

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ANALISIS DE RIESGO AMBIENTAL  
METODOS, CRITERIOS DE SELECCION Y UNA  
APLICACION EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO  
DE CLORO INDUSTRIAL**

**POR  
ADRIANA LIÑAN MONTES**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL**

**OCTUBRE, 1999**

TM  
TD182  
.6  
.L5  
c.1



1080095015

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL,



ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL  
PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
DE UNO DE LOS SECTORES  
DE LA INDUSTRIA APLICADA

FOR

ADRIANA LEBLAN MONTES

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL

GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS  
CON ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL

OCTUBRE, 1999

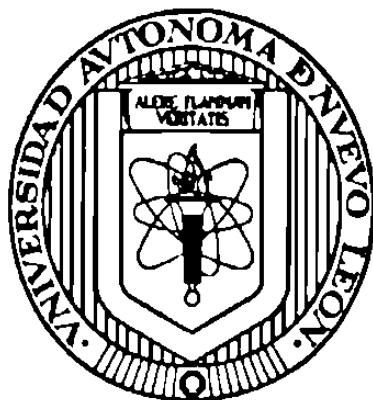


T 182  
: S



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ANALISIS DE RIESGO AMBIENTAL**

**METODOS, CRITERIOS DE SELECCIÓN Y UNA APLICACIÓN  
EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CLORO INDUSTRIAL**

**Por**

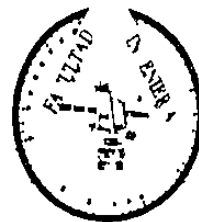
**ADRIANA LIÑAN MONTES**

**Como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRIA EN CIENCIAS con Especialidad en  
Ingeniería Ambiental**

**Octubre, 1999**



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL: MÉTODOS, CRITERIOS DE SELECCIÓN  
Y UNA APLICACIÓN EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CLORO  
INDUSTRIAL**

**Aprobación de la Tesis:**

---

**Dra. Cecilia Rodríguez de Barbarin**  
Asesora

---

**Dr. Ricardo González Alcorta.**  
Secretario de Estudios de Posgrado  
Facultad de Ingeniería Civil

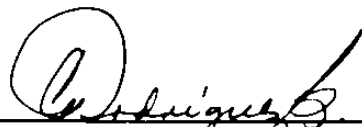
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

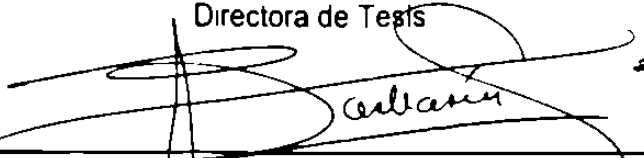
ANALISIS DE RIESGO AMBIENTAL

METODOS, CRITERIOS DE SELECCION Y UNA APLICACIÓN  
EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CLORO INDUSTRIAL

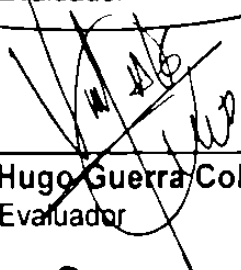
Aprobación de Tesis



**Dra. Cecilia O. Rodríguez González.**  
Directora de Tesis



**Dr. Juan Manuel Barbarin Castillo**  
Evaluador



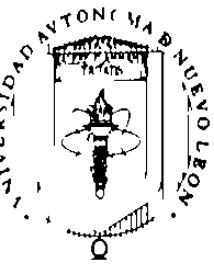
**M.C. Victor Hugo Guerra Cobián**  
Evaluador



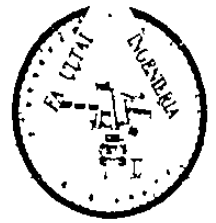
**Dr. Ricardo González Alcorta**  
Subdirector de Posgrado

San Nicolás de los Garza, N. L., Octubre de 1999.





UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
SECRETARIA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



COMPROBANTE DE CORRECCION

**Tesista:** LINAN MONTES ADRIANA

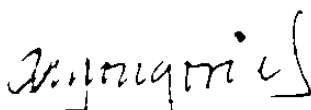
**Tema de la tesis:** ANALISIS DE RIESGO AMBIENTAL: METODOS, CRITERIOS DE SELECCION Y UNA APLICACION EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CLORO INDUSTRIAL.

**Este documento certifica la corrección** DEFINITIVA  
**del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográfico, metodológico y estilístico.**

**Recomendaciones adicionales:**

NINGUNA

**Nombre y firma de quien corrigió:**

  
Arq. Ramón Longoria Ramirez

**El Secretario de Posgrado:**

  
Dr. Ricardo González Alcorta

Ciudad Universitaria, a 21 de SEPTIEMBRE de 199 9.

Monterrey, N L a 4 de Octubre 1999

DR RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA  
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Estimado Dr González Alcorta

Por este conducto me permito comunicar a usted que la Srta L Q I Adriana Liñán Montes, pasante de la Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental, ha concluido con su tesis titulada **"Análisis de Riesgo Ambiental: Métodos, Criterios de Selección y una Aplicación en el Almacenamiento y Manejo de Cloro Industrial"** por lo que no hay ningún inconveniente para atender a su solicitud de Examen de Grado con los requisitos que exige el reglamento de exámenes profesionales de nuestra institución. He de agradecerle pasar las instrucciones necesarias para que se le dé el tramite correspondiente en ese departamento a su digno cargo

Sin más por el momento quedo de Usted agradeciendo de antemano la atención

ATENTAMENTE,



---

Dra Cecilia Rodríguez de Barbarín  
Asesora de Tesis

Monterrey, N L. a 4 de Octubre 1999.

DR RICARDO GONZÁLEZ ALCORTA  
SECRETARIO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN.

Estimado Dr González Alcorta

Solicito a usted de la manera más atenta la tramitación correspondiente para sustentar mi examen de grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental con la presentación del trabajo de tesis titulado "**Análisis de Riesgo Ambiental: Métodos, Criterios de Selección y una Aplicación en el Almacenamiento y Manejo de Cloro Industrial**", lo anterior de acuerdo al Reglamento de Exámenes Profesionales de nuestra Institución

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano sus atenciones a la presente quedo de usted

ATENTAMENTE,



---

L Q I. Adriana Liñán Montes

Tesista

## RESUMEN

ADRIANA LIÑÁN MONTES

OCTUBRE 1999

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**TEMA : ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL: MÉTODOS, CRITERIOS DE SELECCIÓN Y UNA APLICACIÓN EN EL ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CLORO INDUSTRIAL.**

No. de págs.280

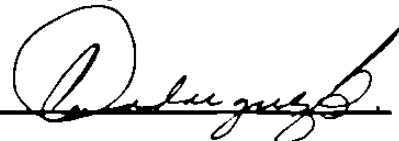
Candidata al Grado de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Ambiental.

**Área de Estudio: Riesgo Ambiental**

**Propósito y Método de Estudio:** Los estudios de Riesgo Ambiental son instrumentos preventivos que la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente introduce con el fin de proteger y preservar el medio ambiente, antes de llevar a cabo cierto tipo de proyectos que representarían un daño potencial para la población, sus bienes y para el ambiente. Sin embargo, debido a que nos encontramos en una zona industrial, como lo es Monterrey, es aún más importante el poder conocer y aplicar los diferentes métodos de análisis de riesgo existentes, para poder definir de manera precisa la magnitud y la probabilidad de Riesgo que las industrias ya establecidas poseen, con el propósito de controlar y mantener el Riesgo dentro de niveles aceptables para la seguridad de la población y el medio ambiente. El procedimiento que se utilizó para desarrollar el presente trabajo de investigación fue; la compilación de información acerca del tema, entrevistas con personas en instituciones académicas y en organismos gubernamentales y no gubernamentales relacionados con la problemática ambiental, la aplicación práctica en forma combinada de dos de los métodos para la evaluación del Riesgo de un cilindro de cloro gas instalado en una planta de tratamiento de agua y la simulación de los efectos y daños que ocasionaría la descarga total al ambiente del cloro contenido en el cilindro.

**Contribuciones y Conclusiones:** Al momento de efectuar un estudio de Riesgo es conveniente utilizar el o los métodos más adecuados tomando en cuenta las características de los métodos y el tipo de proceso industrial a evaluar. El determinar el Riesgo de manera cuantitativa y con la ayuda de un simulador, permite dimensionar en forma real las consecuencias de un accidente. En base a lo anterior se proponen las acciones preventivas necesarias que como resultado traerán la disminución del nivel del Riesgo Ambiental.

Asesora: Dra. Cecilia Rodríguez de Barbarín



## PROLOGO

El Estudio del Riesgo Ambiental es para los países desarrollados un tema muy familiar y siempre está presente en cualquier actividad que en ellos se desempeñe. De hecho el tema de Evaluación de Riesgos forma un apartado especial en ramas de la Ingeniería como la Química, Eléctrica, Ambiental y Mecánica.

En México a raíz de la promulgación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente se muestra un mayor interés para entender lo que es el Riesgo Ambiental sus características como medirlo y como utilizar sus resultados evaluando los riesgos inherentes a las personas sus actividades edificios y la manipulación de sustancias o energía.

Este trabajo presenta tanto los antecedentes en materia de accidentes mayores que se han vivido en el mundo como la forma en que algunos organismos multinacionales han establecido compromisos para la preservación de la población y un mayor cuidado del medio ambiente.

Se expone también la situación actual de México en materia de Riesgo Ambiental su Legislación y la explicación de Análisis de Riesgo. Se analizan los métodos existentes para el análisis y evaluación del Riesgo y se propone una guía para facilitar la selección del o los métodos con la intención de desarrollar un estudio de Riesgo Ambiental confiable y preciso, aplicable tanto para Industrias en vías de instalación como para las que están ya instaladas. Se ilustra la combinación de dos de los métodos expuestos aplicados en la evaluación del Riesgo Ambiental de un sistema real que consiste de un tanque de cloro gas instalado en una planta de tratamiento de agua residual. Se lleva a cabo una simulación de los daños y efectos que pudiera ocasionar la emisión a la atmósfera del contenido total del tanque en el peor de los casos.

Un propósito final de este trabajo es que sea de utilidad para todas aquellas personas que de manera comprometida buscan mantener y controlar el Riesgo Ambiental dentro de niveles aceptables para la población, sus bienes y el medio ambiente.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer primero a Dios por todas las bendiciones recibidas a lo largo de mi vida

A mis padres y hermanos por su apoyo siempre incondicional en la realización de mis metas

A mis maestros por el esfuerzo constante que realizan al transmitir sus enseñanzas.

A mis compañeros y amigos por todos los momentos compartidos durante nuestra formación

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo económico

A la Dra Cecilia Rodríguez de Barbarín y al Dr Juan Manuel Barbarín por sus consejos apoyo y asesoría

Al Ing Omar Huerta Granados por su asesoría y apoyo en la realización de este trabajo

A la empresa Agua Industrial de Monterrey Sociedad de Usuarios, en especial al Ing Roberto Montemayor y al Sr Roberto Villarreal por su disponibilidad, cooperación y ayuda para la aplicación práctica de este trabajo

Al Instituto Nacional de Ecología, al Centro de Calidad Ambiental ITESM, a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Subsecretaría de Ecología del Gobierno de Nuevo León por la información proporcionada

Al Arq Ramón Longoria Ramírez por su valiosa colaboración

## JUSTIFICACION

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente establece actualmente tres modalidades de estudio del Riesgo para los proyectos de industrias que están por establecerse, en función del tamaño de la instalación y de la cantidad de sustancias peligrosas que se vayan a manejar en el proceso.

El Instituto Nacional de Ecología solamente proporciona las guías para la presentación de este tipo de estudios con la modalidad señalada, sin establecer cual es el método más conveniente para la evaluación del riesgo ambiental

Debido a lo anterior se consideró importante realizar una recopilación de los métodos existentes y desarrollar una guía que oriente en la selección del método o los métodos para que el estudio de riesgo sea confiable y preciso

El conocimiento de estos métodos ayudará también a las industrias ya establecidas a evaluar su nivel de riesgo y a capacitar a su personal para la realización de estos estudios

Para mostrar una forma de aplicación práctica, en un caso real, se aplicó la metodología más adecuada para la evaluación del Riesgo Ambiental que representa un tanque de cloro utilizado durante el proceso de tratamiento de aguas residuales en una planta ya establecida.



## HIPOTESIS

- El método seleccionado para evaluar el Riesgo Ambiental, así como las variables utilizadas para su evaluación (tipo de sustancias utilizadas en el proceso, los procedimientos de operación , instalaciones de la planta capacitación del personal etc ) influyen en los resultados
- Una correcta medición de los Riesgos Ambientales en proyectos industriales o empresas ya instaladas representa para la comunidad una garantía de mayor seguridad al momento de su operación
- La medición de la frecuencia y severidad de cada accidente ayuda a definir la magnitud de riesgo y ayuda a identificar aquellos que requieren de mitigación inmediata
- Una industria puede conocer el Riesgo Ambiental que sus instalaciones representan y puede compararse con estándares generalmente aceptados de desastres naturales accidentes creados por el hombre o con modelos adoptados por otros países
- Los resultados de una evaluación de Riesgo Ambiental ayudan a disminuir los accidentes en empresas ya instaladas y a prevenirlos en proyectos industriales

## OBJETIVO

- Analizar los métodos que existen para evaluar el riesgo ambiental, para definir y destacar las ventajas y desventajas que cada uno presenta
- Establecer un procedimiento para seleccionar el método más adecuado para evaluar el riesgo ambiental de una manera confiable, tanto en proyectos industriales como en industrias ya instaladas
- Aplicar uno de los métodos discutidos en la evaluación de Riesgo Ambiental existente en la sección de cloración en una planta de tratamiento de aguas residuales
- Identificar las causas potenciales de riesgo y simular un evento considerando como escenario el peor de los casos
- Contribuir a la divulgación de la información concerniente a los métodos utilizados para evaluar el riesgo ambiental

## TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1 INTRODUCCION . . . . .	1
1 1 Antecedentes . . . . .	1
1 1 1 Accidentes Importantes en el mundo . . . . .	2
1 1 2 Situación Actual de los Países Desarrollados y en Vías de Desarrollo . . . . .	7
1 1 2 1 Países Desarrollados . . . . .	7
1 1 2 2 Países en Vías de Desarrollo . . . . .	8
1 1 3 Compromisos Multinacionales . . . . .	9
1 1 3 1 Directiva Seveso . . . . .	10
1 1 3 2 OCDE . . . . .	12
1 1 3 3 ONU . . . . .	13
1 1 3 4 OIT . . . . .	13
1 1 4 Situación Actual de México en cuanto a Prevención y Control de Accidentes Mayores en la Industria . . . . .	14
1 1 5 Definición del Riesgo Ambiental . . . . .	16
1 1 5 1 Clasificación de los Riesgos Ambientales . . . . .	20
1 1 5 2 Analisis de Riesgo . . . . .	21
2 LEGISLACION AMBIENTAL . . . . .	23
2 1 Legislación Nacional en Materia de Riesgo Ambiental . . . . .	23
2 1 1 Artículos de la Ley General del Equilibrio Ecológico aplicables en Materia de Riesgo Ambiental . . . . .	27
3 TECNICAS DE EVALUACION DE RIESGO . . . . .	33
3 1 Revisión de Seguridad . . . . .	36
3 1 1 Descripción . . . . .	36
3 1 2 Propósito . . . . .	38
3 1 3 Tipos de Resultados . . . . .	39
3 1 4 Recursos Necesarios . . . . .	39
3 2 Lista de Verificación . . . . .	41
3 2 1 Descripción . . . . .	41
3 2 2 Propósito . . . . .	42
3 2 3 Tipos de Resultados . . . . .	43
3 2 4 Recursos Necesarios . . . . .	43

<b>Capítulo</b>	<b>Página</b>
3 3	Análisis con Rango Relativo . . . . . 45
3 3.1	Descripción . . . . . 45
3 3.2	Propósito . . . . . 48
3 3.3	Tipos de Resultados . . . . . 49
3 3.4	Recursos Necesarios . . . . . 50
3 4	Análisis Preliminar de Riesgo . . . . . 52
3 4.1	Descripción . . . . . 52
3 4.2	Propósito . . . . . 54
3 4.3	Tipos de Resultados . . . . . 55
3 4.4	Recursos Necesarios . . . . . 55
3 5	Análisis de Probabilidad Condicionada . . . . . 56
3 5.1	Descripción . . . . . 56
3 5.2	Propósito . . . . . 58
3 5.3	Tipos de Resultados . . . . . 59
3 5.4	Recursos Necesarios . . . . . 59
3 6	Análisis con Lista de Verificación y Probabilidad Condicionada . . . . . 61
3 6.1	Descripción . . . . . 61
3 6.2	Propósito . . . . . 62
3 6.3	Tipos de Resultados . . . . . 63
3 6.4	Recursos Necesarios . . . . . 63
3 7	Análisis de Riesgos y Operatividad . . . . . 64
3 7.1	Descripción . . . . . 64
3 7.2	Propósito . . . . . 67
3 7.3	Tipos de Resultados . . . . . 67
3.7.4	Recursos Necesarios . . . . . 68
3 8	Análisis de Modos de Falla y Efectos . . . . . 69
3 8.1	Descripcion . . . . . 69
3 8.2	Propósito . . . . . 70
3 8.3	Tipos de Resultados . . . . . 71
3 8.4	Recursos Necesarios . . . . . 71
3 9	Análisis de Arbol de Fallas . . . . . 73
3 9.1	Descripción . . . . . 73
3 9.2	Propósito . . . . . 73
3 9.3	Tipos de Resultados . . . . . 74
3 9.4	Recursos Necesarios . . . . . 75
3 10	Análisis de Arbol de Eventos . . . . . 77
3.10.1	Descripción . . . . . 77
3 10.2	Propósito . . . . . 78
3.10.3	Tipos de Resultados . . . . . 78
3 10.4	Recursos Necesarios . . . . . 79

<b>Capítulo</b>	<b>Página</b>
3 11	Análisis de Causa - Consecuencia . . . . . 81
3 11 1	Descripción . . . . . 81
3 11 2	Propósito . . . . . 81
3 11 3	Tipos de Resultados . . . . . 82
3 11 4	Recursos Necesarios . . . . . 82
3 12	Análisis de Error Humano . . . . . 83
3 12 1	Descripción . . . . . 83
3 12 2	Propósito . . . . . 84
3 12 3	Tipos de Resultados . . . . . 84
3 12 4	Recursos Necesarios . . . . . 85
4	SELECCION DE LAS TECNICAS PARA UNA EVALUACION DE RIESGO AMBIENTAL. . . . . 89
4 1	Factores que Influyen en la Selección . . . . . 91
4 1 1	Motivación para el Estudio de la Evaluación de Riesgo . . . . . 93
4 1 2	Tipos de Resultados Necesarios . . . . . 94
4 1 3	Tipo de Información Necesaria para Realizar el Estudio . . . . . 95
4 1 4	Características del Problema Analizado . . . . . 97
4 1 5	El Riesgo Percibido de la Actividad o del Proceso en Estudio . . . . . 103
4 1 6	Recursos Disponibles y Preferencias . . . . . 107
5	PROCESO DE TOMA DE DECISIONES PARA SELECCIONAR LA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE RIESGO . . . . . 112
5 1	Propuesta del Criterio de Selección . . . . . 116
5 1 1	Diagrama "A" Lista General de Riesgos . . . . . 119
5 1 2	Diagrama "B" Lista de Alternativas para Mejorar la Seguridad . . . . . 121
5 1 3	Diagrama "C" Lista de Situaciones Específicas de Accidentes y Alternativas para Mejorar la Seguridad . . . . . 123
5.1 4	Diagrama "D" Lista de Accidentes y Alternativas para Mejorar la Seguridad, sin Realizar Evaluación Cuantitativa de Riesgo . . . . . 126
5 1 5	Diagrama "E" Identificación del Tipo de Falla que originó el Accidente . . . . . 129
5 1 6	Diagrama "F" Utilizar los resultados en un Estudio de Riesgo Cuantitativo . . . . . 132

<b>Capítulo</b>	<b>Página</b>
<b>6 PROCEDIMIENTO PARA LA PRESENTACION DE UN ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL EN UN PROYECTO INDUSTRIAL . . . . .</b>	<b>135</b>
6 1 Estudio de Riesgo Ambiental . . . . .	135
6 2 Modalidades existentes para la presentación de un Estudio de Riesgo Ambiental . . . . .	137
6 2 1 Informe Preliminar de Riesgo . . . . .	137
6 2 2 Análisis de Riesgo . . . . .	138
6 2 3 Análisis Detallado de Riesgo . . . . .	139
<b>7 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE RIESGO AMBIENTAL EN INDUSTRIAS YA ESTABLECIDAS . . . . .</b>	<b>140</b>
7 1 Información requerida para diferente tipo de Análisis . . . . .	140
7.1.1 Auditoría Cualitativa de la Seguridad . . . . .	141
7 1.1 1 Recopilación de la Información de Fondo . . . . .	141
7 1.1 2 Inspección del Equipo de Seguridad . . . . .	142
7 1.1 3 Revisión de Documentos . . . . .	143
7 1.1 4 Preparación del Reporte . . . . .	145
7 1.2 Evaluación de Riesgo Semi-Cuantitativo . . . . .	146
7 1.2 1 Evaluación de los Niveles de Frecuencia y severidad . . . . .	146
7 1.2 2 Clasificación de los Indices de Riesgo . . . . .	148
7 1.2 3 Identificación de la Zona de Peligro . . . . .	148
7 1.3 Evaluación Cuantitativa del Riesgo . . . . .	150
7 1.3 1 Clasificación del Lugar . . . . .	150
7 1.3 2 Cuantificación del Riesgo . . . . .	151
7 1.3 3 Evaluación del Riesgo . . . . .	156
7 2 Cotización para un Estudio de Riesgo Ambiental . . . . .	158
<b>8. EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL QUE REPRESENTA LA INSTALACIÓN DE UN TANQUE DE CLORO GAS EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL . . . . .</b>	<b>160</b>
8.1 Descripción de la Instalación . . . . .	161
8 1.1 Área de Operacion . . . . .	163
8 1.2 Proceso de Cloración y Sistema de Dosificación . . . . .	166

8 2 Descripción de los Efectos Físicos, Químicos y Toxicológicos del Cloro Gas . . . . .	172
8 3 Método de Análisis de Riesgo. . . . .	176
8 3 1 Matriz de Riesgo . . . . .	178
8 4 Análisis de Consecuencias del Lugar . . . . .	180
8 4 1 Estándares de Riesgo para la Salud . . . . .	181
8 4 2 Modelo de Dispersión en el Aire . . . . .	183
8 4 3 Distribución de la Población . . . . .	189
9 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE RIESGO . . . . .	191
9 1 Identificación de los Peligros potenciales . . . . .	191
9 1 1 Preguntas Generales . . . . .	191
9 2 Factores de Riesgo. Diagrama de Causas Potenciales y Hojas de Trabajo para su Medición. . . . .	195
9 3 Identificación de las situaciones de Mayor Riesgo. . . . .	209
9 4 Escenarios de Fugas . . . . .	210
9 5 Modelado . . . . .	210
9 6 Comparación de los Resultados del Modelado con los Estándares de Riesgo . . . . .	217
9 6 1 Grado de Afectación . . . . .	218
10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	236
BIBLIOGRAFÍA . . . . .	242
APÉNDICES . . . . .	
APÉNDICE A - Guía para la Elaboración del Informe Preliminar de Riesgo . . . . .	
APÉNDICE B - Guía de Elaboracion Modalidad Análisis de Riesgo . . . . .	
APÉNDICE C - Guía para la Elaboración del Análisis Detallado de Riesgo . . . . .	
APÉNDICE D - Plano de la Zona de San Nicolás de los Garza Nuevo León . . . . .	
APÉNDICE E - Planta de Conjunto de AIMSU . . . . .	

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla No.</b>		<b>Página</b>
1	Accidentes graves registrados en Estados Unidos	5
2	Accidentes graves registrados en Francia	6
3	Sustancias Inflamables y Explosivas	32
4	Proyectos de Normas Oficiales Mexicanas sobre sustancias peligrosas	32
5	Tiempo estimado al utilizar la técnica de Revisión de Seguridad	40
6	Tiempo estimado al utilizar la técnica de Análisis con Lista de Verificación	44
7	Tiempo estimado al utilizar la técnica de Análisis de Rangos Relativos	52
8	Tiempo estimado al utilizar la Técnica de Análisis Preliminar de Riesgo	56
9	Tiempo estimado al utilizar la Técnica de Análisis de Probabilidad Condicionada (What -If)	60
10	Tiempo estimado al utilizar el metodo combinado de Lista de Verificacion (Checklist) con la técnica de Análisis de Probabilidad Condicionada (What -If)	64
11	Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Riesgos y Operatividad (HAZOP)	69
12	Tiempo estimado al utilizar el metodo de Análisis de Modos de Falla y Efectos	72
13	Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Arbol de Falla	77
14	Tiempo estimado al utilizar el metodo de Análisis de Arbol de Eventos	80
15	Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Causa - Consecuencia	82
16	Tiempo estimado al utilizar el método de Análisis de Error Humano	87
17	Factores que influyen en la selección de las técnicas de Evaluación de Riesgo	91
18	Información típica necesaria para un Análisis de Riesgo	96



<b>Tabla No.</b>		<b>Página</b>
19	Tipos de Procesos en los que se puede realizar una Evaluación de Riesgo	100
20	Tiempos Estimados para realizar un estudio de Evaluación de Riesgo	111
21	Niveles ERPG 3 y IDLH para algunas sustancias químicas seleccionadas	149
22	Probabilidades de ocurrencia que conducen a un escape de cloro debido a la falla de la manguera	153
23	Efectos del cloro sobre la salud a diferentes Concentraciones	174
24	Condiciones meteorológicas que definen las clases de estabilidad Pasquill	188
25	Censo Poblacional Zona de San Nicolás	190
26	Monitoreo diario horario promedio de la velocidad (WS) y dirección del viento (WD) SIMA estación Noreste Enero - Febrero, 1999	212
27	Monitoreo diario horario promedio de la velocidad (WS) y dirección del viento (WD), SIMA estación Noreste, Marzo - Abril 1999	213
28	Monitoreo diario horario promedio de la velocidad (WS) y dirección del viento (WD) SIMA estación Noreste, Mayo - Junio, 1999	214
29	Resultados de la Simulación de un evento de fuga de cloro gas bajo diferentes condiciones	218

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Legislación Mexicana en materia de prevención y atención a accidentes químicos	26
2	Proceso para toma de decisiones	114
3	Diagrama para seleccionar una técnica de Evaluación de Riesgo	119
4	Diagrama "A" para obtener una lista general de riesgos	120
5	Diagrama "B" para obtener una lista de alternativas para mejorar la seguridad	122
6	Diagrama "C" para obtener una lista de situaciones específicas de accidentes y alternativas para mejorar la seguridad	125
7	Diagrama "D" para obtener una lista de accidentes y alternativas para mejorar la seguridad sin llegar a ser una evaluación cuantitativa	128
8	Diagrama "E" para identificar el tipo de falla que está originando el accidente	131
9	Diagrama "F" para utilizar los resultados en un Estudio de Riesgo Cuantitativo	134
10	Procedimiento que se sigue para la presentación de un estudio de Riesgo Ambiental	136
11	Arbol de Falla para ruptura de manguera conectada a un carro tanque de cloro	152
12	Contornos peligrosos de un incendio en un tanque de hexano y de una nube explosiva de propano	154
13	Procedimiento para conteo de población expuesta	158
14	Perfil de Riesgo Social	159
15	Planta de Conjunto de AIMSU	164
16	Instalaciones del tanque de cloro gas	168
17	Válvula dosificadora de abertura variable	170
18	Diagrama de bloques del proceso de desinfección del agua tratada por cloración	171
19	Sistema de distribución del cloro gas en la planta tratadora de agua residual	172
20	Esquema conceptual del modelo PUFF	184

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
21	Identificación de Riesgos en el sistema de distribución del cloro gas en la planta tratadora de agua residual	196
22	Matriz de Riesgo 4 X 4	197
23	Gráficas de la dirección del viento Enero-Marzo 1999	215
24	Gráficas de la dirección del viento Abril-Junio 1999	216
25	Vista en planta de AIMSU con zona de afectación	240
26	Vista del plano de San Nicolás con zona de afectación	241

## NOMENCLATURA

ACC	Análisis de Causa-Consecuencia
AE	Análisis de Arbol de Eventos
AEH	Análisis del Error Humano
AF	Análisis de Arbol de Fallas
AMFE	Análisis de Modo de Falla y Efectos
APC	Análisis de Probabilidad Condicionada
APC/LV	Análisis de Probabilidad Condicionada/Lista de Verificación
APELL	Programa para la Concientización y Preparación de Emergencias a Nivel Local.
APR	Análisis Preliminar de Riesgo
ARO	Análisis de Riesgos y Operatividad
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
DGNA	Dirección General de Normatividad Ambiental
ERA	Estudio de Riesgo Ambiental
INE	Instituto Nacional de Ecología
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
LV	Lista de Verificación
MIA	Manifiesto de Impacto Ambiental

NOM	Norma Oficial Mexicana
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económico
OIA	Oficina de Industria y Ambiente
OIT	Organización Internacional del Trabajo
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PNUMA	Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
RR	Análisis de Rangos Relativos
RS	Revisión de Seguridad
SIA	Subdirección de Impacto Ambiental
SRA	Subdirección de Riesgo Ambiental