



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

MODELOS ECONÓMICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS
MONETARIAS QUE PROVOCA UN ACCIDENTE/DESASTRE
QUÍMICO DENTRO DE LA REPÚBLICA MEXICANA.

T E S I S P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:
CARRANZA RANGEL LIZBETH CANDY

DIRECTOR DE TESIS:

ING. ENRIQUE A. BRAVO MEDINA

ASESOR: M. en C. CESAR SAÚL VELASCO HERNÁNDEZ.



CIUDAD DE MÉXICO., 14/04/2016



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.

ÍNDICE

PRÓLOGO	IV
INTRODUCCIÓN	V
RESUMEN	X
OBJETIVOS DE TRABAJO	XIII
JUSTIFICACIÓN.....	XIV
OBJETIVO GENERAL.....	XIV
OBJETIVOS PARTICULARES	XIV
CAPÍTULO 1	
GENERALIDADES.....	1
1.1. PROPIEDADES PELIGROSAS DE LAS SUSTANCIAS.....	2
1.2. CLASIFICACIÓN DE DESASTRE.....	4
1.2.1. COMPONENTES DE LOS DESASTRES.....	6
1.2.2. ESPACIOS AFECTADOS POR LOS DESASTRES.....	7
1.2.3. EVALUACIÓN DE DESASTRES	8
CAPÍTULO 2	
SITUACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA SOBRE EL TEMA DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.....	10
2.1. DISTRIBUCIÓN SOCIO-ECONÓMICO DE LA INDUSTRIA QUÍMICA.....	11
2.2. SITUACIÓN SOBRE ACCIDENTES QUÍMICOS EN LA REPÚBLICA MEXICANA	13
2.2.1. AFECTACIONES A LA POBLACIÓN	16
2.3. DAÑOS AMBIENTALES DEBIDOS A LOS ACCIDENTES QUÍMICOS INDUSTRIALES.....	17
2.3.1. DEGRADACIÓN DEL AIRE	17
2.3.2. DEGRADACIÓN DEL AGUA.....	19
2.3.3. DEGRADACIÓN DEL SUELO	20
CAPÍTULO 3	
MÉTODOS Y ANÁLISIS PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS DE UN ACCIDENTE/DESASTRE QUÍMICO-TECNOLÓGICO.....	22
3.1. ESTIMACIONES DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS PARA EL SECTOR SOCIAL.....	23
3.1.1. LA VIDA HUMANA	23
3.1.2. VIVIENDA Y ASENTAMIENTOS HUMANOS	27
3.1.3. INFLACIÓN DE CONSTRUCCIÓN.....	29
3.1.4. COMPONENTES DE UNA VIVIENDA.....	29
3.1.5. INFRAESTRUCTURA	30
3.1.6. TRANSPORTE	32
3.1.7. OTRAS ESTIMACIONES.....	33

3.2.	ESTIMACIONES DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA	33
3.2.1.	MATERIA PRIMA.....	33
3.2.2.	COSTOS DE INDUSTRIAS POR TAMAÑO	34
3.2.3.	COSTOS DE TRANSPORTE	47
3.2.4.	SALARIO PROMEDIO DE LAS INDUSTRIAS QUÍMICAS	48
3.3.	ESTIMACIONES DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.	48
3.3.1.	SANEAMIENTO DEL SUELO.....	48
3.3.2.	TRATAMIENTO DEL AGUA CONTAMINADA.....	49
3.4.	INFLACIÓN	58
CAPÍTULO 4		
	CASOS PRÁCTICOS	60
	ACCIDENTES FERROVIARIO.....	61
	SINIESTRO EN FÁBRICA DE SOLVENTES.....	63
	EXPLOSIÓN DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE	65
	DERRAME DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN RÍO.	71
	REMEDIACIÓN DE SUELOS.....	74
	CONCLUSIONES	77
	ANEXO	79
	GLOSARIO	90
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	93

PRÓLOGO

Los desastres químicos son aquéllos cuya magnitud y gravedad hacen que sus consecuencias superen los límites físicos de las industrias, provocando una especial repercusión en la sociedad debido a sus consecuencias y al elevado número de víctimas, pérdidas materiales y graves daños al medio ambiente.

En México existen diferentes manuales para hacer frente a los desastres naturales, sin embargo, infortunadamente no se cuenta con algún documento que ayude a cuantificar las pérdidas debido a un accidente químico. Por esta razón se planteó desarrollar un proyecto que realice el análisis financiero de las pérdidas económicas que con lleva un accidente o desastre químico, con base en datos estadísticos avalados.

INTRODUCCIÓN

La industria química en México hoy como se conoce, comenzó a desarrollarse después de la Revolución Mexicana, sin embargo, existen diversos descubrimientos donde se confirma el empleo de sustancias peligrosas desde tiempos remotos en nuestro territorio.

En la época prehispánica los aztecas utilizaban materiales peligrosos como mercurio, plomo y cobre. Se desconoce el uso del mercurio, pero se encontró en el 2014 un gran lago de mercurio en las entrañas de la pirámide del sol, en una cámara al final de un túnel sagrado que estuvo sellado por casi 1800 años. En épocas de la colonia el mercurio fue empleado para la obtención de plata en la primera industria formal de la nueva España (hoy México) en 1555.

Así mismo el plomo y el cobre se utilizaban para la fabricación de aleaciones y en la agricultura.

Después de la Revolución Mexicana comenzó el desarrollo de los productos farmacéuticos, pero no fue hasta 1950 donde la industria química avanzó de manera significativa, apareciendo las primeras fábricas de jabón, cemento, cerveza y petróleo.

Con dicho desarrollo las zonas industriales se extendieron por todo el país, lo que conlleva el uso de una amplia gama de sustancias químicas, necesarias para la elaboración de productos de uso doméstico, agrícola e industrial, esto genera diferentes tipos de residuos provocando riesgos sanitarios y de contaminación.

Gracias a los avances tecnológicos la industria química se ha desarrollado considerablemente desde el siglo XX, siendo un importante soporte para el desarrollo de la economía nacional. Sin embargo, junto con el crecimiento rápido de la industrialización aumentan los riesgos sociales y ambientales.

Existen diversos ejemplos de desastres químicos en toda la historia, en la actualidad las consecuencias de varios accidentes químicos ocurridos aún tienen efectos sobre las personas y el medio ambiente. Tal es el caso del accidente en Bhopal (India) el 2 de diciembre de 1984, donde se generó una fuga de isocianato de metilo (sustancia altamente tóxica y persistente) usada en plaguicidas. Hoy en día (después de 30 años del accidente) los ríos aún están contaminados y persisten las secuelas crónicas en los habitantes, los accidentes ocurridos en México como la explosión de gas propano en San Juan Ixhuatepec, México en 1984, la explosión ocurrida en el drenaje de la ciudad de Guadalajara en 1922, la fuga de fosgeno en Poza Rica en 1950, dan una idea clara de las enormes proporciones que puede tomar un accidente asociado con sustancias peligrosas cuyas consecuencias pueden llegar a fallecimientos, destrucción estructural, pérdidas económicas e impactos ambientales, los principales accidentes que afectaron a la industria química en México, se presenta en la tabla 1 ordenadas cronológicamente.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Año	Localidad	Origen del accidente	Producto involucrado	Fallecidos	No. de lesionados	No. de evacuados
1972	Chihuahua	Explosión	Butano	>8	<800	N.D.
1976	Cuernavaca	Fuga	Amoniaco	2	500	2000
1977	Puebla	Fuga	Cloruro de Vinilo	1	5	>10000
1978	Xilatopec	Explosión	Gas	100	200	
1978	S. Magallanes	Explosión (tubería)	Gas	41	32	
1979	Golfo de México	Explosión (plataforma)	Aceite	-	-	-
1981	S.L.P.	fuga	Ácido nítrico			15000
1984	San Juan Ixhuatepec	Explosión (almacenamiento)	Gas L.P.	>500	2500	<20000
1986	Cardenas	Fuga (tubería)	Gas		2	<20000
1987	Minatitlán	Falla de proceso	Acrilonitrilo		>200	1000
1988	Chihuahua	Explosión (almacenamiento)	Aceite		7	15000
1988	Monterrey	Explosión	gasolina	4	15	10000
1988	Cd. de México	Explosión	Fuegos artificiales	62	87	
1991	Coatzacoalcos	Explosión (petroquímica)	cloro	2	122	
1991	Córdoba	Explosión	Paration		2	
1991	Cd. de México	Fuga	Ácido clorhídrico		200	500
1991	S.L.P.	Fuga	Butano		40	
1992	Guadalajara	Explosión (Alcantarillado)	Hidrocarburos	>260	1500	6500

Tabla 1 Principales accidentes industriales. Fuente: "Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México". CENAPRED. 2001

Los costos de un accidente químico, generalmente son exorbitantes, esto ha causado que muchas de las empresas relacionadas lleguen a la quiebra. Las multas o presupuestos empleados para la recuperación del sitio de desastre solo consideran las pérdidas materiales, dejando a un lado el costo que involucra el daño ecológico y moral.

A continuación se describen dos desastres químicos sobresalientes y sus consecuencias.

1984 Accidente en San Juan de Ixhuatepec, México.

La explosión se registró en un almacén de Pemex con capacidad de 16 mil metros cúbicos de gas Licuado de Petróleo. La causa principal fue una fuga en una tubería de 20 centímetros de diámetro que transportaba el combustible desde tres diferentes refinerías del país. El parque estaba compuesto por 6 esferas y 48 cilindros de diferentes capacidades. El sobrellenado de uno de los depósitos y sobrepresión en la línea de transporte de retorno, fueron uno de los probables factores que, con la falta de funcionamiento de las válvulas de alivio del depósito de sobrellenado, provocó una fuga de gas durante casi diez minutos, esto generó un incendio de grandes proporciones seguido de una serie de explosiones.

La explosión fue tan grande que se registró, junto con otras ocho explosiones en el sismógrafo de la UNAM en la Ciudad de México a 30 km de distancia.

Sólo cuatro de los depósitos originales permanecieron en pie. Uno de los cilindros viajó hasta 1.200 metros de distancia y 11 más fueron desplazados más de 100 metros. Aparecieron fragmentos de las cuatro pequeñas esferas a más de 400 metros de distancia.

Los daños en las edificaciones del exterior alcanzaron grandes proporciones y prácticamente quedaron destruidas en un radio de 300 metros. Hubo además explosiones dentro de las casas y muchas personas sufrieron daños y quemaduras graves.

Los daños materiales se estimaron en 2,221 millones de pesos (410 fallecidos, 4500 lesionados, 200,000 damnificados, 30 viviendas totalmente destruidas, 105 viviendas inhabitables y 407 viviendas afectadas, sin mencionar la destrucción casi total de las instalaciones de almacenamiento, la saturación de espacios y personal médico).

1992 Accidente en Guadalajara.

La explosión en cadena se registró en el sector Reforma de la ciudad de Guadalajara, el día 22 de abril de 1992. El accidente se ocasionó por la fuga de combustibles en el alcantarillado de la zona, generando la destrucción de 8 km de calles y numerosas víctimas. Las indagaciones técnicas adjudicaron el accidente a la ruptura del conducto de gasolina Salamanca-Guadalajara que fue provocada por el roce con una cañería de agua.

El área afectada se extendió a 300 mil metros cuadrados, destruyendo 98 manzanas. La afectación incluyó 1,632 fincas de uso habitacional, comercial, hotelero, residencial e industrial, donde residían 13,930 personas. El saldo humano incluyó 210 fallecidos, 2 desaparecidos y 1,480 lesionados. Los daños en bienes materiales sumaron 1,425 viviendas siniestradas totalmente y 1,575 con afectaciones, además de 802 menajes de casa, 637 vehículos y la destrucción total de 450 comercios pequeños.

Los daños materiales se consideraron en 7000 millones de dólares. Al conjunto de damnificados que demostraron la propiedad de un lote en la zona, se les asignó un presupuesto de 17 millones de pesos para la edificación de pies de casa, además de líneas de crédito bancario para vivienda. El pago a damnificados dio inició un año después de las explosiones, e incluyó 210 créditos a la palabra para vivienda de interés social.

Con estos ejemplos queda en claro el grande impacto que puede provocar un desastre químico. De hecho se considera que sería un ahorro considerable para los gobiernos, e inclusive una magnífica inversión, empezar a tomar precauciones básicas para evitar los accidentes químicos en sus respectivos países o, por lo menos minimizar los daños inmediatos y de largo plazo que afectarán a la población por un tiempo considerable.

Una parte de los desastres mencionados en la tabla 1 son por error humano y se podrían evitar dándole un mejor mantenimiento a sus equipos o capacitando a su personal, sin embargo una vez ocurridos los siniestros es obligación de la empresa o compañía cubrir los gastos requeridos y para ellas es conveniente cotejar sus gastos de manera precipitada para comenzar una rápida recuperación de la zona afectada.

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza el análisis financiero de las pérdidas económicas que conlleva un accidente o desastre químico, con base en tablas obtenidas de datos estadísticos de diversas instituciones gubernamentales.

Las tablas de costos por pérdidas fueron creadas con información de diversas instituciones gubernamentales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales (COTEA), la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), PEMEX, entre otros.

Se describen los desastres químicos que han sucedido en México hasta 1992 y sus grandes consecuencias económicas hacia la sociedad, la industria y el ambiente. Asimismo se describe la situación actual de la República con un promedio anual de más de 700 emergencias químicas sobresaliendo los incidentes por fugas y/o derrames en el transporte. Un claro ejemplo es el desastre ocurrido el 14 de agosto del 2014, una minera derramó más de 40 mil metros cúbicos de sulfato de cobre al río de Sonora, afectando a más de 22 mil personas afectadas con costo estimado por remediación de 1800 millones de pesos, además de una multa de 22 millones de pesos hacia la empresa.

El cotejo de las pérdidas se dirige hacia 3 sectores: la social, la industrial y la ambiental. La parte social involucra la estimación de pérdidas estructurales (vivienda, escuelas, hospitales, etc.), mobiliario (No se incluyen en el mobiliario equipo o maquinaria que puedan servir en micro o pequeñas empresas que con frecuencia se establecen en la vivienda), y decesos. Descartando los gastos que surgen conforme avanza el tiempo como los son gastos médicos o el daño psicológico que deje a las personas accidentadas.

En el segundo enfoque se presentan tablas de precios de productor de las sustancias químicas más empleadas en la República y costos de las unidades de transporte para materiales peligrosos. Sin embargo la parte innovadora de esta tesis son las ecuaciones realizadas con datos del INEGI, donde se obtiene el valor de los activos fijos de cada industria. Aunque no todas las ecuaciones cumplen con lo establecido (coeficiente de determinación mayor a 0.6) para una aproximación real, un gran porcentaje de las ecuaciones son de confianza.

La tercera y última parte se refiere a la calidad del medio ambiente. Esta sección expone datos de precios para el saneamiento de suelos y una metodología para calcular el precio de la purificación de aguas contaminadas según sea el contaminante.

También se presentan casos prácticos para la estimación de pérdidas económicas como la explosión de una pipa de gas en San Pedro Xalostoc el 7 de mayo del 2013, el incendio con óxido de etileno debido a descarrilamiento ferroviario en Veracruz el 9 de Septiembre del 2015, el incendio de una fábrica de solventes en Iztapalapa el 1 de octubre del 2014, la remediación del suelo en la exrefinería 18 de marzo y el derrame de más de 40 mil metros cúbicos de sulfato de cobre en el rio de Sonora el 6 de agosto del 2014. Aunque no existen datos exactos de los costos que provocaron estos accidentes los resultados pueden compararse con el incidente en San pedro Xalostoc, ya que la estimación inmediata con este procedimiento llego casi a los 28 millones de pesos, lo cual la empresa tuvo que pagar casi 33 millones de pesos. Esto representa el 84 % de aproximación con el modelo.

OBJETIVOS DE TRABAJO

JUSTIFICACIÓN

Todo el mundo se encuentra expuesto constantemente a amenazas que atentan a estabilidad social-económica de las poblaciones.

En México existen numerosas organizaciones dedicadas a la atención de desastres como el centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), EL Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales (COATEA), el Centro Nacional de Comunicación (CENACOM), el Sistema de Emergencias en el Transporte para la Industria (SETIQ), entre otros. Sin embargo el desarrollo de estos organismos se enfoca mayormente en acciones de apoyo y auxilio a la sociedad, dejando a un lado la problemática económica-social que con lleva un desastre, aunado a esto, los estudios de accidentes relacionados con sustancias químicas son casi nulas.

Los desastres químicos en México se posicionan en el tercer lugar como los fenómenos que provocan mayor daño, teniendo en el año 2011 pérdidas de más de 1,300 millones de pesos. Aunque los desastres químicos no se comparan con los desastres meteorológicos (con más de 40 mil millones de pesos en daños en el 2011), los primeros son más fáciles de cuantificar, además pueden prevenirse con capacitación al personal, al contrario de los fenómenos meteorológicos que son inevitables.

Por las razones anteriormente expuestas es importante contar con manuales específicos para la evaluación de desastres o accidentes relacionados con sustancias químicas. El presente proyecto inicia con la investigación de información certificada para elaborar modelos matemáticos y comparativos, con la finalidad de realizar análisis rápidos en la economía cuando existen daños sociales, estructurales y/o ambientales debido a la presencia de químicos nocivos. Así mismo este trabajo impulsa a las nuevas generaciones para el desarrollo de manuales que ayuden a la evaluación de los desastres químicos.

OBJETIVO GENERAL

Establecer modelos matemáticos y comparativos mediante el análisis de datos estadísticos e información certificada, que genere cifras inmediatas de los costos provocados por un accidente/desastre químico-tecnológico dentro de la República Mexicana.

OBJETIVOS PARTICULARES

Presentar diversas ecuaciones y métodos comparativos para la valuación de los daños sociales hacia la infraestructura del lugar (hospitales y escuelas), inmuebles, mobiliario (queda fuera los muebles y maquinaria que sirvan para micro o pequeñas empresas), y fallecimientos.

Establecer ecuaciones para futuras proyecciones de costos de paro laboral, pérdidas estructurales y/o perdidas mobiliarias en caso de un accidente químico.

Establecer precios de mercado de materias primas mayormente empleadas en la República Mexicana, así como establecer precios de maquinaria de transporte como auto-tanques y ferrocarriles. Con el fin de comparar los precios de accidentes químicos.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Establecer ecuaciones generales que aporten el precio de los activos fijos (acervo total, maquinaria, equipo de producción, equipo de transporte, equipo de cómputo y periféricos) de cada empresa, considerando el tamaño y tipo de industria.

Presentar ecuaciones y tablas comparativas para la cuantificación de costos por remediación de suelos y agua por contaminación química.

CAPÍTULO 1
GENERALIDADES

1.1. PROPIEDADES PELIGROSAS DE LAS SUSTANCIAS.

Es importante conocer las propiedades y características de las sustancias y/o materiales peligrosos para poder prevenir o mitigar accidentes que puedan afectar a la sociedad y al ambiente.

Las sustancias químicas peligrosas son aquellas que pueden producir un daño a la salud de las personas o un perjuicio al medio ambiente.

Se considera que existen 12 millones de sustancias en el planeta, las cuales en México solo se regulan 467 por poseer propiedades peligrosas, estas sustancias se encuentran en el primer y segundo listado de *actividades altamente riesgosas* presentadas en la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Destacando sustancias ácidos, pesticidas y gases inflamables/explosivos

La identificación de sustancias químicas en México en el transporte está regulado por la Secretaria de Comunicaciones y Transporte (SCT), la cual se basa estándares internacionales para la identificación de materiales como la Guía de Respuesta en caso de Emergencia (GRE) la cual busca que los materiales sean fáciles de identificar por medio de código de colores, pictogramas de seguridad y números de identificación, que continuación se mencionan.

Número de Identificación: Es una identificación numérica única para compuestos químicos, polímeros, secuencias biológicas, preparados y aleaciones. En México se utilizan dos clasificaciones:

- **Numero ONU** (organización de las naciones unidas): donde se utilizan 4 cuatro números usados para identificar sustancias o materiales peligrosos (ejemplo: UN1830. Numeración del ácido Sulfúrico)
- **Numero Cas** (Chemical Abstracts Service): Está separado por guiones en tres partes, el primero formado por un máximo de 7 dígitos, el segundo compuesto de dos dígitos, y el tercero consta de un solo dígito que actúa como dígito verificador. Los números se asignan en orden creciente y no tienen ningún significado inherente con el compuesto (ejemplo: 7664-93-9. Numeración del ácido sulfúrico).

Clasificación de materiales peligrosos: se dividen en 9 clases con sus respectivas divisiones.

Clase 1: Explosivos

- 1.1. Presenta riesgo de explosión en masas (Ejemplo TNT).
- 1.2. Riesgo de proyección pero no de explosión de masa.
- 1.3. Riesgo de incendio y de posibles efectos de onda de choque y/o proyecciones, pero no explosión en masa.
- 1.4. No presenta riesgo apreciable.
- 1.5. Muy insensible pero con riesgo de explosión de masa.
- 1.6. Muy insensibles sin riesgo de explosión de masa.

Clase 2: Gases

- 1.1. Gases inflamables (ejemplo metano).
- 1.2. Gases no inflamables y no tóxicos.
- 1.3. Gases tóxicos (ejemplo monóxido de carbono).

Clase 3: Líquidos inflamables

Son todos los líquidos que pueden entrar en combustión independiente de cual sea su punto de inflamación (ejemplo: gasolina).

Clase 4: Sólidos inflamables

- 4.1. Experimentan combustión espontánea y pueden provocar explosiones (nitrato de potasio y pólvora negra).
- 4.2. Experimentan combustión espontánea (nitrocelulosa desensibilizada).
- 4.3. Al contacto con el agua desprenden gases inflamables (ejemplo: celuloide).

Clase 5: Comburentes y peróxidos orgánicos

- 5.1. Comburentes: Sustancias capaces de liberar el oxígeno necesario para facilitar la combustión de otros materiales (ejemplo: oxígeno).
- 5.2. Peróxidos orgánicos: sustancias térmicamente inestables que pueden experimentar una descomposición explosiva (ejemplo: etil metil cetona).

Clase 6: Sustancias tóxicas e infecciosas.

- 6.1. Sustancia tóxica: Aquella sustancia que al ingerir, afecta seriamente a la salud ya sea humana o animal (ejemplo: cianuro, arsénico y ácido lisérgico).
- 6.2. Sustancia infecciosa: la sustancia contiene microorganismos o toxinas, que al ingresar al organismo, pueden provocar enfermedades o muerte (ejemplo: ántrax).

Clase 7: Sustancias radioactivas

Sustancias emisoras de radiaciones ionizantes. Es la capacidad de una sustancia para reaccionar químicamente en presencia de otras sustancias químicas o reactivas. Generalmente, el término "*Riesgo de reactividad*" es usado para referirse a una reacción violenta o anormal en la presencia de agua o aire bajo condiciones normales atmosféricas (ejemplo: radón).

Clase 8: Corrosivos.

Compuesto o elemento que produce un cambio químico destructivo sobre el material donde actúa (ejemplos: hidróxido de sodio, hidróxido de potasio e hidróxido de amonio).

Clase 9: Misceláneos.

Compuesto o elemento que presentan riesgos diferentes a los contemplados en otra clase (ejemplo: líquidos altas o bajas temperaturas).

Pictogramas de seguridad: Son placas con imágenes únicas para la identificación de cada material dependiendo de la clase y división (Ilustración 1).

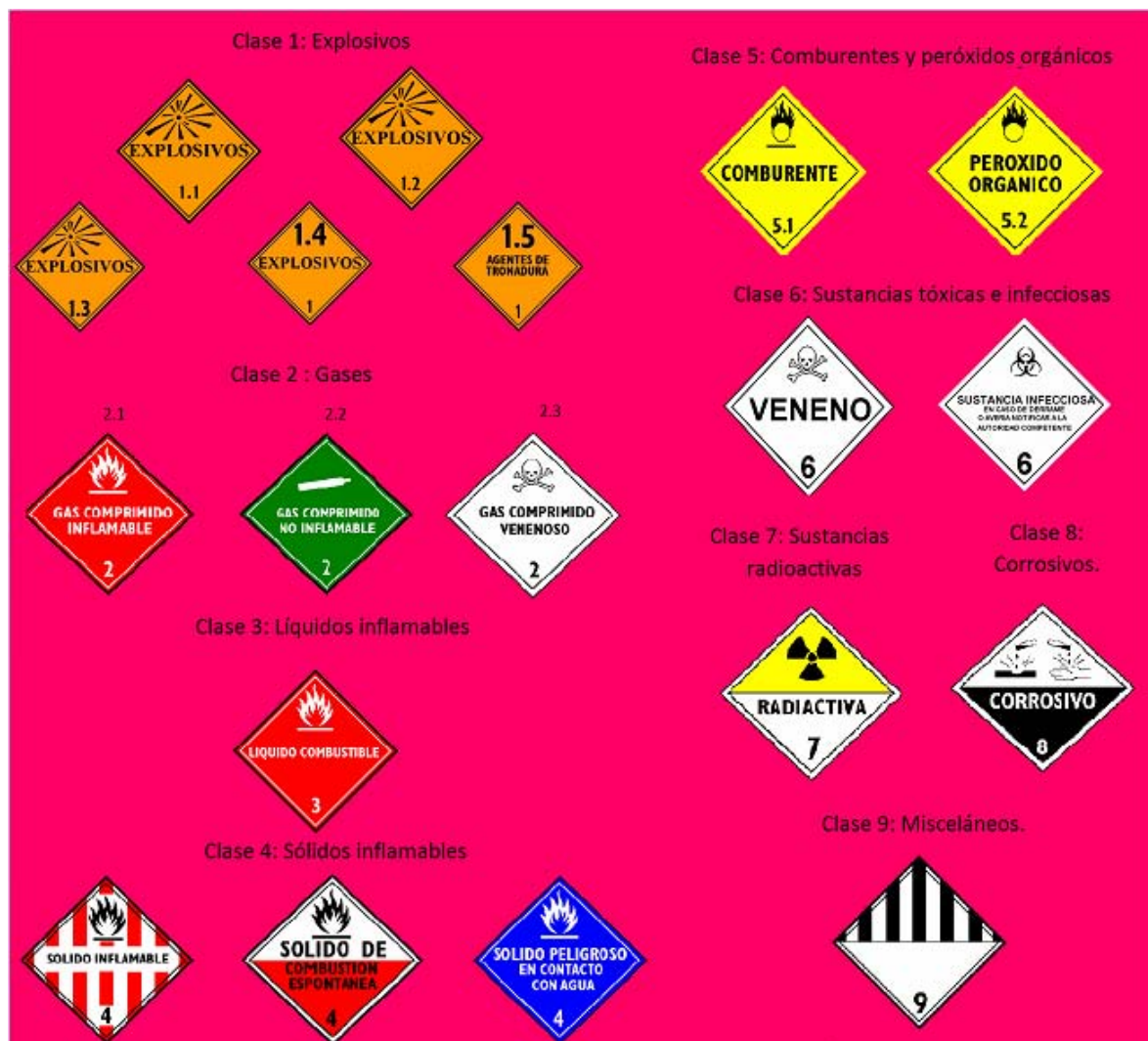


Ilustración 1 "Pictogramas de materiales peligrosos". Guía de Respuesta en caso de Emergencias (2012).

Las placas deben encontrarse en los medios de transporte de las sustancias peligrosas.

1.2. CLASIFICACIÓN DE DESASTRE

Aunque las definiciones de desastre y accidente tienen connotaciones negativas, la principal diferencia entre las dos es la magnitud del incidente, ya que el accidente afecta un número pequeño de elementos y el desastre tiende a dañar diversos aspectos sociales.

Se le conoce como desastre a un evento concentrado en tiempo y espacio, en el cual la sociedad o parte de ella sufre un severo daño e incurre en pérdidas para sus miembros, de tal manera que la estructura social se desajusta y se impide el cumplimiento de las actividades esenciales de la sociedad, afectando el funcionamiento vital de la misma.

A diferencia del accidente que se define como: suceso imprevisto que altera la marcha normal o prevista de las cosas, especialmente el que causa daños a una persona o cosa.

Debido a la complejidad de la evaluación que representa un desastre, este capítulo se enfocara en aclarar los factores que involucra un desastre

Existen 2 tipos de desastres como puede apreciarse en la ilustración 2 Naturales y antropogénicos.

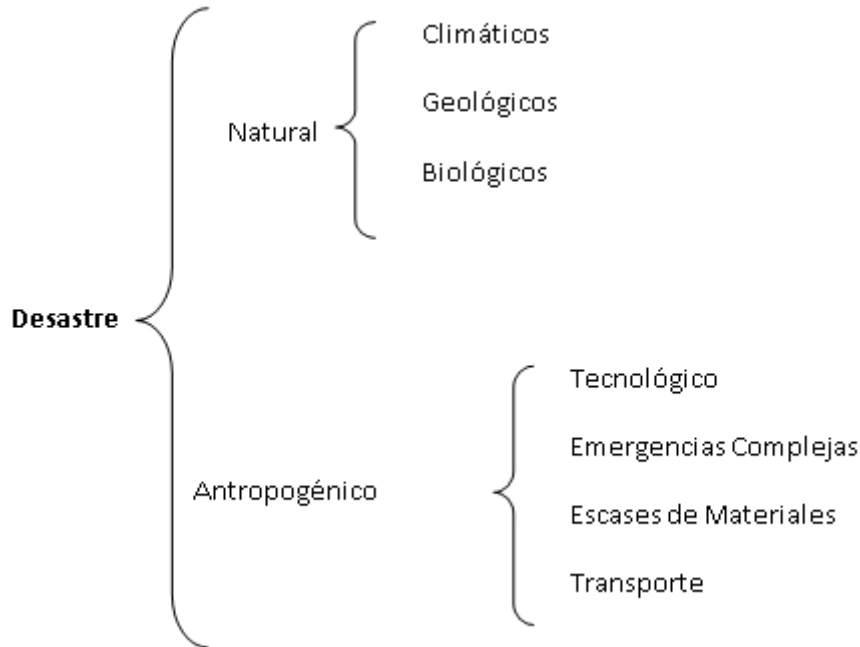


Ilustración 2 "Clasificación de los desastres". Lizbeth Carranza (2015).

Desastres Naturales: Los desastres Naturales son provocados por fenómenos climatológicos (huracanes, tornados, inundaciones, entre otros.) y geológicos (terremotos, sismos, erupciones volcánicas, entre otros.). Esta categoría también incluye las epidemias de enfermedades, transmitidas por el agua, los alimentos y enfermedades.

Desastres antropogénicos: son aquéllos en los cuales las principales causas directas son las acciones humanas identificables, deliberadas o no. Los desastres generados por los humanos se pueden subdividir en tres grandes categorías.

- Escasez de materiales (deforestación, extracción de minerales, energía etc.)
- Emergencias complejas (guerras y contiendas civiles, agresión armada, insurgencia y otras acciones que traen como resultado el desplazamiento de personas y refugiados)
- Tecnológicos (accidentes nucleares, las fugas de sustancias químicas, etc.)

Un desastre Tecnológico-Químico se entiende como: *Eventos dramáticos provocados por el descontrol de alguna(s) sustancia(s) química(a) provocando efectos adversos a la sociedad y al medio ambiente* (por ejemplo, incidentes severos de contaminación, descargas nucleares no planeadas, grandes incendios o explosiones de sustancias peligrosas). Los desastres químicos se manifiestan en forma de fuga incendio, explosión y/o derrame.

1.2.1. Componentes de los desastres

Los desastres no son producto del azar, sino que ocurren por la manifestación de un fenómeno físico (agente perturbador) sobre una población vulnerable (agente afectable), y ocasiona pérdidas humanas, materiales y daños al medio ambiente. A continuación analizaremos los factores que intervienen en un desastre.

Como aspecto fundamental para el estudio de cualquier desastre (sin importar si son tecnológicos o naturales) es necesario identificar tres componentes.

- Agentes Perturbadores
- Agentes Afectables
- Agentes Reguladores

vulnerabilidad (agente afectable)	Amenaza (Agente Perturbador)		
	Bajo	Medio	Alto
Bajo	Estado Normal		
Medio			
Alto			Desastre

El agente afectable es considerado como el sistema en que sucede el evento (lugar y población), el agente perturbador es el tipo de amenaza que provoca el desastre (explosión, derrame, incendio y/o fuga) y finalmente el agente regulador son las medidas para

Ilustración 3 “Relación entre vulnerabilidad y Riesgo”. Leonardo Flores (2009).CENAPRED.

mitigar el desastre.

La magnitud del desastre está relacionada con el rango de vulnerabilidad del agente afectable y la amenaza que representa el agente perturbador (Ilustración 3). Entre mayor sea la vulnerabilidad de la población mayor es la probabilidad de una catástrofe.

Agentes perturbadores

Son fenómenos que pueden afectar a un ecosistema junto con su población, y transformar su estado normal en un estado de daño, logrando llegar al grado de desastre hasta cambiar su dinámica.

Los agentes perturbadores (también llamados como fenómenos destructivos) de origen Químico-Tecnológico son provocados por derrames, fugas, incendios y/o explosiones provocados por el mal manejo de las sustancias químicas.

Dentro de este tipo de calamidades merecen especial atención los incendios y las explosiones, los cuales son fenómenos comúnmente asociados, ya que uno puede generar al otro.

Cabe destacar que los incendios son los agentes perturbadores con mayor incidencia, ya que solo requieren de los componentes especificados en el triángulo del fuego (no participa necesariamente alguna sustancia química). Sin embargo el objeto de estudio de este proyecto son los desastres relacionados con sustancias químicas por lo que los incendios mencionados en este proyecto cumplirán con dicho criterio.



Ilustración 4 "Tipos de Estados para explosiones". Lizbeth Carranza (2015).

Agente afectable

Un agente afectable o sistema afectable está definido en términos generales como sistema donde se pueden materializar los daños ante un impacto del agente perturbador. En este sentido, el agente afectable está integrado por el hombre y su hábitat (entorno social y ambiental), incluyendo todos los elementos necesarios para su subsistencia.

Agente Regulador

Un agente regulador es la organización destinada a proteger la estabilidad de los sistemas afectables (población y entorno), a través de reglamentos, normas, obras y acciones que permiten la prevención de los fenómenos destructivos y sus efectos, así como también la atención de las situaciones de emergencia y la recuperación inicial.



Ilustración 5 "Tipos de Estados para fugas/derrames". Lizbeth Carranza (2015).

1.2.2. Espacios afectados por los desastres

Los daños dependerán de la magnitud del agente perturbador. Las ilustraciones 4 y 5 muestran los tipos de Estados (zonas involucradas) que existen en momentos de emergencia dependiendo del agente perturbador químico y se definen como:

- **Estado de Desastre:** Es el momento en que un sistema sufre alteraciones significativas y con potencial de crecimiento. Este estado no permite que el sistema cumpla con su responsabilidad.
- **Estado de Retorno:** Es el Estado intermedio entre el Estado de Desastre y Normal. Se caracteriza por la disminución de la alteración y la recuperación progresiva del funcionamiento normal del sistema.
- **Estado de Insuficiencia:** Sufre alteraciones pero no son significativas para la sociedad en ese espacio.

- **Estado Normal:** El sistema funciona de manera correcta.³⁰

Los Estados de Desastre y de Retorno provocan deficiencias para que los sistemas cumplan con responsabilidades de bienestar y estabilidad social (Subsistencias) es por eso que estas zonas cuentan prácticamente con toda la atención de los servicios de emergencia.

Los sistemas de subsistencia son las instituciones que garantizan las necesidades de los individuos, grupos y comunidades tales como la vivienda, la alimentación, la salud, la seguridad, entre otros.

Se clasifican en tres tipos:

- *Subsistemas Vitales:* Son las instituciones que proporciona el mínimo requerido de bienestar y estabilidad social, de tal forma que si falla tiene repercusiones inmediatas hacia la sociedad (provisión de alimentos, agua potable, alcantarillado, comunicaciones, energía, combustibles, limpieza urbana, salud, seguridad pública y social, transporte y vivienda).
- *Sistemas de Apoyo:* Son las instituciones que organizan y dan soporte a la estructura social (Agropecuario, bancario, comercial e industrial).
- *Sistemas complementarios:* son las instituciones que cubren y apoyan a las necesidades complementarias, pero su falla no tiene repercusiones inmediatas hacia la sociedad (Religión, educación y recreación).

1.2.3. Evaluación de desastres

En la evaluación de los daños ocasionados por un desastre, es preciso delimitar primero la extensión del territorio afectado, el número de habitantes y propiedades afectadas (estado de desastre, de retorno y de insuficiencia).

En segundo lugar debe determinarse la magnitud y las características de la población afectada, estimar el número de habitantes y caracterizarlos:

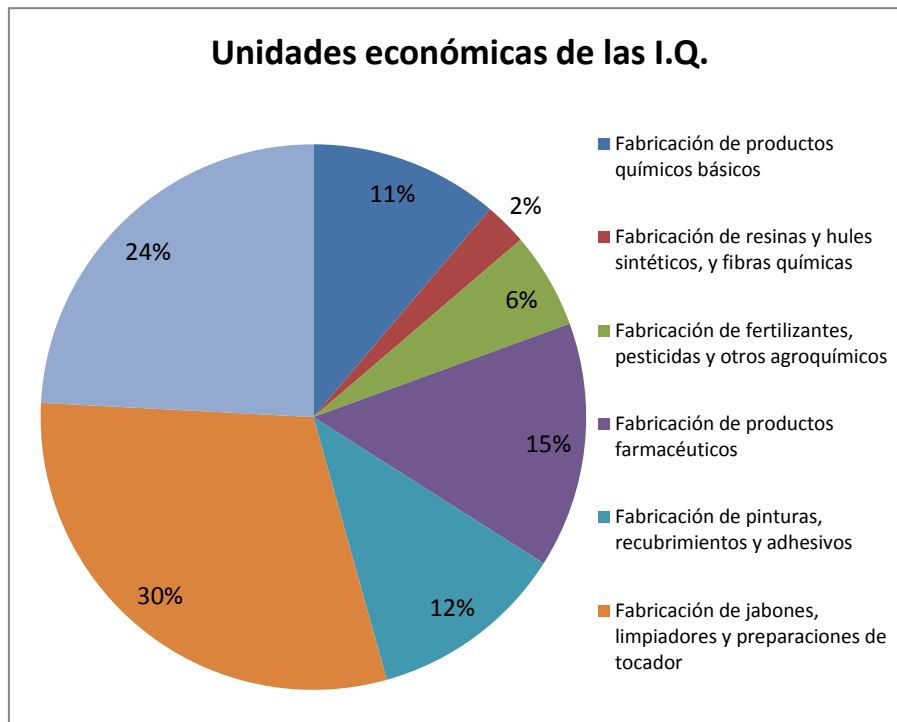
- **Número de habitantes y estructura:** La información se obtiene de los censos de población nacional ajustada con la información disponible relacionada en cada municipio
- **Nivel de ingresos:** Clasificación de ingresos altos, medios y bajos, en función de los topes máximos y mínimos de ingresos y de las características propias de la población, formas de vida y de nivel socioeconómico. Esto permite establecer las diferencias entre las condiciones antes del desastre y los efectos reales del mismo, sobre todo en las poblaciones marginales, donde las condiciones de vida habitual pueden ser similares a las condiciones de vida después del desastre
- **Nivel educativo:** nivel máximo estudios e índices de analfabetismo en la población.

Por último, si fuera posible, formular apreciaciones acerca de la situación después del desastre, de modo que se obtenga una idea global de los daños intangibles que afectan las condiciones o el nivel de vida, por ejemplo:

- **Número de víctimas mortales:** Establecer el número de fallecidos cabeza de familia que representan el principal sustento del grupo familiar.
- **Número de heridos:** Número total de heridos, personas que requirieron atención médica prolongada y cuyo coste fue asumido por las familias, los que sufrieron algún tipo de impedimento temporal o permanente y los que dejaron de percibir ingresos por algún tipo de incapacidad.
- **Modificación del ingreso familiar:** Número de familias que dejan de percibir ingresos porque alguno o varios de sus miembros mueren o resultan heridos o porque sus formas de subsistencia se ven modificadas. Número de familias beneficiadas por el desastre mediante la venta de productos o la prestación de servicios que, con motivo del desastre, incrementaron sus ingresos.

CAPÍTULO 2

SITUACIÓN EN LA REPÚBLICA MEXICANA SOBRE EL TEMA DE SUSTANCIAS QUÍMICAS.



Gráfica 1 "Unidades Económicas de la Industria Química". Lizbeth Carranza (2015).

La amplia producción, almacenamiento, transporte y utilización que en la actualidad se da a los productos químicos, lo cual se justifica por el avance tecnológico en el país hace que el riesgo potencial de que ocurran accidentes que involucren sustancias peligrosas este latente casi en todo momento.

La industria química se ha desarrollado a un ritmo acelerado, sin embargo no ha existido a un ritmo paralelo, el establecimiento de los sistemas necesarios para la prevención y control de los desastres producidos por agentes químicos.

En capítulo actual se presenta la magnitud de las industrias químicas en México, así como las emergencias químicas ocurridas anualmente.

2.1. DISTRIBUCIÓN SOCIO-ECONÓMICO DE LA INDUSTRIA QUÍMICA

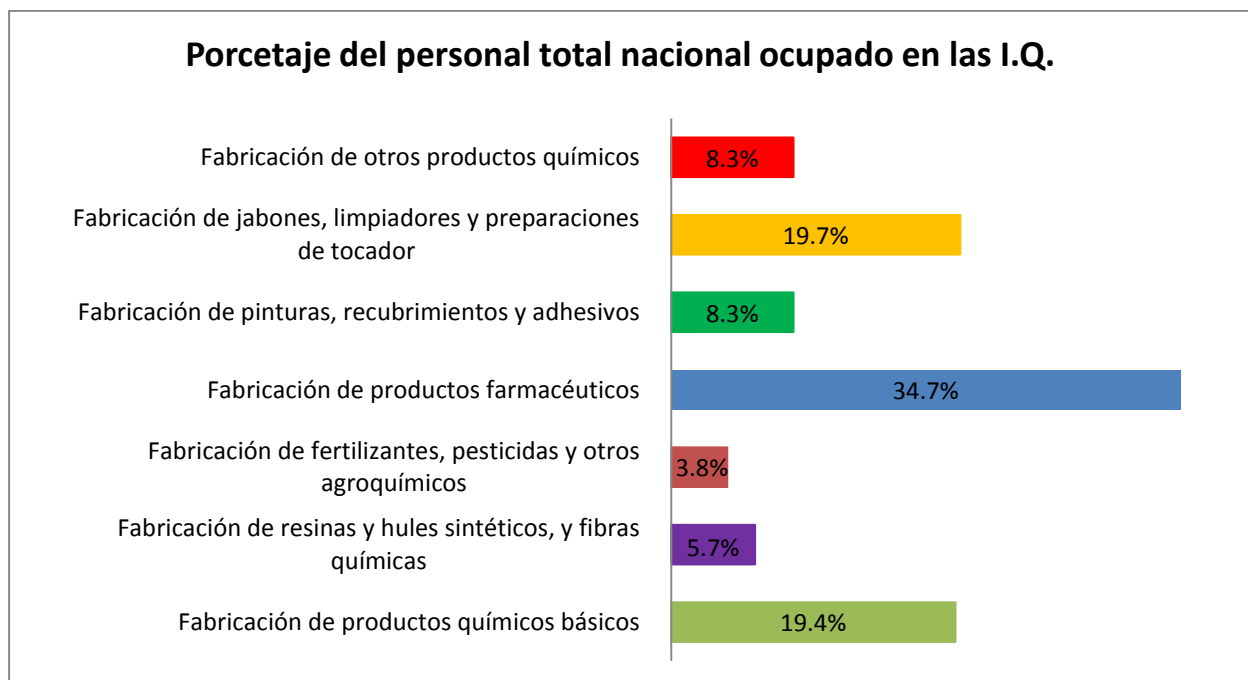
Según datos de los censos económicos del INEGI del 2008, existen 436,851 industrias manufactureras las cuales 4084 son químicas. Si bien la industria química (I.Q.) sólo aporta el 0.9% de unidades económicas (número de establecimientos) y el 5% de personal total ocupado del sector manufacturero, participa con el 16.5% de la producción bruta total, esto involucra más de 804 mil millones de pesos anuales.

Así mismo las unidades económicas se encuentran distribuidas de la siguiente forma:

- 458 Fábricas de productos químicos básicos
- 103 Fábricas de resinas y hules sintéticos, y fibras químicas
- 233 Fábricas de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos
- 595 Fábricas de productos farmacéuticos
- 476 Fábricas de pinturas, recubrimientos y adhesivos

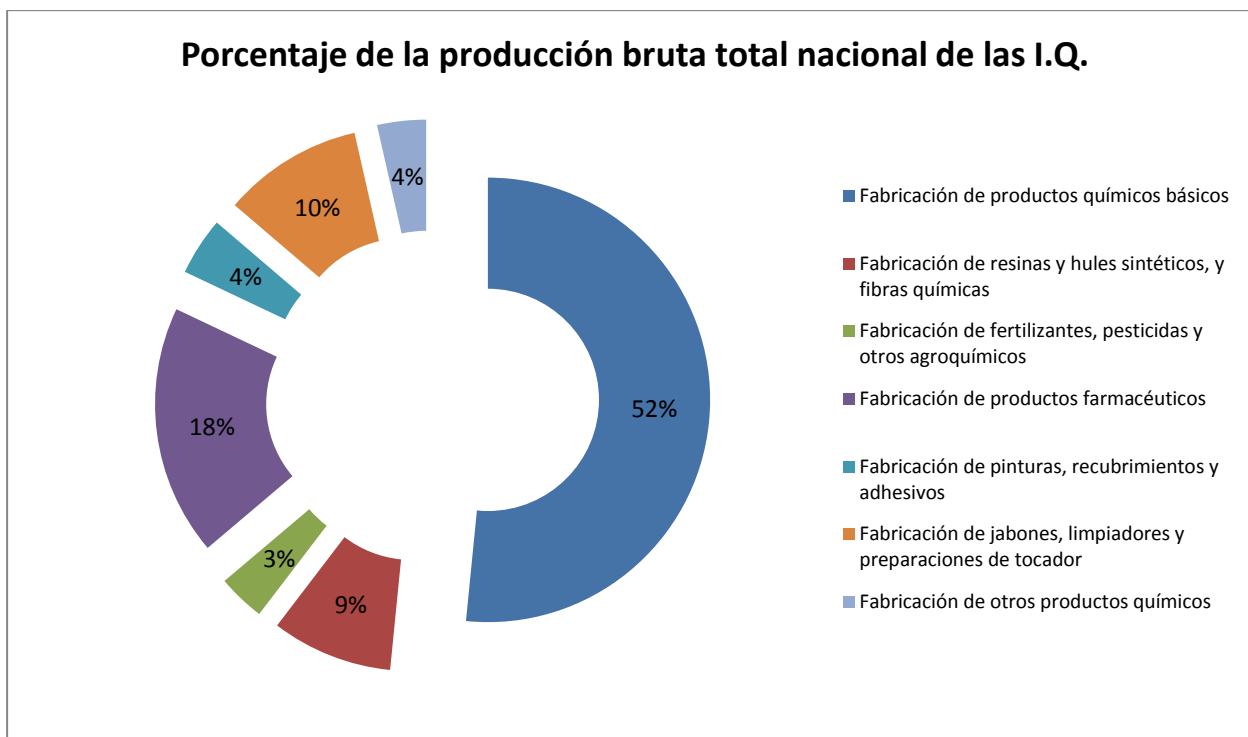
- 1232 Fábricas de jabones, limpiadores y preparaciones de tocador
- 987 Fábricas de otros productos químicos

En tanto al personal ocupado el sector farmacéutico tiene el mayor porcentaje de personal contratado (34%) con un total casi de 82 mil personas, en cambio la fabricación de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos cuenta con menos de 9 mil personas en toda la República Mexicana (gráfica 2).



Grafica 2 "Personal Total ocupado en las industrias químicas en México". Lizbeth Carranza (2015).

En la producción bruta total del país se encuentra en la cabecera el sector de productos químicos básicos con más de 400 mil millones de pesos anuales, mientras que la fabricación de otros químicos llega poco más de 28 mil millones de pesos (gráfica 3.).



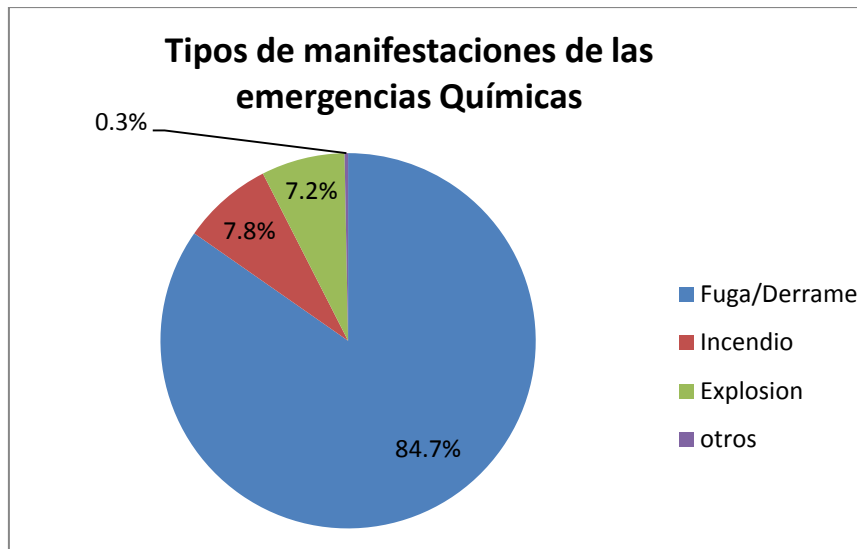
Grafica 3 "Porcentaje de la producción total nacional de las industrias químicas". Lizbeth Carranza (2015).

2.2. SITUACIÓN SOBRE ACCIDENTES QUÍMICOS EN LA REPÚBLICA MEXICANA

Año	No. de emergencias químicas
2005	455
2006	362
2007	405
2008	350
2009	368
2010	339
2011	426
2012	618
2013	606
2014	1085
2015	734

Tabla 2 "Promedio de emergencias químicas al año". COTEA (2015).

En la gráfica 4 se muestran los datos registrados por el Centro de Orientación para la Atención de Emergencias Ambientales (COATEA) del número de emergencias químicas ocurridas en la República Mexicana desde el 2005. Tan solo en el primer semestre del 2015 han surgieron 734 emergencias químicas en el país, esto representa un 62% más que el 2005. El aumento de los accidentes químicos se debe a que en los últimos años la SCT monitorea con mayor atención el transporte con materiales peligrosos.



Grafica 4 "Porcentaje de incidencias en accidentes químicos en México del 2005 al 2015". COATEA (2015).

Se considera que en el país existe un promedio de 547 accidentes al año asociadas con sustancias químicas, donde el 84.7% se atribuyen a fugas o derrames, 7.8 % a incendios, 7.2 % por explosiones y el 0.3 por otros motivos (Grafica 4.).

Sin embargo el 50% de las emergencias químicas suelen concentrarse en solo 6 estados (Ilustración 6) teniendo en la cabecera Veracruz con un 13% de la emergencias químicas del país, seguido de Guanajuato con 12%, Tabasco 8%, Tamaulipas 7%, México 5% y Puebla con 5%. Veracruz, Tamaulipas, Puebla y Tabasco son estados con una alta actividad petrolera, el mayor número de accidentes químicos han sido en el transporte debido a fugas o derrames principalmente de hidrocarburos. La problemática de Guanajuato y México es parecida, debido a la posición geográfica de estos estados existe un enorme flujo de vehículos que transportan sustancias químicas por lo que la vulnerabilidad es alta, aunque también se tuvieron accidentes químicos dentro de las plantas industriales.

El mayor número de emergencias químicas que surge en el país se presentan durante el transporte con 68.6 % de accidentes químicos, seguido de las plantas industriales con un 21.6% y 9.8 en otros sitios. Así mismo el 60.7% de accidente en el transporte se presenta en los ductos, 36.6% en la carretera, 1.8% en los ferrocarriles, 0.7% marítimo y 0.2 otros medios (tabla 3).

Las fugas o derrames que ocurren en ductos, en gran medida son causados por el robo de hidrocarburos, principalmente de la gasolina y el diésel, pero también se han presentado por corrosión y otras causas.

Tan solo en el año 2013 Petróleos Mexicanos (PEMEX) reportó un aumento del 92.31% en fugas (ya sea por actos vandálicos y/o fugas por corrosión) esto significa un promedio anual de 79,696 barriles de crudo derramado en todos sus activos, que es equivalente a perder la producción diaria de Chicontepec

y que si se suma a las fugas de gas y los gastos de reparación de daños, le quita más de 10 millones de dólares a las ganancias de la paraestatal.²⁵

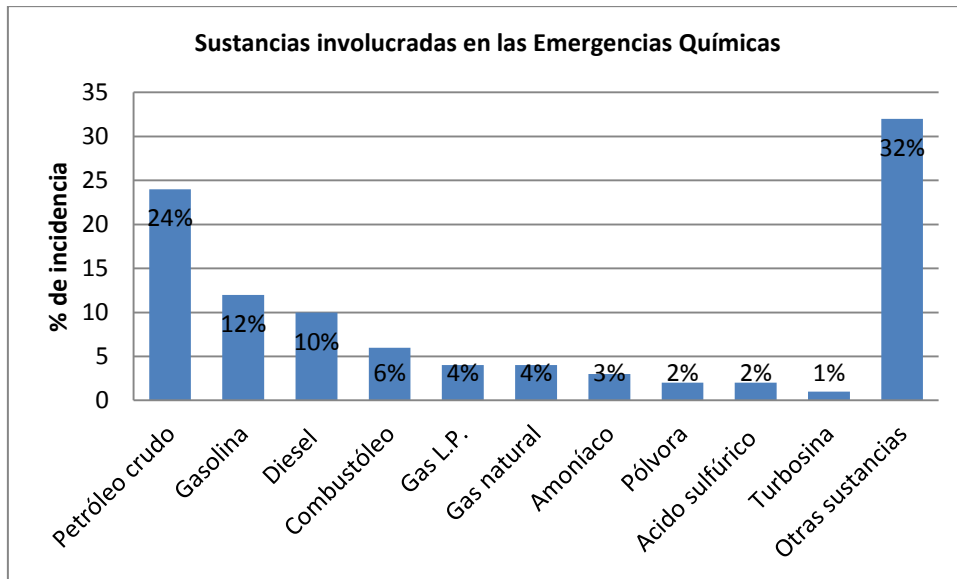
En México las sustancias químicas con mayor nivel de accidentes son los hidrocarburos como el petróleo crudo, la gasolina, el diésel, el combustóleo, gas natural y gas L.P. estos se han visto involucrados en el 60% de los accidentes químicos. Otras sustancias frecuentes en las emergencias ambientales son el amoníaco y el ácido sulfúrico (Grafica 5.).



Ilustración 6 “Distribución porcentual de las emergencias químicas de la República Mexicana del 2005 al 2015”. Lizbeth Carranza (2015).

Transporte	Porcentaje
Ductos	60.70%
Carreteras	36.60%
marítimo	0.70%
Ferrocarril	1.80%
Otros	0.20%

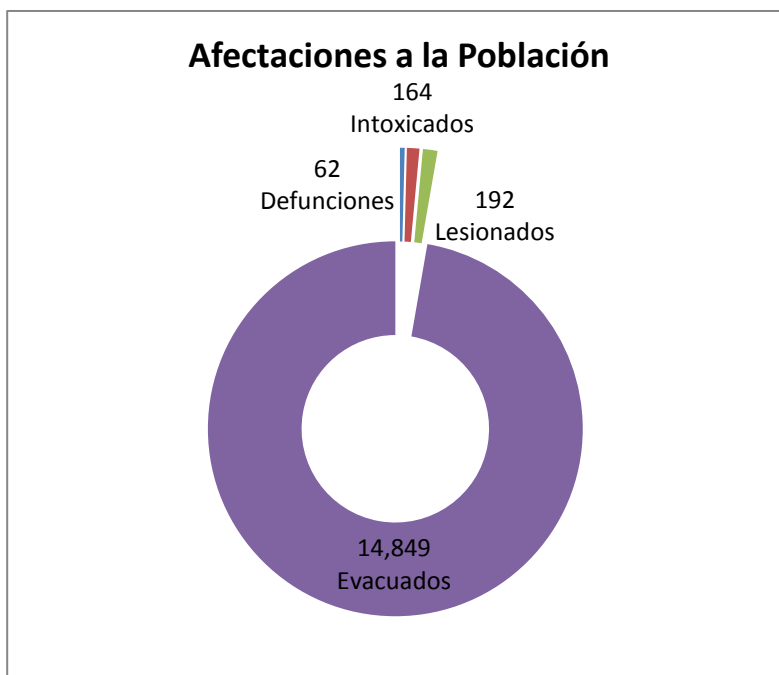
Tabla 3 “Distribución porcentual de las emergencias químicas en el transporte del 2005 al 2015”. COTEA (2015).



Grafica 5 "Sustancias involucradas en emergencias químicas del 2005 al 2015". COTEA (2015).

2.2.1. Afectaciones a la población

La COTEA registró aproximadamente 152,258 afectados al año a causa de accidentes químicos de las cuales 14,849 son evacuados por existir algún riesgo, 192 resultan lesionas, 164 intoxicados y 62 defunciones (Grafica 6.).



Grafica 6 "Promedio anual de población afectada por emergencias químicas del 2005 al 2015". COTEA. (2015)

En el 2013 se dañaron 1 escuela, 79 casas y 413,216 hectáreas de cultivo según información del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

Del 2008 al 2013 el Estado ha gasto 7365 millones de pesos para mitigar los daños causados por los accidentes químicos (tabla 6), siendo el 2013 el año más caótico.

La calidad de vida y el bienestar de las personas dependen en gran medida del estado del medio ambiente. Los ecosistemas proporcionan

bienes como los alimentos, la madera, los medicamentos, la energía, entre otros.

Año	Total de daños de los Desastres Tecnológicos-Químicos (Millones de pesos)
2008	241.7
2009	319.9
2010	924.3
2011	1,376.10
2012	370.1
2013	4,133

Tabla 4 "Costos por desastres químicos". Diario de la Federación (2014)

2.3. DAÑOS AMBIENTALES DEBIDOS A LOS ACCIDENTES QUÍMICOS INDUSTRIALES.

Una emergencia ecológica se caracteriza por la presencia de sustancias en el medio ambiente que causan un daño a la salud y al bienestar del hombre o que ocasiona desequilibrio ecológico. Esto sucede cuando las sustancias contaminantes exceden ciertos límites considerados tolerables; se trata en general de fenómenos que evolucionan lentamente en el tiempo y su efecto nocivo se manifiesta por un deterioro progresivo de las condiciones ambientales. La contaminación puede darse en aire, agua y suelo, y en cada caso presenta características propias que requieren medidas de prevención y combates peculiares, que son prerrogativa del sector de protección al ambiente, y normalmente quedan fuera del ámbito de la protección civil.

2.3.1. Degradación del aire

En México los niveles de contaminación por gases de efecto invernadero van en aumento. Del 2005 al 2009 se registró un incremento en la contaminación del aire del 2.5% por emisiones de dióxido de carbono. Aunque esta cifra puede parecer pequeña se está hablando de que tan solo en el año 2009 existían 11 millones de toneladas más de CO₂ que en el 2005.

Así mismo del 2005 al 2010 los niveles de metano y óxido nitroso crecieron un 5% y casi un 17% (9 y 4 millones de toneladas más).

Emisiones de gases de efecto invernadero en México (Millones de Toneladas)

Año / Gas	Bióxido de Carbono	Metano	Óxido Nitroso
2005	435	182.5	23.9
2008	475.8	N.D.	N.D.
2009	446.2	N.D.	N.D.
2010	N.D.	191.8	28

Tabla 5 "Cantidad De emisiones de gases de efecto invernadero en México, 2005-2010". INEGI (2012).

Dichas cantidades no pertenecen únicamente a las industrias químicas, en el 2010 el Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía (INEGI) publicó que el sector industrial (excepto industrias manufactureras y de construcción) está

relacionado con la generación de un 13% de bióxido de carbono en el aire por combustión de combustible (ver tabla 5).

Emisiones de CO ₂ por combustión de combustibles según sector en México	Millones de Toneladas
Electricidad y producción de calor	123.2
Uso de otros tipos de energía en la industria	55.5
Industrias manufactureras y de la construcción	54.8
Trasporte	151.4
Otros Sectores	32

Tabla 6 "Emisiones de CO₂ por combustión de combustibles según sector en México". INEGI (2012).

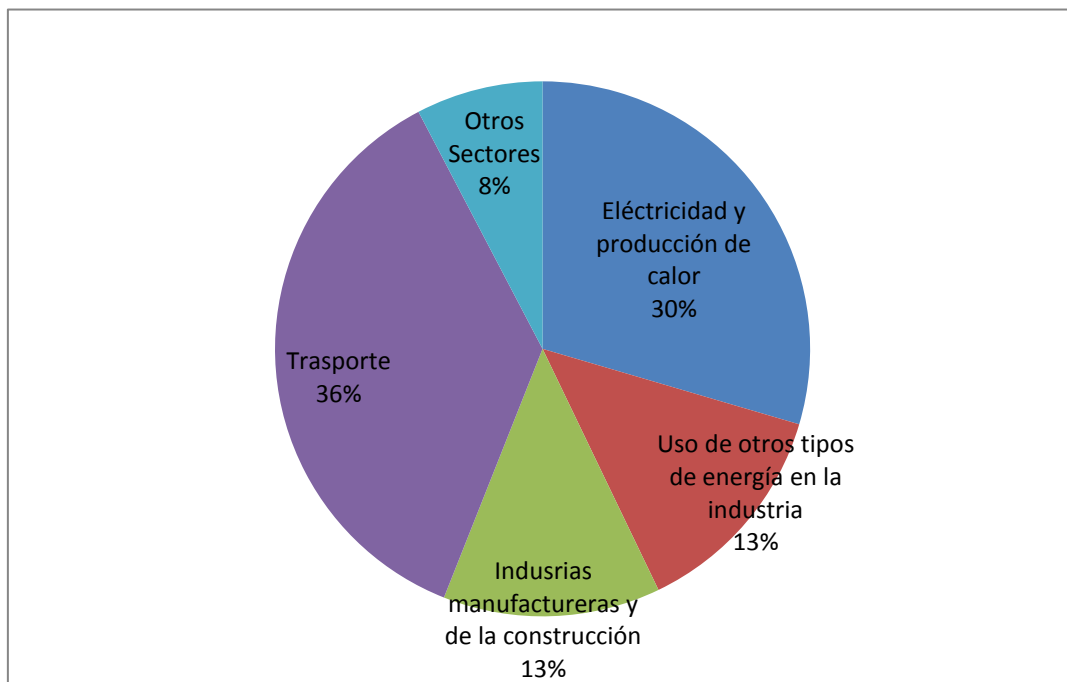


Tabla 7 "Producción de CO₂ por combustión de combustibles según el sector en México". INEGI (2012).

Debido a la contaminación atmosférica la información de emergencias ambientales es limitada y los datos anteriormente mencionados no representan la magnitud del problema por la degradación del aire a causa de los desastres químicos- tecnológicos, sin embargo, ayuda como referencia.

Un ejemplo es el accidente que sucedió el 3 de Mayo de 1991 en Córdoba, Veracruz. La Empresa mezcladora de plaguicida explotó y provocó el incendio de 18 mil litros de

insecticidas organofosforados, como resultado hubo más de 2000 personas evacuadas, 1000 con signos de intoxicación aguda, 300 hospitalizados de gravedad y 87 fallecimientos.

El Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO), desarrolló una calculadora para identificar los daños en salud provocados por partículas de 10 micras (PM10) y cuantificar los impactos económicos que se derivan de los mismos (tabla 8 y 9.).

Evento	Cantidad
Defunciones	26,600
Hospitalizaciones	73,600
Consultas (millones)	4.3

Tabla 8 . "Personas afectadas por la calidad del aire". IMCO (2015).

Los datos reflejan los costos generados por daños hacia la salud de 34 ciudades de México, desde el 2010 hasta principios del 2015.

Según el INEGI puntualizo que la contaminación atmosférica representó el mayor costo ambiental en el 2013, al arrojar un gasto de 538,679 millones de pesos esto es 3.4% del Producto Interno Bruto (PIB).³³A pesar de todos los datos obtenidos en diversas investigaciones aún no existe una forma de cuantificar el daño que sufriría la atmosfera a causa de un accidente (no solamente químico), por esta causa en este proyecto no se analizara dicha problemática dejando la

Evento	Monto (Millones de pesos al año)
Pérdidas en Productividad	15,400
Gastos en salud	3,300

información anterior solo como referencia.

Tabla 9 "Pérdidas económicas por la mala calidad del aire". IMCO (2015).

2.3.2. Degradación del agua

Las emergencia químicas que afectan la calidad del agua cada vez son más frecuente, tan solo en el 2014 se produjeron 4 eventos catastróficos en contra de este elemento. En la tabla 10 se aprecia los accidentes en el 2014; El accidente más representativo fue la liberación de 40 millones de litros de sulfato de cobre en el río Sonora. Este acontecimiento los califico el gobierno federal como "el peor desastre ambiental en la industria minera del país".

Lugar	Río Sonora, Sonora	Arroyo Magistral, Durango	Río San Juan, Nuevo León	Arroyo Hondo, Veracruz
Sustancia Química Participante	Sulfato de cobre	Solución cianurada	Oleoducto	Gasolina
Volumen derramado (m ³)	40,000	2000	40,000 barriles	N.D.
Personas afectadas	22,00	N.D.	40,000	N.D.
Defunciones	0	0	0	N.D.
Monto de multa (millones)	40	N.D.	N.D.	N.D.

Tabla 10 Daños hacia la calidad del agua por accidentes químicos en México año 2014. Lizbeth Carranza (2015).

Según el INEGI del 2003 al 2013 hubo un crecimiento de contaminación del 19% esta cifra es la más alta en comparación del suelo y el aire. Así mismo considero los costos por la contaminación del agua en el 2013 por 70,627 millones de pesos representando el 0.5% del PIB.

2.3.3. Degradación del suelo

Como consecuencia de siglos de actividad industrial se han producido y acumulado grandes cantidades de residuos peligrosos, lo cual contribuye de manera directa a la degradación química de los suelos.

En México el suelo sufre una degradación acelerada como consecuencia de diversas actividades humanas. En el 2002 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), colocó a México entre los primeros lugares en este aspecto (con cerca del 50% de suelos severamente y muy severamente degradados), comparado con el resto de sus países miembros.

Aunque la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales consideró en el 2003 que la degradación de suelos por desechos industriales solo participa un 3%, se estima que la generación en ese año de residuos industriales peligrosos en México fue de 8 millones de toneladas por año, y sólo el 26% recibió un manejo adecuado.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA), es el instrumento fundamental de referencia que sirve como base para todas aquellas acciones relativas a nuestros recursos naturales. El título IV, Capítulo III, lleva por nombre Prevención y Control de Contaminación del Suelo, consta de 11 artículos, pero en su redacción existe poca precisión. Menciona que los residuos sólidos son la principal fuente de contaminación del suelo, siendo que resultan ser tan solo uno de los tantos ejemplos de afectación.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

La LGEEPA parece no considerar otros contaminantes que se derraman como parte de actividades industriales, por ejemplo, los residuos del procesamiento del petróleo, incluyendo combustibles y petroquímicos, aceites gastados y metales, los cuales se consideran como residuos peligrosos. Como producto de estos vacíos en la legislación, no se le ha dado al suelo su valor como recurso natural, por lo que no se ha enfatizado la necesidad de limpiar las zonas aledañas.

CAPÍTULO 3

MÉTODOS Y ANÁLISIS PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS DE UN ACCIDENTE/DESASTRE QUÍMICO-TECNOLÓGICO

3.1. ESTIMACIONES DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS PARA EL SECTOR SOCIAL.

El impacto social de los desastres es mayor en los países en desarrollo, donde las poblaciones pobres son más vulnerables y menos resistentes. El costo económico de los desastres asciende a cantidades exorbitantes, que la mayoría de las veces no son cubiertas al 100%. Tan solo en el año 2011 se considera una pérdida económica e 1376 millones de pesos a causa de accidentes y desastres químicos.

En la evaluación social de los daños ocasionados por un desastre, es preciso cuantificar los daños a la sociedad como el número de habitantes, viviendas e infraestructura afectados.

Queda totalmente fuera del alcance de esta tesis estimaciones de pérdida monetarias a causa de daños físicos o a la salud, debido a la complejidad del tema.

3.1.1. La vida humana

Los desastres generalmente involucran pérdidas humanas. La estimación monetaria de la vida es un proceso complejo que implica un arduo análisis de los hechos por parte del juez. Sin embargo existen diversos métodos que ayudan a establecer criterios del costo.

Algunos métodos empleados por diversos jueces son:

Ingresos futuros

La ecuación 1 es la forma más frecuente de calcular el valor monetario de la vida de una persona. Consiste en calcular los ingresos futuros, tomando en cuenta los años faltantes para cumplir la esperanza de vida promedio.

$$L_1 = \sum_{t=\tau}^{\infty} Y_t P_{\tau}^t (1+r)^{-(t-\tau)} \text{ --- Ecuación 1}$$

“Economía de los gastos sociales”. José Pinto (1992).

Dónde:

L_1 : Valor perdido

Y_t : Ingresos esperados considerando una vida media

P_{τ}^t = Es la probabilidad en el año corriente (τ) de que la persona esté viva en el año t (tabla 1 anexo)

r: Es la tasa social de descuento. (En enero del 2014 la secretaria de hacienda y crédito público considero que la tasa social de descuento es del 10%.)

En este método deben considerarse factores como desigualdades entre sexo, edad y discapacidades.

En México la esperanza de vida varía según el desarrollo económico y social de la población. En el 2010 el INEGI considero que la vida promedio es de 74 años, sin embargo, las mujeres cuentan con mayor esperanza de vida que el hombre, teniendo un indicador de 77 años contra 71 años. Un factor intangible que depende el desarrollo social y económico de la

población es el tiempo, en estudios se ha demostrado como la esperanza de vida aumenta con el tiempo, esto se debe al avance tecnológico y social. En el anexo se muestra la tabla del crecimiento de la esperanza de vida conforme al tiempo.

Daños a terceros

Consiste en calcular el valor presente de las pérdidas monetarias que ocasiona la muerte de una persona de cierta edad (t) para sus dependientes. Para esto se utiliza la Ecuación 2

$$L_2 = \sum_{t=\tau}^{\infty} P_{\tau}^t (Y_t - C_t)(1 + r)^{-(t-\tau)} \text{ --- Ecuación 2}$$

“Economía de los gastos sociales”. José Pinto (1992).

Donde

C_t: Es el gasto personal del individuo durante el tiempo del periodo entre t.

Y_t: Ingresos esperados considerados en el año t

r: Es la tasa social de descuento.

t: Años faltantes para cumplir la esperanza de vida

τ: Probabilidad en el año corriente de que la persona siga viva.

Este criterio es el más racional ya que lo que realmente importa a la sociedad son las pérdidas que recaen sobre los miembros de la sociedad que quedan vivos.

Para poder estimar las ecuaciones 1 y 2 se debe tomar en cuenta la variación del salario mínimo según el año y la zona del lugar. La ecuación 3 representa el salario mínimo dependiente del año. Dicha ecuación fue obtenida por datos de la Secretaria del Trabajo y Prevención Social (Tabla 11).

Fecha	Zona A	Zona B
1993	14.27	13.26
1994	15.27	14.19
1995	20.15	18.7
1996	26.45	24.5
1998	34.45	31.9
2000	37.9	35.1
2001	40.35	37.95
2002	42.15	40.1
2003	43.65	41.85
2004	45.24	43.73
2005	46.8	45.35
2006	48.67	47.16
2007	50.57	49
2008	52.59	50.96

2009	54.8	53.26
2010	57.46	55.84
2011	59.8	58.1
2012	62.33	59.08
2013	64.76	61.38
2014	67.29	63.77
2015	70.1	68.28

Tabla 11. "Evolución del salario mínimo en México dependiendo del tiempo". S.T.P.S. (2015).

$$Y = 2.3541x - 4674.5$$

Ecuación 3

Lizbeth Carranza (2015).

Dónde:

Y: Salario mínimo dependiendo del año

X: año

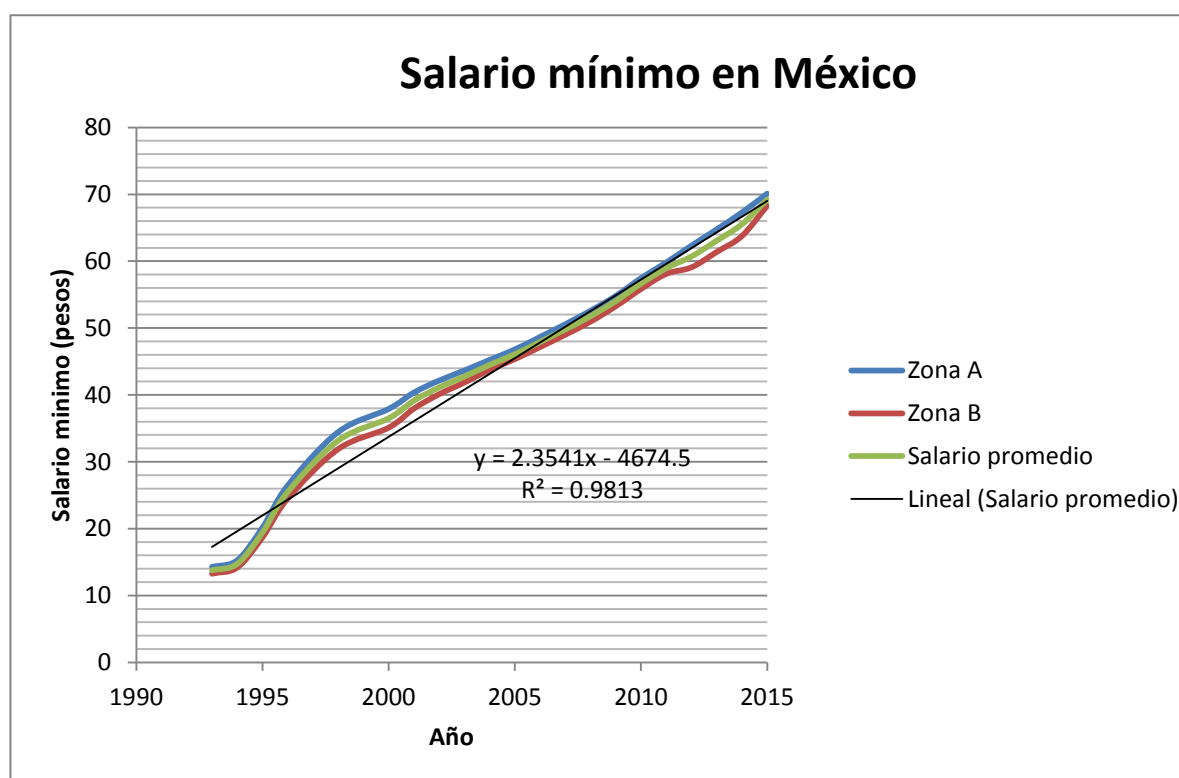
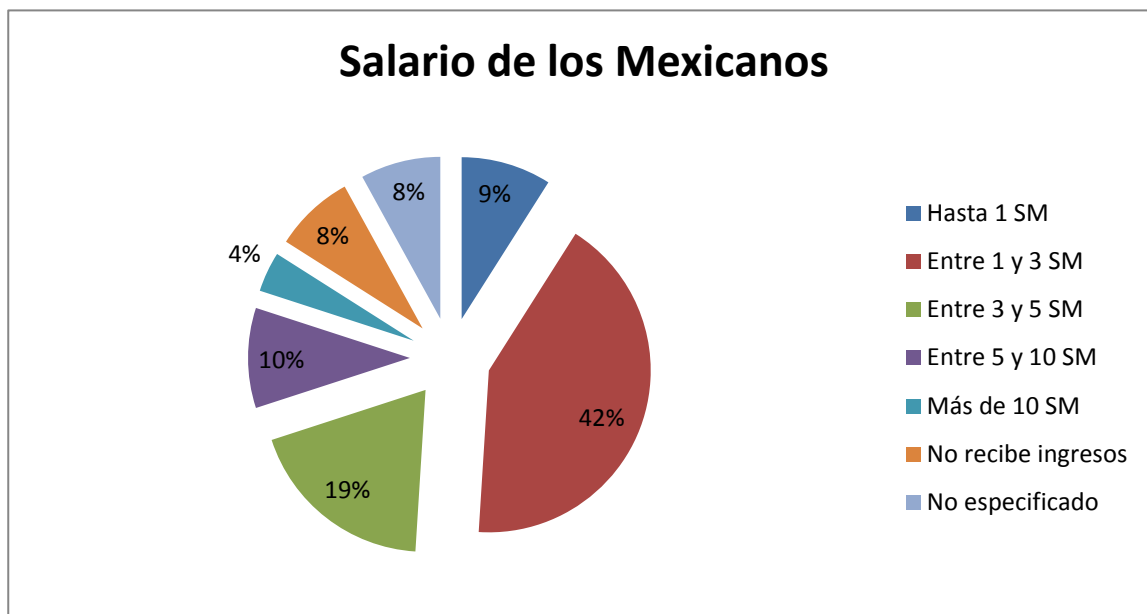


Tabla 12 "Tendencia del salario mínimo en México". S.T.P.S. (2015).

En el año 2008 el INEGI estimó el salario promedio en la República Mexicana siendo de 1 a 3 salarios mínimos.



Grafica 7 "Salario Promedio que gana un mexicano". INEGI (2012).

Normas administrativas

Esta estimación se basa en los artículos 1915 del Código Civil Federal (CVF) y del artículo 502 de la Ley Federal del Trabajo (CFT), donde se establecen los montos de indemnización por daños y perjuicios.

Artículo 1915: "La reparación del daño debe consistir a elección del ofendido, en el restablecimiento de la situación anterior, cuando ello sea posible, o en el pago de daños y perjuicios.

Cuando el daño se cause a las personas y produzca la muerte, incapacidad total permanente, parcial permanente, total temporal o parcial temporal, el grado de la reparación se determinará atendiendo a lo dispuesto por la ley federal del trabajo. para calcular la indemnización que corresponda se tomará como base el cuádruplo del salario mínimo diario más alto que esté en vigor en el distrito federal y se extenderá al número de días que, para cada una de las incapacidades mencionadas, señala la ley federal del trabajo. En caso de muerte la indemnización corresponderá a los herederos de la víctima.

Los créditos por indemnización cuando la víctima fuere un asalariado son intransferibles y se cubrirán preferentemente en una sola exhibición, salvo convenio entre las partes.

Las anteriores disposiciones se observarán en el caso del artículo 2647 de este código."

En caso de muerte se toma como base el artículo 502 de LFT.

Artículo 502.-"En caso de muerte del trabajador, la indemnización que corresponda a las personas a que se refiere el artículo anterior será la cantidad equivalente al importe de cinco mil días de salario, sin deducir la indemnización que percibió el trabajador durante el tiempo en que estuvo sometido al régimen de incapacidad temporal."

Seguro de vida

Otro método a utilizar son los pagos que decide realizar una persona a las aseguradoras en caso de muerte prematura. Este método arroja montos mayores que los otros, sin embargo, para una persona sin parientes no tendría ningún incentivo comprar un seguro de vida. Este enfoque es solo un reflejo de la preocupación que una persona tiene por su familia pero no puede tomarse como índice de evaluación monetaria de una vida.

Montos de seguros por accidente aéreo

Una alternativa para asignar valor a una vida humana sería asociar los montos pagados por las compañías de seguros en caso de accidente aéreo, los cuales se establecieron durante convención de Varsovia de la Organización Internacional de Aviación Civil (OAC). No obstante, dichos montos varían según sea la región.

Comparación con salarios.

El Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (CNUAH) utiliza, en sus programas de construcción de vivienda en Centroamérica, el criterio de que cada metro cuadrado de construcción de vivienda social cuesta el equivalente de un salario mínimo vigente. A ello sería preciso agregarle el costo de los terrenos urbanizados. Esta fórmula permite realizar estimaciones gruesas, pero tiene la limitación de que durante los últimos años el costo de un metro cuadrado de construcción ha subido más que el incremento de los salarios

Estos cuatro métodos son válidos siempre que la vivienda no sea de *protección oficial*, porque en ese caso hay un valor máximo legal que de hecho representa el precio de tasación.

Importante, la vigencia de la tasación es de seis meses. El mercado puede cambiar con rapidez.

3.1.2. Vivienda y asentamientos humanos

Método de Comparación

Es el método más habitual. Se trata de conocer el valor ya establecido de otras viviendas similares en la misma zona. A esas referencias se les da el nombre de 'inmuebles testigo'. Se hace un promedio del costo del metro cuadrado de las viviendas y se equipara como la propiedad que se valora. Se multiplica por los metros totales de superficie y se obtiene el precio de mercado.

Sin embargo este método genera irregularidades, ya que pueden existir pocos o ningún inmueble exactamente igual, estos cambios no permiten a los especialistas homogenizar los precios del inmueble.

Método del costo.

Suele ser un sistema complementario para verificar que la evaluación es objetiva, aunque también puede servir como método de evaluación final. El cálculo se basa en lo que costaría reponer la propiedad, es decir imaginar que hay que construirla de nuevo. Para ello hay que tener en cuenta el tipo de construcción que se ha afectado. A continuación se muestran valores unitarios por metro cuadrado de una casa en el país, dependiendo de la clase social y el tipo de construcción (tabla 13).

Clase	Categoría	Valor unitario por m ²
Precaria	Baja	979
	Media	1,426
	Alta	1,952
Económica	Baja	2,856
	Media	3,469
	Alta	3,984
Interés social	Baja	3,994
	Media	4,939
	Alta	5,456
Regular	Baja	5,689
	Media	6,184
	Alta	7,388
Buena	Baja	8,233
	Media	9,239
	Alta	10,654
Muy buena	Baja	11,247
	Media	12,835
	Alta	14,926
Lujo	Baja	15,990
	Media	18,785
	Alta	21,249

Tabla 13 “Valores unitarios de construcciones para el año 2015”. Gaceta de valores de suelo y construcciones (2015).

La tabla 13 muestra una visión general de los costos de construcción de la vivienda, sin embargo en la tabla 2 del anexo se presentan a mayor detalle presupuestos de obras del 2012.

Este método sería el más factible, ya que muestra montos reales para la renovación de la vivienda. Además que generalmente los desastres químicos afectan de manera parcial las construcciones.

Método de actualización de rentas o de capitalización.

Permite tasar el valor del inmueble a partir de las rentas que pudiera generar. Para eso habría que comparar esa propiedad con otras parecidas y a las que se diera un uso similar. Tiende a originarse de tasas poco fundamentadas, inclusive con valores estandarizados por ciertos manuales de valuación, pero que en realidad del mercado inmobiliario no tienen aplicación. Aunado a esto, cabe recalcar que los inmuebles habitacionales tienen poco valor de renta generado con esto que su valor de capitalización de ingresos es por demás inferior a lo que realmente pudiera considerarse.

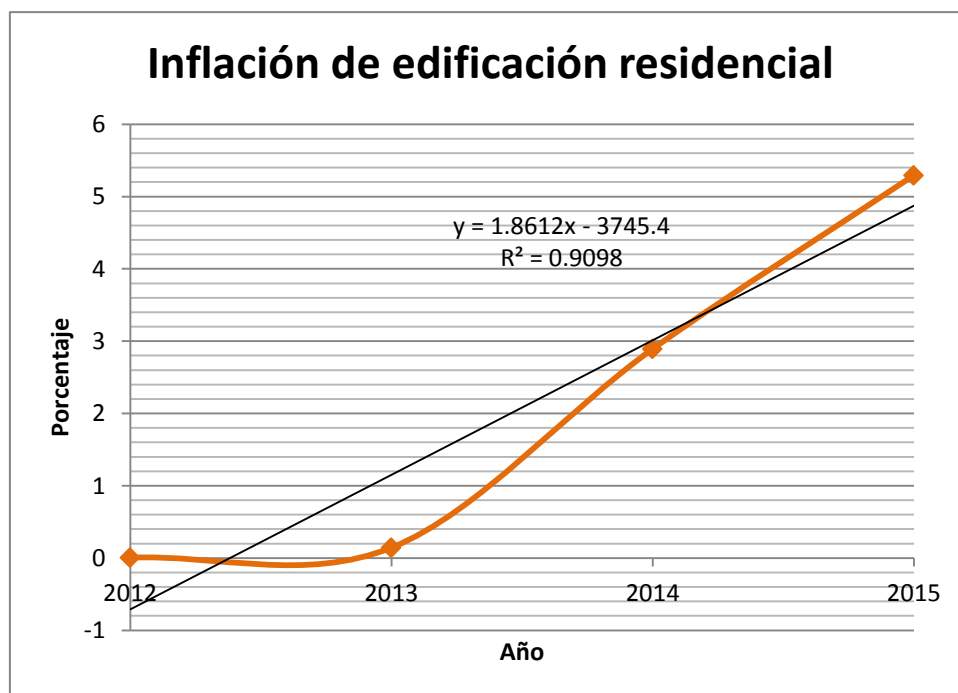
3.1.3. Inflación de construcción

Para futuras proyecciones según el año se puede utilizar la ecuación 4:

$Y = 1.8612x - 3745.4$	Ecuación 4
------------------------	------------

Lizbeth Carranza (2015).

Dicha ecuación se consigue con los datos de Índice de Costo de Construcción Residencial (ICCR) de Banxico (grafica 8), que considera la transición del costo de materiales, mano de obra y renta de maquinaria para la edificación de vivienda desde el 2012.



Gráfica 8 "Índice de costo de construcción residencial". Banxico (2015).

3.1.4. Componentes de una vivienda

Mobiliario

Por efectos de este proyecto la palabra mobiliario se entiende que incluye los muebles propiamente dichos (camas, mesas, salas, etc.), utensilios de cocina, electrodomésticos, equipos (lavadoras, estufa, radio, etc.). No se incluyen en el mobiliario equipo o maquinaria

que puedan servir en micro o pequeñas empresas que con frecuencia se establecen en la vivienda. Se realizó un estudio de mercado donde se involucran 5 cadenas comerciales de tiendas departamentales, las cuales se determinó el costo promedio del mobiliario total dependiendo de la sección del hogar en el 2015. Dicha información se encuentra en la tabla se presenta de manera desglosada en las tablas 3-9 en el anexo.

Precio	Económico	Estándar	Lujo
Cocina	60,000-80,000	120,000-140,000	280,000-290,000
Utensilios de cocina	22,800	22,800	22,800
Recamara	27,400-31,400	73,600-83,600	184,000-189,00
Lavandería	7,800	19,800	42,000
Sala/comedor	20,000	84,000	108,000
Entretenimiento	9,400-26,400	25,000-50,000	110,000-151,000
Total	147,000-188,400	345,000-400,200	746,800-802,800

Tabla 14 "Costo Promedio de todo el mobiliarios de una casa". Lizbeth Carranza (2015).

Como se aprecia en la tabla 14 los costos se dividen dependiendo de la clase social, dando montos de 147 mil a 188 mil para la clase baja, 345 mil a 400 mil para la clase media y 746 mil a 802 mil para la clase alta.

En caso de desastre puede cuantificar los daños dependiendo de los mobiliarios dañados con las tablas 3-9 del anexo.

3.1.5. Infraestructura

La desaparición de infraestructura productiva paraliza o retarda la actividad económica en general, afectando a los niveles de ingreso y empleo de la población del sector laboral.

Hospitales

Con información de usos de suelos de todos los estados de la República y documentos de licitaciones para la instalación de equipos de hospitales se generalizaron los siguientes precios unitarios por metro cuadrado.

Valor unitario por m ² (pesos)	
Estándar	50,000
Bueno	25,000
Lujo	12,000

Tabla 15 "Valor unitario por metro cuadrado de hospitales". Lizbeth Carranza (2015).

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Escuela

En la página del <http://gaia.inegi.org.mx/ceconomicos2009/viewer.html> del INEGI muestra las inversiones de las escuelas de toda la República Mexicana, arrojando los resultados por cada una en la tabla 16.

Estado	Primaria	Secundaria	Educación media superior	Educación superior
	Inversión c/u	Inversión c/u	Inversión c/u	Inversión c/u
Aguascalientes	55,000	36,880	35,731	N.D.
Baja California	85,939	N.D.	43,375	681,450
Baja California Sur	N.D.	N.D.	N.D.	96,750
Campeche	105,906	N.D.	N.D.	N.D.
Chiapas	8,333	N.D.	23,649	341,545
Chihuahua	100,266	N.D.	27,183	2,048,075
Coahuila	44,057	N.D.	32,610	2,237,156
Colima	N.D.	N.D.	20,00	207,000
Distrito Federal	37,705	48,053	201,517	3,379,973
Durango	36,470	N.D.	8,182	36,000
Estado de México	64,143	105,840	103,488	995,313
Guanajuato	98,200	65,667	42,767	1,852,077
Guerrero	175,146	20,273	6,143	1,852,077
Hidalgo	212,308	N.D.	22,720	608,042
Jalisco	256,47	24,345	69,967	6,408,526
Michoacán	19,514	64,276	64,860	1,515,394
Morelos	94,290	N.D.	74,472	228,641
Nayarit	N.D.	N.D.	75,600	N.D.
Nuevo León	91,791	72,571	764,644	3,858,538
Oaxaca	86,970	2,353	327,50	812,729
Puebla	31,125	N.D.	24,161	1,186,150
Querétaro	44,904	N.D.	87,486	1,029,963
Quintana Roo	30,826	N.D.	4,143	329,867
San Luis Potosí	72,952	N.D.	18,122	1,533,000
Sinaloa	227,674	3,000	14,522	316,600
Sonora	27,096	88,667	55,047	105,930
Tabasco	58,059	N.D.	28,125	N.D.
Tamaulipas	1,615,234	N.D.	9,483	928,849
Tlaxcala	88,970	N.D.	23,833	N.D.
Veracruz	53,102	23,000	48,511	277,611
Yucatán	164,038	35,556	72,854	1,220,788
Zacatecas	814,29	N.D.	N.D.	3,364,818

Tabla 16 "Inversión de las escuelas dentro de la República Mexicana". INEGI (2012).

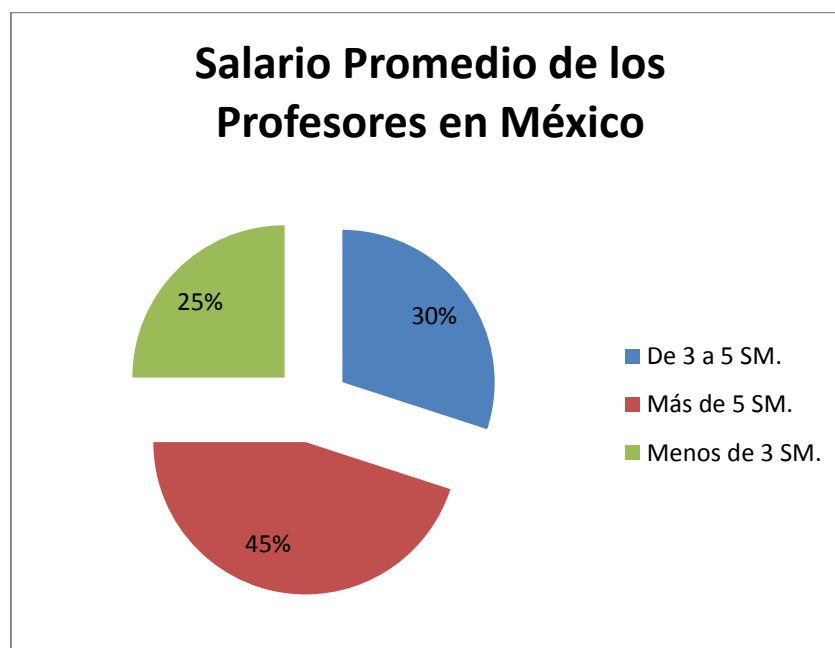
Presupuesto promedio por alumno y profesores

Cuando existe un desastre (no solo químico) las escuelas son las principales zonas afectadas debido a que son utilizadas como albergues, por esta razón en la tabla 17 y grafica 9 se muestran las inversión anuales y mensuales por alumno y maestro, por lo que sí existe suspensión de clases puede extrapolarse con esta información las pérdidas correspondiente por día.

Nivel	Presupuesto anual (miles)
Preescolar	43,000
Primaria	45,000
Media superior	50,000
Superior	140,000

Tabla 17 "Presupuesto designado al sector educativo anualmente". INEGI (2012).

El salario promedio de los profesores por hora según el INEGI es de 3 a 5 salarios mínimos.



Grafica 9 "Salario promedio de profesores". INEGI (2012).

3.1.6. Transporte

Solo se consideran las perdidas económicas por daños a la unidad de transporte como, utilizando el generador de precios que aparece en la página de internet

<http://www.autocosmos.com.mx/guiadeprecios/indic>

3.1.7. Otras estimaciones

Para la consulta de los valores unitarios por de cada metro cuadrado de construcciones e instalaciones públicas se apoya de en el software para arquitectos, ingeniería y construcción de la página <http://www.mexico.generadordeprecios.info> de Ingenieros S.A. Este software muestra a detalle los precios estimado de cada metro cuadrado por la construcción de calles, puentes, muros de contención, telecomunicaciones entre otros.

3.2. ESTIMACIONES DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA

La amplia producción, almacenamiento, transporte y utilización que en la actualidad se da a los productos químicos, hace que el riesgo potencial de que ocurran accidentes que involucren sustancias peligrosas este latente casi en todo momento. A continuación se muestran algunas formas para estimar las pérdidas económicas de la industria química cuando ocurre un accidente.

3.2.1. Materia prima.

La tabla 18 presenta los Índices Nacionales de Precios Productor (INPP) obtenidos del INEGI y PEMEX.

Sustancia	Venta anual (miles de Tonelada)	Precio (miles de pesos/tonelada)	Algunos usos
Ácido Sulfúrico	2,210	5	Fertilizantes, procesado de metales, manufacturas de otras sustancias químicas.
Etileno	982	15	Plásticos de Polietileno, anticongelante, fibras.
Azufre	754	5	Fabricación de ácido sulfúrico, pólvora, abonos minerales, cementos, aislantes eléctricos.
Amoniaco	514	7	Fertilizantes, fibras, plásticos, explosivos.
Sosa Caustica	408	7	Fabricación de Papel, telas, detergentes, jabones, crayones, explosivos, pinturas.
Ácido Fosfórico	394	14	Fertilizantes, detergentes, alimento para animales
Cloro	365	20	Sustancias químicas y plásticos, productos de papel

Tolueno	235	12.5	Producción del benceno, disolvente y diluyentes en pinturas, revestimientos, fragancias sintéticas, adhesivos y gomas, tintas, agentes de limpieza, quitamanchas, en la producción de polímeros.
Metanol	190	7	Producción de productos químicos, biodiesel, tratamiento de aguas residuales, manufactura del formaldehído.
Benceno	114	12.5	Manufactura de llantas/caucho, materia prima para pinturas, limpiadores, asfalto, plásticos.
Acrilonitrilo	77	23	Producción de fibras acrílicas y modacrílicas, producción de plásticos, coberturas de superficie, elastómeros de nitrilo, resinas de barrera y adhesivos.
Xileno	73	20	Disolventes, componente de la gasolina con alto nivel de octanaje, obtención de los ácidos ftálicos.
Ácido Clorhídrico	66	8	Refinación de petróleo, sustancias químicas y procesado de metales.
Ácido Nítrico	60	6	Fertilizantes, plásticos explosivos, manufactura de sustancias químicas
Ácido acético	7	10	En medicina se aplica como tinte en colposcopias, producción de acetato de vinilo, rayón, acetato de celulosa.
Óxido de etileno	372	11.3	Fabricación de glicoles, poli glicoles y los polioles que se utilizan para la elaboración de fibras, refrigerantes y espumas.

Tabla 18 "Sustancias más empleadas en la industria, precios y usos". Lizbeth Carranza (2015).

3.2.2. Costos de industrias por tamaño

De acuerdo con el INEGI, existen 4,084 unidades económicas de la industria química de las cuales 824 fueron seleccionadas en esta tesis por cumplir los criterios de clasificación de microempresa, industria pequeña, mediana y grande, establecidos por la Secretaría de Economía (SE) (Tabla 10 del anexo).

La estimación de pérdidas económicas relacionadas a la industria química se basa en el valor monetario de los activos fijos de la industria y al número de empleados. Con información de los activos fijos de la industria química del INEGI se generaron las ecuaciones plasmada de las tablas 19 hasta la 46, donde “X” es considerado como el número de empleados y “Y” es el valor en miles de pesos de los activos fijos de la industria.

Cabe destacar que las ecuaciones adecuadas para las estimaciones deben tener el coeficiente de determinación (R^2) mayor o igual a 0.6.

A continuación se muestran los datos obtenidos.

Fabricación de Productos Químicos Básicos

Este sector representa el 11% de las empresas químicas en México aportando el 19.4% del personal ocupado total y el 51.6% de la producción bruta total de la industria química.

Se conforma por la fabricación de petroquímicos básicos del gas natural, petróleo refinado, gases industriales, pigmentos, colorantes sintéticos, productos químicos básicos inorgánicos y productos químicos básicos orgánicos.

Microempresa			
Activo fijo	Correlación	Coeficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 81.174x^{1.3262}$	0.7261	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 59.261x^{1.1664}$	0.7462	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 6.8694x^{1.4788}$	0.742	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 2.4008x^{1.1119}$	0.6234	Si
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 4.7448e^{0.2258x}$	0.6424	Si

Tabla 19 “Correlaciones para las microindustrias dedicadas a la fabricación de Químicos Básicos”. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Pequeña			
Activo fijo	Correlación	Coeficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 20.992x^2 - 3419.2x + 154222$	0.6428	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 19.549x^2 - 3164.1x + 135041$	0.6691	Si

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Unidades y equipo de transporte	$y = -0.082x^2 + 27.085x - 129.31$	0.1918	No
Equipo de cómputo y periféricos	$y = -0.0809x^2 + 16.619x - 26.623$	0.0766	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 65.934x^{0.5192}$	0.0479	No

Tabla 20 "Correlaciones para las industrias pequeñas dedicadas a la fabricación de Químicos Básicos". Lizbeth Carranza (2015).

Industria Mediana			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R ²)	R ² ≥0.6
Acervo total	$y = 592.52e^{0.0256x}$	0.7	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 1130.1e^{0.0154x}$	0.6	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 81.086x - 9763.6$	0.6	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 91.985e^{0.0155x}$	0.1	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 1E-06x^{4.2043}$	0.7	Si

Tabla 21 "Correlaciones para las industrias medianas dedicadas a la fabricación de Químicos Básicos". Lizbeth Carranza (2015).

Industria grande			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R ²)	R ² ≥0.6
Acervo total	$y = 344.32x - 63801$	0.9	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 0.0385x^{2.2589}$	0.8	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 1.5448x + 4533.6$	0.0	No
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 12.503x^{0.7981}$	0.4	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 15.314x - 2784.7$	0.5	No

Tabla 22 Correlaciones para las industrias grandes dedicadas a la fabricación de Químicos Básicos. Lizbeth Carranza (2015).

Fabricación de resinas, hules sintéticos y fibras químicas.

Este sector representa el 3% de las empresas químicas en México aportando el 5.7% del personal ocupado total y el 8.8% de la producción bruta total de la industria química.

Se conforma por industrias fabricantes de resinas, hules sintéticos y fibras químicas.

Microempresa

Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R ²)	R ² ≥0.6
Acervo total	Y=45x-15	1	Si
Maquinaria y equipo de producción	y = 3.3x+36.667	1	Si
Unidades y equipo de transporte	-----	-----	-----
Equipo de cómputo y periféricos	-----	-----	-----
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	Y=13.333x -43.3	1	Si

Tabla 23 Correlaciones para las microindustrias dedicadas a la fabricación de Resinas, hules sintéticos y fibras químicas. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Pequeña

Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R ²)	R ² ≥0.6
Acervo total	y = 0.1572x ^{2.9535}	0.7	Si
Maquinaria y equipo de producción	y = 0.1283x ^{2.9158}	0.7	Si
Unidades y equipo de transporte	y = 2E-05x ^{4.1801}	0.7	Si
Equipo de cómputo y periféricos	y = 0.0691x ^{2.1331}	0.5	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	y = 13.115x + 15	0.3	No

Tabla 24 Correlaciones para las industrias pequeñas dedicadas a la fabricación de Resinas, hules sintéticos y fibras químicas. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Mediana

Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R ²)	R ² ≥0.6
Acervo total	y = -955.68x + 240226	0.4	No
Maquinaria y equipo de producción	y = -347.78x + 85288	0.7	No

Unidades y equipo de transporte	$y = -21.493x + 4701.8$	0.6	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = -25.121x + 5605.9$	0.5	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = -25.121x + 5605.9$	0.5	No

Tabla 25 Correlaciones para las industrias medianas dedicadas a la fabricación de Resinas, hules sintéticos y fibras químicas. Lizbeth Carranza (2015).

Industria grande			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 2356.7x - 388996$	0.7	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 2245.8x - 455234$	0.7	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = -7.7046x + 6745.5$	0.2	No
Equipo de cómputo y periféricos	$y = -13.449x + 10961$	0.2	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = -10.721x + 8463.7$	0.3	No

Tabla 26 Correlaciones para las industrias grandes dedicadas a la fabricación de Resinas, hules sintéticos y fibras químicas. Lizbeth Carranza (2015).

Fabricación de Fertilizantes, Pesticidas y otros Agroquímicos

Este sector representa el 6% de las empresas químicas en México aportando el 3.8% del personal ocupado total y el 3.4% de la producción bruta total de la industria química.

Se conforma de las industrias fabricantes de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos (excepto fertilizantes).

Microempresa			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 63.084x^{1.3262}$	0.92	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 309.95\ln(x) - 119.41$	0.61	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 0.8805x^2 - 2.9037x + 71.294$	0.36	No
Equipo de cómputo y	$y = 2.5438x^{0.9892}$	0.71	Si

periféricos			
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 6.0457x - 11.136$	0.33	No

Tabla 27 Correlaciones para las microindustrias dedicadas a la fabricación de Fertilizantes, Pesticidas y otros Agroquímicos. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Pequeña			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 233.44x - 3088.7$	0.7	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 68.414x - 320.39$	0.5	No
Unidades y equipo de transporte	$y = 76.135x - 1321$	0.6	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 15.574x - 338.7$	0.7	Si
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 18.724x - 360.04$	0.4	No

Tabla 28 Correlaciones para las industrias pequeñas dedicadas a la fabricación de Fertilizantes, Pesticidas y otros Agroquímicos. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Mediana			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 3726.6x - 396703$	0.7	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 1881.2x - 192548$	0.7	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 51.006x - 2984.7$	0.1	No
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 1939.1 \ln(x) - 6484.9$	0.0	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 16.07x + 3077.1$	0.0	No

Tabla 29 Correlaciones para las industrias medianas dedicadas a la fabricación de Fertilizantes, Pesticidas y otros Agroquímicos. Lizbeth Carranza (2015).

Industria grande			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Acervo total	$y = 81.697x + 94732$	0.7	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 78.321x + 50307$	0.6	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 20.565x + 4227.9$	0.6	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 2.2518x + 4271.6$	0.2	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = -3.5303x + 10301$	0.0	No

Tabla 30 Correlaciones para las industrias grandes dedicadas a la fabricación de Fertilizantes, Pesticidas y otros Agroquímicos. Lizbeth Carranza (2015).

Fabricación de Productos Farmacéuticos

Este sector representa el 15% de las empresas químicas en México aportando el 34.7% del personal ocupado total y el 18.2% de la producción bruta total de la industria química.

Se conforma por las industrias que fabrican materias primas y de preparación de farmacéuticos.

Microempresa			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 8.9382x^2 - 54.526x + 308.46$	0.6	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 8.779x^2 - 72.404x + 183.81$	0.8	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 0.1541x^2 - 3.4241x + 19.381$	0.8	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 0.0854x^2 - 2.3375x + 17.401$	0.8	Si
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 2.5581x + 10.289$	0.2	No

Tabla 31 Correlaciones para las microindustrias dedicadas a la fabricación de Productos farmacéuticos. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Pequeña			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 438.15x - 8122.9$	0.7	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 0.0435x^{2.9258}$	0.7	Si

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Unidades y equipo de transporte	$y = 72.237x - 1702.3$	0.7	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 28.837x - 750.59$	0.5	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 0.7924x^2 - 19.424x + 418.64$	0.4	No

Tabla 32 Correlaciones para las industrias pequeñas dedicadas a la fabricación de Productos farmacéuticos. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Mediana			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 278.57x - 21890$	0.6	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 140.95x - 12613$	0.6	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 0.3879x^2 - 89.938x + 5922.9$	0.5	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 7.1842x + 182.67$	0.0	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 1E-13x^{7.3215}$	0.5	No

Tabla 33 Correlaciones para las industrias medianas dedicadas a la fabricación de Productos farmacéuticos. Lizbeth Carranza (2015).

Industria grande			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 376.7x + 531708$	0.8	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 89.98x + 276164$	0.6	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 0.0435x^{1.9123}$	0.5	No
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 98473 \ln(x) - 556005$	0.7	Si
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 75.696x - 2504$	0.7	Si

Tabla 34 Correlaciones para las industrias grandes dedicadas a la fabricación de Productos farmacéuticos. Lizbeth Carranza (2015).

Fabricación de pinturas, recubrimientos y adhesivos.

Este sector representa el 12% de las empresas químicas en México aportando el 4.2% del personal ocupado total y el 8.3% de la producción bruta total de la industria química.

Se conforma por industrias que fabrican pinturas, recubrimientos y adhesivos.

Microempresa			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 248.96x - 616.96$	0.7	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 39.762 \ln(x) + 57.799$	0.1	No
Unidades y equipo de transporte	$y = 14.724x^{1.4325}$	0.7	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 2.1248x^{1.3724}$	0.6	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 2.2127x^{1.4596}$	0.6	No

Tabla 35 Correlaciones para las microindustrias dedicadas a la fabricación de Pinturas, recubrimientos y adhesivos. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Pequeña			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 366.89x + 15$	0.6	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 0.587x^{2.2307}$	0.7	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 37.051x - 367.92$	0.6	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 0.047x^{2.2284}$	0.6	Si
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 41.574x - 1012.7$	0.7	Si

Tabla 36 Correlaciones para las industrias pequeñas dedicadas a la fabricación de Pinturas, recubrimientos y adhesivos. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Mediana			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Acervo total	$y = 28.466x^2 - 8446.8x + 645103$	0.8	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 18.267x^2 - 5653.2x + 434539$	0.7	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 264.35x^{0.5448}$	0.1	No
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 6E-06x^{3.9129}$	0.6	Si
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 0.0002x^{3.1672}$	0.4	No

Tabla 37 Correlaciones para las industrias medianas dedicadas a la fabricación de Pinturas, recubrimientos y adhesivos. Lizbeth Carranza (2015).

Industria grande			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 158.46x + 139064$	0.6	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = -21.536x + 93282$	0.1	No
Unidades y equipo de transporte	$y = 3.6179x + 2003.2$	0.1	No
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 101.63x - 22692$	0.98	Si
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 81.439x - 23125$	0.99	Si

Tabla 38 Correlaciones para las industrias grandes dedicadas a la fabricación de Pinturas, recubrimientos y adhesivos. Lizbeth Carranza (2015).

Fabricación de jabones, limpiadores y preparaciones de tocador.

Este sector representa el 30% de las empresas químicas en México aportando el 19.7% del personal ocupado total y el 10.2% de la producción bruta total de la industria química.

Está conformado por industrias que fabrican jabones, limpiadores, dentífricos, cosméticos, perfumes y otras preparaciones de tocador.

Microempresa			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 65.127x^{1.1643}$	0.8	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 5.6625x^{1.529}$	0.8	Si
Unidades y equipo de	$y = 5.2847x^{1.2933}$	0.7	Si

transporte

Equipo de cómputo y periféricos	$y = 1.3015x^{1.2269}$	0.7	Si
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 6.3287x + 2.9561$	0.3	No

Tabla 39 Correlaciones para las microindustrias dedicadas a la fabricación de jabones, limpiadores y preparaciones de tocador. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Pequeña

Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
	$y = 19.315x^{1.4611}$	0.6	Si
	$y = 37.692x - 45.283$	0.6	Si
	$y = 30.132x - 256.51$	0.6	Si
	$y = 10.99x - 204.67$	0.3	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 118.26x - 2976.7$	0.2	No

Tabla 40 Correlaciones para las microindustrias dedicadas a la fabricación de jabones, limpiadores y preparaciones de tocador. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Mediana

Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 308.53x - 18961$	0.7	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 159.38x - 11403$	0.8	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 59.727x - 3870$	0.6	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 12.734x - 944.95$	0.5	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 8.0315x - 458.45$	0.6	Si

Tabla 41 Correlaciones para las microindustrias dedicadas a la fabricación de jabones, limpiadores y preparaciones de tocador. Lizbeth Carranza (2015).

Industria grande

Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
-------------	-------------	---	----------------

Acervo total	$y = 245.36x + 206969$	0.9	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 135.83x + 143145$	0.8	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 6.5417x + 12847$	0.7	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 12.169x + 4538.9$	0.9	Si
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 16.921x + 12363$	0.6	Si

Tabla 42 Correlaciones para las microindustrias dedicadas a la fabricación de jabones, limpiadores y preparaciones de tocador. Lizbeth Carranza (2015).

Fabricación de otros productos químicos.

Este sector representa el 24% de las empresas químicas en México aportando el 8.3% del personal ocupado total y el 3.6% de la producción bruta total de la industria química.

Se conforman por industrias que fabrican películas, placas y papel fotosensible para fotografía además de tintas para impresión, explosivos, cerillos, resinas de plásticos reciclados, entre otros productos químicos.

Microempresa			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 52.282x^{1.1989}$	0.7942	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 18.052x^{0.9331}$	0.6026	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = 2.7088x^{1.7962}$	0.7015	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 2.7088x^{1.7962}$	0.7015	Si
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 2.2299x^{1.1399}$	0.578	No

Tabla 43 Correlaciones para las microindustrias dedicadas a la fabricación de otros productos químicos. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Pequeña			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 7.3106x^2 - 310.54x + 5873.3$	0.7281	Si
Maquinaria y equipo de	$y = 1.3019x^2 - 0.5395x +$	0.6439	Si

producción	302.38		
Unidades y equipo de transporte	$y = 69.634x - 1349.7$	0.6806	Si
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 0.2974x^2 - 8.9902x + 131.34$	0.6581	Si
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 0.4284x^{1.5419}$	0.2458	No

Tabla 44 Correlaciones para las industrias pequeñas dedicadas a la fabricación de otros productos químicos. Lizbeth Carranza (2015).

Industria Mediana			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 0.0013x^{3.396}$	0.7	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 0.0004x^{3.5056}$	0.5	No
Unidades y equipo de transporte	$y = 2E-07x^{4.6352}$	0.4	No
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 0.6049x^{1.5476}$	0.1	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 7E-05x^{3.3693}$	0.5	No

Tabla 45 Correlaciones para las industrias medianas dedicadas a la fabricación de otros productos químicos. Lizbeth Carranza (2015).

Industria grande			
Activo fijo	Correlación	Coefficiente de determinación (R^2)	$R^2 \geq 0.6$
Acervo total	$y = 303.72x - 36277$	0.9	Si
Maquinaria y equipo de producción	$y = 200.69x - 35192$	0.7	Si
Unidades y equipo de transporte	$y = -1.2805x + 6156.7$	0.0	No
Equipo de cómputo y periféricos	$y = 1.253x + 1085.9$	0.0	No
Mobiliario, equipo de oficina y otros activos fijos	$y = 15.359x - 2540.2$	0.6	Si

Tabla 46 Correlaciones para las industrias grandes dedicadas a la fabricación de otros productos químicos. Lizbeth Carranza (2015).

3.2.3. Costos de transporte

Anteriormente se había mencionado que el mayor porcentaje de los desastres químicos ocurren durante el transporte de las sustancias químicas, en especial con productos derivados del petróleo.

A continuación se presentan los costos de unidades mayormente empleadas para el transporte de sustancias químicas.

Precios de Auto-tanque:

Capacidad (litros)	Precio (Pesos)
2500	550,000
3000	580,000
4000	600,000
5800	650,000
12000	850,000
24000	1,300,000

Tabla 47 "Muestra el precio en pesos de litros de gasolina". ATHSA S.A. de C.V. (2015).

Precio de Ferrocarril y vagones.

Imagen	Vagón	Precio (miles de pesos)
Sin imagen	Locomotora industrial	7,000
 Granel (Bulk)	Vagón Góndola	300
 Líquidos - Gases - Químicos (Fluids - Gas - Chemicals)	Vagón Tanque	100


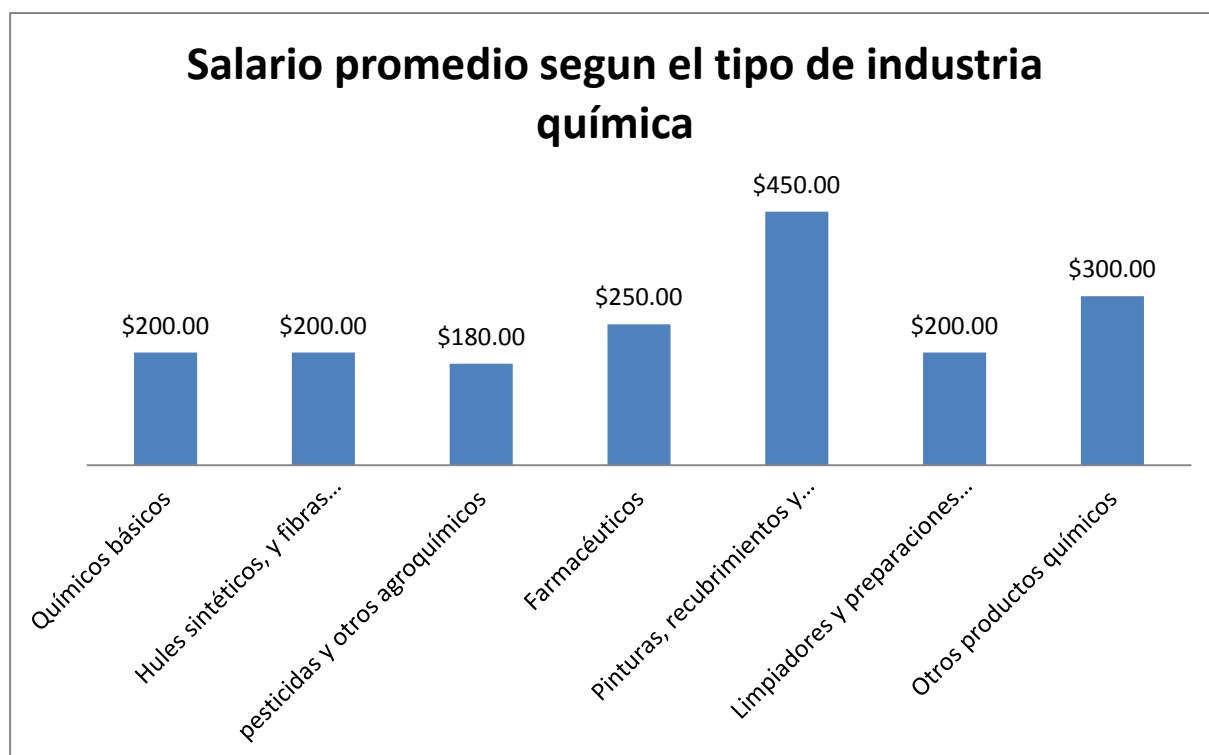
 <p>Plataforma (Flatcar)</p> <p>Contenedores (Containers)</p>	<p>Vagón Plataforma</p> <p>450</p>
--	------------------------------------

Tabla 48 "Precios de los diferentes vagones de un ferrocarril". Lizbeth Carranza (2015).

3.2.4. Salario promedio de las industrias químicas

Análogamente con las pérdidas que absorbe el gobierno con los daños sociales, las empresas pierden de manera significativa ganancias al no operar sus instalaciones. Se tomara en cuenta sólo las pérdidas económicas directas por salarios, mostrados en la gráfica 10.



Gráfica 10 "Salario promedio conforme a la dependencia de la industria química". INEGI (2010)

3.3. ESTIMACIONES DE PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.

Calcular el daño y las pérdidas económicas por la contaminación es muy complejo sobre todo cuando se habla del aire. Los costos presentados a continuación son los precios de saneamiento del suelo y del agua.

3.3.1. Saneamiento del suelo

La tabla 49 presenta los costos de saneamiento del suelo más empleados debidos a la contaminación de sustancias orgánicas.

Método de Saneamiento	Precio mínimo (m ³)	Precio máximo (m ³)
Extracción de aire del suelo (in-situ)	200	300
Lavados de suelos (lavado habitual, ex-situ)	800	2,000
Lavados de suelos (lavado complejo, ex-situ)	3,500	5,000
Extracción con disolventes (ex-situ)	2,000	8,000
Bioventilación (in-situ)	500	1,000
Biopilas (compuestos biodegradables, in-situ)	900	2,000
Biopilas (compuestos poco biodegradables, in-situ)	2,000	2,500
Incineración para compuestos clorados (ex-situ)	3,000	8,000
Incineración para PCB o dioxina (ex-situ)	5,000	86,000

Tabla 49 "Algunos precios por saneamiento del suelo". INEGI (2012).

3.3.2. Tratamiento del agua contaminada

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) en el 2011 presentó un estudio donde determinó sistemas de tratamiento de aguas residuales adecuados para alcanzar la calidad permitida del agua en descargas al río Santiago en Jalisco. El reporte considera 18 descargas de aguas residuales municipales y 29 industriales donde se encontraron 1090 sustancias químicas en el río sobre todo Compuestos Orgánicos Semivolátiles (COSV's) y volátiles (COV's).

Dicho reporte realizó simulaciones de eficiencia/costos con el programa Capdetworks para 44 trenes de tratamiento de aguas residuales (6.2) que presentan las siguientes características:

- a) Ocho trenes con sedimentación primaria antes de un proceso aerobio con base a lodos activados, para la remoción de materia orgánica carbonácea y nitrogenada.
- b) Ocho trenes con una unidad de flotación de sólidos, antes de procesos para la remoción de materia orgánica carbonácea y nitrogenada.
- c) Ocho trenes con tratamiento químico de las aguas mediante un coagulante y polímero antes de la remoción de materia orgánica carbonácea y nitrogenada.
- d) Ocho trenes con procesos de tratamiento anaerobio mediante reactores anaerobios de manto de lodos de flujo ascendente, seguidos por procesos biológicos aerobios para la remoción de materia orgánica carbonácea y nitrogenada.
- e) Seis trenes con procesos de flotación y eliminación de nitrógeno mediante proceso fisicoquímico de desorción.
- f) Seis trenes con proceso fisicoquímico seguido por un proceso de eliminación de nitrógeno y otros contaminantes orgánicos sintéticos volátiles.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

No.	Tren de tratamiento de aguas residuales
1	PRE+SP+CL+LODOS
2	PRE+SP+LA+CL+LODOS
3	PRE+SP+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+FILT+UV+ADS1+LODOS
4	PRE+SP+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+FILT+UV+OI+LODOS
5	PRE+SP+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+ADS1+UV+LODOS
6	PRE+SP+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+OI+UV+LODOS
7	PRE+SP+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+DESGA+OI+UV+LODOS
8	PRE+SP+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+DESGA+ ADS1+ +LODOS ADS2+OI+UV
9	PRE+FLOT+CL+LODOS
10	PRE+FLOT+LA+SS+CL+LODOS
11	PRE+FLOT+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+FILT+UV+ADS1+LODOS
12	PRE+FLOT+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+FILT+UV+OI+LODOS
13	PRE+FLOT+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+UV+ADS1+UV+LODOS
14	PRE+FLOT+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+FILT+OI+UV+LODOS
15	PRE+FLOT+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+DESGA+OI+UV+LODOS
16	PRE+FLOT+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+DESGA+ ADS1+ ADS2+OI+UV+LODOS
17	PRE+FQ+SS+CL+LODOS
18	PRE+FQ+LA+SS+UV+LODOS
19	PRE+FQ+SS+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+FILT+UV+ADS1+LODOS
20	PRE+FQ+SS+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+FILT+UV+OI+LODOS
21	PRE+FQ+SS+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+ADS1+UV+LODOS
22	PRE+FQ+SS+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+OI+UV+LODOS
23	PRE+PQ+SS+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+DESGA+OI+UV+LODOS
24	PRE+FQ+SS+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+DESGA+ ADS1+ADS2+OI+UV+LODOS
25	PRE+RAFA+CL+LODOS
26	PRE+RAFA+LA+SS+UV+LODOS
27	PRE+RAFA+SS+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+FILT+UV+ADS1+LODOS
28	PRE+RAFA+SS+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+FILT+UV+OI+LODOS
29	PRE+RAFA+SS+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+ADS1+UV+LODOS
30	PRE+RAFA+SS+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+OI+UV+LODOS
31	PRE+RAFA+SS+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+DESGA+OI+UV+LODOS
32	PRE+RAFA+SS+(LA+NIT)+SS+DENIT+SS+OZ+FILT+DESGA+ ADS1+ADS2+OI+UV+LODOS
33	PRE+FLOT+DESAGA+CL+LODOS
34	PRE+ FLOT+DESAGA +FILT+UV+ADS1+LODOS
35	PRE+FLOT+DESAGA+FILT+UV+OI+LODOS
36	PRE+FLOT+DESAGA+OZ+FILT+ADS1+UV+LODOS
37	PRE+FLOT+DESGA+OZ+FILT+OI+UV+LODOS

38	PRE+FLOT+DESGA+OZ+FILT+ADS1+OI+UV+LODOS
39	PRE+FQ+DESGA+UV+LODOS
40	PRE+FQ+DESGA+FILT+UV+ADS1+LODOS
41	PRE+FQ+DESGA+FILT+UV+ADS1+LODOS
42	PRE+FQ+DESGA+OZ+FILT+ADS1+LODOS
43	PRE+FQ+DESGA+OZ+FILT+OI+UV+LODOS
44	PRE+FQ+DESGA+OZ+FILT+ADS1+LODOS

Tabla 50 “*Tren de tratamiento de aguas*”. CONAGUA (2011). (*Las abreviaturas se encuentran en la primera parte del anexo)

La selección del tren de tratamiento para aguas residuales depende del tipo de las sustancias involucradas y el porcentaje de eficiencia requerido. En la tabla 50 se presenta las eficiencias de los trenes de tratamiento de las 38 sustancias químicas mayormente encontradas en el río Santiago, cabe destacar que debido a la complejidad de las aguas residuales se necesita más de una etapa por cada tren de tratamiento para altas eficiencias.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

		TREN DE TRATAMIENTO (Porcentaje de eficiencia)																	
PARÁMETRO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	COLOR	5	14.5	98.1	94.2	99.8	99.4	99.7	100	5	14.5	98.1	94.2	99.8	99.4	99.7	100	85	86.5
2	CLORUROS	0	0	10	95	10	95	95	96	0	0	10	95	10	95	95	96	0	0
3	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	60	94	100	100	100	100	100	100	80.6	97.1	100	100	100	100	100	100	90.3	98.5
4	COLIFORMES FECALES	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	DBO TOTAL	30	96.5	100	100	100	100	100	100	30	96.5	100	100	100	100	100	100	60	98
6	DQO TOTAL	40	97	100	99.9	100	100	100	100	38	96.9	100	99.9	100	100	100	100	40	97
7	GRASAS Y ACEITES	19.3	75.8	100	100	100	100	100	100	96	98.8	100	100	100	100	100	100	100	100
8	SAAM	10	32.5	93.9	99.4	94.5	99.5	99.5	100	85	88.8	99	99.9	99.1	99.9	99.9	100	60	70
9	NITROGENO AMONIACAL	62	77.2	95.7	98.6	96.6	98.9	99.8	100	57.5	74.5	95.2	98.4	96.1	98.7	99.8	100	50	70
10	NITROGENO TOTAL	43	60.1	99.3	99.8	99.3	99.8	99.9	100	49.6	64.7	99.4	99.8	99.4	99.8	99.9	100	40	58
11	NITRITOS	99.1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	NITRATOS	0	0	94	94	96.4	96.4	98.6	99.5	0	0	94	94	96.4	96.4	98.6	99.5	0	0
13	FOSFORO TOTAL	5	33.5	94.5	99.1	94.5	99.1	99.6	100	12	38.4	94.9	99.2	94.9	99.2	99.7	100	60	72
14	CROMO TOTAL	30	65	98.1	98.1	99.1	99.1	99.3	100	15	57.5	97.7	97.7	98.9	98.9	99.2	100	10	55
15	NÍQUEL TOTAL	10	19	69.4	94.9	75.5	95.9	96.7	98.8	15	23.5	71.1	95.2	76.9	96.1	96.9	98.9	67	70.3
16	COBRE	20	28	80.6	98.4	84.4	98.7	99.1	99.7	15	23.5	79.3	98.3	83.5	98.6	99.7	99.7	73	75.7
17	ZINC TOTAL	10	19	82.5	98.5	84.3	98.7	99	99.6	15	23.5	83.5	98.6	85.1	98.8	99	99.6	90	91
18	ARSÉNICO TOTAL	25	43.8	79.8	93.9	83.8	95.1	96.6	99.1	25	43.8	79.8	93.9	83.8	95.1	96.6	99.1	10	32.5
19	CADMIO TOTAL	30	68.5	98.9	99.3	99.3	99.6	99.7	100	30	68.5	98.9	99.3	99.3	99.6	99.7	100	77	89.7
20	MERCURIO TOTAL	10	23.5	79.3	96.6	83.5	97.2	98.1	99.3	15	27.8	80.5	96.7	84.4	97.4	98.2	99.3	32	42.2
21	PLOMO TOTAL	30	58	97.7	96.6	98.6	98	98.6	99.9	15	49	97.2	95.9	98.3	97.5	98.3	99.9	92	95.2
22	CLOROFORMO	-30	48	98.2	82	99.1	91	98.2	100	-17	53.2	98.4	83.8	99.2	91.9	98.4	100	33.7	73.5
23	TETRACLOROETILENO (Tetracloroetano)	-20	76	90.1	92.8	95.1	96.4	99.9	100	-8	78.4	91.1	93.5	95.5	96.8	99.9	100	38.8	87.8
24	TETRACLORURO DE CARBONO	40	88	90	96	90	96	99.8	99.8	-20	76	80	92	80	92	99.5	99.5	-20	76
25	1,2 DICLOROBENCENO	16	87.4	98.7	98.7	99.3	99.3	100	100	-8	83.8	98.3	98.3	99.1	99.1	99.9	100	46	91.9
26	BENCENO	30	65	93.7	84.3	96.9	92.1	97.6	99.9	10	55	91.9	79.8	96	89.9	97	99.9	37	68.5
27	TOLUENO	0	90	98.2	95.5	99.1	97.8	99.3	100	10	91	98.4	96	99.2	98	99.4	100	37	93.7

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

28	ETILBENCENO	0	90	98.2	95.5	99.1	97.8	99.3	100	10	91	98.4	96	99.2	98	99.4	100	35	93.5
29	NAFTALENO	50	80	93.6	96.8	96.2	98.1	98.5	99.8	0	60	87.2	93.6	92.3	96.2	96.9	99.5	0	60
30	ISOFORONA	40	58	58	58	58	58	58	58	0	30	30	30	30	30	30	30	0	30
31	NITROBENCENO	30.9	58.5	79.8	93.3	83.9	94.6	94.6	98.1	10	46	73.8	91.3	79	93	93	97.5	40	64
32	FENOL	36	93.6	97.4	99.7	98.4	99.8	99.9	100	36	93.6	97.4	99.7	98.4	99.8	99.9	100	56	95.6
33	2,4,6 TRICOROFENOL	-20	-20	70	80	82	88	88	98.9	-20	-20	70	80	82	88	88	98.9	-20	-20
34	bis (2-ETILEXILFTALATO)	28	82	90.3	97.8	95.1	98.9	99.1	99.3	-8	73	85.4	96.8	92.7	98.4	98.7	99	52	88
35	DIMETILFTALATO	28	85.6	94.2	98.1	94.2	98.1	98.5	99.4	-20	76	90.4	96.8	90.4	96.8	97.4	99.1	-20	76
36	DIETILFTALATO	28	85.6	94.8	98.3	97.4	99.1	99.3	99.8	-8	78.4	92.2	97.4	96.1	98.7	99	99.6	28	85.6
37	CIANUROS	0	10	51.4	91.9	56.3	92.7	92.7	97.4	15	23.5	58.7	93.1	62.8	93.8	93.8	97.8	25	32.5
38	SULFATOS	0	5	32.3	91	39.1	91.9	91.9	95.4	15	19.3	42.5	92.3	48.2	93.1	93.1	96.1	0	5

Continuación de tabla 51.

		TREN DE TRATAMIENTO (Porcentaje de eficiencia)																
PARÁMETRO		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
1	COLOR	99.7	99.1	100	99.9	99.9	100	10	19	98.2	94.5	99.8	99.4	99.7	100	43	98.3	
2	CLORUROS	10	95	10	95	95	96	0	0	10	95	10	95	95	96	0	10	
3	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	100	100	100	100	100	100	80.6	97.1	100	100	100	100	100	100	80.6	99.7	
4	COLIFORMES FECALES	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
5	DBO TOTAL	100	100	100	100	100	100	65	98.3	100	100	100	100	100	100	30	99.5	
6	DQO TOTAL	100	99.9	100	100	100	100	75	98.8	100	100	100	100	100	100	38	99.6	
7	GRASAS Y ACEITES	100	100	100	100	100	100	99.9	100	100	100	100	100	100	100	96	99	
8	SAAM	97.3	99.7	97.6	99.8	99.8	100	15	36.3	94.3	99.4	94.8	99.5	99.5	100	86.5	98.7	
9	NITROGENO AMONICAL	94.3	98.1	95.5	98.5	99.8	100	60	76	95.5	98.5	96.4	98.8	99.8	100	93.6	98.7	
10	NITROGENO TOTAL	99.3	99.8	99.3	99.8	99.9	100	52	66.4	99.4	99.9	99.4	99.9	99.9	100	79.8	87.9	
11	NITRITOS	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
12	NITRATOS	94	94	96.4	96.4	98.6	99.5	0	0	94	94	96.4	96.4	98.6	99.5	60	88	
13	FOSFORO TOTAL	97.7	99.6	97.7	99.6	99.8	100	18	42.6	95.3	99.2	95.3	99.2	99.7	100	64.8	96.8	
14	CROMO TOTAL	97.6	97.6	98.8	98.8	99.1	100	25	62.5	98	98	99	99	99.3	100	40.5	96.4	
15	NÍQUEL TOTAL	88.8	98.1	91	98.5	98.8	99.6	5	14.5	67.7	94.6	74.1	95.7	96.6	98.8	32	71.4	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

16	COBRE	93.4	99.5	94.8	99.6	99.7	99.9	5	14.5	76.9	98.1	81.5	98.5	98.9	99.6	40.5	82.2
17	ZINC TOTAL	98.1	99.8	98.3	99.9	99.9	100	5	14.5	81.5	98.5	83.4	98.6	98.9	99.6	32	83.7
18	ARSÉNICO TOTAL	75.7	92.7	80.6	94.2	95.9	99	15	36.3	77.1	93.1	81.6	94.5	96.1	99	47.5	79
19	CADMIO TOTAL	99.6	99.8	99.8	99.9	99.9	100	30	68.5	98.9	99.3	99.3	99.6	99.7	100	51	98
20	MERCURIO TOTAL	84.4	97.4	87.5	97.9	98.5	99.5	10	23.5	79.3	96.6	83.5	97.2	98.1	99.3	40.5	82.2
21	PLOMO TOTAL	99.7	99.6	99.8	99.8	99.8	100	20	52	97.4	96.1	98.4	97.7	98.4	99.9	40.5	96.4
22	CLOROFORMO	99.1	90.8	99.5	95.4	99.1	100	9	63.6	98.7	87.4	99.4	93.7	98.7	100	76.6	99.1
23	TETRACLOROETILENO (Tetracloroetano)	95	96.3	97.5	98.2	99.9	100	28	85.6	94.1	95.7	97	97.8	99.9	100	96.8	98.5
24	TETRACLORURO DE CARBONO	80	92	80	92	99.5	99.5	-20	76	80	92	80	92	99.5	99.5	92.8	94
25	1,2 DICLOROBENCENO	99.1	99.1	99.6	99.6	100	100	16	87.4	98.7	98.7	99.3	99.3	100	100	93.5	99.2
26	BENCENO	94.3	85.8	97.2	92.9	97.9	99.9	25	62.5	93.3	83.1	96.6	91.6	97.5	99.9	73	94.6
27	TOLUENO	98.9	97.2	99.4	98.6	99.6	100	25	92.5	98.7	96.6	99.3	98.3	99.5	100	73	94.6
28	ETILBENCENO	98.8	97.1	99.4	98.5	99.6	100	30	93	98.7	96.9	99.4	98.4	99.5	100	73	94.6
29	NAFTALENO	87.2	93.6	92.3	96.2	96.9	99.5	35	74	91.7	95.8	95	97.5	98	99.7	20	74.4
30	ISOFORONA	30	30	30	30	30	30	40	58	58	58	58	58	58	58	0	0
31	NITROBENCENO	82.5	94.2	86	95.3	95.3	98.3	20	52	76.7	92.2	81.3	93.8	93.8	97.8	10	51.4
32	FENOL	98.2	99.8	98.9	99.9	99.9	100	60	96	98.4	99.8	99	99.9	99.9	100	52	78.4
33	2,4,6 TRICOROFENOL	70	80	82	88	88	98.9	-20	-20	70	80	82	88	88	98.9	-20	70
34	bis (2-ETILEXILFTALATO)	93.5	98.6	96.8	99.3	99.4	99.5	28	82	90.3	97.8	95.1	99.4	99.7	100	43	98.3
35	DIMETILFTALATO	90.4	96.8	90.4	96.8	97.4	99.1	16	83.2	93.3	97.8	93.3	95	95	96	0	10
36	DIETILFTALATO	94.8	98.3	97.4	99.1	99.3	99.8	28	85.6	94.8	98.3	97.4	100	100	100	80.6	99.7
37	CIANUROS	63.6	93.9	67.2	94.5	94.5	98	5	14.5	53.8	92.3	58.4	100	100	100	100	100
38	SULFATOS	32.3	91	39.1	91.9	91.9	95.4	3	7.9	34.3	91.2	40.9	100	100	100	30	99.5

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Continuación de la tabla 51.

PARÁMETRO	TREN DE TRATAMIENTO (Porcentaje de eficiencia)										Max. Eficiencia
	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
1 COLOR	94.9	99.8	99.5	100	91	99.7	99.2	100	99.9	100	100
2 CLORUROS	95	10	95	95.5	0	10	95	10	95	95.5	96
3 SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	99.9	99.7	99.9	100	90.3	99.9	100	99.9	100	100	100
4 COLIFORMES FECALES	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5 DBO TOTAL	99.5	100	100	100	60	99.7	99.7	100	100	100	100
6 DQO TOTAL	95.7	100	99.8	100	40	99.6	95.8	100	99.8	100	100
7 GRASAS Y ACEITES	99.4	99.5	99.7	99.9	100	100	100	100	100	100	100
8 SAAM	99.9	98.8	99.9	100	64	96.4	99.6	96.8	99.7	100	100
9 NITROGENO AMONICAL	99.6	98.9	99.6	99.9	92.5	98.4	99.5	98.7	99.6	99.9	100
10 NITROGENO TOTAL	97	87.9	97	98.8	76	85.6	96.4	85.6	96.4	98.6	100
11 NITRITOS	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12 NITRATOS	88	92.8	92.8	95.7	60	88	88	92.8	92.8	95.7	99.5
13 FOSFORO TOTAL	99.5	96.8	99.5	99.8	84	98.6	99.8	98.6	99.8	99.9	100
14 CROMO TOTAL	96.4	98.2	98.2	99.6	37	96.2	96.2	98.1	98.1	99.6	100
15 NÍQUEL TOTAL	95.2	77.2	96.2	97.7	73.6	88.9	98.2	91.1	98.5	99.1	99.6
16 COBRE	98.5	85.7	98.8	99.3	81.1	94.3	99.5	95.5	99.6	99.8	99.9
17 ZINC TOTAL	98.6	85.3	98.8	99.3	92	98.1	99.8	98.3	99.9	99.9	100
18 ARSÉNICO TOTAL	93.7	83.2	95	97.5	37	74.8	92.4	79.8	94	97	99.1
19 CADMIO TOTAL	98.8	98.8	99.3	99.9	83.9	99.4	99.6	99.6	99.8	100	100
20 MERCURIO TOTAL	97	85.7	97.6	98.6	52.4	85.7	97.6	88.6	98.1	98.9	99.5
21 PLOMO TOTAL	94.6	97.9	96.8	99.4	94.4	99.7	99.5	99.8	99.7	99.9	100
22 CLOROFORMO	91	99.6	95.5	99.8	86.7	99.5	94.9	99.7	97.5	99.9	100
23 TETRACLOROETILENO (Tetracloroetano)	98.9	99.3	99.5	99.7	98.2	99.2	99.4	99.6	99.7	99.8	100
24 TETRACLORURO DE CARBONO	97.6	94	97.6	97.6	92.8	94	97.6	94	97.6	97.6	99.8
25 1,2 DICLOROBENCENO	99.2	99.6	99.6	99.9	96.8	99.6	99.6	99.8	99.8	100	100
26 BENCENO	86.5	97.3	93.3	98.7	81.1	96.2	90.6	98.1	95.3	99.1	99.9
27 TOLUENO	86.5	97.3	93.3	98.7	81.1	96.2	90.6	98.1	95.3	99.1	100
28 ETILBENCENO	86.5	97.3	93.3	98.7	80.5	96.1	90.3	98.1	95.1	99	100
29 NAFTALENO	87.2	84.6	92.3	96.9	20	74.4	87.2	84.6	92.3	96.9	99.8
30 ISOFORONA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
31 NITROBENCENO	83.8	61.1	87	92.2	40	67.6	89.2	74.1	91.4	94.8	98.3
32 FENOL	97.3	87	98.4	99.4	67	85.2	98.1	91.1	98.9	99.6	100
33 2,4,6 TRICOROFENOL	80	82	88	96.4	-20	70	80	82	88	96.4	98.9
34 bis (2-ETILEXILFTALATO)	94.9	99.8	99.5	100	91	99.7	99.2	100	99.9	100	99.5
35 DIMETILFTALATO	95	10	95	95.5	0	10	95	10	95	95.5	99.4
36 DIETILFTALATO	99.9	99.7	99.9	100	90.3	99.9	100	99.9	100	100	99.8
37 CIANUROS	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98
38 SULFATOS	99.5	100	100	100	60	99.7	99.7	100	100	100	96.1

Tabla 51 "Eficiencias de remoción de contaminantes por diversos trenes de tratamiento de aguas (incluye lodos)".
CONAGUA (2011).

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

No.	PARÁMETRO	1A	2A	3A	REM MAX DISPONIBLE
		REMOCIONES MÁXIMAS REQUERIDAS POR ETAPA			
1	COLOR	0	82.8	99.1	100
2	CLORUROS	0	50	88.7	96
3	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	99.8	99.8	99.9	100
4	COLIFORMES FECALES	100	100	100	100
5	DBO TOTAL	99.7	99.8	100	100
6	DQO TOTAL	0	98.3	100	100
7	GRASAS Y ACEITES	93.6	94.9	96.1	100
8	SAAM	0	98.2	99.6	100
9	NITROGENO AMONIACAL	99.8	99.9	100	100
10	NITROGENO TOTAL	99.8	99.9	100	100
11	NITRITOS	94.9	98.9	100	100
12	NITRATOS	99.3	99.3	99.5	99.5
13	FOSFORO TOTAL	97.7	98.8	100	100
14	CROMO TOTAL	0	86	86	100
15	NÍQUEL TOTAL	0	0	0	99.6
16	COBRE	0	90	97.5	99.9
17	ZINC TOTAL	0	93.8	99.7	100
18	ARSÉNICO TOTAL	0	0	0	99.1
19	CADMIO TOTAL	0	73.8	82.2	100
20	MERCURIO TOTAL	0	42.8	85.5	99.5
21	PLOMO TOTAL	0	57.7	81.6	100
22	CLOROFORMO	0	31.6	63.3	100
23	TETRACLOROETILENO (Tetracloroetano)	0	0	0	100
24	TETRACLORURO DE CARBONO	0	0	0	99.8
25	1,2 DICLOROBENCENO	0	47.7	95.3	100
26	BENCENO	0	0	0	99.9
27	TOLUENO	0	0	0	100
28	ETILBENCENO	0	0	0	100
29	NAFTALENO	0	0	0	99.8
30	ISOFORONA	0	0	0	58
31	NITROBENCENO	0	0	0	98.3

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

32	FENOL	0	0	0	100
33	2,4,6 TRICOROFENOL	0	0	0	98.9
34	bis (2-ETILEXILFTALATO)	0	38.1	76.2	99.5
35	DIMETILFTALATO	0	0	0	99.4
36	DIETILFTALATO	0	25.6	51.2	99.8
37	CIANUROS	0	49.5	95.5	98
38	SULFATOS	0	46.4	92.9	96.1
	MIN	0	0	0	58
	MAX	100	100	100	100
	PROM	23.3	50.1	60.3	98.4

Tabla 52 “Comparación de las eficiencias de tratamiento requeridas y alcanzables con los trenes de tratamiento de aguas y lodos. Río Santiago”. CONAGUA (2011).

Con la información obtenida de las simulaciones en Capdetworks se procedió a correlacionar los costos contra los gastos de las aguas residuales para obtener una expresión matemática con la forma:

$\frac{\$}{m^3} = aQ^b$	Ecuación. 6.
-------------------------	--------------

“Tratamiento de aguas residuales en el río Santiago”. IMTA (2011).

Dónde:

$\$/m^3$: costo en moneda nacional por metro cúbico de agua tratada.

Q: Gasto de aguas residuales en litros por segundo (lps).

a,b: coeficiente y exponente del tren de tratamiento de aguas residuales.

El coeficiente a y el exponente b son expresados por el tipo de tren de tratamiento (tabla 53).

Tr en	y = a x b		GASTO DE AGUAS RESIDUALES, EN LPS													
	a	b	5	10	50	100	250	500	10	100	150	200	250	300	350	400
			COSTO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS, EN \$MN/m3													
1	9.6	-0.56	3.9	2.7	1.1	0.7	0.4	0.3	0.2	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
2	64.5	-0.6	24.4	16	6.1	4	2.3	1.5	1	0.25	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
3	85.1	-0.61	31.8	20.8	7.8	5.1	2.9	1.9	1.2	0.3	0.24	0.2	0.17	0.16	0.14	0.13
4	89.7	-0.61	33.4	21.9	8.1	5.3	3	2	1.3	0.32	0.25	0.21	0.18	0.16	0.15	0.14
5	95.3	-0.61	35.4	23.1	8.6	5.6	3.2	2.1	1.4	0.33	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14
6	102.4	-0.62	38	24.8	9.2	6	3.4	2.2	1.4	0.35	0.27	0.23	0.2	0.18	0.16	0.15
7	112.6	-0.62	41.5	27	10	6.5	3.7	2.4	1.6	0.37	0.29	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16
8	129.5	-0.63	47.4	30.7	11.2	7.3	4.1	2.7	1.7	0.41	0.32	0.27	0.23	0.21	0.19	0.17
9	8.3	-0.47	3.9	2.8	1.3	1	0.6	0.5	0.3	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06
10	53.2	-0.58	21	14.1	5.6	3.7	2.2	1.5	1	0.26	0.21	0.18	0.15	0.14	0.13	0.12
11	56	-0.58	22	14.7	5.8	3.9	2.3	1.5	1	0.27	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
12	57.7	-0.58	22.6	15.1	5.9	4	2.3	1.6	1	0.27	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
13	68	-0.59	26.2	17.4	6.7	4.5	2.6	1.7	1.1	0.29	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13
14	72.8	-0.6	27.9	18.5	7.1	4.7	2.7	1.8	1.2	0.3	0.24	0.2	0.17	0.16	0.14	0.13
15	80.1	-0.6	30.5	20.1	7.7	5.1	2.9	1.9	1.3	0.32	0.25	0.21	0.18	0.16	0.15	0.14
16	95	-0.61	35.9	23.6	8.9	5.9	3.4	2.2	1.5	0.36	0.28	0.24	0.21	0.19	0.17	0.16
17	3.1	-0.23	2.2	1.8	1.3	1.1	0.9	0.8	0.6	0.38	0.35	0.33	0.31	0.3	0.29	0.28
18	51.7	-0.54	21.7	14.9	6.3	4.3	2.6	1.8	1.2	0.36	0.29	0.25	0.22	0.2	0.18	0.17
19	55.5	-0.55	23	15.7	6.5	4.5	2.7	1.8	1.3	0.36	0.29	0.25	0.22	0.2	0.18	0.17
20	57.3	-0.55	23.6	16.1	6.6	4.5	2.7	1.9	1.3	0.36	0.29	0.24	0.22	0.2	0.18	0.17

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

21	61.8	-0.56	25.1	17	6.9	4.7	2.8	1.9	1.3	0.36	0.29	0.24	0.21	0.19	0.18	0.16
22	66.5	-0.57	26.7	18	7.2	4.9	2.9	2	1.3	0.36	0.28	0.24	0.21	0.19	0.18	0.16
23	73.2	-0.57	29.2	19.7	7.9	5.3	3.1	2.1	1.4	0.38	0.3	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17
24	84.2	-0.58	33.1	22.1	8.7	5.8	3.4	2.3	1.5	0.4	0.32	0.27	0.24	0.21	0.19	0.18
25	2.7	-0.25	1.8	1.5	1	0.8	0.7	0.6	0.5	0.26	0.24	0.22	0.21	0.2	0.19	0.19
26	14.1	-0.34	8.2	6.5	3.7	3	2.2	1.7	1.4	0.63	0.54	0.49	0.46	0.43	0.41	0.39
27	17.3	-0.35	9.9	7.7	4.4	3.5	2.5	2	1.6	0.7	0.6	0.55	0.51	0.47	0.45	0.43
28	18	-0.35	10.2	8	4.6	3.6	2.6	2	1.6	0.71	0.62	0.56	0.52	0.48	0.46	0.44
29	19.5	-0.36	11	8.6	4.9	3.8	2.7	2.1	1.7	0.74	0.64	0.58	0.54	0.5	0.47	0.4
30	21.1	-0.36	11.8	9.2	5.2	4	2.9	2.3	1.8	0.77	0.67	0.6	0.56	0.52	0.49	0.47
31	25.5	-0.36	14.3	11.1	6.2	4.9	3.5	2.7	2.1	0.93	0.8	0.72	0.67	0.62	0.59	0.56
32	31	-0.37	17.2	13.4	7.4	5.8	4.1	3.2	2.5	1.07	0.93	0.83	0.77	0.72	0.68	0.65
33	10.5	-0.46	5	3.6	1.7	1.3	0.8	0.6	0.4	0.15	0.13	0.11	0.1	0.09	0.09	0.08
34	72.5	-0.58	28.5	19.1	7.5	5	2.9	2	1.3	0.35	0.27	0.23	0.2	0.18	0.17	0.16
35	78	-0.59	30.2	20	7.8	5.2	3	2	1.3	0.34	0.27	0.23	0.2	0.18	0.16	0.15
36	82	-0.6	31.2	20.6	7.8	5.2	3	2	1.3	0.33	0.26	0.22	0.19	0.17	0.15	0.14
37	89	-0.61	33.3	21.8	8.2	5.4	3.1	2	1.3	0.32	0.25	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14
38	102.5	-0.62	38.1	24.9	9.2	6	3.4	2.2	1.5	0.36	0.28	0.23	0.2	0.18	0.16	0.15
39	6.5	-0.23	4.5	3.8	2.6	2.3	1.8	1.6	1.3	0.78	0.71	0.67	0.63	0.61	0.59	0.57
40	78	-0.55	32.4	22.2	9.3	6.3	3.8	2.6	1.8	0.52	0.41	0.35	0.31	0.28	0.26	0.24
41	83.5	-0.55	34.3	23.4	9.6	6.6	4	2.7	1.8	0.52	0.41	0.35	0.31	0.28	0.26	0.24
42	88	-0.56	35.7	24.2	9.8	6.7	4	2.7	1.8	0.51	0.4	0.34	0.3	0.27	0.25	0.23
43	95.5	-0.57	38.5	26	10.5	7.1	4.2	2.9	1.9	0.52	0.42	0.35	0.31	0.28	0.26	0.24
44	110	-0.57	44	29.6	11.8	8	4.7	3.2	2.1	0.58	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28	0.26

Tabla 53 "Ecuaciones para métricas para evaluar el costo de las aguas residuales tratadas según el tren de tratamiento".
CONAGUA (2011).

Quando el tratamiento es avanzado y los gastos a tratar son mayores a 250 lps se debe ser cuidadoso en la selección del tren de tratamiento debido a las diferencias económicas de producción son muy bajas, razón por lo que se justifica emplear el análisis de efectividad que permita seleccionar los trenes de tratamiento preservando la infraestructura de sistema que cumple con los requerimientos de la etapa anterior y no desecharla por el simple criterio económico.

3.4. INFLACIÓN

No existe información clara sobre la variación de la inflación en equipos y utensilios ocupados por la industria química, sin embargo, se toma como referencia los Índices de Costos de Precios al Productor de Banxico que mide el crecimiento de los precios de las materias primas. En la gráfica 54 se muestra las variaciones de la inflación de los diferentes sectores de la industria química desde el 2012 hasta el primer semestre del 2015.

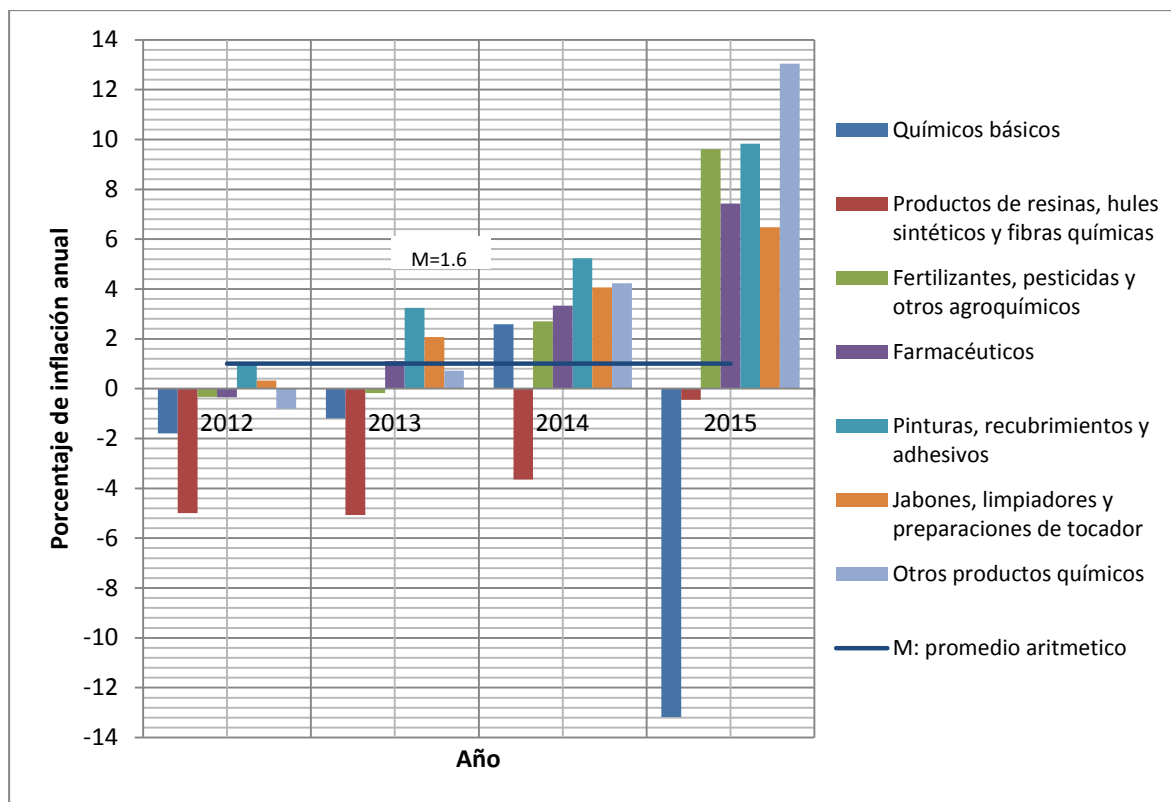


Tabla 54 "Variaciones de la inflación de los diferentes sectores de la industria química desde el 2012 hasta el primer semestre del 2015". Banxico (2015)

La media aritmética indica el 1.6% de inflación por año para la industria química. Con apoyo de este dato se establece la fórmula 2 para proyecciones futuras:

$$Y = 19.601x + 38453 \text{-----Ecuación 5}$$

Lizbeth Carranza (2015).

CAPÍTULO 4
CASOS PRÁCTICOS

ACCIDENTES FERROVIARIO.

El 9 de Septiembre del 2015 se descarriló 4 vagones con óxido de etileno que transportaban cargamentos de óxido de etileno, cloro líquido, combustóleo, amoniaco, hidróxido de carbono y dióxido de carbono. Cuatro de los 92 vagones se descarrilaron y 3 de los vagones que contenía óxido de etileno estallaron en llamas en la comunidad El Dobladero municipio de José Azueta, Veracruz.



Ilustración 7 “*Fotografía de la explosión de 4 vagones con óxido de etileno en el dobladero, Veracruz*”. SDPnoticias (2015)

Aunque no se reportaron lesionados se desalojó un poblado de 35 personas por una semana.



Ilustración 8 “*Fotografía de los vagones afectado*”. SDPnoticias (2015)

Evaluación

Al no saber dónde se albergaron los 35 pobladores, solo se considera la pérdida total de los cuatro vagones que sufrieron daños en el incendio y el óxido de etileno.

Elemento	Cantidad	Costo	Total
Vagón de ferrocarril	4	498,000	1,992,000
Óxido de etileno	180000	11.3	2,034,000
		Total	4,026,000

Tabla 55 “Muestra el número de pérdidas y sus respectivos costos”. Lizbeth Carranza (2015)

Se puede concluir de manera inmediata que el accidente provocó una pérdida de sus bienes de:

4 millones de pesos

SINIESTRO EN FÁBRICA DE SOLVENTES

El 1 de octubre del 2014 se registró un incendio en una fábrica de solventes ubicada en la calle 10 número 204 en la colonia granjas San Antonio, Iztapalapa.

Debido a la conflagración el techo colapsó al interior del inmueble considerándose el 80 % de pérdidas totales. El siniestro no reportó personas lesionadas o defunciones.

Evaluación

El accidente surge en una industria de químicos básicos, por lo cual podemos utilizar la ecuación que se muestra en la tabla 19 en la sección de “acervo total” ya que tiene un $R^2 > 0.6$.

Aunque no se cuenta con información del número de empleados en esta fábrica se considera que es microindustria.

$$y = 81.174x^{1.3262} = 81.174(15)^{1.3262} = 2945.4331 \text{ miles de pesos}$$

Donde

y: monto total de pérdidas en miles de pesos

x: número de empleados

Esto significa que la fábrica tiene un valor estimado de casi 3 millones de pesos, sin embargo ante un incendio se estima que las pérdidas llegan hasta un 80% por lo que se calcula la pérdida alrededor de 2.4 millones de pesos.

$$(2945.4331 \text{ miles de pesos})(0.80) = 2356.34 \text{ miles de pesos}$$



Ilustración 9 “Antes y después del incidente”. El Universal (2014)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Así mismo la fábrica quedó inactiva poco más de 2 meses, por lo que si la empresa no genero la baja de sus empleados tendría una pérdida de 180,000 pesos.

No. de empleados	salario promedio	días inactivos	monto total
15	200	60	180,000

Dando como resultado 2.536 millones de pesos perdidos en el siniestro.

EXPLOSIÓN DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE.

El 7 de mayo del 2013 se registró una explosión alrededor de las 5:20 horas, en San Pedro Xalostoc, Ecatepec. Una pipa de doble remolque que transportaba alrededor de 40,000 litros de Gas LP, chocó contra una camioneta marca Volkswagen provocando el desprendimiento de uno de los remolques y explotando contra el muro de contención de la Carretera México Pachuca.



Ilustración 10 *“Siniestro en San Pedro Xalostoc, vista aérea”*. Imagen radio (2013).

La explosión dejó 27 defunciones (de los cuales 10 eran menores de edad), 33 heridos (8 de gravedad), 45 casas afectadas, 29 vehículos siniestrados, y la pérdida de 2 tanques estacionarios de 3000

Los estragos de la explosión alcanzo por lo menos unos 500 metros a la redonda de los cuales muchas familias perdieron prácticamente todo, he aquí el testimonio de la señora Norma Angélica, vecina de la calle Cerrada de Cuauhtémoc (la zona más afectada por la explosión) *“solo me quedo una camioneta de la marca Nissan de color rojo con blanco, un colchón, una cama y un librero de madera.”*



Ilustración 11 “Siniestro en San Pedro Xalostoc”. Imagen radio (2013).

Debido a la falta de información detallada el análisis de los daños se ha basado en fotografías, reportes de las autoridades y comunicados locales.

Evaluación

Con una zona de desastre de 500 metros de diámetro, suman 20 casas totalmente destruida con el siguiente carácter social:

- 12 casas precarias
- 5 casas regulares
- 3 casa buenas

Al ser inicialmente terrenos intestados el tamaño de los terrenos es variable, sin embargo, por cuestiones prácticas se considera como promedio 160 m² en el tamaño de las casas. Como se puede ver en la tabla 56.

Clase	No. de casas	Monto (Pesos)
Precaria	12	2,737,920
Regular	5	4,947,200
Bueno	3	4,434,720

Total	20	12,119,840
-------	----	------------

Tabla 56 "Costos de construcción por metro cuadrado según la clase de la vivienda de la sección". Lizbeth Carranza (2015)



Ilustración 12 "Vista aérea del siniestro". Imagen radio (2013).

Así mismo las casas con daños parciales fueron:

- 11 Precarias
- 2 regulares
- 2 buenas

No existe información detallada de los daños ocasionados a estas casas, por tal motivo se tomara en cuenta un daño del 50% del inmobiliario.

Clase	No. de casas	Monto (Pesos)
Precaria	11	1,254,880
Regular	2	989,440
Bueno	2	1,478,240
Total	15	3,722,560

Tabla 57 "Costos de construcción por metro cuadrado según la clase de la vivienda de la sección". Lizbeth Carranza (2015).

Si bien en el capítulo 5 se hace referencia a un generador para obtener los costos del automóviles, la verdad es que no existe una base ideal para saber las características específicas de los vehículos afectados por este incidente, por esta razón se estima unos 42 000 pesos como cifra promedio del valor económico, basándose en la indemnización de la empresa hacia los dueños.

La pérdida acumulada por los 29 vehículos se estima de 1.22 millones de pesos.

Los daños a los muros de contención fueron alrededor de 150 m³. Utilizando el generador de precios con URL: <http://www.autocosmos.com.mx/guiadeprecios/> indica un costo de 1619 pesos por metro cubico, obteniendo un total de 48570 pesos.

No se sabe cuántas personas fueron afectadas por la pérdida de vidas a causa del accidente lo cual se tomara la ecuación 6:

$$L_1 = \sum_{t=\tau}^{\infty} Y_t \tau (1+r)^{-(t-\tau)} \text{ --- Ecuación 6}$$

Dónde:

L₁: Valor perdido

Y_t: Ingresos esperados considerando una vida media (ecuación 3).

τ = Es la probabilidad en el año corriente de que la persona esté viva en el año t (tabla 1 anexo)

r: Es la tasa social de descuento. (En enero del 2014 la secretaria de hacienda y crédito público considero que la tasa social de descuento es del 10%.)

A continuación se muestra la tabla con los costos por indemnización por personas fallecidas debido a la explosión en San Pedro Xalostoc.

Edad (años)	No. defunciones	Costo por indemnización (pesos)	Total (pesos)
1	2	144,607	289,215
2	1	121,800	121,800
6	1	112,645	112,645
8	2	107,345	214,690
9	1	105,074	105,074
10	1	102,803	102,803
11	1	100,532	100,532
12	2	98,261	196,522
13	1	95,990	95,991

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

15	1	91,448	91,448
20	1	89,177	89,178
24	1	51,145	51,145
33	1	17,761	17,762
35	1	13,859	13,859
37	1	10,923	10,924
38	3	9,663	28,991
42	1	5,790	5,790
44	1	4,431	4,431
45	1	3,851	3,851
46	1	3,426	3,426
50	1	2,098.	2,098
68	1	110	110
Total	27		1662289

Tabla 58 "Muestra el número de defunciones ocurridas y el costo por indemnización". Lizbeth Carranza (2015).

Cabe mencionar que se consideró la edad productiva promedio de 20 años según datos del INEGI, por lo cual del año 1 hasta el 19 se consideró un salario de 0 pesos. Además no se toman en cuenta factores de desigualdad de sexo, edad y/o discapacidades.

Considerando todos los factores anteriores da un total de casi 30 millones de pesos

Daños	Valor económico (pesos)
Casas destruidas	12,119,840
Casas dañadas	3,722,560
Mobiliario	5,535,000
Fallecimiento	1,662,289.181
Equipo	2,469,600
Gas	576,000
Vehículos	1,218,000
Muro de contención	48,570
Total	27,351,859.18

Tabla 59 "Valor inmediato aproximado obtenido por método estadístico aproximado al real". Lizbeth Carranza (2015).

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Con el método aproximado propuesto se considera de manera inmediata una pérdida total de:

\$27, 351,859 pesos

El costo real que a la empresa "Gas Nieto" pago por reparaciones de daños e indemnizaciones fue de 33 millos, por lo cual puede realizarse el siguiente análisis:

Costo real por accidente (pesos)	Costo estimado (pesos)	Porcentaje de desfaseamiento
30,000,000	27,351,859	-9 %

Tabla 60 "Comparación entre costo real y el estimado". Lizbeth Carranza (2015).

DERRAME DE SUSTANCIAS QUÍMICAS EN RÍO.



Ilustración 13 “*Vista aérea del río de Sonora después del accidente*”. El Universal (2014).

El desastre ecológico ocurrió en los ríos Bacanuchi y Sonora el pasado 6 de agosto de 2014 cuando 40,000 litros de lixiviados de sulfato de cobre acidulado se vertieron en el arroyo Tinajas, y posteriormente en el afluente de ambos cuerpos de agua, convirtiéndose así en el peor desastre de este tipo en México.



Ilustración 14 “*Agua contaminada debido al derramen de sulfato de cobre*”. El Universal (2014).

Además del tono marrón que adquirió el río, estudios de laboratorio realizados por la SEMARNAT indicaron que alrededor de poco más de 3 millones de metros cúbicos de agua no

cumplían con lo establecido en la norma NOM-127-SSA1-1994 la cual establece los límites permitidos para el uso y consumo de agua.

Evaluación

La estimación del costo causado por el derrame se efectuará por medio de los estudios realizados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) descritos en la sección 3.3.2. de este proyecto.

Se utilizará la ecuación 6 para obtener el costo de tratamiento por cada metro cúbico.

$$\frac{\$}{m^3} = aQ^b$$

Debido a que el flujo aproximado en un río puede llegar hasta 10,000 m³/h. se debe analizar cuál es el tren con mayor eficiencia obteniendo el número 37 ya que tiene una efectividad del 100 % para combatir a los sulfatos y el menor costo (tabla 61).

Tren	a	b	% de pureza	costo total (pesos/m ³)
1	9.6	-0.56	0	0.055
2	64.5	-0.6	5	0.257
3	85.1	-0.61	32.3	0.309
4	89.7	-0.61	91	0.326
5	95.3	-0.61	39.1	0.346
6	102.4	-0.62	91.9	0.339
7	112.6	-0.62	91.9	0.373
8	129.5	-0.63	95.4	0.391
9	8.3	-0.47	15	0.109
10	53.2	-0.58	19.3	0.255
11	56	-0.58	42.5	0.268
12	57.7	-0.58	92.3	0.276
13	68	-0.59	48.2	0.297
14	72.8	-0.6	93.1	0.290
15	80.1	-0.6	93.1	0.319
16	95	-0.61	96.4	0.345
17	3.1	-0.23	25	0.373
18	51.7	-0.54	32.5	0.358
19	55.5	-0.55	32.3	0.350
20	57.3	-0.55	91	0.362
21	61.8	-0.56	39.1	0.356
22	66.5	-0.57	91.9	0.349
23	73.2	-0.57	91.9	0.384
24	84.2	-0.58	95.4	0.403
25	2.7	-0.25	3	0.270
26	14.1	-0.34	7.9	0.615
27	17.3	-0.35	34.3	0.689

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

28	18	-0.35	91.2	0.717
29	19.5	-0.36	40.9	0.708
30	21.1	-0.36	100	0.766
31	25.5	-0.36	100	0.926
32	31	-0.37	100	1.027
33	10.5	-0.46	30	0.152
34	72.5	-0.58	99.5	0.347
35	78	-0.59	99.5	0.340
36	82	-0.6	100	0.326
37	89	-0.61	100	0.323
38	102.5	-0.62	100	0.339
39	6.5	-0.23	60	0.781
40	78	-0.55	99.7	0.492
41	83.5	-0.55	99.7	0.527
42	88	-0.56	100	0.506
43	95.5	-0.57	100	0.501
44	110	-0.57	100	0.577

Tabla 61 "Costos por cada tren de limpieza". Lizbeth Carranza (2015).

El precio de tratamiento de agua por los 32 mil millones de metros cúbicos de agua es más de 1000 millones de pesos, sin embargo, en la tabla 52 se muestra que para tener una purificación del 92.9 % debe realizarse el tren 2 veces, por lo que se obtiene:

$$\frac{\$}{m^3} = aQ^b = 89(10,000 \text{ l/s})^{-0.61} = 0.323 \text{ \$/m}^3 * 32,000,000,000m^3$$

$$= 1,034,046,300 \text{ pesos} * 2 = 2,068,092,600 \text{ pesos}$$

Aunque nunca se mencionó el costo real del accidente la SEMARNAT indicó una cifra aproximada para el tratamiento del río que era casi 1,800 millones de pesos por lo cual puede realizarse la siguiente comparativa:

Costo real por accidente (pesos)	Costo estimado (pesos)	Porcentaje de desfasamiento
1,800,000,000	2,068,092,600	15 %

Aunque fue afectado más de 22,000 personas aledañas a solo se reportaron 20 con dermatitis a causa de la contaminación, lo cual dicha afectación no cumple con el alcance de este proyecto.

Cabe mencionar que este solo es el costo por la remediación del agua del río sin embargo no se considera los costos de instalación de las plantas de tratamiento, ni la multa que obtuvo la empresa.

REMEDIACIÓN DE SUELOS

La Ex-refinería 18 de Marzo se encuentra en la delegación Miguel Hidalgo en la Ciudad de México. Fue inaugurada en los años 30's con una extensión de 174 hectáreas, sin embargo en 1991 el gobierno federal ordenó su clausura debido a la cercanía en el área urbana.



Ilustración 15 "Vista de la Ex refinería 18 de Marzo antes de la remediación". SEMARNAT (1955).

Debido a la naturaleza de la refinería el mayor contaminante del suelo eran derivados del petróleo seguido por metales pesados.

Con motivo del bicentenario de la independencia de México, en el 2006 el gobierno federal decidió convertir la antigua refinería en el Parque Ecológico Bicentenario, cubriendo 55 hectáreas.

Según información de Pemex, la remediación está dividida en dos etapas. La primera, que concluyó con la restauración de 22 hectáreas en 2007, y en la segunda donde consta de 33 hectáreas. La inversión total para la remediación del suelo fue alrededor de 800 millones de pesos y estuvieron encomendadas 7 instituciones universitarias.



Ilustración 16 "Transformación de la ex-refinería al parque bicentenario". El Universal (2011).

Pemex reportó que en la primera fase se trató 218,729 metros cúbicos de suelo contaminado, lo cual involucro una inversión de 150 millones de pesos.

Evaluación

La estimación del costo causado por el saneamiento del suelo se efectuará por medio de la tabla 49 presentada en la sección 3.3.1. donde muestra los costos de saneamiento.

Se utilizará los precios de la remediación por medio de biopilas in-situ teniendo un rango de 900 a 2000 pesos por metro cubico, los resultados son los siguientes:

$$\frac{\$}{m^3} = \$900 \times 218,729 = 196,856,100 \text{ \$/m}^3$$

$$\frac{\$}{m^3} = \$2000 \times 218,729 = 1,437,458,000 \text{ \$/m}^3$$

Se obtiene un límite minino de casi 197 millones de pesos y un máximo de 1.5 mil millones de pesos.

Método de Saneamiento	Precio mínimo (m ³)	Precio máximo (m ³)
Biopilas	196,856,100	1,437,458,000

Debido a la enorme cantidad de metros cúbicos tratados se considera el precio de 900 \$/m³, el porcentaje de desfasamiento del costo real se muestra continuación.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Costo real por saneamiento (pesos)	Costo estimado (pesos)	Porcentaje de desfasamiento
150,000,000	196,856,100	0.3 %

Aunque esto fue solo una pequeña porción del suelo tratado el costo real al costo estimado se aproxima.

Cabe mencionar que este no es el costo total que se requirió para la transformación de la refinería, sin embargo se ha utilizado para la comparación de los datos propuestos.

CONCLUSIONES

El objetivo de esta tesis es establecer un modelo económico rápido y sencillo de evaluar de manera preliminar las pérdidas económicas ocasionadas por accidentes o desastres químicos. Por esta razón, la aportación principal consiste en el diseño de diversas formas de evaluación económica para emergencias químicas.

Se establecieron diferentes fórmulas y tablas comparativas de precios para daños sociales, las cuales cumplen con parte del objetivo de este trabajo, dando valores aproximados por pérdidas de hospitales, escuelas, mobiliario, inmobiliario y fallecimientos. Así mismo se elaboraron ecuaciones que estiman valores futuros para las pérdidas monetarias de salarios e inflaciones, no obstante, no se confirmó la credulidad de éstas, por lo cual solo se basa en la confiabilidad del organismo que otorga la información (INEGI y Banxico).

Los precios de mercado establecidos para las sustancias químicas y maquinarias de transporte fueron obtenidos directamente de proveedores lo que hace confiables la información presentada.

En la sección 3.2.2 se establecen 138 ecuaciones para obtener el valor monetario de las empresas dependiendo del ramo y el tamaño de la empresa. Sin embargo solo 87 de las ecuaciones son confiables (coeficiente de regresión (R^2) ≥ 0.6), es decir solo 87 de ellas generan un valor aproximado confiable del costo de cada industria química dependiendo del valor de sus activos fijos.

Por último los métodos de remediación de suelo y agua presentados en este trabajo son empleados en organismo como CONAGUA e IMTA debido a su seguridad.

Cabe mencionar que el proyecto sirve como apoyo al 9° semestre de la carrera de ingeniería química que tiene como objetivo inculcar los conocimientos económicos que requiere un proyecto de ingeniería. Aunque la tesis va dirigida a los costos que provoca un accidente/desastre químico-tecnológico, los métodos pueden emplearse para estimar los precios de las empresas (materia prima, maquinaria, transporte, entre otras).

ANEXO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Tabla 1: “Probabilidad de vida que se tiene dependiendo de la edad”. Gerardo Martínez (2014).

Edad/Año	Porcentaje de vida					
	2008	2010	2020	2030	2040	2050
0	75	75	77	79	80	82
5	71	72	73	74	76	77
10	66	67	68	69	71	72
15	64	62	63	64	66	67
20	57	57	58	59	61	62
25	52	52	53	55	56	57
30	47	47	48	50	51	52
35	43	43	44	45	46	47
40	38	38	39	40	41	43
45	33	34	34	36	37	33
50	29	29	30	31	32	33
55	25	25	26	27	28	29
60	24	21	22	22	23	24
65	17	17	18	19	19	20
70	14	14	14	15	16	16
75	11	11	12	12	13	13
80	9	9	9	9	10	10
85	7	7	7	7	7	8
90	5	5	5	5	5	5
95	3	3	3	3	3	3

Tabla 2: “Presupuesto de obra”. Colegio de ingenieros civiles del sur de Sinaloa (2012)

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (pesos)	TOTAL	% del presupuesto
Construcción					
Limpieza, trazo y nivelación de terreno natural, mediante medios manuales. Hasta 250 m ²	m ²	127.92	3.35	428.05	0.104%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Excavación a mano en cepas en terreno clase II, de 0.00 m. a 1.50 m. de profundidad, con herramienta manual, sin considerar acarreo.	m ³	44.44	99.44	4,419.11	1.077%
Plantilla de concreto f'c= 100 kg/cm ² , con un agregado máximo de 38 mm resistencia normal, de 7 cm de espesor, incluye acarreo 20.00 m. Tendido y afine.	m ²	59.25	126.14	7,473.98	1.821%
Zapata corrida central de 0.60 x 0.10 m. de peralte y 60 de trabe armada con varilla de 3/8 con estribos de 1/4" a cada 20 cm. Y V. 3/8 @ 20 cm. en ambos sentidos, cimbrada, colada con concreto hecho.	ml	74.06	716.65	53,075.3 8	12.931%
Impermeabilización de cimentación a base de emulsión asfáltica en proporción 1:2 agua, incluye mano de obra y materiales.	m ²	148.12	38.68	5,729.33	1.396%
Dala de desplante sección de 15x20 cm, con cuatro varillas del 3/8" de Ø, Estribos de 1/4" de Ø @ 15 cm. con concreto hecho en obra de f'c= 150 kg/cm ² .	ml	69.04	229.23	15,825.7 3	3.856%
Extracción de material abundado producto de la excavación, mediante camión de volteo, hasta una distancia máxima de 5 km. Incluye paleros para la carga del camión.	m ³	23.11	187.15	4,324.96	1.054%
Muro de tabique 7 x 14 x 28 cm. adherido con mezcla mortero: arena 1:5 proporción, con espesor promedio de 1.6 cm hasta una altura de 2.20 m.	m ²	158.16	205.20	32,454.7 7	7.907%
Castillo de sección de 15x 15 cm, con cuatro varillas del 3/8" de Ø, Estribos de 1/4" de Ø @ 15 cm. con concreto hecho en obra de f'c= 150 kg/cm ² .	ml	77.00	209.31	16,116.7 8	3.927%
Dala de cerramiento sección de 15x20 cm, con cuatro varillas del 3/8" de Ø, Estribos de 1/4" de Ø @ 15 cm. con concreto hecho en obra de f'c= 150 kg/cm ² .	ml	69.04	260.24	17,966.7 2	4.377%
Muro de enrase de tabique rojo recocido 7 x 14 x 28 cm, adherido con mezcla mortero: arena 1:5 proporción, con espesor promedio de 1.6 cm hasta cuatro hiladas	m ²	15.03	208.50	3,133.79	0.764%
Relleno con material producto de excavación en cimentación compactado con pisón de madera.	m ³	26.66	60.58	1,615.13	0.394%
Piso de firme de concreto simple de 5 cm de espesor, acabado común, concreto hecho en obra de f'c=100 kg/cm ²	m ²	103.90	103.45	10,748.3 0	2.619%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Registro de 40 x 60 x 100 cm de tabique rojo en espesor de 12 cm, adherido con cemento arena 1:5 acabado pulido en el interior, con concreto en plantilla $f'c=100\text{kg/cm}^2$	pieza	2.00	1,080.13	2,160.25	0.526%
Tapa de registro de concreto $f'c=150\text{ kg/cm}^2$ 1 1/2" N, de 40 x 60 cm, con acabado escobillado, con marco de 1"x 1/4" y contramarco 3/4" x 1".	pieza	2.00	502.91	1,005.83	0.245%
Losa reticular plana de 20 cm. de espesor en planta baja con casetón de 15 X 40 X40 cm. armada con tres varillas de 3/8, y estribos a cada 20 cm, y malla LAC 6/6-10-10.	m ²	60.27	679.40	40,947.5 2	9.976%
Entortado en azotea con mezcla mortero: arena proporción 1:5, incluye lechada de cemento gris-agua y acabado escobillado.	m ²	60.27	106.41	6,413.34	1.563%
Chafalán de 11 x 10 con ladrillo delgado asentado con mezcla cemento arena de proporción 1:5	ml	32.25	65.19	2,102.25	0.512%
Impermeabilización de azotea impercrest color blanco y membrana en proporción 1:2 agua, incluye mano de obra y materiales.	m ²	60.27	70.00	4,218.67	1.028%
Acabados					
Colocación de piso de loseta de cerámica en interiores de 30 x 30 cm. incluye: herramientas, cemento crest, boquillas, recortes, maniobras y mano de obra.	m ²	63.58	385.41	2,4504.1 8	5.970%
Colocación de zoclo de 10 x 30 cm. de loseta de cerámica, incluye: recortes, herramientas, cemento crest, emboquillador, recortes, maniobras y mano de obra.	ml	64.85	145.44	9,431.76	2.298%
Colocación de piso antiderrapante de cerámica de 20 x 20 cm. en nave de baños emboquillado con boquilla antihongos. Incluye: herramientas, cemento crest, boquillas, recortes, maniobras y mano de obra.	m ²	1.17	307.36	359.61	0.088%
Aplanado acabado pulido fino con masilla de cemento; en muros a regla, nivel y plomo a base de mortero arena prop. 1:5, espesor promedio 2.2 cm, hasta 2.5 m. de altura	m ²	403.79	104.66	42,262.6 2	10.297%
Pintura vinílica en muros (aplanados) a dos manos, pintura de alta calidad, incluye; materiales, mano de obra, andamios.	m ²	353.41	38.94	13,760.9 6	3.353%
Pintura vinílica en plafones (aplanados) a dos manos, pintura de alta calidad, incluye; materiales, mano de obra, andamios.	m ²	50.38	41.71	2,101.26	0.512%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Muro de tabique rojo recocido 7 x 14 x 28 cm para levantar pretil, adherido con mezcla mortero: arena 1:5 proporción, con espesor promedio de 1.6 cm	m ²	9.68	226.05	2,188.21	0.533%
Aplanado acabado pulido fino, en pretil con masilla de cemento (segundo nivel); a regla, nivel y plomo a base de mortero arena prop. 1:5, espesor promedio 2.2 cm, hasta 2.5 m. altura	m ²	19.35	115.29	2,230.83	0.544%
Pintura vinílica pretil (aplanados) a dos manos (segundo nivel), pintura de alta calidad, incluye; materiales, mano de obra, andamios.	m ²	19.35	43.05	833.04	0.203%
Herrería					
Ventana de 1.20 x 0.90 m. formado por una sección fija y una hoja corrediza	pza	3.00	2,628.12	7,884.36	1.921%
Ventana de 0.81 x 0.45 m. Formando por una sección fija y una hoja corrediza con cristal satinado 4mm.	pza	2.00	1,207.58	2,415.16	0.588%
Cancel de 1.55 x 2.10 m. formado por una sección fija y una hoja corrediza para regadera	pza	1.00	2,420.00	2,420.00	0.590%
suministro y colocación de puerta y marco para interior incluye todo lo necesario para su correcto funcionamiento	pza	4.00	1,688.59	6,754.35	1.646%
suministro y colocación de puerta y marco de exterior incluye todo lo necesario para su correcto funcionamiento	pza	1.00	2,596.09	2,596.09	0.633%
Instalación eléctrica					
Acometida subterránea de 220 volts, incluye: materiales, herramientas, maniobras y mano de obra.	pza	1.00	3829.65	3,829.65	0.933%
Centro de carga monofásico 2 fases 3 hilos con zapatas principales catalogo QO-20 marca Squire D; incluye: accesorios, materiales, mano de obra, herramientas, mandos intermedios y todo lo necesario para su terminación.	pza	1.00	7,947.28	7,947.28	1.936%
Salida de techo, incluye: materiales, herramientas, maniobras y mano de obra.	salida	11.00	387.20	4,259.20	1.038%
Alimentación general desde tablero de distribución y termo magnéticos de control, incluye: materiales, herramientas, maniobras y mano de obra.	lote	1.00	5,082.00	5,082.00	1.238%
Salida de TV cable, incluye: materiales, herramientas y mano de obra.	salida	2.00	387.20	774.40	0.189%
Salida para teléfono: materiales, herramientas,	salida	1.00	387.20	387.20	0.094%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

maniobras y mano de obra.					
Salida de arbotante, incluye: material, herramientas, maniobras y mano de obra.	salida	1.00	387.20	387.20	0.094%
Salida de contacto 220 volts para aire acondicionado, con descarga a tierra, incluye: materiales, herramientas, maniobras y mano de obra.	salida	1.00	580.80	580.80	0.142%
Salida de contacto 110 volts con descarga a tierra, incluye: materiales, herramientas, maniobras y mano de obra.	salida	9.00	387.20	3,484.80	0.849%
Servicios					
Suministro y colocación de tubería de cobre de 1/2" para ramaleo y alimentación de muebles sanitarios para agua fría y caliente, incluye: conexiones, materiales, colocación, herramientas, maniobras y mano de obra.	ml	8.44	51.10	431.29	0.105%
Suministro y colocación de tubería de cobre de 1/2" para ramaleo de gas y alimentación de muebles, incluye: conexiones, materiales, colocación, herramientas, maniobras y mano de obra.	ml	10.46	78.65	822.70	0.200%
Suministro y colocación de tubería de cobre de 3/4" para ramaleo y alimentación de muebles sanitarios para agua fría y caliente, incluye: conexiones, materiales, colocación, herramientas, maniobras y mano de obra.	ml	15.87	53.79	853.63	0.208%
Suministro y colocación de tubería de PVC de 2" para ramaleo de recolección de aguas negras de los diferentes muebles sanitarios, incluye: conexiones, materiales, colocación, herramientas, maniobras y mano de obra.	ml	5.90	43.47	256.45	0.062%
Suministro y colocación de tubería de PVC de 4" para ramaleo de aguas pluviales y recolección de aguas negras de los diferentes muebles sanitarios y bajantes de aguas pluviales, incluye: conexiones, materiales, colocación, herramientas, maniobras y mano de obra.	ml	29.00	88.94	2,579.14	0.628%
suministro y colocación de inodoro incluye todo lo necesario para su correcto funcionamiento	pza	1.00	2,488.05	2,488.05	0.606%
suministro y colocación de lavabo incluye todo lo necesario para su correcto funcionamiento	pza	1.00	2,340.32	2,340.32	0.570%
suministro y colocación de regadera incluye todo lo necesario para su correcto funcionamiento	pza	1.00	1,336.65	1,336.65	0.326%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

suministro y colocación de tinaco incluye todo lo necesario para su correcto funcionamiento	pza	1.00	3,109.17	3,109.17	0.758%
suministro y colocación de boiler incluye todo lo necesario para su correcto funcionamiento	pza	1.00	4,225.43	4,225.43	1.029%
suministro y colocación de cuadro de medición	pza	1.00	1,578.87	1,578.87	0.385%
suministro y colocación de fregadero incluye todo lo necesario para su correcto funcionamiento	pza	1.00	3,955.91	3,955.91	0.964%
Suministro y colocación de llave de servicio.	pza	2.00	651.06	1,302.11	0.317%
suministro y colocación de lavadero incluye todo lo necesario para su correcto funcionamiento	pza	1.00	2,257.92	2,257.92	0.550%
Suministro y colocación de Estufa	pza	1.00	2,705.16	2,705.16	0.659%
Suministro y colocación de Tanque estacionario	pza	1.00	3,567.89	3,567.89	0.869%
Total precio unitario	---	---	\$ 5,130	\$410,445	100.00%
Total precio neto	---	---	\$5,951	\$476,116	100.00%

Tabla 3-9 : “Presupuestos de mobiliario típico para una casa promedio”. Lizbeth Carranza (2015).

Cocina

Mobiliario	Económico	Estándar	Lujo
Estufa de 30”	6,000	14,000	28,000
Estufa de 20”	2,500	4,000	7,000
Parilla	1,000	3,500	8,000
Campana de extracción	1,500	5,000	15,000
Refrigerador de 10 a 19 pulgadas	7,000	1,000	15,000
Refrigerador de 20 a 31 pulgadas	17,000	35,000	40,000
Horno de microondas	1,500	3,000	8,000
Licudadora	700	2,000	4,500
Despachador de agua	1,000	2,500	3,500
Horno eléctrico	1,000	2,000	5,000
Antecomedor (4 sillas)	2,000	3,500	5,000
Antecomedor (5 sillas)	4,000	9,000	18,000
Antecomedor (6 sillas)	4,000	7,000	16,000
Lavavajillas	6,500	13,000	20,000
Cafetera	500	2,000	5,000
Batidora	500	2,500	7,000
Cocina integral	7,500	14,000	28,000
Fregadero	3,000	5,000	20,000
Alacena	1,500	2,500	5,000

Utensilios de cocina

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Utensilio	Valor promedio
abrelatas	250
Arrocera	500
Asador	300
batería	2000
cazo	800
colador	150
comal	300
cuchara	150
cuchillo	400
jarra	200
juego de cubierto	500
juego de cuchillos	500
juego de Mantel individual	300
Juego de moldes	1,500
juego de ollas	1,000
juego de vasos	200
Juego de sartén	2,000
machacador	150
Mantel individual	50
Molde	250
olla	800
olla de presión	1,500
panera	600
pelador	100
pinza	200
rallador	200
abrelatas eléctrico	1,500
recipiente para hielos	50
refractario	4,000
sartén	700
set licorera	200
tabla para picar	200
tijeras	100
vajilla	1000
Volteador	150

Lavandería

Mobiliario	Económico	Estándar	Lujo
Lavadora	3,000	8,000	20,000
Secadora	4,000	10,000	17,000
Plancha	300	800	2,000
Burro de planchar	500	1,000	3,000

Recámara

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Mobiliario	Económico	Estándar	Lujo
Base para cama	2,000	10,000	30,000
Litera	3,500	9,000	17,000
Colchón individual	2,000	5,000	20,000
Colchón matrimonial	3,000	8,000	20,000
Colchón Queen size	6,000	15,000	25,000
Colchón King size	6,000	15,000	25,000
Cobertor	300	1,000	2,000
Almohada	100	200	5,000
Sabana	100	200	500
Buro	1,000	4,000	8,000
Cómoda	4,000	12,000	20,000
Closet	3,000	6,000	30,000
Lámpara	200	700	2,500
Tocador	3,000	7,000	2,000
Computadora	3,000	8,000	25,000
Aire acondicionado	5,000	10,000	20,000
Cortinas	200	500	2,000

Sala/Comedor

Mobiliario	Económico	Estándar	Lujo
Sala	7,000	14,000	36,000
Mesa de centro	1,000	2,000	5,000
Vitrina	5,000	10,000	30,000
Librero	2,000	50,000	20,000
Comedor (6 sillas)	5,000	8,000	17,000

Entretenimiento

Mobiliario	Económico	Estándar	Lujo
Televisión de 15 a 28"	3,000	5,000	9,000
Televisión de 40	4,000	70,000	10,000
Televisión de 42 a 50 "	10,000	15,000	25,000
Televisión de 55 a 60	20,000	30,000	50,000
Estéreo	1,000	5,000	15,000

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

DVD	400	1,000	20,000
Blue ray	1,000	2,000	40,000
Cámara	2,000	8,000	18,000
Bocina para estéreo	2,000	4,000	8,000

Tabla 10: "Clasificación establecidas para la identificación del tamaño de las industrias". Lizbeth Carranza (2015).

Tipo de industria	No. de empleados	Valor de ventas netas
Microindustria	≤15	≤30 millones de pesos
Industria Pequeña	≤100	≤400 millones de pesos
Industria Mediana	≤250	≤1 100 millones de pesos
Industria Grande	>250	>1 100 millones de peso

Tabla 11:-Abreviaturas para el Tren de tratamiento de aguas residuales. CONAGUA (2011)

Abreviatura	Definición
PRE	tratamiento preliminar
SP	Sedimentación primaria
RAFA	Tratamiento anaerobio mediante reactores anaerobios de manto de lodos de flujo ascendente
FLOT:	Flotación de Sólidos
FQ	Tratamiento fisicoquímico
SS	Clarificación
LA	Lodos Activados
NIT	Nitrificación
DENIT	Desnitrificación
DESGA	Desgasificante
CL	Desinfectante
FILT	Filtración
UV	Desinfectante UV
OZ	Ozonación
ADS1	adsorción 1

ADS2	adsorción 2
OI	Osmosis Inversa

GLOSARIO

Accidente: Cualquier suceso que es provocado por una acción violenta y repentina ocasionada por un agente externo involuntario, y que da lugar a una lesión corporal. La amplitud de los términos de esta definición obliga a tener presente que los diferentes tipos de accidentes se hallan condicionados por múltiples fenómenos de carácter imprevisible e incontrolable.

Antropogénico: Efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas, a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.

Censo: Recuento de peatones que conforman una población estadística, definida como un conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan las observaciones. El censo de una población estadística consiste básicamente, en obtener mediciones del número total de individuos mediante diversas técnicas de recuento, y que se hace cada 10 años.

Derrame: Salida de un líquido o una sustancia formada por partículas del recipiente que lo contiene.

Desastre: Hecho natural o provocado por el hombre que afecta negativamente a la vida, al sustento o a la industria y desemboca con frecuencia en cambios permanentes en las sociedades humanas y a los animales que habitan en ese lugar; en los ecosistemas y en el medio ambiente. Una catástrofe es un suceso que tiene consecuencias desastrosas. Los desastres ponen de manifiesto la vulnerabilidad del equilibrio necesario para sobrevivir y prosperar.

Estadística: Ciencia formal y una herramienta que estudia el uso y los análisis provenientes de una muestra representativa de datos, busca explicar las correlaciones y dependencias de un fenómeno físico o natural, de ocurrencia en forma aleatoria o condicional.

Explosión: Liberación simultánea de energía calórica, lumínica y sonora (y posiblemente de otros tipos, por ejemplo, pulsos electromagnéticos) en un intervalo temporal ínfimo, y fuera de sí misma en una región relativamente pequeña del espacio.

Fuga: Salida o escape de un líquido o de un gas por una abertura provocada accidentalmente.

Aumento generalizado y sostenido de los precios de los bienes y servicios existentes en el mercado durante un período de tiempo, generalmente un

Inflación: año. Cuando el nivel general de precios sube, con cada unidad de moneda se adquieren menos bienes y servicios. Es decir, que la inflación refleja la disminución del poder adquisitivo de la moneda: una pérdida del valor real del medio interno de intercambio y unidad de medida de una economía.

Mobiliario: Conjunto de muebles; son objetos que sirven para facilitar los usos y actividades habituales en casas, oficinas y otro tipo de locales. Normalmente el término alude a los objetos que facilitan las actividades humanas comunes, tales como dormir, comer, cocinar, descansar, etc., mediante mesas, sillas, camas, estanterías, muebles de cocina, etc. El término excluye utensilios y máquinas tales como PCs, teléfonos, electrodomésticos, etc.

Repercusión: Influencia de determinada cosa en un asunto o efecto que causa en él.

Siniestro: Terminología de empresas de seguros, la ocurrencia de un suceso amparado en la póliza de seguros, comenzando las obligaciones a cargo del asegurador. Las mismas en la mayor parte de los casos es el pago de una cantidad de dinero, pudiendo tratarse también de una prestación de servicios, asistencia médica, jurídica, reparación de un daño, etc.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Información tecnológica. (Junio de 1997). *La Serene*, 5(2), 97.
- (2014). *Cuentas económicas y ecológicas de México*. Boletín de prensa, Aguascalientes.
- Albert, L. A. (1 de Enero de 2010). *Los accidentes químicos en américa latina*. Recuperado el Enero de 17 de 2015, de <http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/acqiqa/>
- Banco Interamericano de Desarrollo, C. E. (2010). *Información para la gestión de riesgo de desastres, estudio de caso Colombia*. Colombia.
- Burns, R. a. (2003). *Fundamentos de química* (Vol. 4). Ciudad de México, México: Prentice hall.
- Cafferatta, N. A. (2004). *Introducción al derecho ambiental*. (SEMARNAT, Ed.) Ciudad de México, México: Instituto Nacional de Ecología.
- CENAPRED. (s.f.). *Secretaría de Protección Civil*. Recuperado el 30 de Enero de 2015, de Ciclo de desastres: <http://www.veracruz.gob.mx/proteccioncivil/ciclo-de-los-desastres/>
- CENAPRED. (Noviembre de 2006). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos: fenómenos químicos*. Obtenido de <http://www.cenapred.unam.mx/es/DocumentosPublicos/PDF/SerieEspecial/metodologiasAtlas.pdf>
- Colmenero, G. B. (2000). *La ingeniería ambiental en México*. México: Limusa.
- Corona, S. R. (22 de Abril de 2012). Las dudas por las explosiones de Guadalajara siguen 20 años después. *CNN*.
- digital, D. (Ed.). (14 de Septiembre de 2015). *Bhopal, a tres décadas de la tragedia: un pueblo sin esperanzas*. Obtenido de Revista dialogo digital: <http://dialogoupr.com/bhopal-a-tres-decadas-de-la-tragedia-un-pueblo-sin-esperanzas/>
- Dr. Mario Yarto, M. e. (27 de Octubre de 2007). *El universo de las sustancias químicas peligrosas y su regulación para un manejo adecuado*. Recuperado el 22 de Enero de 2015, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/gacetas/422/universo.html>
- Duarte., J. R. (28 de Agosto de 2014). Derrame en el río sonora: lo que sabemos y lo que no sobre el caso.
- Embid, A. (s.f.). Dioxinas de vietnam a nuestra vida cotidiana. (M. holística, Ed.) *Medicinas complementarias*, 49-50.
- federación, D. o. (30 de abril de 2014). *Decreto por el que se aprueba el programa nacional de protección civil 2014-2018*. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343075&fecha=30/04/2014
- García, K. (14 de Abril de 2013). Pemex pierde 10 mdd por fugas y desperdicios. *El economista*.
- Gerardo, C. M. (1969). "Datos y técnicas para estimar el costo de capital preliminar. *Chemical Engineering* 1969, 28.
- González, D. D. (enero de 17 de 2000). Accidente químicos. Aspectos generales. México.
- Hernández, M. A. (2014). *Sustancias peligrosas, riesgo y salud en México. Marco normativo*. (SEMARNAT, Ed.) Ciudad de México, México.

- Iglesia, L. B. (15 de Junio de 2002). *Conclusiones del accidente de Toulouse: aplicación a la estimación de pérdidas por explosiones*. (Mapfre, Editor) Recuperado el 17 de Enero de 2015, de <http://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/mapfrere/fichero/es/trebol-num23-2.pdf>
- INEGI. (2010). *Atmósfera: emisiones de gases de efecto invernadero por países seleccionados 2005, 2008, 2009*. INEGI.
- Instituto Mexicano para la Competitividad. (s.f.). *¿Cuánto nos cuesta la contaminación del aire en México?* Recuperado el 2015 de Febrero de 2015, de <http://imco.org.mx/calculadora-aire/>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2007). *Estadísticas; A propósito del día mundial del medio ambiente*. Ciudad de México.
- K. M. Guthrie y W. R. Grace, “. C. (24 de Marzo de 1969). *Chemical Engineering*, 10.
- Martínez, O. Z. (2001). *Diagnostico de peligro e identificación de riesgos de desastres en México*. (CENAPRED, Ed.) Ciudad de México, México : Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana.
- Medina, I. E. (2008). *Programa de Prevención para Emergencias Químicas*. (C. N. (CENAPRED), Ed.) Veracruz, México, boca del río .
- México, C. (27 de Agosto de 2014). 5 incidentes en industrias petrolera y minera 'manchan' al medio ambiente. *CNN México*.
- Miranda, F. (29 de Agosto de 2014). Ordeña' de combustible dispara emergencias. *Milenio*.
- Noji, E. K. (1997). *Impacto de los desastres en la salud pública*. (O. P. Salud, Productor)
- Ovsei, D. G. (1996). *Desastres y protección civil", fundamentos de investigación interdisciplinaria*. México: UNAM.
- Palacios, D. A. (4 de Abril de 2011). Anaversa, a 20 años de un crimen impune. *la jornada ecológica*.
- Prades, J. L. (1992). *Economía de los gastos sociales*. Murcia: España.
- Przyluski, S. H. (Diciembre de 2010). , “The economics of natural disasters concepts and methods”,. (T. w. chief, Ed.) *Economist*, 31.
- Quiminet. (1 de Enero de 2006). *Las aplicaciones del ácido sulfúrico*. Recuperado el 28 de Enero de 2015, de <http://www.quiminet.com/articulos/las-aplicaciones-del-acido-sulfurico-5357.htm>
- Riechmann, J. (2004). *Ética Ecológica: Propuestas para una reorientación*. Uruguay: Nordan-comunidad.
- Riesgos, G. U. (22 de Enero de 2003). *Accidente de Puertollano* . Recuperado el 2015, de <http://www.unizar.es/guiar/1/accident/puertollano.html>
- Riesgos, G. U. (2009). *Accidentes graves, ejemplos históricos*. Recuperado el 22 de Enero de 2015, de Universidad de Zaragoza: <http://www.unizar.es/guiar/1/accident/accidentes.htm>
- Salager, J. L. (1998). *Adsorción, mojabilidad”, laboratorio de formulación, interfaces, reología y procesos* . (2da.edicion, Ed.) Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.

- Salud, O. P. (01 de Octubre de 2010). *Prevención, preparación y respuesta a emergencias y desastres químicos*. Recuperado el 2015 de Enero de 16, de <http://www.bvsde.paho.org/cursode/e/index.php>
- Salud, O. P. (6 de Enero de 2011). *Desastres provocados por la acción humana*. Recuperado el 20 de Enero de 2015, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/serie1/provoca7.pdf>
- Sandoval, A. S. (2005). *Políticas públicas en la sociedad del riesgo*. (UNAM, Ed.) Ciudad de México, México: Instituto de Investigaciones Jurídicas.
- Schulberg, F. (2010). *Prevención y preparación en caso de accidentes con productos químicos: Marco flexible*. Buenos Aires, Argentina: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- SEGOB. (2006). *Manual de Organización y Operación del Sistema Nacional de Protección Civil*. Ciudad de México, México: Dirección General de Protección Civil.
- Tornero, M. M. (2006). *Manual inducción Protección Civil*. (UNAM, Ed.) D.G.S.G. .
- Torres, M. d. (ENERO-MARZO de 2005). Emergencias ambientales asociadas con sustancias químicas en México. (COATEA, Ed.) *Gaceta ecológica.*, 66, 10.
- Trabajo, O. I. (10 de Diciembre de 2007). *Industrias Químicas*. Recuperado el 17 de Enero de 2015, de <http://ilo.org/global/industries-and-sectors/chemical-industries/lang--es/index.htm>
- Transportes, S. d. (Ed.). (2012). *Guía de respuesta en caso de emergencia*. Sistema de Emergencia de Transporte para la Industria Química.
- Treviño, M. E. (Octubre de 2007). *Riesgos químicos*. Recuperado el 30 de Enero de 2015, de CENAPRED: <http://www.cenapred.unam.mx/es/preguntasfrecuentes/faqpopo6.html>
- Villanueva, I. L. (Marzo de 2007). Propuesta de una metodología para la prevención de accidentes químicos en el almacenamiento de materiales peligrosos. (UNAM, Ed.) 111.