura 3.4 Diferencia entre solución del Problema de Transporte y rutas mínimas entre nodos origen – destino

Fuente: Elaboración propia.

El Problema de Transporte brinda la posibilidad de obtener rutas que consideren la relación de oferta y demanda de los nodos, y no únicamente la distancia mínima entre cada par de ellos. De este modo se puede tener una mejor idea de por cuáles rutas (arcos), son transportados los bienes de estudio.

4. Problema de transporte de ácidos en la ZMVM

Durante el desarrollo de este capítulo se muestra el procedimiento para analizar el transporte de los ácidos en la ZMVM. En la primera parte se describe la zona de estudio, y se aclaran los supuestos de oferta y demanda. En la segunda parte se detalla la manera en que fue digitalizada la información para la creación de la red vial. Por último en la tercera parte se muestra el trabajo realizado en el software TransCAD para resolver el Problema de Transporte para el caso de los ácidos tanto clorhídrico como sulfúrico.

4.1 Descripción del problema

Durante el presente apartado se analiza el transporte de ácido clorhídrico y ácido sulfúrico en la ZMVM, mediante supuestos de oferta-demanda, bajo el criterio de tamaño de empresa y usos comerciales de los ácidos, mediante la herramienta SIG-T TransCAD.

4.1.1 Delimitación del territorio de estudio

El desarrollo del trabajo se realizó en un sector de la ZMVM, que comprende el norte del Distrito Federal, 11 municipios del Estado de México y dos más del estado de Hidalgo.

La delimitación del territorio de estudio se hizo con base en las ubicaciones de los orígenes y los destinos, ubicaciones que se detallarán más adelante.

La zona de estudio abarca los siguientes municipios y delegaciones (Ver Figura 4.1):

- Distrito Federal: Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza.
- Estado de México: Coacalco, Coyotepec, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec, Naucalpan, Tepotzotlán, Teoloyucan, Tecámac, Tlalnepantla, Tultitlan.
- Hidalgo: Tizayuca, Tolcayuca

El territorio de estudio fue delimitado a partir de tres principales puntos de gran importancia estratégica en la vialidad de la ZMVM, en el norponiente de la zona se considera la localidad de Jorobas en el municipio de Huehuetoca, muy cercano a Coyotepec, este punto es de gran importancia estratégica ya que es ahí donde se conecta la autopista México - Querétaro con el Circuito Exterior Mexiquense. En lo que respecta al nororiente el territorio de estudio comienza en la intersección de la autopista México-Pachuca con el Arco Norte. Mientras en el suroriente la zona comienza en la caseta “Chalco” de la autopista México – Puebla.

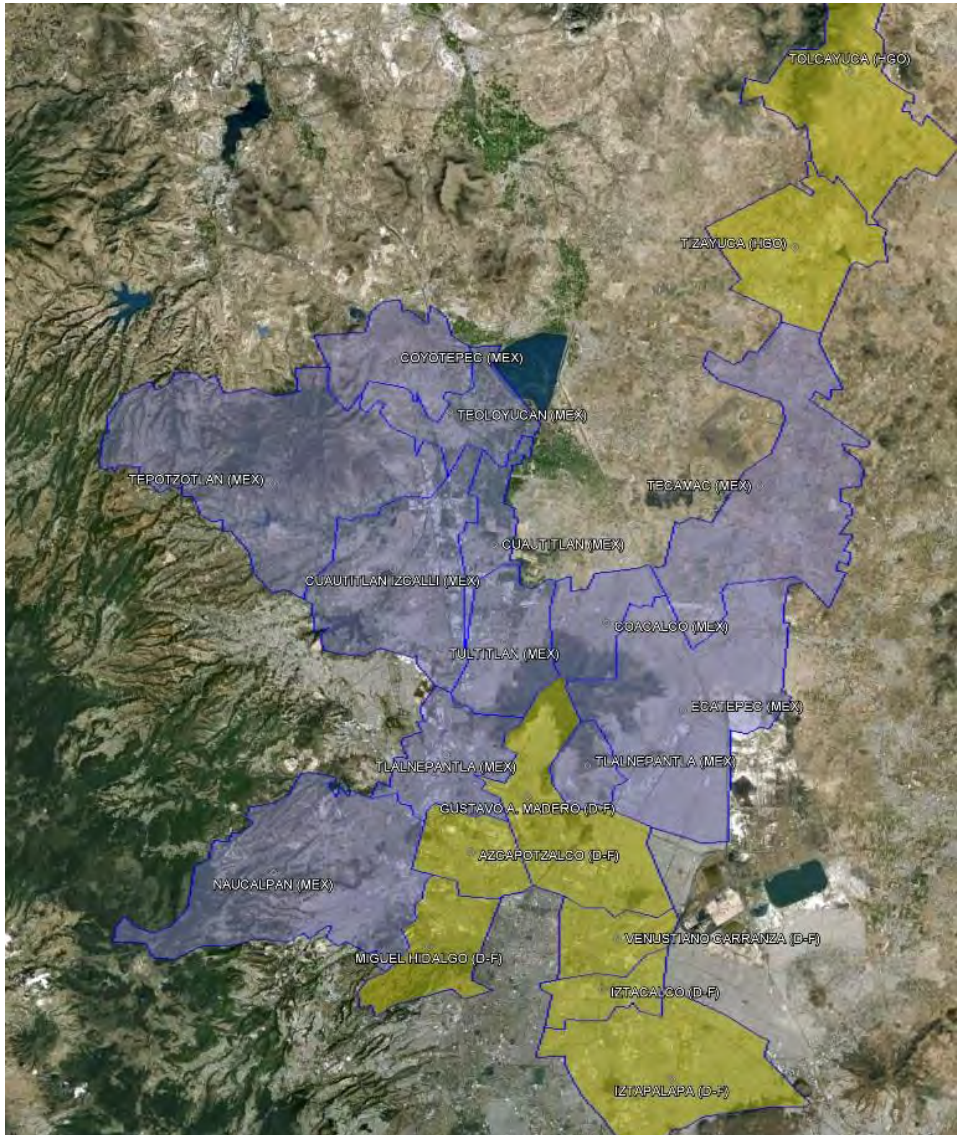


Figura 4.1 Zona de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2010)

4.1.2 Orígenes Destinos, Oferta- Demanda

A partir del análisis mencionado en el apartado 2.2.2 del presente trabajo se identificaron los puntos oferta-demanda ubicados en la ZMVM, después de una delimitación del territorio se definieron 20 puntos de origen (oferta) y 11 puntos de destino (demanda) para el ácido clorhídrico (ver Cuadro 10), así como 15 puntos de origen y 17 puntos de destino para el ácido sulfúrico (ver Cuadro 11).

Cuadro 10 Orígenes y destinos de ácido clorhídrico

Demandantes	Demanda (kg)	Oferentes	Oferta (kg)
Colgate Palmolive, S.A. de C.V.	60,000	Abastecedora de productos Vallejo, S.A. de C.V.	30,000
Compañía Nestlé S.A. de C.V.	10,000	Ácidos y solventes, S.A. de C.V.	30,000
Conservas La Costeña	10,000	Alquimia mexicana, S. de R.L. planta	30000
Conservas La Costeña, S.A. de C.V.	10,000	Avantor performance materials, S.A. de C.V.	30,000
Fábrica De Jabón La Corona, S.A. de C.V.	40,000	Central de drogas, S.A. de C.V. CEDROSA	30,000
Henkel Capital S.A. de C.V.	60,000	Cía. Química industrial Neumann, S.A. de C.V.	30,000
Kimberly-Clark de México S.A. de C.V. Ecatepec	30,000	Cloro internacional, S.A. de C.V.	30,000
Kimberly-Clark de México S.A. de C.V., Naucalpan Mill	30,000	Grupo Tanya, S.A. de C.V.	30,000
Kimberly-Clark De México, S.A.B. De C.V. , Procede	30,000	I.q. arrecife, S.A. de C.V.	30,000
Procter& Gamble Alce Blanco	30,000	Lagsom química, S.A. de C.V.	30,000
Procter& Gamble Manufactura, S. De R.L. De C.V.	60,000	Manuchar internacional	30,000
		Mardi, inc.	30,000
		Níquel y derivados, S.A. de C.V.	30,000
		Qr minerales, S.A. de C.V.	30,000
		Química Richter, S.A. de C.V.	30,000
		Química Treza, S.A. de C.V.	30,000
		Raw material corporation, S.A. de C.V.	30,000
		Reactivos y productos químicos finos, S.A. de C.V.	30,000
		Servical mexicana, S.A. de C.V.	30,000
		Tensos, S.A. de C.V.	30,000

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11 Orígenes y destinos de ácido sulfúrico

Demandantes	Demanda (kg)	Oferentes	Oferta (kg)
Acumuladores Anáhuac	20,000	Abastecedora de productos Vallejo, S.A. de C.V.	50,000
Chemical Color De México, S.A.	30,000	Alquimia mexicana, S. de R.L. planta	50,000
Colgate Palmolive, S.A. de C.V.	50,000	Avantor performance materials, S.A. de C.V.	50,000
Deiman, S.A. de C.V.	30,000	Cía. Química industrial Neumann, S.A. de C.V.	50,000
Distribuidora de Productos Químicos Diproquim	20,000	Cloro internacional, S.A. de C.V.	50,000
DuPont Planta Tlalnepantla	80,000	Grupo Tanya, S.A. de C.V.	50,000
Fábrica De Jabón La Corona, S.A. de C.V.	40,000	Lagsom química, S.A. de C.V.	50,000
Henkel Capital S.A. de C.V.	80,000	Manuchar internacional	50,000
Inquimia, S.A. de C.V.	20,000	Mardi, inc.	50,000
Martex Potosí, S.A. de C.V.	30,000	Níquel y derivados, S.A. de C.V.	50,000
Procter& Gamble Alce Blanco	50,000	Química Richter, S.A. de C.V.	50,000
Procter& Gamble Manufactura, S. De R.L. De C.V.	50,000	Química Treza, S.A. de C.V.	50,000
Productos de Hule Valmar, S.A. de C.V.	20,000	Raw material corporation, S.A. de C.V.	50,000
Promotora Industrial Química S.A. de C.V.	20,000	Reactivos y productos químicos finos, S.A. de C.V.	50,000
Químicos y Polímeros Corporation S.A. de C.V.	30,000	Servical mexicana, S.A. de C.V.	50,000
Sherwin Williams	80,000		
Sicorsa	50,000		

Fuente: Elaboración propia

La oferta y demanda fueron estimadas bajo la investigación realizada en las concesiones públicas de buscadores industriales de internet (Ver apartado 2.2.2), conforme al uso industrial, así como al tamaño de empresa.

Durante la investigación en estos portales, la mayoría de las concesiones públicas especificaban cantidades dentro de un rango. Para el caso del ácido clorhídrico se encontró una cota mínima de 10,000 kg y una cota superior de 60,000 kg; mientras que para el ácido sulfúrico la cota mínima resultaba de 20,000 kg y la superior aumentaba hasta los 80,000 kg, ambos se solicitaban en periodos semanales.

A partir de los rangos se definieron cuatro diferentes categorías, para el caso del ácido clorhídrico se detallan a continuación:

- Pequeños demandantes - empresas dedicadas al procesamiento de alimentos, cantidad estimada de demanda de 10,000 kg semanales.
- Medianos demandantes - empresas de procesamiento de papel y celulosa, demanda estimada de 30,000 kg semanales.
- Grandes demandantes – empresas nacionales de productos de limpieza en general, demanda estimada de 40,000 kg semanales.
- Muy grandes demandantes – empresas internacionales de productos de limpieza, demanda estimada de 60,000 kg semanales.

La clasificación se asemeja en el caso del ácido sulfúrico, la cual se muestra a continuación:

- Pequeños demandantes – empresas nacionales dedicadas al rayón y fibras textiles, caucho natural y sintético, acumuladores eléctricos, demanda estimada de 20,000 kg semanales.
- Medianos demandantes - empresas nacionales de pigmentos inorgánicos, empresas internacionales de caucho, demanda estimada de 30,000 kg semanales.
- Grandes demandantes – Empresas nacionales e internacionales de productos de limpieza en general, empresas internacionales de pigmentos inorgánicos, demanda estimada de 50,000 kg semanales.
- Muy grandes demandantes – Empresas internacionales de pigmentos inorgánicos, demanda estimada de 80,000 kg semanales.

La oferta se estimó con base en las ofertas públicas de dichas sustancias en buscadores industriales, así como información del documento *Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México*, (Arcos, 2003). En promedio la capacidad de venta de los proveedores en el caso del ácido clorhídrico se ubica en los 30,000 kg semanales, mientras que para el ácido sulfúrico la cifra asciende a los 50,000 kg en el mismo periodo.

Se considera una oferta uniforme en los proveedores. En el desarrollo del trabajo se utilizó el supuesto donde los proveedores tienen la misma cantidad de oferta, el mismo costo, siendo su única ventaja competitiva su ubicación geográfica.

Para el caso del ácido clorhídrico la demanda estimada total se considera de 350,000 kg semanales, mientras que la oferta total resulta ser de 600,000 kg en el mismo periodo. Para el ácido sulfúrico los requerimientos de las empresas ascienden a 690,000 kg semanales y la oferta planteada total es de 750,000 kg semanales. La notable diferencia entre oferta y demanda, es debido a la cantidad de proveedores disponibles, los cuales fueron identificados en mayor medida durante la investigación del mercado.

En el caso de los oferentes se incluyen empresas con plantas dentro y fuera de la ZMVM debido a que pueden fungir como proveedores; todas estas plantas se encuentran hacia el norte del valle de México, por lo que los recorridos hacia los puntos de demanda serían necesariamente realizados a través de las autopistas federales, México-Pachuca y México-Querétaro.

4.1.3 Obtención de rutas mediante la solución del Problema de Transporte

Es importante retomar lo explicado en el apartado 3.3, donde se aclara que la solución del Problema de Transporte otorga información suficiente para la toma de decisiones respecto a las “mejores rutas” utilizadas para satisfacer la demanda de los nodos destino.

En el caso del transporte de ácidos de la ZMVM, la oferta y la demanda han sido estimadas bajo diferentes supuestos y no se encuentra en balance. TransCAD resuelve el Problema de Transporte aunque no esté balanceado, generando las rutas mínimas necesarias para satisfacer la demanda de los nodos destino.

La solución que TransCAD da como resultado optimiza el costo de transportar los ácidos a las rutas resultantes. El costo en el presente trabajo está asociado a la distancia de recorrido por ruta.

De esta manera se pueden identificar las rutas (los arcos) utilizadas en el transporte de ácidos, para estimar la cantidad de población expuesta a lo largo de dichas rutas.

4.2 Creación de la red

En el presente apartado se detalla el procedimiento realizado, desde la ubicación geográfica de los puntos origen – destino, la digitalización de las vialidades utilizadas para el transporte de las sustancias de estudio, la preparación de la información para ser procesada en TransCAD y las herramientas utilizadas de dicho software, para identificar los principales arcos por donde se transportan los ácidos en la ZMVM.

4.2.1 Trabajo en Google Earth

Una vez definidos los puntos de origen y destino se procedió a la ubicación geográfica mediante la herramienta de información Google Earth. Se definió cada punto particularmente, además se realizó un trabajo de campo en noviembre de 2011 para comprobar la existencia de los puntos ubicados.

Una vez obtenidos los orígenes-destino se procedió a definir rutas mínimas entre cada par de orígenes-destino mediante la misma herramienta, ya que dicha herramienta brinda el algoritmo de ruta mínima entre cada par de nodos, de esta manera se obtienen dos archivos con extensión *.kmz* los cuales tienen diferentes características.

4.2.1.1 Arcos

Los arcos son la representación vectorial (líneas) de las vialidades utilizadas para la conexión entre cada par de puntos origen-destino; dichos arcos contienen información de longitud y sentido de la vía.

Para ambos ácidos se utiliza el mismo conjunto de arcos, es decir, la misma red de vialidades, la cual contiene un total de 299 arcos que cubren desde calles hasta autopistas federales (ver Figura 4.4), con una longitud total aproximada de 425 km.

4.2.1.2 Nodos

Los nodos son la representación vectorial de la ubicación (puntos) de cada punto origen y de cada punto destino definidos mediante coordenadas longitud y latitud.

Para cada tipo de ácido existen dos archivos (capas), los nodos origen (oferta) y los nodos destino (demanda).

4.2.2 Transformación en Global Mapper

A partir de los archivos *.kmz* (arcos y nodos) la información debe ser adecuada para el trabajo en TransCAD, se procede a la transformación a un archivo tipo *.shp*. Este archivo no es nativo de TransCAD, pero es de los más sencillos y estándar en lo que respecta a SIG en general.

Para la transformación se utiliza la herramienta Global Mapper, donde se realiza el cambio de los archivos extensión *.kmz* a extensión *.shp*. Se debe poner especial atención en la georreferencia realizada.

TransCAD admite como información archivos *.shp*, pero no los puede editar, por ello es necesario la exportación de *.shp* a *.dbf*, "compact geographic file", archivo nativo de TransCAD.

Una vez con los archivos necesarios en el formato requerido se procede a la manipulación de la información en TransCAD.

4.2.3 Integración de información de atributos de la red

En este apartado se detallan los requisitos mínimos de TransCAD para resolver el Problema de Transporte; como se tratan de datos vectoriales en topología arco-nodo es necesario especificar diferentes campos para cada uno de ellos.

4.2.3.1 Sobre los arcos

Los arcos al representar las vialidades requieren campos mínimos para el procesamiento de la información en TransCAD, la Figura 4.2 ilustra los campos establecidos para cada arco.

ID	Length	Dir	NAME	Tipo	[No Carriles]
1	6415.35	0	Carretera libre Mexico Pachuca (85)	carretera federa	2
3	634.74	0	Emiliano Zapata	calle	2
5	4863.19	0	Eje 3 OTe (Av Eduardo Molina)	eje	8

Figura 4.2 Campos mínimos en la capa de arcos

Fuente: Elaboración propia

Los campos de la Figura 4.2, se detallan a continuación:

- Identificación (ID), de tipo entero, campo requerido por TransCAD, sirve como identificador para cada arco.
- Longitud (Lenght), tipo entero, representa la distancia de cada vialidad.
- Dirección (Dir.), la dirección del arco, puede tomar tres valores, 0 doble sentido, 1 sentido topológico, -1 contrario al sentido. topológico, el sentido topológico refiere al sentido en que fue trazada la vialidad.
- Nombre (NAME), de tipo carácter, nombre de la vialidad.
- Tipo (Tipo), de tipo alfanumérico, tipo de vialidad, pudiendo ser calle, avenida, autopista, etc.
- Número de carriles (No. Carriles), de tipo entero, lista el número de carriles de cada vialidad. En ambos sentidos

Los campos de tipo de vía, número de carriles y dirección se verificaron mediante Google Earth y la visita a campo.

4.2.3.2 Sobre los nodos: oferta y demanda

De manera análoga la información mínima requerida en las capas de nodos se ilustra en la Figura 4.3, recordando que en este caso existen dos capas, una define los orígenes y otra los destinos.

ID	Longitude	Latitude	NAME	Demanda	[ID H2SO4]
1	-99167723	19501965	Procter& Gan	50000	234
2	-99207419	19445370	Colgate Palm	50000	235
3	-99163460	19488959	Henkel Capit	80000	236

Figura 4.3 Campos mínimos en las capas de nodos

Fuente: Elaboración propia2013

A continuación se detallan los campos para las capas de nodos:

- Identificador (ID) de tipo entero, campo requerido por TransCAD, sirve como identificador para cada nodo.
- Longitud (Longitude), coordenada sobre la longitud geográfica.
- Latitud (Latitude), coordenada sobre la latitud geográfica.
- Nombre (NAME) tipo carácter, nombre de cada punto, en caso de capas de oferentes refiere a proveedores, mientras que en la capa de demandantes refiere a los consumidores de ácidos.
- Demanda (Demanda) tipo entero, adimensional, refiere a la necesidad semanal de ácido para cada nodo, en el caso de nodos origen este campo pasa a llamarse (Oferta) y refleja la capacidad de los proveedores.
- Identificador de nodo (ID H2SO4 o ID HCL) tipo entero, que es el ID (número identificador) del nodo más cercano de la red vial, este campo es sumamente importante, ya que representa el nodo que después será conectado a la red mediante un arco conector.

De este modo la información es integrada al software.

La representación gráfica de las vialidades se puede ver en la Figura 4.4, y la ubicación de los oferentes - demandantes en el caso del ácido clorhídrico en la Figura 4.5, y para el ácido sulfúrico en la Figura 4.6. Es importante señalar que la capa de arcos fue utilizada para ambas sustancias debido a que la mayoría de los proveedores ofrecen ambos ácidos.

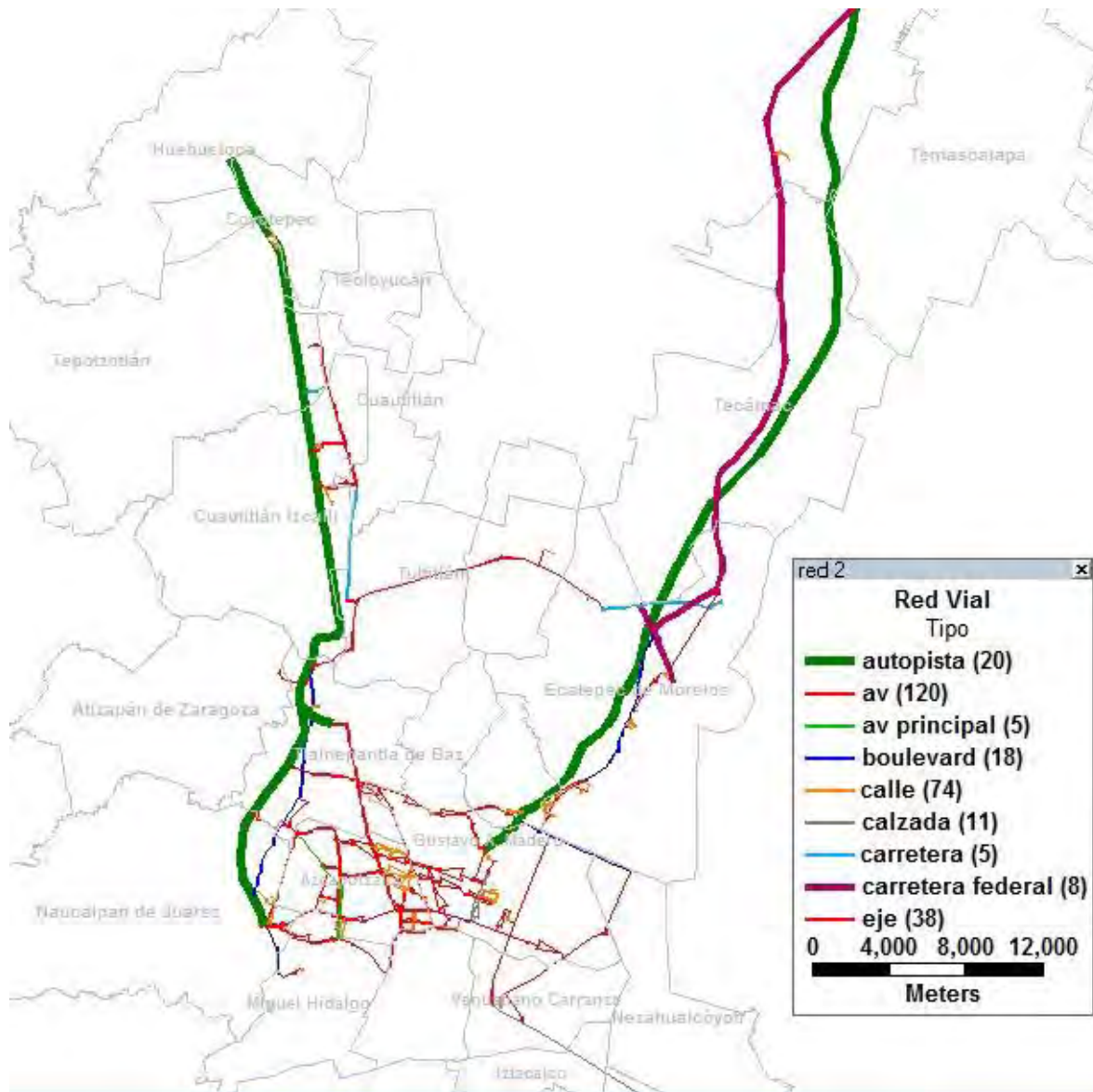


Figura 4.4 Capa de arcos

Fuente: Elaboración propia

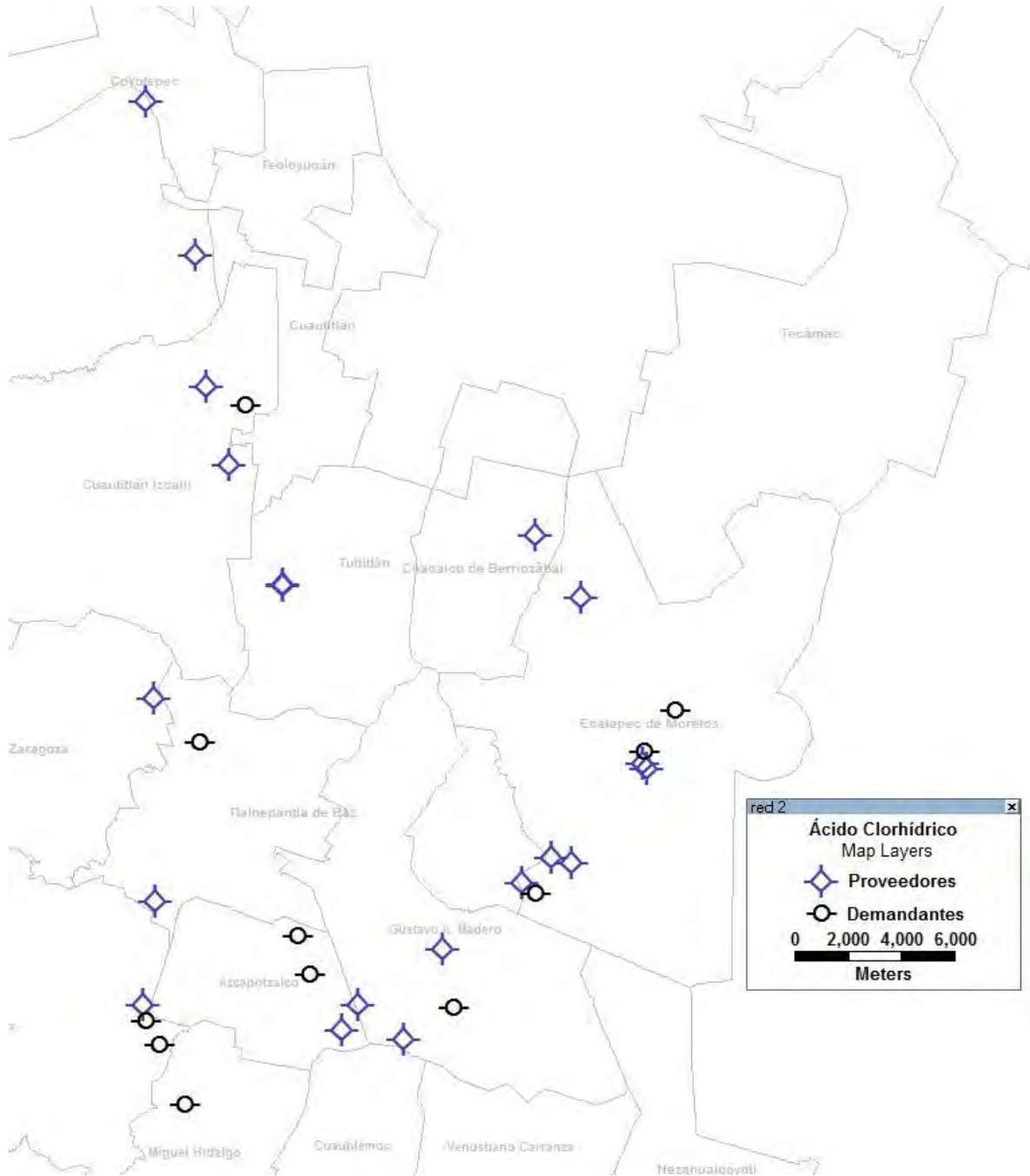


Figura 4.5 Capas de oferentes y demandantes ácido clorhídrico

Fuente: Elaboración propia

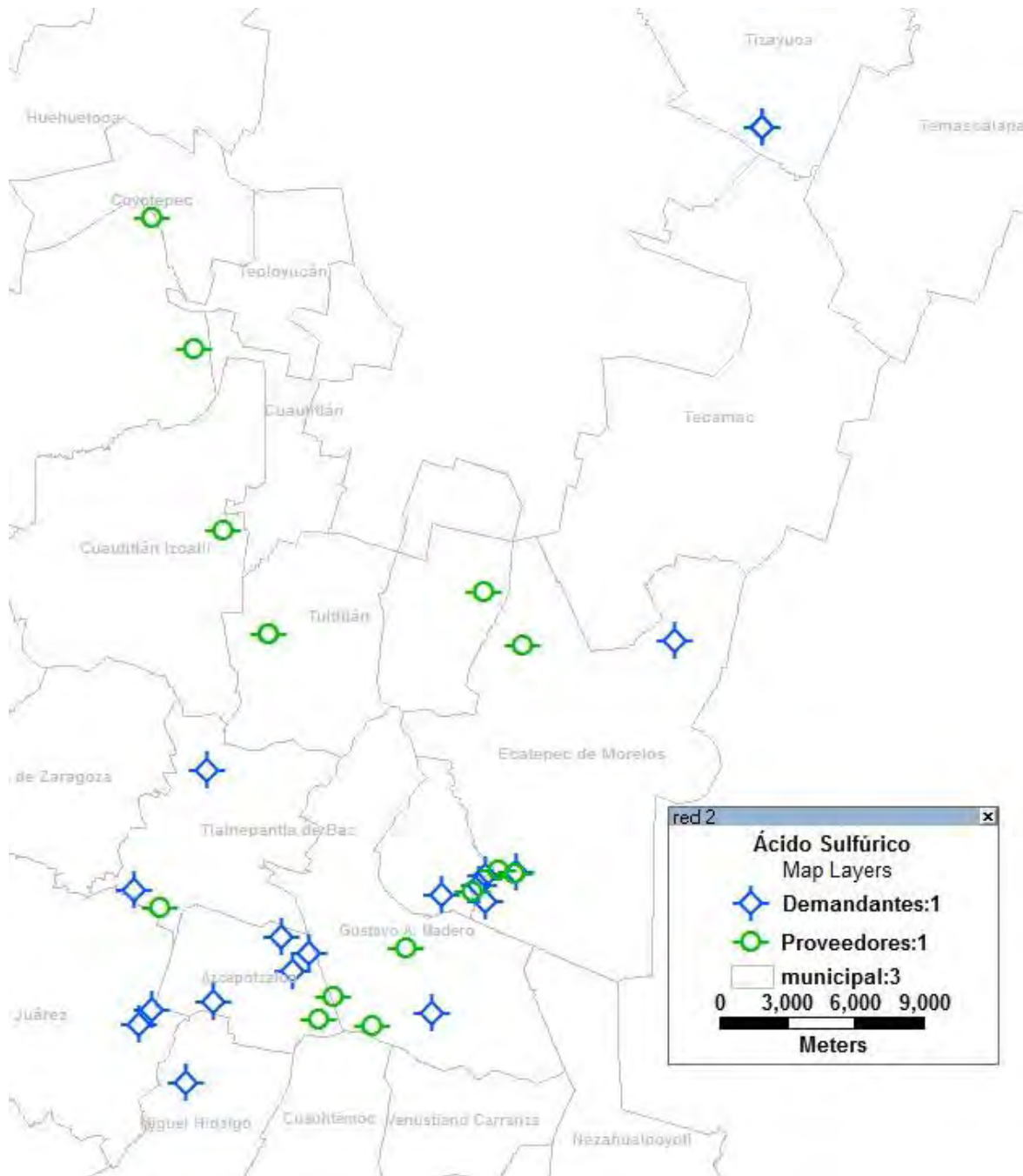


Figura 4.6 Capas de oferentes y demandantes ácido sulfúrico

Fuente: Elaboración propia 2013

Una vez la capa de arcos y las capas de nodos contienen la información mínima requerida, el procedimiento a realizar en TransCAD es crear un archivo nativo del software, el cual es de extensión *.net*, no es una capa, es una representación matemática de la conexión de las capas de nodos y la capa de arcos, en otras palabras es la red.

4.2.4 Creación de *.net*

TransCAD necesita la creación de un archivo de red (*.net*) el cual es necesario para los módulos de Routing/Logistics, para ello se recurre a la siguiente ruta:

Networks/Paths – Create

Aparece un cuadro de diálogo en el cual se pueden agregar los campos que se deseen a la red, ésta es independiente de la información de cada capa; es necesario agregar los campos descritos en el apartado 4.2.3 al archivo *.net*, conviene guardar este nuevo archivo en la misma localización que los archivos *.dbd* y *.shp* que han sido creados previamente.

4.2.5 Creación de matriz de costos

A continuación se indica a TransCAD cuál capa corresponde a la oferta y cuál capa corresponde a la demanda, con lo cual TransCAD construirá una matriz extensión *.mtx*. Este procedimiento solo se puede realizar una vez creado el archivo *.net*, ya que es precisamente la capa de arcos lo que conecta las capas de nodos. La ruta a seguir es:

Routing/Logistics – Cost Matrix

La matriz de costos creada corresponde al costo asociado durante el recorrido entre cada par de nodos origen - destino. En el presente trabajo el costo asociado es la distancia entre los mismos a través de la red vial.

4.3 Obtención y análisis de resultados

Una vez lista la información de entrada, TransCAD procesa la información y genera dos tipos de soluciones, la representación del flujo y la matriz de resultados.

Para ello se recurre al módulo de solución que brinda el software en la siguiente ruta:

Routing/Logistics – The Transportation Problem

4.3.1 Representación de flujo

En la representación de flujo se obtiene de manera gráfica la solución del Problema de Transporte que TransCAD da para problemas no balanceados, donde los oferentes más cercanos a los demandantes son los que tienen mayor oportunidad de satisfacer los requerimientos de las empresas demandantes, debido a que el costo asociado al transporte es directamente la distancia entre cada par de nodos. TransCAD no genera todas las rutas posibles entre cada par de nodos origen – destino, únicamente son generadas las mínimas necesarias para satisfacer la demanda.

Esta representación es muy clara, ilustra cada arco utilizado así como la cantidad de flujo que recorre los mismos en periodos semanales, entre mayor sea el flujo el ancho de cada arco utilizado también es mayor. En la Figura 4.7 se muestra la solución gráfica para el ácido clorhídrico. Mientras que para el ácido sulfúrico la representación de flujo se muestra en la Figura 4.8, en dichas soluciones se identifican claramente las vialidades utilizadas para el transporte de ácidos en la ZMVM.

En la realidad, las empresas de transporte buscan optimizar los costos asociados a su operación vehicular: el costo del combustible, el mantenimiento de las unidades y los salarios de los operadores. Debido a esta constante en la reducción de costos las rutas que se buscan usar siempre van encaminadas a la reducción de la distancia del recorrido, de este modo el Problema de Transporte resuelto mediante TransCAD brinda una herramienta adecuada para trabajar este tipo de problemas, al brindar únicamente las mejores rutas con las cuales se logra satisfacer alguna demanda.

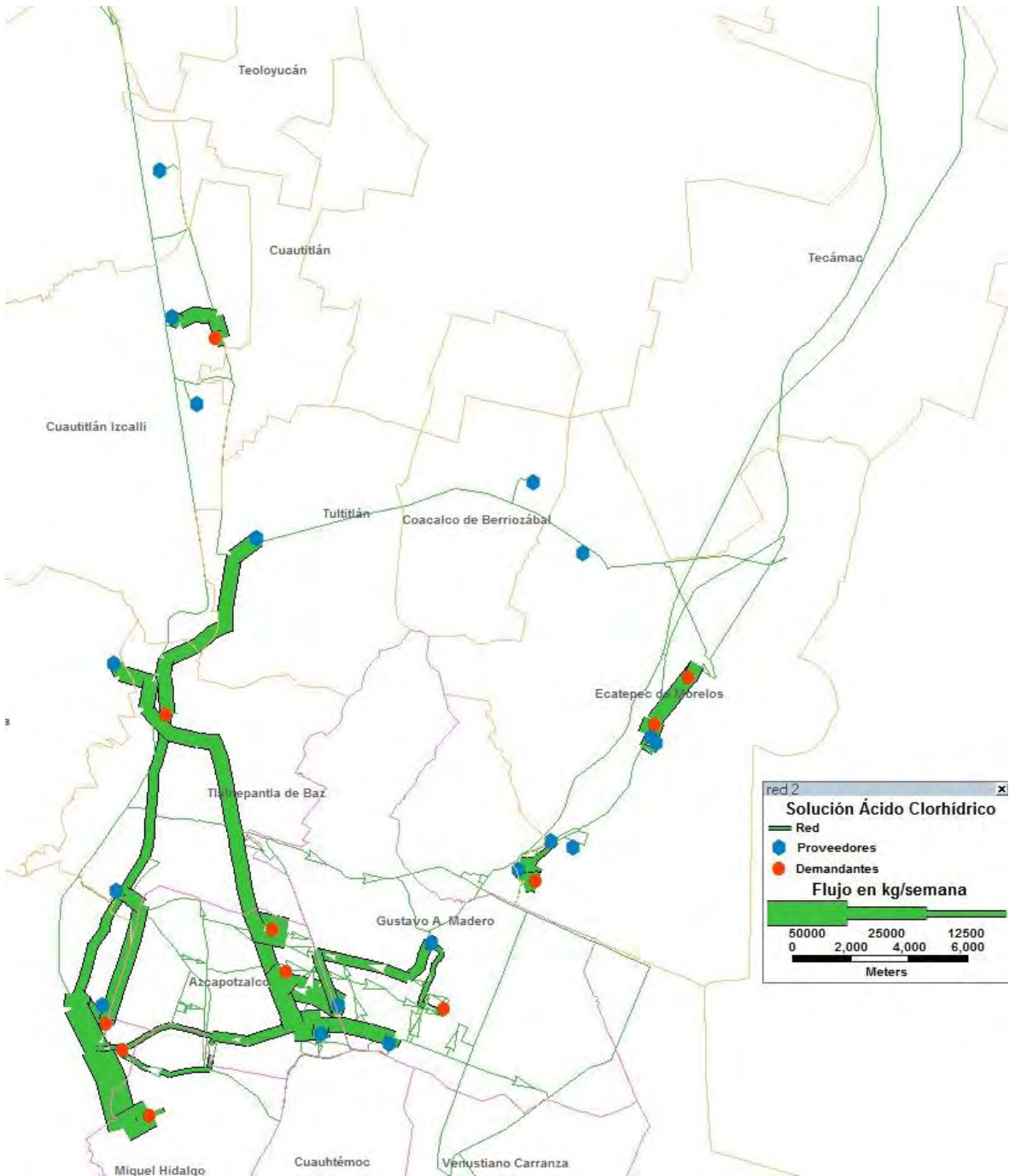


Figura 4.7 Transporte del ácido clorhídrico en la ZMVM

Fuente: Elaboración propia

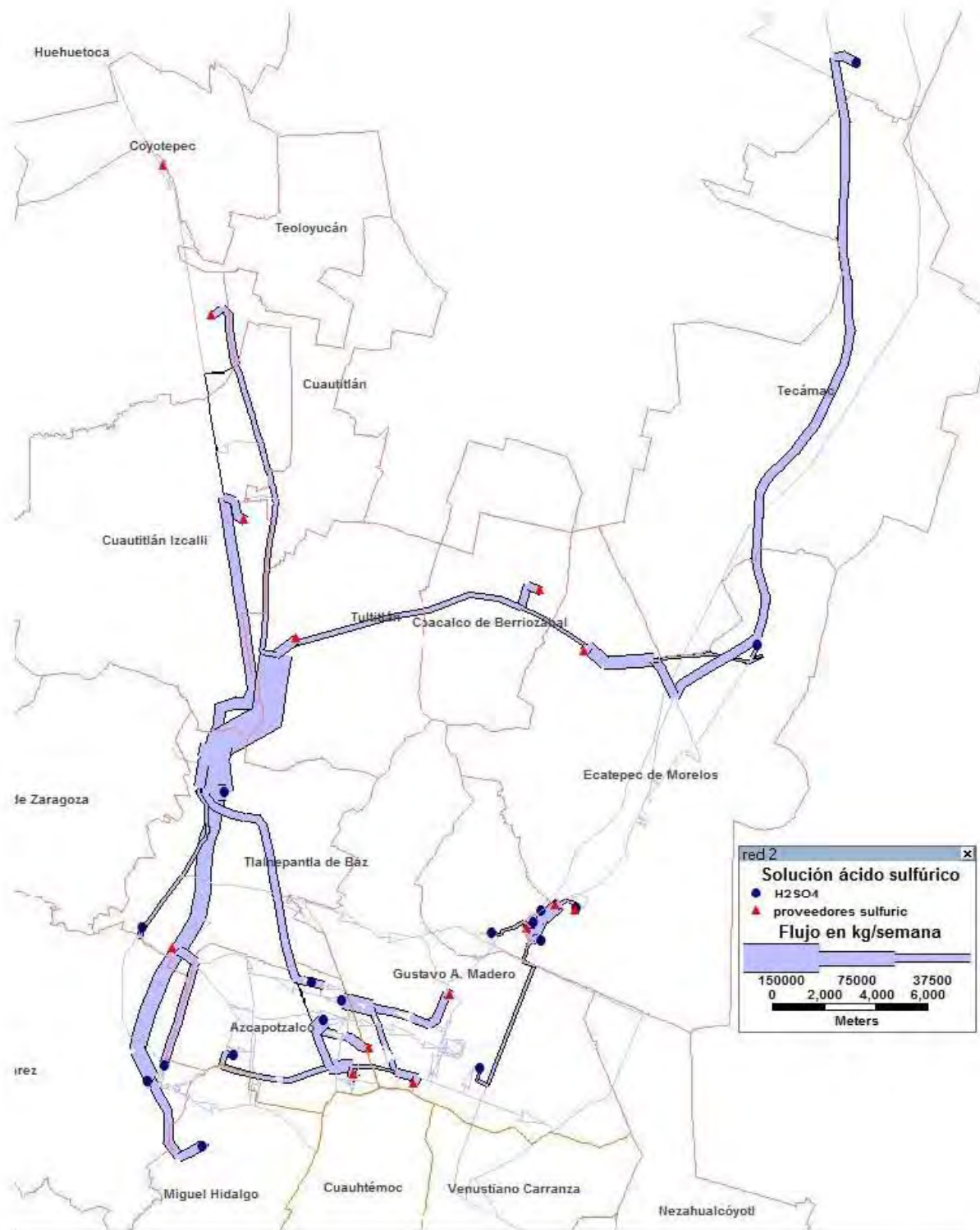


Figura 4.8 Transporte del ácido sulfúrico en la ZMVM

Fuente: Elaboración propia

4.3.1 Matriz de resultados

Además de la representación gráfica TransCAD arroja la matriz de resultados, tabla donde se logra ver de manera numérica el flujo que pasa por cada arco. Esta tabla es muy importante ya que es la solución al Problema de Transporte, donde se detallan los flujos de ácidos entre oferentes y demandantes.

Una vez revisados los resultados numéricos y gráficos de ambos tipos de sustancias, se identifican los principales arcos utilizados durante su transporte. Lógicamente el mayor flujo de material se realiza entre pares origen-destino cercanos que logren satisfacer la demanda, dichos puntos se ubican principalmente en zonas industriales y corredores logísticos de autopistas federales.

4.3.2 Ácido clorhídrico

El flujo de ácido clorhídrico se concentra sobre todo en el lado poniente de la zona de estudio, en la zona de Vallejo con alta frecuencia de paso así como una zona menor en Ecatepec; es de notar cómo la demanda se satisface con oferentes cercanos. La zona de mayor tráfico de ácido es la zona industrial Vallejo, debido a que es ahí donde se encuentran algunos de los mayores demandantes, junto con la zona de la delegación Miguel Hidalgo, donde actualmente se encuentran las instalaciones de Colgate Palmolive.

Las diez vialidades con mayor flujo de esta sustancia se enlistan a continuación:

- Poniente 146.
- Presa Angostura.
- Legaría.
- Eje 3 Norte Cuitláhuac
- Boulevard Manuel Ávila Camacho.
- Coltongo.
- Poniente 116.
- Autopista Mex-Qro Manuel Ávila Camacho.
- Vía Gustavo Baz.
- Vía José María Morelos.
- Carlos Becerril.
- Ceylán.

4.3.3 **Ácido sulfúrico**

En el caso del ácido sulfúrico el flujo se concentra en el lado poniente de la zona de estudio, en Tlalnepantla y la Zona Industrial Vallejo. Se puede apreciar que los requerimientos de los demandantes se satisfacen con la oferta cercana en la mayoría de los casos y que en el caso de Du Pont, uno de los mayores demandantes, se requieren de distintos oferentes para satisfacer sus necesidades.

También se nota un flujo importante que satisface la necesidad de ácido de un demandante en el municipio de Tizayuca, utilizando la autopista México-Pachuca, con lo que se evidencia que las dos principales autopistas son frecuentemente utilizadas para el transporte de ácido sulfúrico.

Las diez vialidades con mayor flujo de esta sustancia se enlistan a continuación:

- Vía Gustavo Baz.
- Vía López Portillo.
- Camino a San Mateo.
- Avenida Montevideo.
- Manual Ávila Camacho (Autopista Mex-Qro)
- Xicotécatl.
- Eje 3 Norte. Cuitláhuac.
- Vía Morelos.
- Carretera México-Teoloyucan.
- Autopista México-Pachuca.

Es importante conocer la representación geográfica de los flujos, ya que da una idea muy cercana a la realidad de cómo se transportan este tipo de sustancias en la ZMVM; identificando los principales arcos por donde circulan camiones de ácidos, se puede poner énfasis en éstos, identificando la población expuesta en caso de accidentes.

5. Población expuesta en caso de un accidente

Durante el presente capítulo se detalla la fuente de información utilizada sobre los datos de población en la zona de estudio, con dicha información identifica la población expuesta a lo largo de las rutas utilizadas en el transporte de ácidos. Además se plantean dos accidentes para cada sustancia a fin de determinar la población a evacuar en caso de incendio que involucre ácidos.

5.1 Población en la ZMVM

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010), en el marco de sus atribuciones de Ley, realizó el Censo de Población y Vivienda 2010 para contar a la población residente del país, ubicar su distribución en el territorio nacional y actualizar la información sobre sus principales características demográficas y socioeconómicas; asimismo, se enumeraron todas las viviendas y se capturaron datos sobre aspectos básicos de las particulares habitadas.

Desde noviembre de 2010 el INEGI inició la entrega de resultados y paulatinamente ha puesto a disposición de la población diversos productos con información detallada a nivel nacional, por entidad federativa, municipio, localidad, así como para las áreas geoestadísticas básicas (AGEB) y manzanas urbanas en el entendido con los resultados del Censo 2010.

El INEGI desarrolla el Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE) (INEGI, 2010), una herramienta que permite asociar la información estadística del Censo 2010 con el espacio geográfico al que pertenece, con lo cual aporta información complementaria para facilitar la interpretación de los fenómenos sociodemográficos.

El SCINCE ofrece una serie de indicadores sociodemográficos tanto en valores absolutos como relativos, por entidad federativa, municipio, localidad, áreas geoestadísticas básicas (AGEB), manzanas urbanas y zonas metropolitanas.

El SCINCE permite generar mapas temáticos mediante la selección de una sola variable o indicador sociodemográfico ya integrado o de indicadores personalizados que se calculen. También integra dos métodos de estratificación multivariados, k-medias y componentes principales; constituye entonces una herramienta estadística para el análisis espacial de los resultados censales.

Esta herramienta ofrece cartografía digital en formato *.shp* que se instala en el equipo en una versión de escritorio la cual se puede obtener de manera gratuita en la página de internet:

http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/scince2010.aspx

Los archivos extensión *.shp* se encuentran una vez instalado la herramienta de computación e incorporando la información de cada entidad federativa requerida, la ruta en la computadora personal en la que se encuentra dicha información es *C:\SCINCE 2010*, como tal los archivos *.shp* se encuentran separados por estado y a su vez seccionados por unidad geográfica, estado, municipio y/o delegación, AGEB, manzana.

La información utilizada para el presente capítulo únicamente es a nivel AGEB; la Figura 5.1 muestra la densidad de población a nivel AGEB para la zona de estudio.

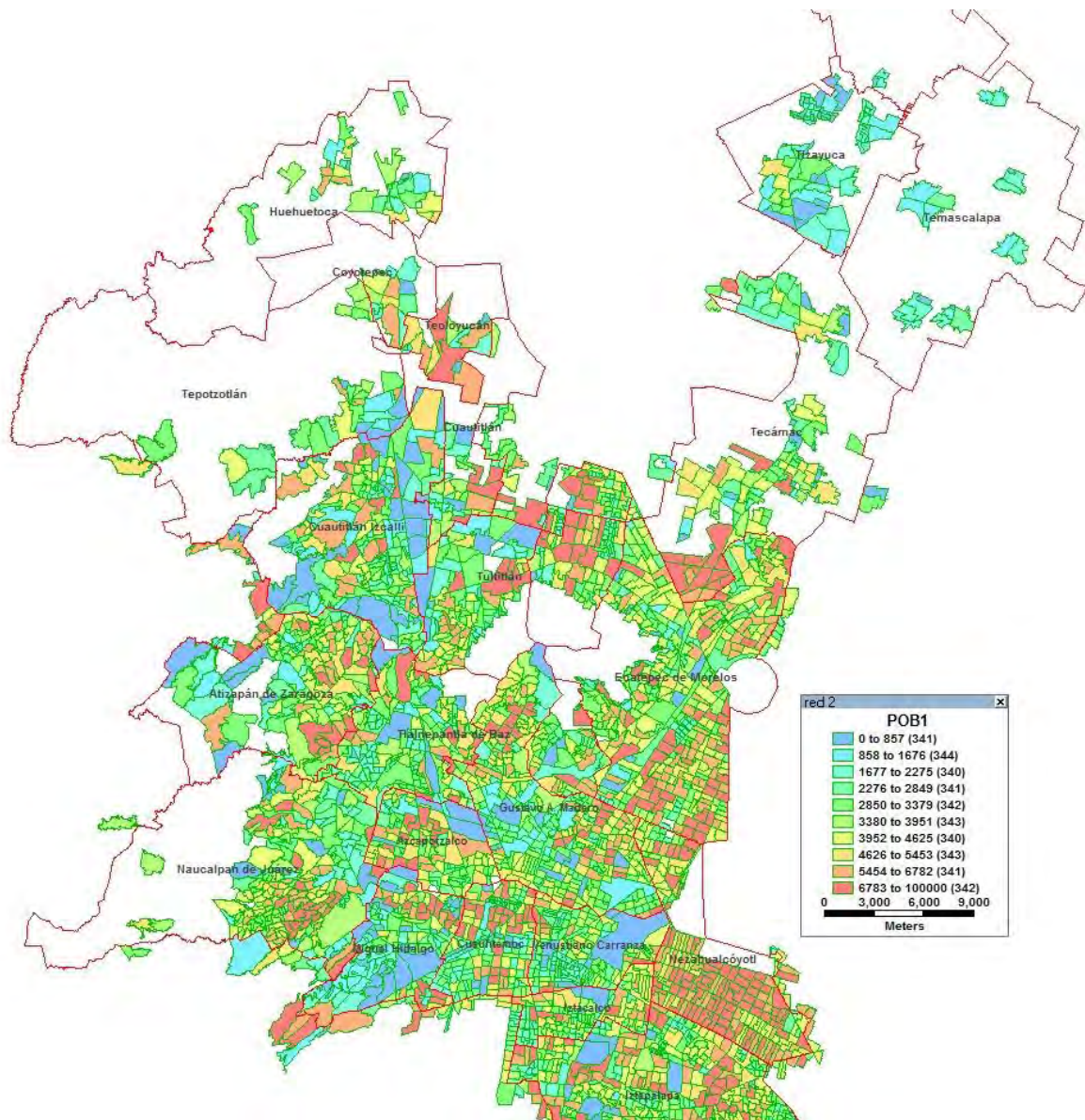


Figura 5.1 Densidad de población por AGEB

Fuente: Elaboración propia en base a INEGI 2010

5.2 Población expuesta y población a evacuar en caso de accidentes.

A lo largo de las rutas utilizadas para el transporte de ambos ácidos existe población expuesta en caso de accidentes. Además en caso de un accidente, la población cercana debe ser evacuada según normas internacionales (US DOT, 2008), de este modo se plantean para cada sustancia dos accidentes que involucren evacuación, a fin de conocer la cantidad de población a evacuar.

A continuación se determina tanto la cantidad de población expuesta como las personas a evacuar en caso de accidentes mediante la función Overlay de TransCAD, la cual sobrepone capas geográficas con el fin de obtener información de interés en las relaciones que se presentan.

Se sabe que ambos tipos de ácidos están sujetos a normas internacionales en su transporte (apartado 1.4.3 y 2.3), donde se definen distancias mínimas de aislamiento en accidentes que involucren incendio (800 m) y en accidentes que involucren derrame (50 m).

La función Overlay permite cruzar la información de la población contenida en una capa de polígonos por AGEBS con la capa de arcos, resultado de la solución del Problema de Transporte de TransCAD, a fin de conocer la población expuesta en las rutas de interés en accidentes, ya sea derrame o incendio.

Los siguientes apartados consideran las concentraciones de los ácidos presentadas en el apartado 2.2.3, y transporte en pipas a granel con capacidad de 18,000 kg.

5.2.1 Población expuesta y población a evacuar en caso de accidente en el transporte de ácido clorhídrico

La población expuesta durante el transporte de ácido clorhídrico se estima mediante resultados del apartado 4.3.1, se identifican los corredores utilizados para el transporte de ácido clorhídrico y se utiliza la función Overlay para sobreponer dichos arcos con la población por AGEB (INEGI, 2010), para estimar la población expuesta a lo largo de las rutas.

Para estimar la población a evacuar se plantean dos puntos de accidentes localizados donde la densidad de población de la AGEB es mayor a las demás cruzadas por las rutas. Estos accidentes son considerados como “peor de los casos”, debido a que son aquellos donde una gran población se vería afectada.

5.2.1.1 Población expuesta estimada en las rutas del ácido clorhídrico

La población expuesta se puede apreciar de manera gráfica en la Figura 5.2, esta figura consta de dos partes, en primer lugar se observa la densidad de población por AGEB, en segundo lugar se muestran las rutas de transporte de ácido clorhídrico representando la población expuesta correspondiente a un umbral de 50 metros a cada lado de las rutas.

La cantidad total expuesta en este caso asciende aproximadamente a 71,200 pobladores, distribuidos en las 122 AGEBs utilizadas en las rutas de transporte resultado del capítulo 4. Las rutas que tienen una mayor exposición son aquellas que cruzan la mayor cantidad de AGEBs y/o AGEBs con mayor densidad de población.

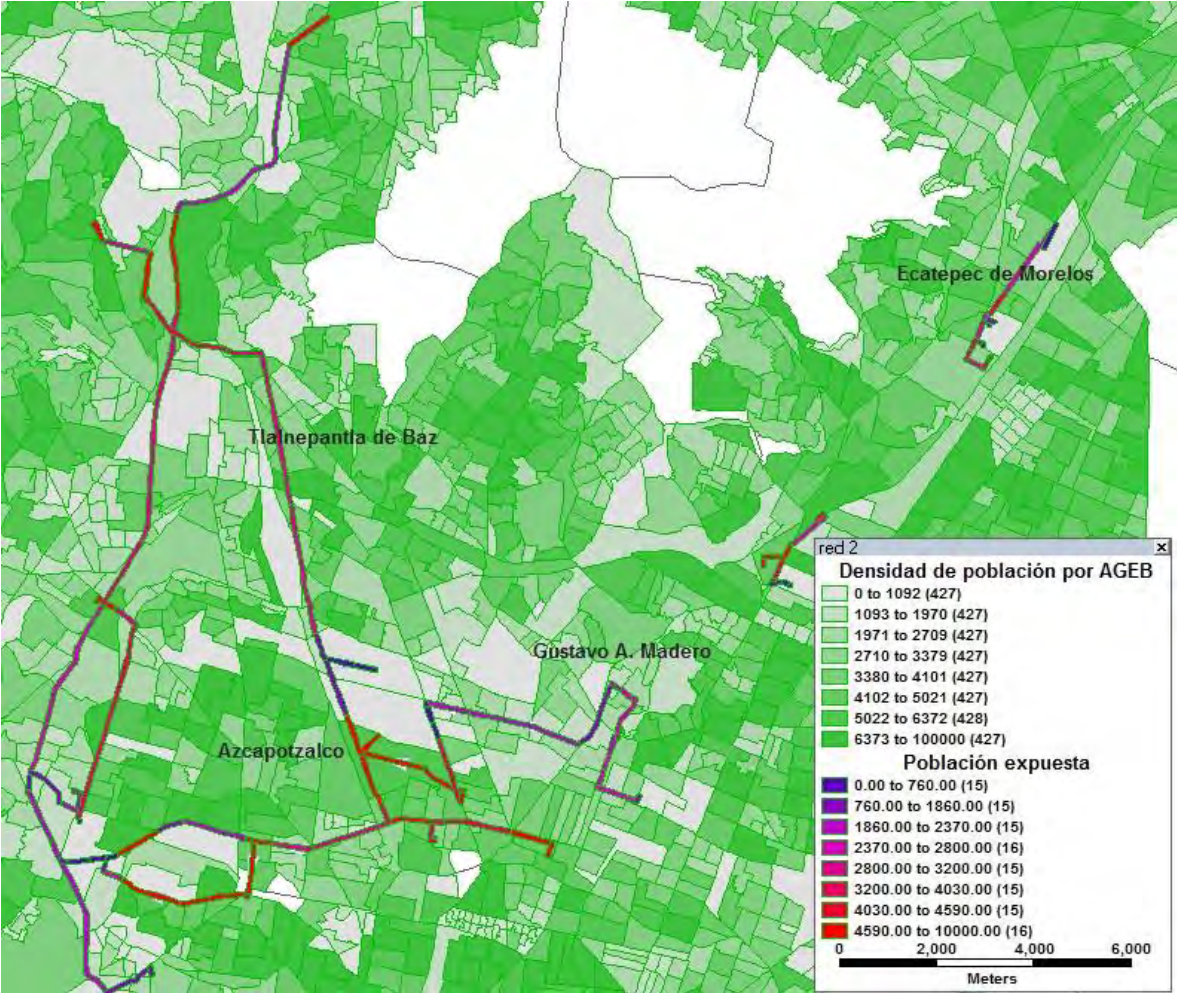


Figura 5.2 Población expuesta sobre la red vial, en caso de accidente de ácido clorhídrico

Fuente: Elaboración propia

5.2.1.2 Número estimado de exposiciones

Considerando que el transporte de ácido clorhídrico a granel se realiza en pipas de 18,000 kg, se tienen diferentes frecuencias de exposición en cada arco, es decir, el número de veces que es usado cada arco por una pipa incrementa el número de exposiciones de la población que rodea dicho arco. A partir de las rutas y el flujo asociado entre cada par de puntos origen – destino, resultantes en el apartado 4.3.2, se calcula la frecuencia de exposición por arco. En la Figura 5.3 se muestra la cantidad de exposiciones semanales para el transporte de ácido clorhídrico.

Fuente: Elaboración propia

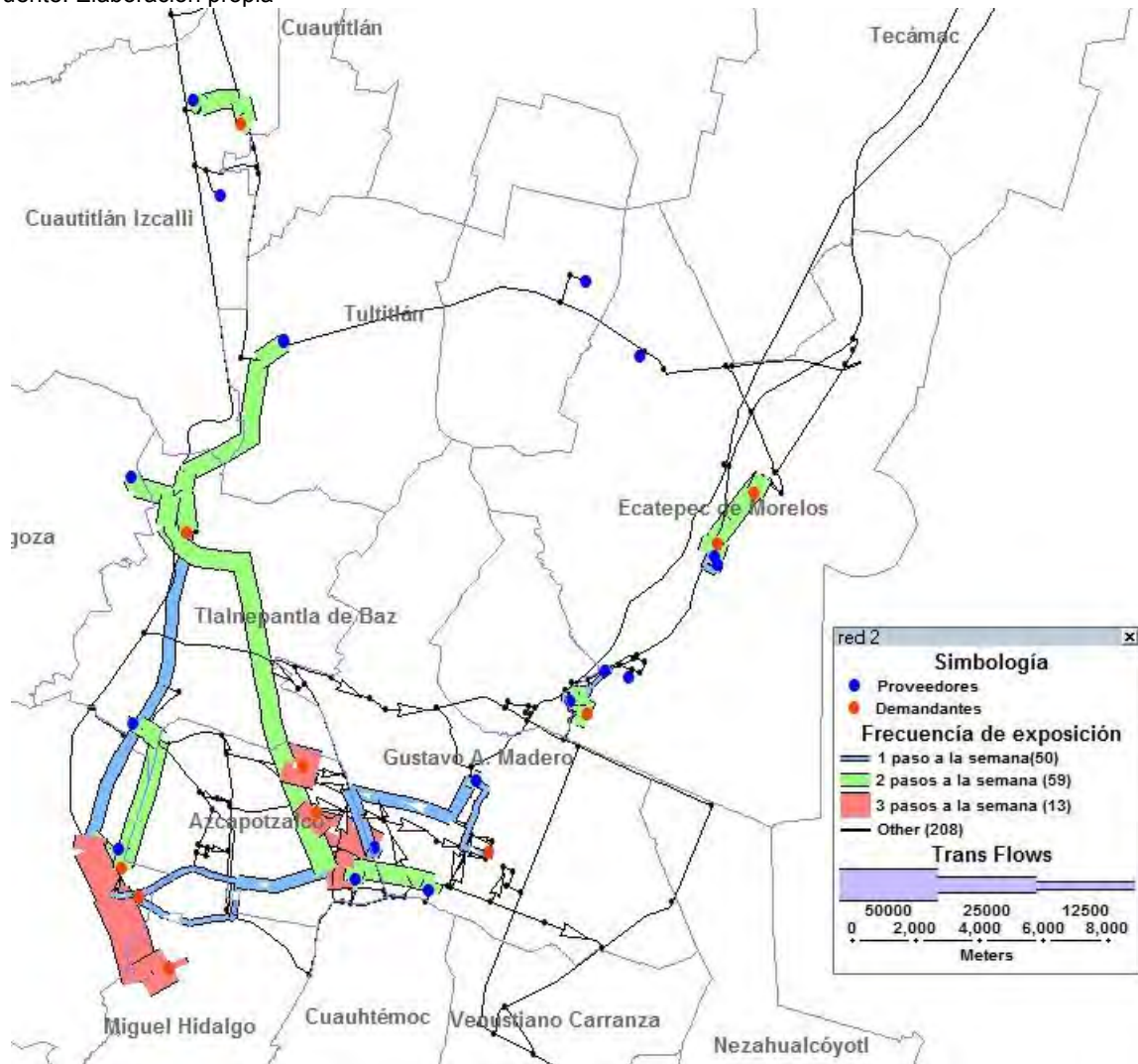


Figura 5.3 Frecuencia de exposiciones de ácido clorhídrico

Los arcos con mayor frecuencia de exposición están ubicados en la zona de Vallejo, así como en los alrededores de Colgate Palmolive, en la delegación Miguel Hidalgo.

5.2.1.3 Población que debe ser evacuada en caso de accidente

Una vez definida la población expuesta, se definen dos zonas con base en la mayor cantidad de exposición y la mayor densidad de población por AGEB, esto con el fin de plantear accidentes del tipo “peor de los casos” para identificar la cantidad de población a evacuar.

Estos accidentes consideran el incendio de la pipa de transporte, en la Guía de respuesta en caso de emergencias (US DOT, 2008), se establece una distancia mínima de 800 m. en todas direcciones a partir del punto de origen del accidente.

El primer accidente se ubicó en el cruce de Las avenidas Aquiles Serdán y Azcapotzalco con la calle de Heliópolis, como se muestra en la Figura 5.4. El accidente es el centro del círculo, el cual representa el área de evacuación, dicha área afectaría 10 AGEBs de la Delegación Azcapotzalco, generando una evacuación de 23,361 personas, lo que representaría un caos en la delegación y un alto costo social difícil de cuantificar.

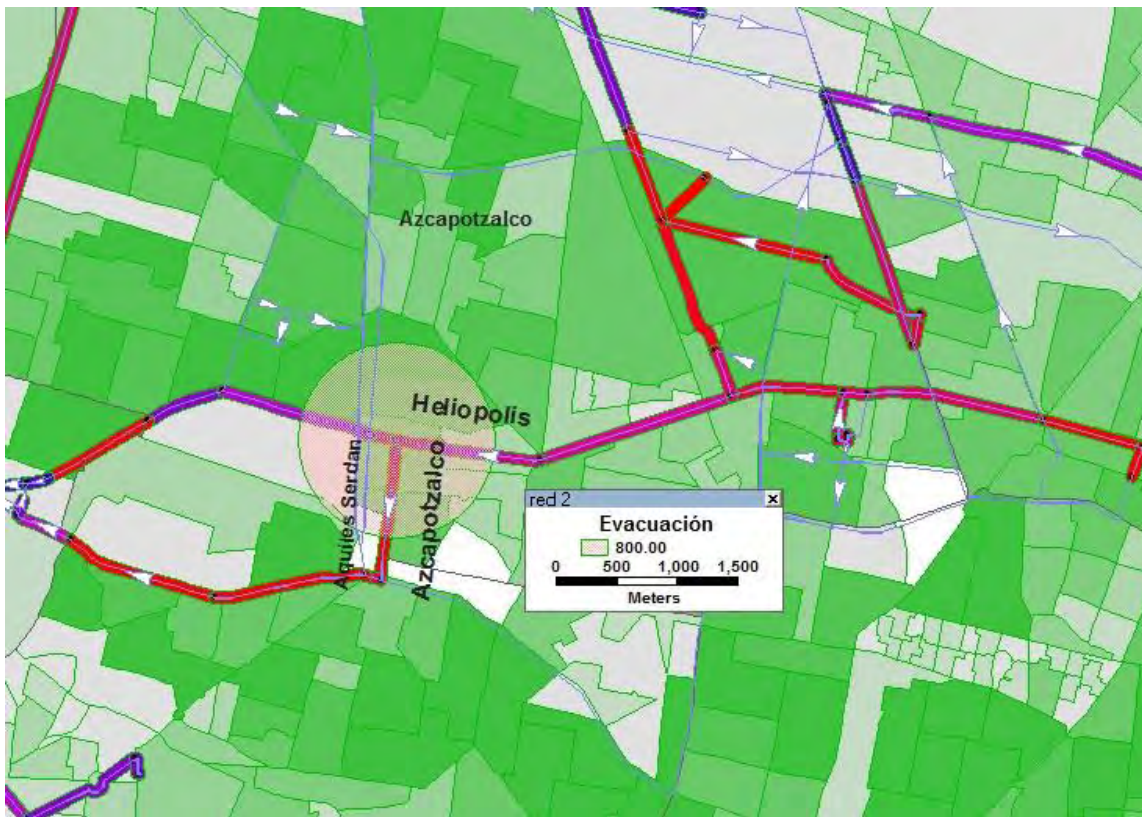


Figura 5.4 Accidente 1. Ácido clorhídrico

Fuente: Elaboración propia

El segundo accidente se estableció en la intersección de Eje 3 Norte y Calle 16, a una cuadra de Eje 1 Poniente Calzada Vallejo, (ver Figura 5.5). En este accidente se afectan 16

AGEBs que representan 35,641 personas evacuadas. El área afectada es el oriente de la zona industrial Vallejo.

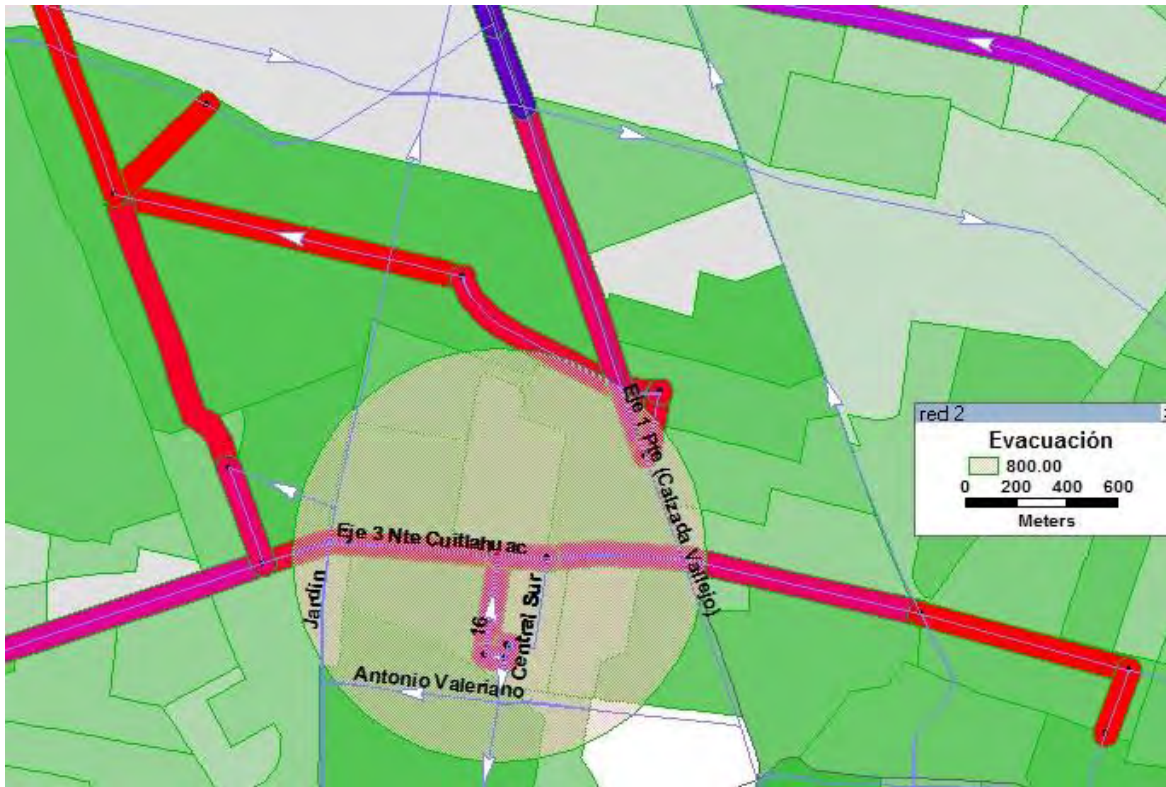


Figura 5.5 Accidente 2. Ácido clorhídrico

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Población expuesta en caso de accidente en el transporte de ácido sulfúrico

De manera análoga se identifica la población expuesta a lo largo de las rutas de transporte del ácido sulfúrico, retomando las rutas resultado del apartado 4.3.3, bajo el supuesto de abasto semanal realizado por pipas con capacidad de 18,000 kg.

También se identifica la frecuencia de exposición en cada arco de las rutas y se plantean dos accidentes del tipo “peor de los casos”, para determinar la cantidad de población a evacuar en caso de accidentes que involucren incendios.

5.2.2.1 Población expuesta estimada en las rutas

El transporte de ácido sulfúrico genera exposición de la población a lo largo de las rutas utilizadas. Para estimar la población expuesta se considera 50 metros a cada lado de los arcos utilizados como área de exposición (US DOT, 2008). La Figura 5.6 muestra la población expuesta por el transporte de ácido sulfúrico en la ZMVM.

La cantidad total expuesta estimada es alrededor de 188,000 personas, distribuidas en 144 AGEBS a lo largo de las rutas de transporte resultantes.

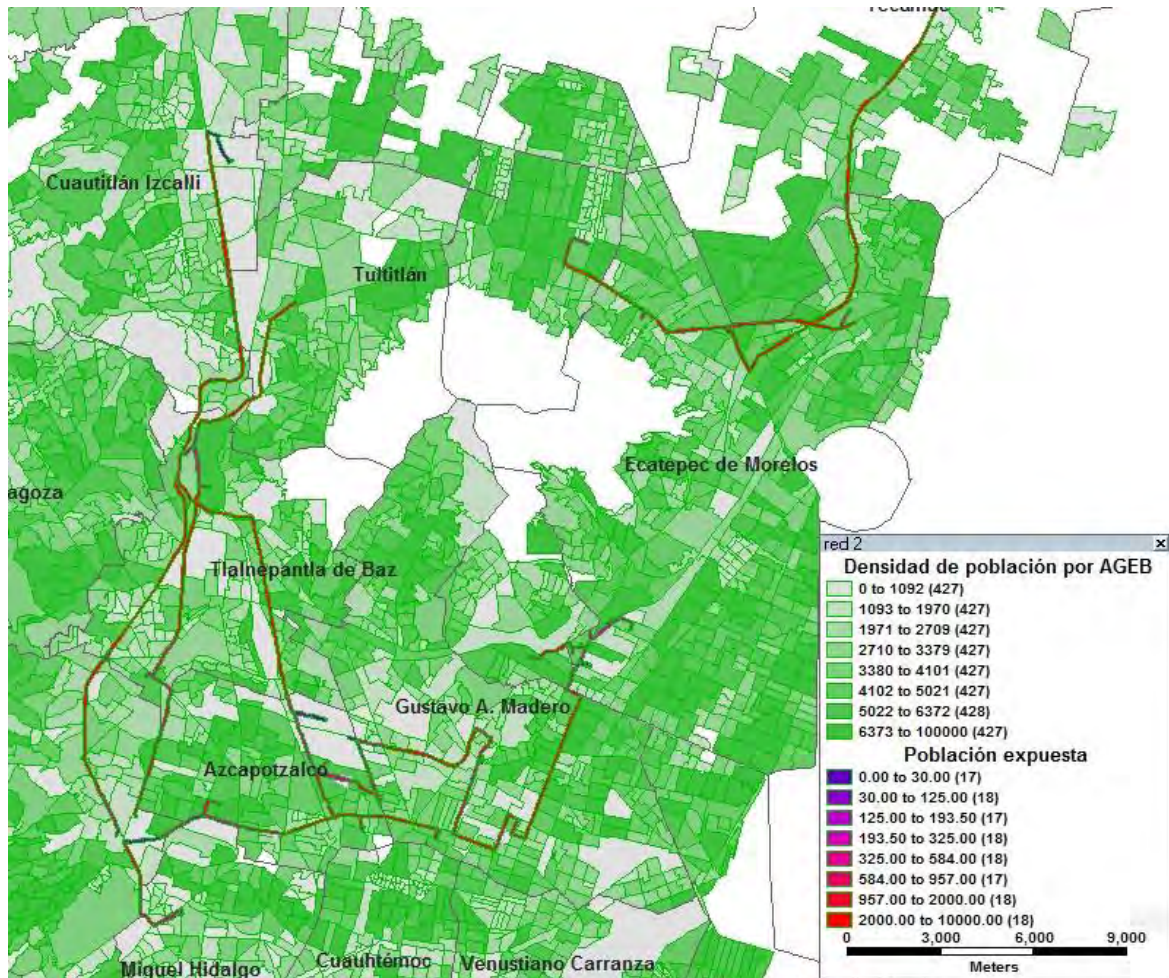


Figura 5.6 Población expuesta sobre la red vial, en caso de accidente de ácido sulfúrico

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2 Número estimado de exposiciones

La frecuencia de exposiciones semanales en el caso del ácido sulfúrico, se puede ver en la Figura 5.7.

Los arcos que presentan mayor número de exposiciones son la carretera México-Querétaro, en su tramo de Pericentro a Tepotzotlán, junto con el Eje 3 Norte en su tramo de la Zona Industrial Vallejo.

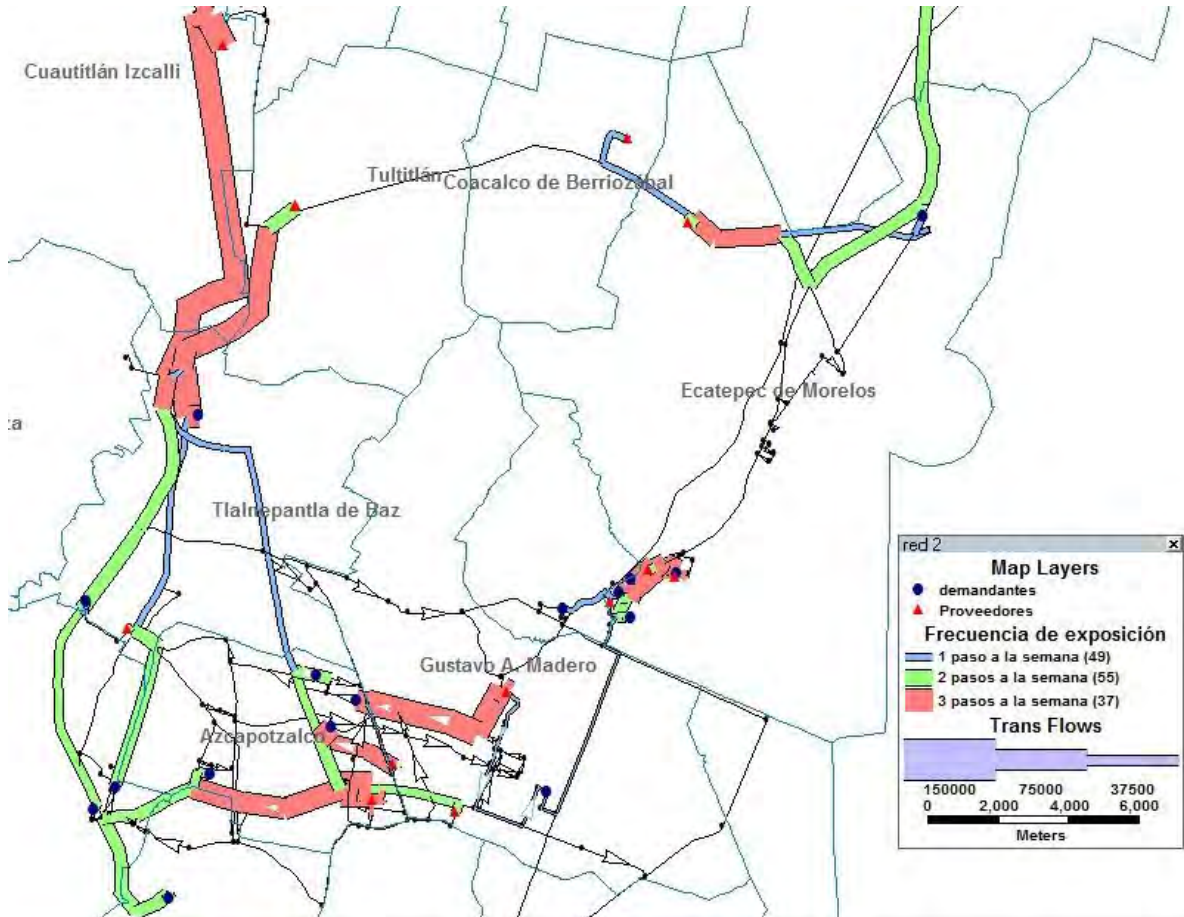


Figura 5.7 Frecuencia de exposición al ácido sulfúrico

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.3 Población que debe ser evacuada en caso de accidente

Al igual que para el ácido clorhídrico, se plantean dos accidentes durante el transporte de ácido sulfúrico a fin de determinar la cantidad de población a ser evacuada, estos involucran el incendio de una pipa de 18,000 kg de capacidad.

Para identificar la población a evacuar en estos accidentes se establecen criterios mínimos de seguridad, un área con radio de 800 metros (US DOT, 2008). El primero de estos accidentes del tipo “peor de los casos” se planteó en la intersección de la Av. Texcoco, Carretera federal 57 y Carretera México – Tepexpan, muy cerca de la vía López Portillo en dirección hacia Ecatepec. La Figura 5.8 muestra el resultado, este accidente afectaría 9 AGEs generando la evacuación de 16,098 personas.

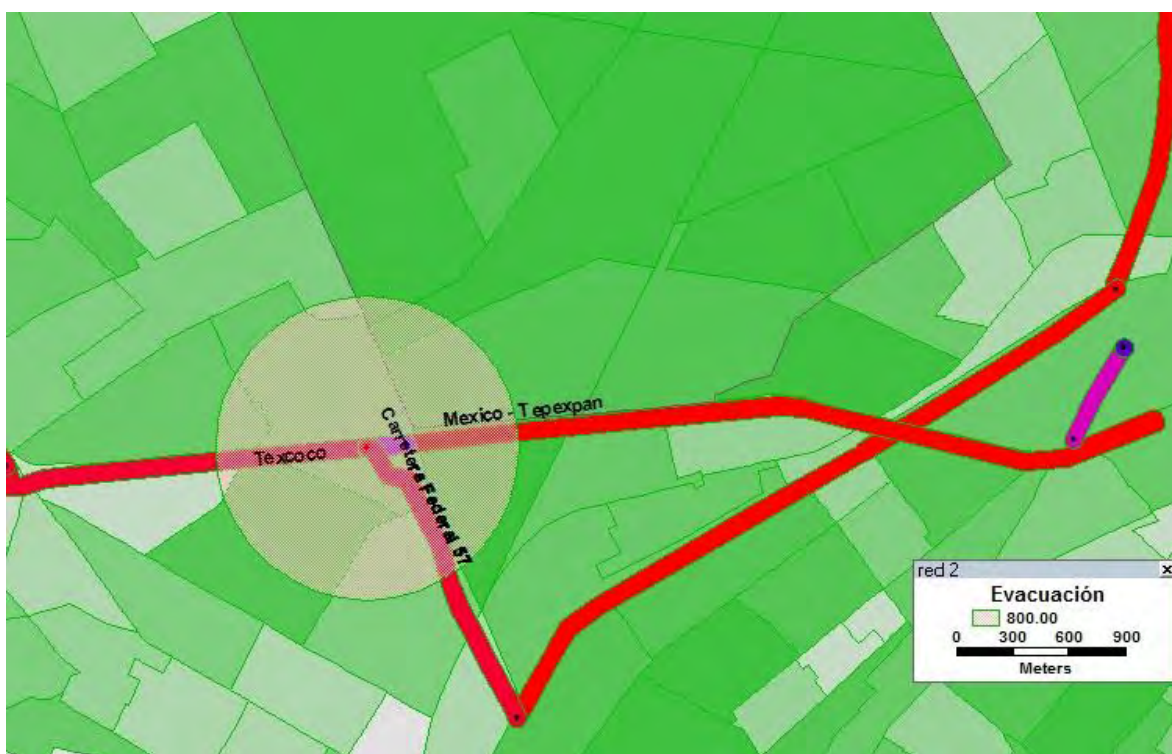


Figura 5.8 Accidente 1. Ácido sulfúrico.

Fuente: Elaboración propia

El segundo accidente se supone en Eje 3 Norte intersección con Calzada de los Misterios. En este caso el número de AGEs en el área de impacto asciende a 20, con una cantidad de personas a evacuar de 28,047 (Ver Figura 5.9).



Figura 5.9 Accidente 2. Ácido sulfúrico.

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Población expuesta en el transporte de ácidos en tránsito en la ZMVM

Además del transporte de ácidos entre puntos origen- destino realizado dentro de la ZMVM, estas sustancias pueden ser transportadas a través de la zona sin origen ni destino dentro de la ZMVM. Para determinar la población expuesta al transporte de ácidos en tránsito en la ZMVM, se parte del supuesto que los nodos ubicados en los extremos nororiente y norponiente de la Red Vial son los puntos de origen y el nodo ubicado en la salida a la carretera México – Puebla es el nodo destino. Se considera una pipa de 18,000 kg por cada nodo norte.

Dado que las distancias mínimas de evacuación son iguales para ambos ácidos, la población expuesta es indistinta de la sustancia. Considerando que las pipas únicamente utilizan la zona de estudio para atravesar hacia la carretera que conecta el Centro con el Sureste del país, se definen dos rutas mínimas, las cuales se pueden observar en la Figura 5.10.

La población expuesta en ambas rutas asciende a 172,842 personas, repartidas en 378 AGEBS.

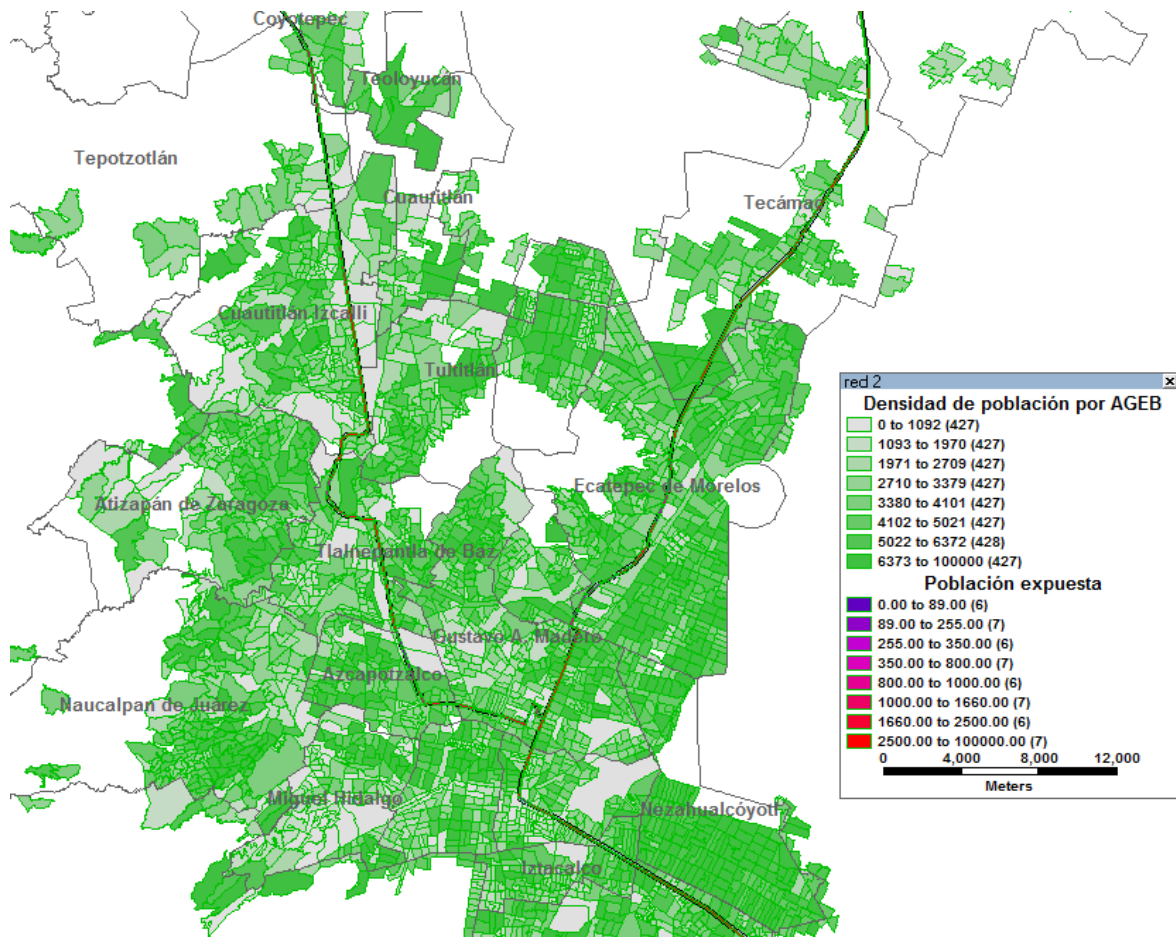


Figura 5.10 Población expuesta en rutas “en tránsito” de ácidos en la ZMVM

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5.11 se aprecia el acercamiento de las rutas mínimas (en tránsito) que atraviesan la zona de estudio, para las delegaciones del Distrito Federal, distinguiéndose una mayor exposición en el norte de Azcapotzalco, colindando al norte con Tlalnepantla, así como la calzada Ignacio Zaragoza, la cual comienza en los límites de Venustiano Carranza y termina en Iztapalapa.

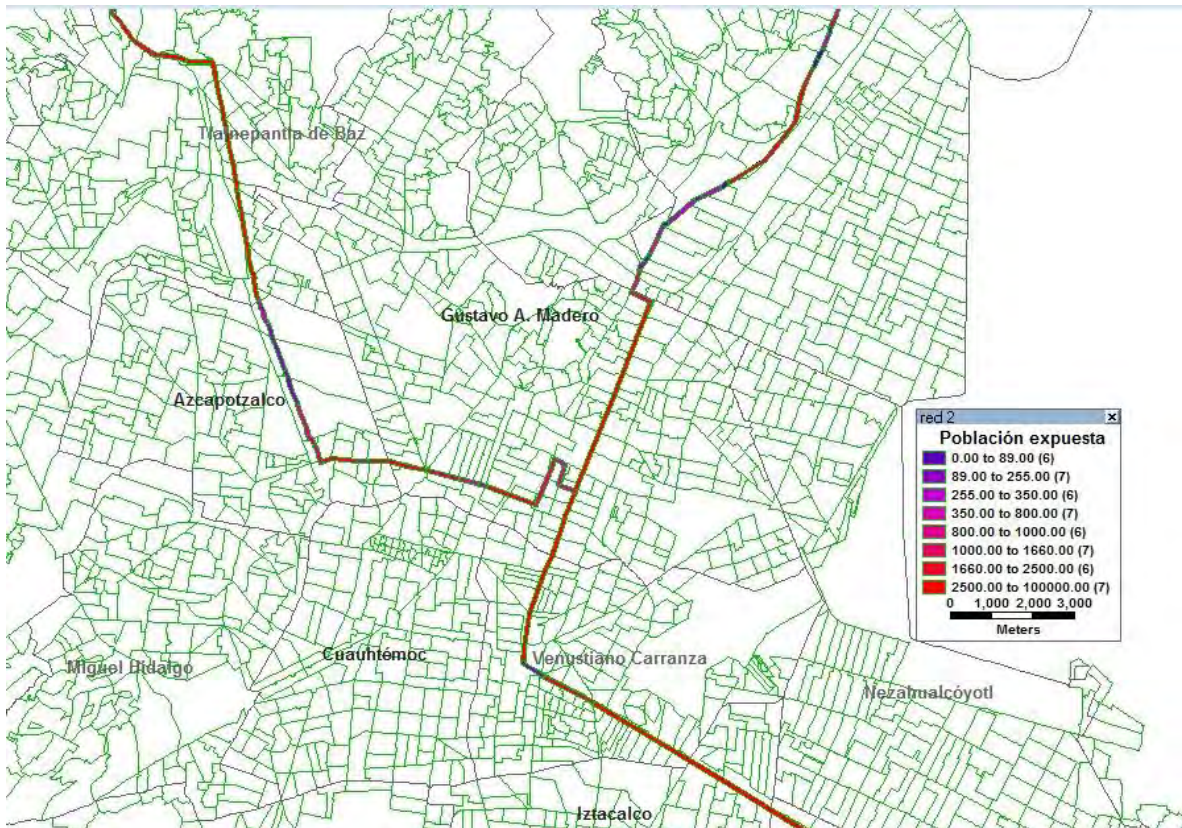


Figura 5.11 Acercamiento. Población expuesta en rutas en tránsito de ácidos en la ZMVM

Fuente: Elaboración propia

5.3 Resultados sobre población expuesta

La cantidad de población expuesta en el transporte del ácido clorhídrico es de 71,200, mientras que para el ácido sulfúrico alrededor de 188,000, estos ciudadanos son constantemente expuestos, al menos una vez semanalmente, a un accidente. Lamentablemente la localización de la industria que necesita dichas sustancias obliga a la circulación del transporte por zonas urbanas, es importante conocer la magnitud del riesgo asumido en el transporte de MPs en un ambiente metropolitano para así generar planes de reacción, estrategias de respuesta y políticas públicas que garanticen el menor impacto en caso de accidente.

En función de la frecuencia de exposiciones se pueden formular planes específicamente por arcos, con disposición de elementos de protección civil ubicados de tal forma que optimicen el tiempo de respuesta (Muñoz, 2011).

En caso de accidente, los costos asociados a interrumpir la vida cotidiana de la ZMVM son incuantificables, el cierre de vialidades, el desalojo de habitantes, el cierre temporal de negocios y empresas, así como el daño ecológico producido son las externalidades más

graves en el transporte de MPs. La población expuesta a lo largo de las rutas y la población a evacuar se resumen en el Cuadro 12.

Cuadro 12 Resumen población expuesta y población a evacuar en ambos ácidos

	Población expuesta		Población a evacuar accidente 1		Población a evacuar accidente 2	
	Personas	AGEBs	Personas	AGEBs	Personas	AGEBs
Ácido clorhídrico	71,200	122	23,361	10	35,641	16
Ácido sulfúrico	188,000	144	16,098	9	28,047	20
En tránsito	172,842	378	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

La población a evacuar para los accidentes planteados siempre es superior a 15,000, es muy difícil imaginar el procedimiento correcto de evacuación para miles de personas de manera rápida y segura.

Se observan coincidencias en la cantidad de AGEBS en la población expuesta de durante el transporte en la ZMVM de ambos ácidos, para la población expuesta en tránsito esta cifra aumenta considerablemente, afortunadamente no así la cantidad de población.

El transporte de ácidos en la ZMVM es un tema de mucha relevancia, ya que si se realiza de manera incorrecta puede traducirse en la pérdida de vidas humanas.

6. Conclusiones y recomendaciones

Se realizó un análisis sobre tres diferentes bases de datos de accidentes de transporte de materiales peligrosos, con objeto de encontrar las sustancias involucradas en accidentes de manera recurrente. Detrás de los combustibles derivados del petróleo, los ácidos clorhídrico y sulfúrico son el grupo de sustancias con mayor número de percances registrados. Debido a que sus propiedades corrosivas y reactivas representan un grave peligro en caso de accidente, se seleccionaron como sustancias de estudio.

A partir de directorios industriales generales y de la industria química, se identificaron las empresas proveedoras de ambos ácidos, mientras que las empresas que utilizan estas sustancias en sus procesos fueron identificadas por el giro comercial (uso de los ácidos en la industria) a través de licitaciones públicas en buscadores industriales web, así como en informes de giros empresariales químicos.

Mediante esta investigación también se identificaron las principales prácticas comerciales y de distribución de ambas sustancias, el tipo de envase y embalaje, las concentraciones que se utilizan, las cantidades manejadas comúnmente, así como las características especiales que requiere el transporte, tanto las condiciones físicas de los vehículos, como los requerimientos legales de documentación.

La oferta fue supuesta bajo la investigación en información pública de internet y publicaciones sobre inventarios de MPs en el país (Arcos, 2003), se consideró uniforme para todos los proveedores a fin de que la ubicación geográfica fuera el factor determinante en la creación de rutas. La demanda se definió a partir de la investigación en buscadores industriales y concesiones públicas de buscadores de la industria química, se clasificó en cuatro rangos dependientes del giro industrial, así como del tamaño de la empresa.

Se digitalizó la información de puntos de oferta y puntos de demanda y se generó una red vial a partir de trabajo en Google Earth para poder alimentar de información al SIG-.T, TransCAD, el cual mediante su herramienta de solución del Problema de Transporte generó rutas entre los puntos de oferta – demanda.

Una vez obtenidas las rutas de transporte se procedió a identificar la población expuesta a lo largo de las rutas en caso de accidente para ambos ácidos, esto a nivel de AGEBA (INEGI, 2010). Además de plantear dos accidentes del tipo “peor de los casos” para cada sustancia, determinando la cantidad de población a evacuar en cada accidente.

La principal aportación de la tesis fue la identificación de los principales arcos por donde son transportados los ácidos, así como la población expuesta a lo largo de las rutas, en caso de accidente, para ambas sustancias.

Durante el desarrollo del presente trabajo se encontraron áreas de oportunidad, por consecuencia se establecen las siguientes recomendaciones:

Existen graves deficiencias en los registros históricos de accidentes de transporte, la correcta actualización de una base de datos especializada en materiales peligrosos es primordial. Las políticas públicas formuladas, los planes de trabajo de organismos responsables del cuidado del medio ambiente así como los encargados de la seguridad en las vías de comunicación de la República deberían tener un registro detallado de accidentes de manejo y transporte de materiales peligrosos.

En el apartado de oferta – demanda se recurrió a supuestos, tanto de volúmenes de utilización como de producción. La información referente al mercado de sustancias peligrosas no tiene un regulador en forma, es decir, mientras que SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) tiene RETCE (Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes) de carácter voluntario, solo comprende lo referente a residuos. Por otro lado SCT regula el transporte únicamente, no existe la figura gubernamental responsable de la comercialización y uso de materiales peligrosos, de este modo, las prácticas comerciales e industriales son únicamente visibles por particulares, en este caso reguladas por la ANIQ (Asociación Nacional de Industria Química).

Referencias

- ABC (2010), Más de la mitad de la población vive en ciudades, Diario ABC, consultado el 23 de septiembre de 2010, <http://www.abc.es/agencias/noticia.asp?noticia=524269>, Madrid, España.
- Advanced Logistics Group, (2008), Consultoría para la Capacitación en Modelación de Transporte en Plataforma TransCAD®, Informe Final Revisado, Perú.
- Antún, C. J. (1994). Logística: Una visión sistémica, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Arcos, S. M. (2003). Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México, CENAPRED, México.
- Badiru, A. (2010), The many languages of sustainability, Asociación global de profesionales productivos y eficientes, Sudáfrica.
- BESTUFS (2007), Guía de Buenas Prácticas sobre el Transporte Urbano de Mercancías, Comisión Europea en el Marco de la Investigación y Desarrollo Tecnológico, Holanda.
- Bruce, D., (2001) "GIS : a visual approach" Ed. Onword press 2ª edición. USA.
- Caliper, (2000), TransCAD® User's Guide, Caliper Corporation, USA.
- Catastro cartografía y SIGS, (2009), ¿Qué es un SIG?, <http://catastrocartografiaysigs.blogspot.mx/2009/09/que-es-un-sig.html>, México
- COATEA, (2011), Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales, documento entregable con bases de datos, archivos diversos incluyendo .xls "excel", .pdf "Adobe" y .doc "Word", contacto Ing. Alfonso Flores Ramírez, Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Residuos, México
- CONAPO, (2010) Secretaría General del Consejo Nacional de Población. Aprovechar las oportunidades que brinda el bono demográfico, México.
- Cortinas D. N., C., Vega, S., (1993) "Residuos peligrosos en el mundo y en México", Serie Monografías No. 3, Instituto Nacional de Ecología (INE), Secretaría de Desarrollo Social, México.
- COSMOS, (2011), Guía de la Industria Química Edición 2011, editorial Informática Cosmos, México.
- De Rus, G., Campos, J., Nombela, G., (2003). Economía del Transporte, Antoni Bosch, España.
- Donald, Wood, J., (1996). Logística moderna. Prentice Hall, USA.

Fernández, R., Valenzuela, E. (2004). Gestión ambiental del tránsito: cómo la ingeniería de transporte puede contribuir la mejora del medio ambiente, Eure, Santiago de Chile.

Gakenheimer, R. (1999). Urban mobility in the developing world, Transportation Research Part A, Department of Urban Studies and Planning, MIT, USA.

García, S. (2009). Apuntes de Temas Selectos de Logística y Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Gilmour, P. (1987). Logistics management: Introduction, in Gilmour P (ed) Logistics management in Australia, Longman Chesire, Australia.

Graizbord, B., (2008). Geografía del Transporte en el Área Metropolitana de la Ciudad de México, 1ª. Ed. Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales México, El Colegio de México, México.

House RK and Associates Ltd, (1979), The Economics of Urban Goods Movement, Canada.

Hutchinson, NE. (1987). An Integrated Approach to Logistics Management, Prentice –Hall, USA.

ilGiornale (2008), Napoli, emergenze spazzatura Ue: "Altre sanzioni in arrivo", Redacción, http://www.ilgiornale.it/interni/napoli_emergenza_spazzatura_ue_altre_sanzioni_arrivo/02-01-2008/articolo-id=231215-page=0-comments=1. Italia.

Investigación-Operaciones, (2002), Fundamentos de Investigación de Operaciones, El Problema de Transporte, visto en: www.investigacion-operaciones.com%2Fmaterial%2520didactico%2FTRANSPORTE.pdf&ei=0UYtUd7wGOGW2AXs6oGgDw&usg=AFQjCNHmsTg0A0GYzuUJQ8VML1_6v4JPtw&sig2=M_3cJdcCDc vltCe4p3culw&bvm=bv.42965579,d.b2l

INEGI, (2010), Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Censo de Población y Vivienda 2010, Sistema para la consulta de información censal (SCINCE Versión 05/2012), México

Izcapa, C., Arcos, M., (2003), Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México, Subdirección de Riesgos Químicos, Centro Nacional de Prevención de Desastres, México

Kahn. R., Kobayashi, S., Beuthe, M., Gasca, J., Greene, D., Lee, D., Muromachi, Y., Newton, P., Plotkin, S., Sperling, D., Wit, R., Zhou, P. (2007). Transport and its infrastructure, en Climate Change 2007: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Lantada Z., Núñez, A., A., (2002) "Sistemas de información geográfica: practicas con ArcView" Ed.UPC

Lea ND and Associates (1971), An Evaluation of Urban Transport Efficiency in Canadá, Ministro del transporte en Canadá, Canadá.

Lozano, A., Muñoz, A., Antún, J., Granados, F., Guarneros, L., (2010), Analysis of hazmat transportation accidents in congested urban areas, based on actual accidents in Mexico, Procedia: Social and Behavioral Sciences, México.

Macías, L., (2008), Análisis de las rutas de distribución gasolineras en el Distrito Federal, UNAM, México.

Martínez, J., Mallo, M., Lucas, R., Álvarez, J., Salvarrey, A., Gristo, P. (2005), Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos, Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe, Montevideo, Uruguay.

Muñoz, A., (2011), Transporte de materiales peligrosos en la Zona Metropolitana del Valle de México, UNAM, México.

NFPA, (2013), Codes & Standards, Safety is everybody business, <http://www.nfpa.org/codes-and-standards>, USA

OECD, (2003), Delivering the Goods, 21st Century Challenges to Urban Goods Transport, Organization for Economic Co-operation and Development, Francia.

Ogden, K. W. (1992). Urban goods movements: a guide to policy and planning, Ashgate, UK.

Ortiz, G., (2002), Qué son los Sistemas de Información Geográfica. Tipos de SIG y modelos de datos. Un artículo introductorio para entender las bases de los SIG, visto en: <http://www.gabrielortiz.com/index.asp?Info=012>.

Pereira, J. (2006). Canales de Distribución y Administración Logística, mercadeo.com, México

Pontiggia, M., Derudi, N., Alba, M., Scaioni, M., Rota, R., (2009), Hazardous gas releases in urbana areas: Assessment of consequences through CFD modeling, Journal of Hazardous Materials, Italia

PROFEPA, (2011), Subdirección de Inspección Industrial de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, reporte de emergencias químicas en Hidalgo, Estado de México y Distrito Federal, periodo 2000 y 2011, México.

Quimipac, (2013), Negocios Químicos, Ácido Clorhídrico, <http://www.quimipac.com.pe/clorhidrico.html>, Perú

RAE, (2011), Real Academia de la lengua Española, Definición: escenarios, consultado en <http://lema.rae.es/drae/?val=escenarios>, España

Revista Internacional de Gestión y Distribución al por menor, (2000). "Cadena de Suministro, distribución y cumplimiento, España.

Salón Hogar, (2013), El Ácido Sulfúrico, <http://www.salohogar.com/ciencias/química/acidosulfurico/rotulacion.htm>, México

SCT, (2006), Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México.

SEMARNAT, (2007). Ley General del Equilibrio y la Protección al Ambiente, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Stalk, G. (2009). The Threat of Global Gridlock, Harvard Business Review, USA.

Sussman, J. (2000). Introduction to Transportation Systems, Artech House Inc., Massachusetts, EE.UU.

Taha, A., (1994) "Investigación de Operaciones" Ed. Alfaomega 5ª edición, México.

Taniguci, E., Thompson, R.G., Yamada, T., Van Duin, J.H.R., (2001). City Logistics modeling and Intelligent Transport Systems, Pergamon, Oxford

Thompson, I., Bull, A. (2002). Urban Traffic congestion: its economic and social causes and consequences, CEPAL Review. Chile.

TNO, (1999), Department of Industrial Safety, Guidelines for quantitative risk assessment (Purple Book), CPR18E, Sdu Uitgevers, The Hague (NL).

US DOT, (2008), Guía de Respuesta en Caso de Emergencias, Gobierno de Canadá, Estados Unidos de América, Estados Unidos Mexicanos., <http://hazmat.dot.gov/gydebook.htm>.

USDT (Urban Consortium for Technology Initiatives), (1980), Urban Goods Movement, Departamento de Transporte, EU.

Normas Oficiales Mexicanas (vigentes) relacionadas con el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos, información obtenida de la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ).

NOM-002-SCT/2003, "Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados"

NOM-003- SCT-2008, "Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias y residuos peligrosos"

NOM-004-SCT-2008, "Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos"

NOM-005-SCT-2008, "Información de emergencia en transportación para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos"

NOM-006-SCT2-2000, "Aspectos básicos para la inspección vehicular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos"

NOM-007-SCT2-2010, "Envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos"

NOM-009-SCT2-2009, "Compatibilidad para almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos"

NOM-010-SCT2-2008, "Disposiciones de compatibilidad y segregación, para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos"

NOM-011-SCT2-2003, "Condiciones para el transporte de las sustancias y materiales peligrosos en cantidades limitadas"

NOM 012 SCT2/2008, "Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal"

NOM-018-SCT2-1994, "Disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidades de arrastre ferroviario"

NOM-019-SCT2-2004, "Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos"

NOM-020-SCT2-2004, "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"

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"

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 de 450 litros que transporta materiales y residuos peligrosos"

NOM-024-SCT2-2010, "Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos"

NOM-027-SCT2-2009, "Disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2 peróxidos orgánicos"

NOM-028-SCT2-2010, “Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados”

NOM-029-SCT2-1994, “Especificaciones para la construcción y reconstrucción de recipientes intermedios para granel (RIG)”

NOM-030-SCT2-2009, “Especificaciones y características de la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuados refrigerados”

NOM-032-SCT2-2009, “Especificaciones y características de la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de materiales de las clases 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9”

NOM-040-SCT2-1995, “Para el transporte de objetos indivisibles de gran peso y/o volumen, peso y dimensiones de las combinaciones vehiculares y de las grúas industriales y su tránsito por caminos y puentes de jurisdicción federal”

NOM-043-SCT-2003, “Documentos de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos”

NOM-044/1-SCT2-1997, “Instrucciones para la ejecución de inspecciones y reparaciones programables de conservación del equipo tractivo ferroviario. Parte 1: Inspección diaria o de viaje”

NOM-044/2-SCT2-1995, “Instrucciones para la ejecución de inspecciones y reparaciones programables de conservación del equipo tractivo ferroviario. Parte 2: Inspección trimestral o de 48,000 kilómetros de recorrido”

NOM-045-SCT2-1995, “Características generales de las unidades de arrastre ferroviario asignado al transporte de materiales y residuos peligrosos”

NOM-046-SCT2-1998, “Características y especificaciones para la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuados a presión no refrigerados”

NOM-051-SCT2-1995, “Especificaciones especiales y adicionales para los envases y embalajes de las sustancias peligrosas de la división 6.2 agentes infecciosos”

NOM-057-SCT2-2003, “Diseño y Construcción de Auto tanques para Gases Comprimidos”

NOM-068-SCT2-2000, “Transporte terrestre-Servicio de autotransporte de pasaje, turismo y carga-Condiciones físico-mecánicas y de seguridad para la operación en carreteras”

Anexos

Anexo 1 Hoja de datos de los ácidos

Ácido Clorhídrico

Sección 1: Producto químico

Nombre del Producto	ÁCIDO CLORHIDRICO LIQUIDO
Sinónimos	Ácido muriático, Cloruro de hidrógeno (cuando es gaseoso), Acido hidroclicóric, Espíritus de sal.
Fórmula, Número UN	HCl 1789 8
Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad	Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. – Colombia. Fecha de Revisión 27/12/2005

Sección 2: Usos

Uso	Síntesis química, procesamiento de alimentos (jarabe de maíz, glutamato de sodio), acidificación (activación) de pozos de petróleo, reducción de minerales, decapado y limpiado de metales, acidificante industrial, limpieza en general, p. ej. de membranas en plantas de desalinización, desnaturalizante de alcohol.
-----	--

Sección 3: Identificación de peligros

Visión general sobre las emergencias	Líquido incoloro o ligeramente amarillo. ¡Peligro!. Corrosivo e higroscópico. Puede ocasionar severa irritación al tracto respiratorio o digestivo, con posibles quemaduras. Puede ser nocivo si se ingiere. Produce efectos fatales de acuerdo con estudios con animales. Puede ser fatal si se ingiere o se inhala. Puede ser sensibilizador. Órganos afectados: sistema respiratorio, dientes, ojos, piel y sistema circulatorio.
Efectos adversos potenciales para la salud	
Inhalación	Corrosivo. Exposición ligera: irritación nasal, quemaduras, tos y sofocación. Exposición prolongada: quemaduras, úlceras en la nariz y la garganta. Si la concentración es elevada causa ulceración de la nariz y la garganta, edema pulmonar, espasmos, shock; falla circulatoria, incluso la muerte. Los síntomas del edema pulmonar pueden ser retardados.

Ingestión	Corrosivo. Puede generar quemaduras en la boca, garganta, esófago y estómago; náuseas, dificultad al comer, vómito, diarrea; en casos graves, colapso y muerte. Puede ser fatal en concentraciones o dosis elevadas. En caso de bronco aspiración puede causar daños graves a los pulmones y la muerte.
Piel	Puede causar inflamación, enrojecimiento, dolor y quemaduras, dependiendo de la concentración.
Ojos	Corrosivo. Produce Irritación, dolor, enrojecimiento y lagrimeo excesivo. La solución concentrada o una sobreexposición a los vapores pueden causar quemaduras de la córnea y pérdida de la visión.
Efectos crónicos	Asma ocupacional. Las exposiciones repetidas a bajas concentraciones pueden generar coloración café y daños en el esmalte de los dientes, y dermatitis. La frecuente inhalación puede ocasionar sangrado de la nariz. También han sido reportadas bronquitis crónica y gastritis.

Sección 4: Procedimientos de primeros auxilios

Inhalación	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial (evitar el método boca a boca). Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.
Ingestión	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito. Si éste se produce de manera natural, inclinar la persona hacia el frente para evitar la broncoaspiración. Suministrar más agua. Buscar atención médica.
Piel	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
Ojos	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
Nota para los médicos	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

Sección 5: Medidas en caso de incendio

Punto de inflamación (°C): NA.	Temperatura de auto ignición (°C): NA	Límites de inflamabilidad (%V/V): NA.
Peligros de incendio y/o explosión	No es inflamable, pero en contacto con metales libera hidrógeno el cual es inflamable.	
Medios de extinción	Usar el agente de extinción adecuado según el tipo de fuego del alrededor. En caso de grandes incendios use agua en forma de rocío, espuma resistente al alcohol.	

Productos de la combustión	Produce humos tóxicos más pesados que el aire. Al ser calentada la solución libera vapores tóxicos de cloruro de hidrógeno. A temperaturas superiores de 1500°C, libera cloro e hidrógeno.
Precauciones para evitar incendio y/o explosión	Mantener lejos de fuentes de calor. Evitar que entre en contacto con sustancias incompatibles, como metales. Mantener buena ventilación a nivel del piso y no almacene en lugares altos.
Instrucciones para combatir el fuego	Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Retirar los contenedores expuestos si no hay riesgo, en caso contrario, enfriarlos aplicando agua en forma de rocío en la parte externa, desde una distancia segura. Utilizar protección personal.

Sección 6: Medidas en caso de vertido accidental

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventile el área. No tocar el líquido, ni permita el contacto directo con el vapor. Eliminar toda fuente de calor. Evitar que la sustancia caiga en alcantarillas, zonas bajas y confinadas, para ello construya diques con arena, tierra u otro material inerte. Dispersar los vapores con agua en forma de rocío. Mezclar con soda o cal para neutralizar. Recoger y depositar en contenedores herméticos para su posterior disposición. Lavar la zona con abundante agua.
--

Sección 7: Manejo y almacenamiento

Manejo	Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Evitar la liberación de vapor en las áreas de trabajo. Para diluir o preparar soluciones, adicionar lentamente el ácido al agua para evitar salpicaduras y aumento rápido de la temperatura. Debe tenerse cuidado con el producto cuando se almacena por períodos prolongados.
Almacenamiento	Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles tales como agentes oxidantes, reductores y bases fuertes. Rotular los recipientes adecuadamente y manténgalos herméticamente cerrados. Proveer el lugar de un sistema de desagüe apropiado y con piso resistente a la corrosión. El sistema de ventilación debe ser resistente a la corrosión. Madera y otros materiales orgánicos combustibles, no deben ser usados sobre los pisos y estructuras del almacenamiento. Los contenedores no deben ser metálicos. El área de almacenamiento debe corresponder a corrosivos.

Sección 8: Controles de exposición y protección personal

Controles de ingeniería	Ventilación local y general resistente a la corrosión, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional. Se debe considerar la posibilidad de encerrar el proceso. Se debe garantizar el control de las condiciones del proceso. Suministre aire de reemplazo continuamente para suplir el aire removido. Debe disponerse de duchas y estaciones lavajos.
Equipo de protección personal	
Protección de los ojos y rostro	Gafas de seguridad resistente a químicos con protección lateral.
Protección de piel	Guantes overol y botas. Los materiales resistentes son: neopreno, nitrilo/polivinil cloruro, polietileno clorado, viton/neopreno, caucho natural, nitrilo, viton, butil/neopreno, clorobutilo, policarbonato, neopreno/PVC, caucho estireno butadieno.
Protección respiratoria	Respirador con filtro para vapores ácidos.
Protección en caso de emergencia	Equipo de respiración autónomo (SCBA) y ropa de protección total que incluya: guantes, gafas, ropa de PVC y botas de caucho.

Sección 9: Propiedades físicas y químicas

Apariencia, olor y estado físico	El ácido clorhídrico es un líquido humeante incoloro o amarillo claro con olor penetrante e irritante.
Gravedad específica (Agua=1)	1.184
Punto de ebullición (°C)	50 a 760 mm Hg
Densidad relativa del vapor (Aire=1)	1.27
Punto de fusión (°C)	-66
Viscosidad (cp)	0.48 a -155 °C.
pH	0.1 (1N); 2.01 (0.01N).
Presión de vapor (mm Hg)	158 a 20 °C.
Solubilidad	Soluble en agua, alcoholes, éter y benceno. Insoluble en hidrocarburos.

Sección 10: Estabilidad y reactividad

Estabilidad química	Estable bajo condiciones normales de manipulación y almacenamiento. Es sensible a la luz solar directa.
Condiciones a evitar	Calor, luz solar directa y materiales incompatibles.
Incompatibilidad con otros materiales	Agua, metales activos, álcalis, óxidos metálicos, hidróxidos, aminas, carbonatos, anhídrido acético, óleum, ácido sulfúrico, vinyl acetato, aldehídos, epóxidos, agentes reductores y oxidantes, sustancias explosivas, cianuros, sulfuros, carburos, acetiluros, boruros.
Productos de descomposición peligrosos	Emite vapores tóxicos de cloruro de hidrógeno cuando se calienta hasta la descomposición y reacciona con agua o vapor de agua para producir calor y vapores tóxicos y corrosivos. La descomposición térmica oxidativa produce vapores tóxicos de cloro y explosivo gas de hidrógeno.
Polimerización peligrosa	No ocurre polimerización.

Sección 11: Información toxicológica

Los valores de toxicidad se han reportado para el producto concentrado
DL50 (Intraperitoneal, ratón)=40,142 mg/Kg.
DL50 (oral, conejo)=900 mg/Kg.
LC50/1 H (inhalación, ratones)=1108 ppm.
LC50 (inhalación, ratas) = 3124 ppm/1 H.
La IARC (Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer) clasificó esta sustancia en el Grupo 3: no carcinogénico para humanos. Se está investigando por efectos mutagénicos, teratogénicos y reproductivos.

Sección 12: Información ecológica

El principal efecto en el medio acuático es la alteración del pH, el cual dependerá de la concentración del ácido. Este ácido se caracteriza por disociarse totalmente; por lo tanto puede afectar significativamente las condiciones normales del medio acuático. Toxicidad peces: CL50/96 H (agua fresca, pez Mosquito) =282 ppm. Es mortal a concentraciones mayores de 25 mg/L.

El producto en la superficie del suelo es biodegradable. Si se localiza dentro del suelo se puede filtrar a las fuentes de agua superficiales.

Sección 13: Consideraciones de disposición

Debe tenerse presente la legislación ambiental local vigente relacionada con la disposición de residuos para su adecuada eliminación.

Considerar el uso del ácido diluido para neutralizar residuos alcalinos. Adicionar cuidadosamente ceniza de soda o cal, los productos de la reacción se pueden conducir a un lugar seguro, donde no tenga contacto el ser humano, la disposición en tierra es aceptable.

Sección 14: Información sobre transporte

Etiqueta negra y blanca de sustancia corrosiva. También se clasifica como sustancia peligrosa para el medio ambiente.

(Clase 9.2). No transporte con sustancias explosivas, gases venenosos, sustancias que puedan presentar combustión espontánea, comburentes, peróxidos, radiactivos ni sustancias con riesgo de incendio.

Simbología para transporte de ácido

Rotulo NFPA



Ácido Sulfúrico

Sección 1: Producto químico

Nombre del Producto	Ácido sulfúrico
Sinónimos	Aceite de vitriolo, Acido para baterías, Sulfato de hidrógeno, Acido de decapado, Espíritus de Azufre, Acido electrolito, Sulfato de di hidrogeno.
Fórmula, Número UN	H ₂ SO ₄ , 1830 al 1832
Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad	Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. – Colombia. Fecha de Revisión 27/12/2005

Sección 2: Usos

Uso	En la manufactura de fosfato y sulfato de amonio. Otros usos importantes incluye la producción de rayón y fibras textiles, pigmentos inorgánicos, explosivos, alcoholes, plásticos, tintas, drogas, detergentes sintéticos, caucho sintético y natural, pulpa, papel, celulosa y catalizadores. Es usado en la refinación del petróleo, acero y otros metales. En electro plateado y como reactivo de laboratorio.
-----	--

Sección 3: Identificación de peligros

Visión general sobre las emergencias	Apariencia: Líquido aceitoso incoloro. Peligro. Corrosivo. Higroscópico. Reacciona con el agua. Puede ocasionar daños en riñones y pulmones, en ocasiones ocasionando la muerte. Causa efectos fetales de acuerdo a estudios con animales de laboratorio. Peligro de cáncer. Puede ser fatal si se inhala. Ocasiona severas irritaciones en ojos, piel, tracto respiratorio y tracto digestivo con posibles quemaduras.
Efectos adversos potenciales para la salud	
Inhalación	Irritación, quemaduras, dificultad respiratoria, tos y sofocación. Altas concentraciones del vapor pueden producir ulceración de nariz y garganta, edema pulmonar, espasmos y hasta la muerte.
Ingestión	Corrosivo. Quemaduras severas de boca y garganta, perforación del estómago y esófago, dificultad para comer, náuseas, sed, vómito con sangre y diarrea. En casos

	severos colapso y muerte. Durante la ingestión o el vómito se pueden broncoaspirar pequeñas cantidades de ácido que afecta los pulmones y ocasiona la muerte.
Piel	Quemaduras severas, profundas y dolorosas. Si son extensas pueden llevar a la muerte (shock circulatorio). Los daños dependen de la concentración de la solución de ácido sulfúrico y la duración de la exposición.
Ojos	Es corrosivo y puede causar severa irritación (enrojecimiento, inflamación y dolor) Soluciones muy concentradas producen lesiones irreversibles, opacidad total de la córnea y perforación del globo ocular. Puede causar ceguera.
Efectos crónicos	La repetida exposición a bajas concentraciones puede causar dermatitis. La exposición a altas concentraciones puede causar erosión dental y posibles trastornos respiratorios. El efecto crónico es la generación de cáncer.

Sección 4: Procedimientos de primeros auxilios

Inhalación	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Evitar el método boca a boca. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.
Ingestión	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua para diluir el ácido. No inducir el vómito. Si éste se presenta en forma natural, suministre más agua. Buscar atención médica inmediatamente.
Piel	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavarla zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica inmediatamente.
Ojos	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
Nota para los médicos	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

Sección 5: Medidas en caso de incendio

Punto de inflamación (°C): NA.	Temperatura de auto ignición (°C): NA	Límites de inflamabilidad (%V/V): NA.
Peligros de incendio y/o explosión	No es inflamable, ni combustible, pero diluido y al contacto con metales produce hidrógeno el cual es altamente inflamable y explosivo. Puede encender materias combustibles finamente divididas. Durante un incendio se pueden producir humos tóxicos e irritantes. Los contenedores pueden explotar durante un incendio si	

	están expuestos al fuego o por contacto con el agua por la alta liberación de calor.
Medios de extinción	Usar el agente de extinción según el tipo de incendio del alrededor. No use grandes corrientes de agua a presión. Use polvo químico seco, espuma tipo alcohol, dióxido de carbono.
Productos de la combustión	Dióxido de azufre y trióxido de azufre los cuales son irritantes y tóxicos.
Precauciones para evitar incendio y/o explosión	Mantener alejado de materiales combustibles finamente divididas y de metales. Evitar el contacto con agua porque genera calor. Mantener retirado de materiales incompatibles.
Instrucciones para combatir el fuego	Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Si usa agua (agua en forma de rocío) para apagar el fuego del alrededor evitar que haga contacto con el ácido. Mantenerse a favor del viento. Si es posible, retirarlo del fuego.

Sección 6: Medidas en caso de vertido accidental

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición. No tocar el material. Contener el derrame con diques hechos de arena, tierras diatomáceas, arcilla u otro material inerte para evitar que entre en alcantarillas, sótanos y corrientes de agua. No adicionar agua al ácido. Neutralizar lentamente, con ceniza de soda, cal u otra base. Después recoger los productos y depositar en contenedores con cierre hermético para su posterior disposición.

Sección 7: Manejo y almacenamiento

Manejo	<p>Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias.</p> <p>Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Evitar la formación de vapores o neblinas de ácido. Cuando diluya adicione el ácido al agua lentamente. Nunca realice la operación contraria porque puede reaccionar violentamente.</p>
--------	--

Almacenamiento	Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. No almacenar en contenedores metálicos. No fumar porque puede haberse acumulado hidrógeno en tanques metálicos que contengan ácido. Evitar el deterioro de los contenedores. Mantenerlos cerrados cuando no están en uso. Almacenar las menores cantidades posibles. Los contenedores vacíos deben ser separados. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas o corrosión. El almacenamiento debe estar retirado de áreas de trabajo. El piso debe ser sellado para evitar la absorción. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser resistentes a la corrosión. Disponer en el lugar de elementos para la atención de emergencias.
----------------	---

Sección 8: Controles de exposición y protección personal

Controles de ingeniería	Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional. Control exhaustivo de las condiciones de proceso. Debe disponerse de duchas y estaciones lavavojos.
Equipo de protección personal	
Protección de los ojos y rostro	Gafas de seguridad para químicos con protección lateral y protector facial completo si el contacto directo con el producto es posible.
Protección de piel	Guantes, botas de caucho, ropa protectora de cloruro de polivinilo, nitrilo, butadieno, viton, neopreno/butilo, polietileno, teflón o caucho de butilo.
Protección respiratoria	Respirador con filtro para vapores ácidos.
Protección en caso de emergencia	Respirador de acuerdo al nivel de exposición. Traje de caucho, nitrilo, butadieno, cloruro de polivinilo, polietileno, teflón, caucho de butilo, o viton. En concentración no conocida use traje encapsulado.

Sección 9: Propiedades físicas y químicas

Apariencia, olor y estado físico	Líquido aceitoso incoloro o café. Inodoro, pero concentrado es sofocante e higroscópico.
Gravedad específica (Agua=1)	1.84 (98%), 1.4 (50%).
Punto de ebullición (°C)	274 (100%), 280(95%)
Densidad relativa del vapor (Aire=1)	3.4
Punto de fusión (°C)	3 (98%); -64(65%)

Viscosidad (cp)	21 / 25°C.
pH	0.3 (Solución acuosa 1 N).
Presión de vapor (mm Hg)	Menor de 0.3 /25°C, 1.0 / 38°C.
Solubilidad	Soluble en agua y alcohol etílico (descompone en este último).

Sección 10: Estabilidad y reactividad

Estabilidad química	Descompone a 340°C en trióxido de azufre y agua. El producto reacciona violentamente con el agua, salpicando y liberando calor.
Condiciones a evitar	Calor, humedad, incompatibles.
Incompatibilidad con otros materiales	Reacciona vigorosamente en contacto con el agua. Es incompatible además con Carburos, cloratos, fulminatos, metales en polvo, sodio, fósforo, acetona, ácido nítrico, nitratos, picratos, acetatos, materias orgánicas, acrilonitrilo, soluciones alcalinas, percloratos, permanganatos, acetiluros, epiclorhidrina, anilina, etilendiamina, alcoholes con peróxido de hidrógeno, ácido clorosulfónico, ácido fluorhídrico, nitrometano, 4-nitrotolueno, óxido de fósforo, potasio, etilenglicol, isopreno, estireno.
Productos de descomposición peligrosos	Vapores Tóxicos de óxido de azufre cuando se calienta hasta la descomposición. Reacciona con el agua o vapor produciendo vapores tóxicos y corrosivos. Reacciona con carbonatos para generar gas dióxido de carbono y con cianuros y sulfuros para formar el venenoso gas cianuro de hidrógeno y sulfuro de hidrógeno respectivamente.
Polimerización peligrosa	No ocurre polimerización.

Sección 11: Información toxicológica

<p>Las propiedades toxicológicas son dadas para la sustancia pura. DL50 (oral, ratas)= 2140 mg/Kg. LC50 (inhalación, conejillo de indias) = 18 mg/m3. LC50/2H (inhalación, rata) = 510 mg/m3. LC50/2H (inhalación, ratón) = 320 mg/m3. El producto (forma de neblina) se ha clasificado como: cancerígeno humano categoría 1 (IARC); sospechoso como cancerígeno humano, grupo A2 (ACGIH), carcinógeno OSHA. Se reportan efectos teratogénicos y mutagénicos en animales de laboratorio. Se considera un irritante primario. No existe información disponible sobre efectos neurotóxicos y reproductivos.</p>
--



Sección 12: Información ecológica

Perjudicial para todo tipo de animales
 Toxicidad acuática: LC50/48H (agua aireada, camarón)=80-90ppm/48h. Condiciones de bioensayo no especificada. CL50/48H Camarón adulto, agua salada=42.5-48 ppm. Condiciones de bioensayo no especificadas. En el agua el producto se disuelve rápidamente, produciendo una disminución de la viscosidad, facilitando su difusión en cuerpos de agua. A pH 6 y pH menor a 5, aumenta la concentración de iones calcio (provenientes de rocas y suelos). El ácido sulfúrico reacciona con el calcio y magnesio presentes para producir sulfatos.
 Es considerado tóxico para la vida acuática.
 En el suelo el producto puede disolver algunos minerales como calcio y magnesio, deteriorando las características de estos.
 En la atmósfera el producto puede removerse lentamente por deposición húmeda. En el aire puede ser removido por deposición en seco.

Sección 13: Consideraciones de disposición

Neutralizar las sustancia con carbonato de sodio o cal apagada. Descargar los residuos de neutralización a la alcantarilla.
 Una alternativa de eliminación es considerar la técnica para cancerígenos, la cual consiste en hacer reaccionar bicromato de sodio con ácido sulfúrico concentrado (la reacción dura aproximadamente 1-2 días). Debe ser realizado por personal especializado. La incineración química en incinerador de doble cámara de combustión, con dispositivo para tratamiento de gases de chimenea es factible como alternativa para la eliminación del producto.

Sección 14: Información sobre transporte

Etiqueta negra y blanca de sustancia corrosiva. No transporte con sustancias explosivas, sustancias que en contacto con agua pueden desprender gases inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, ni alimentos. Grupo de empaque: II.	
Simbología para transporte de ácido	Rotulo NFPA
	

Anexo 2 Empresas oferentes y demandantes

Oferentes

Ácido clorhídrico en sus variantes

Ácido clorhídrico concentrado
Ácido clorhídrico grado alimentario
Ácido clorhídrico grado reactivo
Ácido clorhídrico inhibido
Ácido clorhídrico molar
Ácido clorhídrico muriático
Ácido clorhídrico normal o fraccional
Ácido clorhídrico sintético
Ácido clorhídrico solución

ACIDOS Y SOLVENTES, S.A. DE C.V. Guanajuato
No. 681 Col. Santa Ma. Tulpetlac 55400 Ecatepec,
Edo. de Méx. Tel: (+55) 5063-1919 Conmutador,
5063-1903 Ext. 105 Fax: (+55) 5063-1919
E-mail: info@acidossolventes.com
http://www.acidossolventes.com

ALMACEN DE DROGAS LA PAZ, S.A. DE C.V.
ALDROPAZ
Av. España No. 1806, Apdo. Postal 1-1681
Col. Moderna 44190 Guadalajara, Jal. México
Tel: (+33) 3812-4444, 3812-4496, Pedidos
Foráneos LADA sin Costo (+01-800) 360-5000
Fax: (+33) 3812-2166
E-mail: ventas@aldropaz.com
http://www.aldropaz.com

CENTRAL DE DROGAS, S.A. DE C.V. CEDROSA
Atenco No. 17 Fraccionamiento. Ind. La Perla
53348 Naucalpan, Edo. de México, México
Tel: (+55) 5560-8111, 5560-8123, 5560-7110
Fax: (+55) 5560-8099, 5363-3887
E-mail: cotizaciones@cedrosa.com.mx
E-mail: info@cedrosa.com.mx
E-mail: ventas@cedrosa.com.mx
http://www.cedrosa.com.mx

CLOROBENCENOS, S.A. DE C.V.
* Oficinas:
Aviación Comercial No. 42
Fraccionamiento. Ind. Puerto Aéreo
15710 México, D.F. México
Tel: (+55) 5785-7480, 5785-7481,
5785-7406, 5785-7016
Fax: (+55) 5785-7459
E-mail: ibarcenas@clorobencenos.com
E-mail: cloroben@prodigy.net.mx
http://www.clorobencenos.com
* Planta: Km. 1 Carr. A. Oriental
90570 El Carmen, Tlax.
Tel: (+276) 477-5171 Fax: (+276) 477-5179

ESPECIALIDADES PDV, S.A. DE C.V.
Av. Escuadrón 201 No. 43, Bodega 5
Col. Cristo Rey 01150 México, D.F., México
Tel: (+55) 5273-8782, 5273-9613
Fax: (+55) 5273-8290
E-mail: contacto@espdv.com.mx
http://www.espdv.com.mx

HIPERQUIM, S.A. DE C.V.

Guadalupe I. Ramírez No. 6028 Int. 3
Col. San Marcos Deleg. Xochimilco
16050 México, D.F. México
Tel: (+55) 5489-0710
Fax: (+55) 5489-0710
E-mail: info@hiperquim.com
http://www.hiperquim.com

I.Q. ARRECIFE, S.A. DE C.V.
Guerrero No. 619 Col. Sta. María Tulpetlac
55400 Ecatepec, Edo. de Méx. México
Tel: (+55) 5776-8423, 5775-3469
Fax: (+55) 5779-4408
E-mail: ventas@iqarrecife.com.mx
E-mail: compras@iqarrecife.com.mx
E-mail: serviciotecnico@iqarrecife.com.mx
E-mail: jluengas@iqarrecife.com.mx
E-mail: iqarrecifesa@yahoo.com.mx
http://www.iqarrecife.com.mx

INDUSTRIAS QUÍMICAS SEPMONT, S.A. DE
C.V. IQSSA Edison Nte. No. 1214 Col. Talleres
64480 Monterrey, N.L. México
Tel: (+81) 8347-0507, 8348-5587, 8333-5146
Fax: (+81) 8346-5583
Lada sin Costo: (+01-800) 716-0483
E-mail: ventas@iqssa.com.mx
http://www.iqssa.com.mx

POLAQUIMIA, S.A. DE C.V.
* Oficina Generales:
Calle Azahares No. 26 Col. Sta. Ma.
Insurgentes, 06430 México, D.F. México
Tel: (+55) 1946-0500 Fax: (+55) 5583-8797
E-mail: mail@polakgrupo.com
* Correspondencia: apartado Postal C.O.N. No. 144
Col. Santa María La Ribera, 06401 México,
D.F. México
http://www.polakgrupo.com

PRAXAIR MEXICO
Of. en el Parque Torre II Piso 14
Blvd. Díaz Ordaz No. 140 Col. Santa María
64650 Monterrey, N.L. México
Tel: (+81) 8124-4800, Lada Sin Costo (+01800)
772-9247 Fax: (+81) 8124-8670
E-mail: contactanos@praxair.com
http://www.praxair.com.mx

QUIMERA ESPECIALIDADES, S.A. DE C.V.
Julián Villarreal No. 227 Col. Centro
64000 Monterrey, N.L. México
Tel: (+81) 8345-2315, 8345-0023, 8372-3921
Fax: (+81) 8345-2256
E-mail: sillchem@yahoo.com E-mail:
informacion@quimeraespecialidades.com.mx

ROT QUÍMICA, S.A. DE C.V.
* Oficinas Generales:
Bruselas No. 805 Col. El Mirador
64070 El Carmen, N.L. México
Tel: (+81) 8340-4759 con 6 Líneas
Fax: (+81) 8340-6175 con 3 Líneas
E-mail: jsanchez@rot.com.mx
* Planta: Carr. Monterrey-Monclova Km. 14
66500 El Carmen, N.L.
Tel: (+81) 8305-2000 al 2005
Fax: (+81) 8305-2006
http://www.rot.com.mx

SALES QUÍMICA, S.A. DE C.V.
Once de Abril No. 200 Col. Tacubaya
11870 México, D.F. México
Tel: (+55) 5516-6606, 5515-0991
Fax: (+55) 5273-6076
E-mail: ventas@salesquimica.com.mx
<http://www.salesquimica.com.mx>

TENSOS, S.A. DE C.V.
Xochicalco No. 10 Col. Cerro
Grande 52920 Atizapán de Zaragoza, Edo. de Méx.
Tel: (+55) 5305-3590 Fax: (+55) 5305-3590
E-mail: ventas@tensos.com <http://www.tensos.com>

Ácido Sulfúrico en sus variantes

Aceite de vitriolo (ácido sulfúrico)
Ácido sulfúrico grado alimenticio
Ácido sulfúrico grado batería
Ácido sulfúrico grado reactivo
Ácido sulfúrico inhibido

ACIDO DE MEXICO, S.A. DE C.V. Av. Seis No.6 Col.
Parque Industrial Cartagena Tultitlán Edo. de México
54900, D.F. Tel: (+55) 5888-0400, 5396-6060
Fax: (+55) 5888-0384, 5396-4040
E-mail: info@acimex.com.mx
<http://www.acimex.com.mx>

CASA HOLCK, S.A.
Bernardo Reyes No. 1214 Norte
Col. Industrial 64440 Monterrey, N.L. México
Tel: (+81) 8125-3100
Fax: (+81) 8375-2706
E-mail: ventas@holck.com.mx
E-mail: s.ortega@grupoholck.com
<http://www.holck.com.mx>

CIA. TRATAMIENTO DE COBRE Y SULFATO
Calle Aquiles Serdán No. 5 Col. Los Angeles
55885 Acolman, Edo. de México, México
Tel: (+55) 2958-8242, 2958-8278, 2958-8206
Fax: (+55) 2958-8206
E-mail: tratcob@aol.com
<http://www.tratcob.com.mx>

DISTRIBUIDORA QUÍMICA LUFRA
Enrique Rébsamen No. 308-102-B
Col. Narvarte 03020 México, D.F., México
Tel: (+55) 5639-8396, 5639-1070
Fax: (+55) 5639-1070
E-mail: quimicalufra@hotmail.com
<http://www.distribuidoraquimicalufra.com.mx>

EL CRISOL, S.A. DE C.V.
San Luis Potosí No. 25 y 25-A
Col. Roma Sur, 06760 México, D.F. México
Tel: (+55) 5264-5500, 5264-7529, 5264-7546,
5264-7547
5574-5595 con 24 líneas
Fax: (+55) 5264-7798
E-mail: crisol@elcrisol.com.mx
* Sucursal Querétaro:
Acceso II No. 43
Fraccionamiento. Industrial Benito Juárez
76120, Querétaro, Qro.
Tel: (+442) 210-3333, 217-6011
Fax: (+442) 217-3513
E-mail: queretaro@elcrisol.com.mx
<http://www.elcrisol.com.mx>

Lada sin costo: 01 800CRISOL (274765)

LARKEM QUÍMICA, S. DE R.L. De la Cima No. 3221 Col.
Cumbres 64610 Monterrey, N.L. Tel: (+81) 8300-4905
Fax: (+81) 8400-8066 E-mail: misaeldr@prodigy.net.mx
<http://www.cosmos.com.mx/n/cvsvf.htm>

PRODUCTOS INDUSTRIALES SAAR, S.A. DE C.V.
Av. Siderúrgica No. 206, Parque Industrial
Escobedo 2da. Etapa, 66062 Gral. Escobedo,
N.L. México
Tel: (+81) 8384-8385, 8384-8268, 8384-8025, 8384-8085
Fax: (+81) 8384-8385
Lada Sin Costo: (+01-800) 700-8385
E-mail: info@saar.com.mx
<http://www.saar.com.mx>

REACTIVOS Y PRODUCTOS QUÍMICOS FINOS, S.A.
DE C.V.
Calle 20 No. 65 Col. Benito Juárez
55340 Xalostoc, Edo. de México, México
Tel: (+55) 5569-1686, 5569-0724, 5569-1560,
5569-1802 Fax: (+55) 5569-1956
E-mail: info@reproquifin.com
<http://www.reproquifin.com>

VALNO, S.A. DE C.V.
Emiliano Zapata No. 375 Esq. Venustiano
Carranza Ej. de Sta. Ma. Aztahuacán
09570 México, D.F. México
Tel: (+55) 5642-1790, 2608-3287
Fax: (+55) 2608-3292, 2608-2265
E-mail: ventas@valno.com.mx
<http://www.valno.com.mx>

Ambos Ácidos en sus diferentes variedades

ABASTECEDORA DE PRODUCTOS VALLEJO,
S.A. DE C.V. APROVAL
Caruso No. 268
Col. Vallejo
07870 México, D.F.
México
Tel: (+55) 5517-5195, 5517-5295
Fax: (+55) 5517-2226
E-mail: aproval@prodigy.net.mx
<http://www.aproval.com.mx>

ABAQUIM, S.A.
Cerrada de Colima No. 4
Col. Roma
06700 México, D.F.
México
Tel: (+55) 5525-8420, 5525-0740,
5525-8280, 5514-0733,
5526-0740, 5525-1940, 5525-1941,
5525-1942, 5525-1943
Fax: (+55) 5207-7907
E-mail: abaquim@prodigy.net.mx
<http://www.abaquim.com.mx>

ALKEM INDUSTRIAS, S.A. DE C.V.
Ladrón de Guevara No. 710 Col. Del Norte
64500 Monterrey, N.L. México
Tel: (+81) 8864-0064 con 10 Líneas
Fax: (+81) 8351-3451
Lada Sin Costo: (+01-800) 248-0064
E-mail: venta@alkem.com.mx
E-mail: alkemtr@prodigy.net.mx

<http://www.alkem.com.mx>

ALQUIMIA MEXICANA, S. DE R.L.
Cerrada de Colima No. 2-2
Apartado Postal 7 843 Col. Roma
Deleg. Cuauhtémoc 06700 México, D.F.
México

Tel: (+55) 5533-5563 con 3 Líneas,
5533-3964, 5533-3965

Fax: (+55) 5511-8970

E-mail: alquimiamex@prodigy.net.mx

* Planta:

Calle Juárez s/n
55700 San Lorenzo Tetliltac, Edo. de Méx.
<http://www.alquimiamex.com.mx>

AVANTOR PERFORMANCE MATERIALS,
S.A. DE C.V.

Plomo No. 2 Fraccionamiento Industrial
Esfuerzo Nacional Xalostoc

55320 Ecatepec,

Edo. de Méx. México

Tel: (+55) 5699-0250 ext. 1314

Fax: (+55) 5755-2978

E-mail: javier.oropeza@avantormaterials.com

<http://www.avantormaterials.com>

CAMARA SUAREZ, S.A. DE C.V.

Calle 26 No. 1169 Col. Zona Industrial

44940 Guadalajara, Jal. México

Tel: (+33) 3145-1308 con 12 Líneas

Fax: (+33) 3145-3548

E-mail: ventasgdl@camarasuarez.com.mx

<http://www.camarasuarez.com.mx>

CIA. QUÍMICA INDUSTRIAL NEUMANN,

S.A. DE C.V.

Moctezuma No. 45 Esq. Tezozómoc

Col. Sta. Isabel Tola Deleg. Gustavo A. Madero

07010 México, D.F. México

Tel: (+55) 5781-2211, 5781-2389,

5781-2409, 5781-4352

Fax: (+55) 5781-4302

E-mail: quimicaneumann@yahoo.com.mx

* Planta:

Norte 2 No. 4 Nuevo Parque Industrial

San Juan del Río, Qro.

Tel: (+427) 272-6919

<http://www.quimicaneumann.com>

CLORO INTERNACIONAL, S.A. DE C.V.

* Planta:

Alessandro Volta No. 6

Col. Fracc. Ind. Cuamatla

54730 Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx. México

Conmutador con 10 líneas: (55) 5870-9800

Tel: (+55) 5870-3175, 5870-3176,

5870-3179, 5870-7972, 5870-1516

Fax: (+55) 5872-7201 ext. 218 y 226

E-mail: ventas@clorointernacional.com.mx

E-mail: luzmach@clorointernacional.com.mx

<http://www.clorointernacional.com.mx>

GALVANOQUÍMICA MEXICANA, S.A. DE C.V.

Enrique Rébsamen No. 706

Col. Narvarte, 03020 México, D.F.

México

Tel: (+55) 5687-4400, 5687-4800 con 10

Líneas Fax: (+55) 5523-5378

E-mail: ventas@galvanoquímica.com.mx

E-mail: galvanoq@galvanoquímica.com.mx

* Planta:

Benito Juárez Lote. 337 Mz. 31

Col. Ejidos de Santa María Aztahuacán

09500 México, D.F.

Tel: (+55) 5692-5684, 5692-6956, 5642-4290

Fax: Pedir Tono

<http://www.galvanoquímica.com.mx>

GRUPO TANYA, S.A. DE C.V.

Av. del Cristo No. 2 Col. Vista Hermosa

54080 Tlalnepantla, Edo. de México, México

Tel: (+55) 5393-6964, 5393-6298, 5393-6293

Fax: (+55) 5393-6293

E-mail: ventas@grupotanya.com.mx

E-mail: gtanya@terra.com.mx

<http://www.grupotanya.com.mx>

HERSCHI TRADING

Calle 10 No. 123 Col. Granjas San Antonio

09070 México, D.F. México

Tel: (+55) 5582-6500, 5998-2900

Fax: (+55) 5998-2902

E-mail: ventas@herschi.com.mx

<http://www.herschi.com.mx>

LAGSOM QUÍMICA, S.A. DE C.V.

* Oficinas Generales y Almacenes:

Presa del Fuerte No. 8,11 y 18

Col. Recursos Hidráulicos

54913 Tultitlán, Edo. de Méx. México

Tel: (+55) 5884-9593 al 99, 5894-5064 al 67

Fax: (+55) 5884-0736

E-mail: lagsom@iwn.com.mx

E-mail: lagsom_cxc@prodigy.net.mx

MANUCHAR INTERNACIONAL

Ébano No. 3349-3

Col. Valle del Topochico 64259 Monterrey,

N.L. México Tel: (+81) 8301-0200

Fax: (+81) 8301-0200 ext. 1002

Lada 800: 01 800 433-0000

E-mail: ventas@manuchar.com.mx

* Manuchar Bajío:

Calle 2 No. 21 Zona Ind. Benito Juárez

76130 Querétaro, Qro.

Tel: (+442) 257-1355 y 56

* Manuchar Tepotzotlán:

Av. 16 de Julio No. 64 1era. Nave

Col. Las Animas Parque Ind. El Trébol

San Mateo, Xoloc, Tepotzotlán, Edo. de México

Tel: (+55) 5876-5053

<http://www.manuchar.com.mx>

MARDI, INC.

Pino No. 669, Esq. Cuauhtémoc Col. Liberación

02930 Azcapotzalco, D.F. México

Tel: (+55) 5356-6700 Fax: (+55) 5356-6701

E-mail: ventas@mardiinc.com

<http://www.mardiinc.com>

NIQUEL Y DERIVADOS, S.A. DE C.V.

Norte 15 No. 4905 Magdalena de las Salinas

07760 México, D.F. México

Tel: (+55) 5587-2313, 5368-4219

Fax: (+55) 5587-8839

E-mail: ventas@niquel.com.mx

E-mail: niquelyderivados@yahoo.com.mx

<http://www.niquel.com.mx>

PRODUCTOS QUÍMICOS MONTERREY,
S.A. DE C.V.
Mirador No. 201 Col. Mirador
64070 Monterrey, N.L. México
Tel: (+81) 1352-5757 Fax: (+81) 8342-3606
E-mail: infopqm@pqm.com.mx
*Oficinas México:
Biólogo Maximino Martínez No. 3355
Col. San Salvador Xochimanca
02870 México, D.F.
Tel: (+55) 2453-5900 Fax: (+55) 5396-8598
<http://www.pqm.com.mx>

PRODUCTOS QUÍMICOS MARDUPOL,
S.A. DE C.V.
* Oficina Central:
Talismán No. 468 Col. Aragón Inguarán
07820 México, D.F. México
Tel: (+55) 5118-0100 Fax: (+55) 5760-7558
E-mail: mardupol@mardupol.com.mx
* Sucursal Querétaro:
Av. Las Misiones No. 41 Nave 7
Parque Ind. Bernardo Quintana
76246 El Marqués, Qro.
Tel: (+442) 221-5839, 221-5840, 221-5948
* Sucursal Tampico:
<http://www.mardupol.com>

PROVEEDORA DE PRODUCTOS QUÍMICOS,
S.A. DE C.V.
Gral. Pablo A. González Garza No. 249 Pte.
Col. Mitras Sur, A.P. 59 64020 Monterrey,
N.L. México Tel: (+81) 8346-1786 al 88
Fax: (+81) 8333-6844
E-mail: ventas@proveedora.com
<http://www.proveedora.com>

QR MINERALES, S.A. DE C.V.
Ebanistas No. 11
Fraccionamiento. Industrial Xhala 54715 Cuautitlán
Izcalli, Edo. de México, México
Tel: (+55) 5899-6520, 5899-6521,
5899-6522, 5899-6527, 5872-1750,
5870-0644 Fax: (+55) 5870-1764
E-mail: mrq@prodigy.net.mx
<http://www.mrq.com.mx>
* Almacén Querétaro:
Xóchitl No. 132, Col. Cuauhtémoc
Santiago de Querétaro, Qro.
Tel: (+442) 220-8199 Fax: (+442) 220-5366
* Planta Querétaro:
Cataratas No. 21 Parque Industrial La Noria
El Marqués, Qro. Tel: (+442) 221-5383

QUÍMICA RICHTER, S.A. DE C.V.
* Oficinas y Planta:
Av. Cuauhtémoc No. 28, Col. La Joya
Guadalupe Victoria, 55016 Ecatepec, Edo. de Méx.
México
Tel: (+55) 5882-5629, 5882-3764, 5882-3058
Fax: (+55) 5882-3058
E-mail: jgra_richter@prodigy.net.mx
E-mail: ventas@richter.com.mx
<http://www.richter.com.mx>

QUÍMICA COSMOS, S.A. DE C.V.
Yucatán No. 22 Desp. 401 Col. Roma
06700 México, D.F. México
Tel: (+55) 5564-7252, 5574-5283, 5564-0942,
5564-5013 Planta o Bodega: (+55) 5856-8687

Fax: (+55) 5264-6859
E-mail: ventas@quimicacosmos.com.mx
<http://www.quimicacosmos.com.mx>

QUÍMICA INTEGRAL DE MEXICO, S.A. DE C.V.
Calz. Acoxta No. 524-306, Deleg. Tlalpan
Prado Coapa 14357 México, D.F. México
Tel: (+55) 5679-0890, 5679-1043 Fax: Ext. 106
E-mail: ventas@quimicaintegral.com.mx
E-mail: info@quimicaintegral.com.mx
<http://www.quimicaintegral.com.mx>

QUÍMICA PIMA, S.A. DE C.V.
* Matriz Hermosillo:
Calle del Cobre No. 20 Parque Industrial
83299, Hermosillo, Sonora, México
Tel/Fax: (+662) 251-0115, 251-0766, 2510428,
251-0010, 251-0316
E-mail: ventas@quimicapima.com
* Sucursal Hermosillo:
Calle de las Galaxias No. 25 Parque Industrial 83299
Hermosillo, Son. México
Tel: (+662) 251-0114, 251-0575, 251-0201
Fax: (+662) 251-0114
E-mail: ventas@quimicapima.com
<http://www.quimicapima.com>

QUÍMICA TREZA, S.A. DE C.V.
* México, D.F., Armando Tornell (Antes Presa Huapango)
No. 11 Col. Recursos Hidráulicos
54913 Tultitlán, Edo. de México, México
Tel: (+55) 5899-9170 con 10 Líneas
Fax: (+55) 5884-9900
E-mail: fzavala@treza.com.mx
E-mail: gmora@treza.com.mx
* Química Treza del Bajío, S.A. de C.V.:
Retorno Don José No. 37 Fraccionamiento. Ind.
Balvanera
76900 Corregidora, Qro.
Tel. y Fax: (+442) 225-1549
E-mail: marizpe@treza.com.mx
E-mail: ahernandez@att.nef.mx

SERVICAL MEXICANA, S.A. DE C.V.
Km. 2.5 Carretera Puente Grande Coyotepec
S/N Col. La Victoria 54770 Teoloyucan,
Edo. de México, México
Tel: (+0159) 3914-8202, 0159-3914-8208,
0159-3914-8209 Fax: (+0159) 3914-0770
E-mail: servicalme@prodigy.net.mx
E-mail: ventas@servical.com.mx
<http://www.servical.com.mx>

RAW MATERIAL CORPORATION, S.A. DE C.V.
* Oficinas:
Circuito Circunvalación Oriente. No. 74-A
Cd. Satélite, 53100 Naucalpan, Edo. de México
México Tel: (+55) 5393-6692, 5562-0938
Fax: (+55) 5562-0938
E-mail: ventas@rawmaterial.com.mx
* Planta:
Miguel Hidalgo No. 105 Col. Urbana
Ixhuatepec, 54180 Edo. de Méx.
Tel: (+55) 5769-2108, 5769-4477
Fax: (+55) 5715-7010
E-mail: ventas@rawmaterial.com.mx
<http://www.rawmaterial.com.mx>

Demandantes

Ácido clorhídrico
Procesamiento de alimentos

Compañía Nestlé S.A. de C.V.
Gustavo Baz 109, San Pedro Barrientos
54010 Tlalnepantla, México
01 55 5310 6152

Conservas La Costeña
Novoa 41, Aragón, 07000
Gustavo A. Madero
Distrito Federal
01 55 5577 1550

Conservas La Costeña, S.A. de C.V.
Steele o Celanese, Santa María Tulpetlac
Ecatepec de Morelos, México
01 55 5836 3636

Conservas la Costeña
Industria 6, Industrial Cerro Gordo,
C.p. 55420 Ecatepec de Morelos, México
01 55 5776 6530

Ambos ácidos
Limpieza en general, detergentes sintéticos

Henkel Capital S.A. de C.V.
Vallejo Calzada Azcapotzalco
La Villa No 705 Col Industrial Vallejo
C.P.02300 México D.F.

Colgate Palmolive, S.A. de C.V.
Presa Angostura 225, Irrigación
Miguel Hidalgo, C.P. 11500 Ciudad de México
Distrito Federal
01 55 5629 9922

Fábrica de Jabón La Corona S.A. de C.V.
Luis G. Sada No. 30 Parque Industrial Xalostoc
Ecatepec de Morelos, Edo. de México
C.P. 55348 Tel: 57-47-45-4

SC Johnson
Miguel Alemán Valdez 4535
San Miguel Totoltepec, México
scjohnson.com.mx

Procter & Gamble Manufactura, S. de R.L. De C.V.
Poniente 146 850, Industrial Vallejo,
Azcapotzalco, C.P. 02300 Ciudad de México,
Distrito Federal
01 55 5549 8493

Procter & Gamble manufactura, S. de R.L. de C.V.
Parque industrial Tepeji km 60.5
Carretera Mx-Querétaro cn 3 #4

Desnaturalizante de alcohol. Ácido clorhídrico

GREMCO, S.A. DE C.V.
San Rafael Atlixco No. 57 Fraccionamiento. Real del
Moral, 09030 México, D.F. México
Tel: (+55) 5649-9770, 5649-9879, 5648-1794
Fax: (+55) 5649-9770
E-mail: atencioncliente@gremco.com.mx
http://www.gremco.com.mx

Pigmentos inorgánicos

Ameripol Chemical, S.A. de C.V.

Calle del Rosal Mza. 1 Lote. 20 Col. Bellavista
54710 Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.
México

Danamart Chemicals de México
Río Papaloapan No. 1 Col. México Nuevo
52966 Atizapán de Zaragoza, Edo. de Méx.
México

Promotora Industrial Química, S.A. de C.V. GRUPO
PIQSA
Blvd. Manuel Ávila Camacho No. 1994-401
San Lucas Tepetlaco
54050 Tlalnepantla, Edo. de Méx.
México

Básicos para Recubrimientos, S.A. de C.V. Baresa
San Luis Mz. 33, Lt. 9 Col. Santa Cruz
55767 Tecámac, Edo. de Méx.
México

Chemical Color de México, S.A.
Calle de Plomo No. 4 Col. Esfuerzo Nacional
55320 Xalostoc, Edo. de Méx.
México

Colorantes Roji, S.A. de C.V.
Tenatitla No. 8 Col. Ampliación Potrerillo
10368 Del. Magdalena Contreras, D.F.
México

Rayón y fibras textiles. Ácido sulfúrico

Martex Potosí, S.A. de C.V.
Hormona No. 11 Col. El Conde
53500 Naucalpan, Edo. de Méx.
México

Deiman, S.A. de C.V.
Acatl No. 320, Deleg. Azcapotzalco Fracc. Ind. San
Antonio.
02760 México, D.F.
México

Distribuidora de Productos Químicos Diproquim
Las Américas I, Av. Central S/N, Esq. 1 de Mayo M-114
L-13A
Col. Jardines de Morelos
55070 Ecatepec, Edo. de Méx.
México

Inquimia, S.A. de C.V.
Talismán No. 315 Col. Aragón Inguarán
07820 México, D.F.
México

Pigmentos Químicos, S.A. de C.V.
Miguel Hidalgo No. 131 Col. Urbana Ixhuatepec
55540 Ecatepec, Edo. de Méx.
México

Caucho

Químicos y Polímeros Corporation, S.A. de C.V.
QUIMIPOL
Carlos B. Zetina No 2 Col. Industrial Xalostoc
55340 Ecatepec, Edo. de Méx.
México

Unimat de México, S.A. de C.V.

Calle 4 No. 25 D Fraccionamiento. Ind. Alce Blanco
53370 Naucalpan, Edo. de Méx.
México

Colorsil, S.A. de C.V.
Cerrada de Guadalupe No. 5 Col. Tepojaco
43810 Tizayuca, Hidalgo.
México

Compañía Hulera Nacional del Centro, S.A. de C.V.
Km. 73 Ant. Carr. México-Querétaro
Col. San Mateo II Secc.
42850 Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo.
México

Disan México, S.A de C.V.
Blvd. Toluca No. 42-A Col. Industrial Atoto
53519 Naucalpan de Juárez, Edo. de Méx.
México

Productos de Hule Valmar, S.A. de C.V.
Insurgentes No. 26 Int. 1 Col. San Juan Ixhuatepec
54180 Tlalnepantla, Edo. de Méx.
México

Ramson Elastomeros, S.A. de C.V.
Andador Londres No. 13 Local 5 Col. Centro Urbano
54700 Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.
México

Pulpa, papel

Kimberly-Clark De México, S.A.B. De C.V.
Ecatepec, 55090 México
01 55 5282 7351

Kimberly-Clark De México, S.A.B. De C.V.
Teoloyucan 5, La Concepción, 54800 Cuautitlán, México
01 55 5870 1644

Grupo Papelero Scribe, S.A. de C.V.
San Rafael (Constituida en el año 1879)
Avenida San Rafael s/n
56740 Tlalmanalco, Edo. De Méx.
Ing. Arturo Tena

Naucalpan (Constituida en el año 1925)
Av. 1 No. 9 Fraccionamiento. Alce Blanco
53370 Naucalpan de Juárez, Edo. De Mex.
Humberto Gutiérrez

Baterías

Acumuladores Anáhuac
Zona Xalostoc
Vía Morelos No. 45 casi esquina con Vicente Guerrero
Col. Urbana San Juan Ixhuastepec, C.P. 55310
Tel. 5715-3103

Johnson Controls - Planta Lerma
1, Isidro Fabela, 52000 Lerma de Villada, México
johnsoncontrols.com