

ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTA

**DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS
FONDO PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS
-FOPAE-**



**DIRECCION DE PREVENCION Y
ATENCION DE EMERGENCIAS**

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

**EVALUACION CUALITATIVA DE RIESGOS PUBLICOS DE ORIGEN
TECNOLOGICO PARA LAS LOCALIDADES DE USAQUÉN Y KENNEDY**



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**

Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá
Fondo de Prevención y Atención de Emergencias

**Análisis de riesgos públicos de origen
tecnológico en las localidades de Usaquén y
Kennedy**

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
Facultad de Ingeniería
Universidad de los Andes

Bogotá, Enero de 2001

Tabla de Contenido

CAPÍTULO 1	11
MARCO TEÓRICO	11
1.1	CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS 11
1.1.1	<i>Aspectos Generales</i> 11
1.1.2	<i>Definiciones básicas</i> 11
1.1.3	<i>Enfoque metodológico del estudio</i> 14
1.1.4	<i>Teoría de sistemas</i> 17
1.2	METODOLOGÍAS EXISTENTES PARA LA MODELACIÓN DE ACCIDENTES TECNOLÓGICOS 20
1.2.1	<i>Revisión bibliográfica</i> 20
1.2.2	<i>Falla de un sistema</i> 21
1.2.3	<i>Definición de Accidentes</i> 21
1.2.4	<i>Clasificación de fallas</i> 21
1.2.5	<i>Metodologías para la modelación de accidentes</i> 23
1.3	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ANÁLISIS DE EVENTOS HISTÓRICOS 31
1.3.1	<i>Aspectos generales</i> 31
1.3.2	<i>Información histórica existente</i> 31
1.3.3	<i>Registro de accidentes tecnológicos en Santa Fe de Bogotá</i> 32
1.3.4	<i>Información de las localidades de Usaquén y Kennedy</i> 36
1.3.5	<i>Evaluación probabilística del riesgo</i> 40
1.3.6	<i>Niveles permisibles de riesgo, criterios internacionales</i> 41
CAPÍTULO 2	42
ANÁLISIS DE NORMATIVIDAD	42
2.1	CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA 42
2.2	NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS 42
2.2.1	<i>Normativa sobre contaminantes</i> 43
2.2.2	<i>Legislación y normatividad en el uso del suelo en el Distrito</i> 54
2.3	RECOMENDACIONES 57
CAPÍTULO 3	59
ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	59
3.1	ASPECTOS GENERALES 59
3.2	DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIDAD DE USAQUÉN 59
3.2.1	<i>Reseña histórica</i> 59
3.2.2	<i>División territorial político-administrativa</i> 61
3.2.3	<i>Crecimiento de la población</i> 61
3.2.4	<i>Estratificación socio-económica</i> 63
3.2.5	<i>Nivel de pobreza</i> 63
3.2.6	<i>Ocupación según ramas de actividad económica</i> 64
3.2.7	<i>Vivienda</i> 66
3.2.8	<i>Disponibilidad de Servicios Públicos</i> 68
3.2.9	<i>Factores de riesgos físicos</i> 70
3.2.10	<i>Factores de riesgos químicos</i> 71
3.3	DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIDAD DE KENNEDY 71
3.3.1	<i>Ubicación geográfica y división territorial político-administrativa</i> 71
3.3.2	<i>Crecimiento de la población</i> 73
3.3.3	<i>Estratificación socio-económica</i> 74
3.3.4	<i>Ocupación según ramas de actividad económica</i> 74
3.3.5	<i>Nivel de Pobreza</i> 75
3.3.6	<i>Disponibilidad de Servicios Públicos</i> 76
3.3.7	<i>Factores de riesgos físicos</i> 78
3.3.8	<i>Factores de riesgos químicos</i> 82

3.4	CARACTERÍSTICAS DEL MANEJO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN	82
3.4.1	<i>Aspectos generales</i>	82
3.4.2	<i>Análisis estadístico de accidentes tecnológicos</i>	82
3.5	IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE RIESGO	84
3.5.1	<i>Agentes generadores de riesgo</i>	84
3.5.2	<i>Riesgos asociados a los procesos industriales</i>	86
3.5.3	<i>Procesos generadores de riesgos tecnológicos</i>	88
3.6	RESIDUOS PELIGROSOS	90
3.6.1	<i>Residuos Peligrosos en Santa Fe de Bogotá</i>	90
3.6.2	<i>Generación de Residuos Peligrosos en Santa Fe de Bogotá</i>	90
3.6.3	<i>Manejo de los Residuos Peligrosos en Bogotá</i>	92
CAPÍTULO 4		94
PRODUCTOS ESPECÍFICOS		94
4.1	ASPECTOS GENERALES	94
4.2	INFORMACIÓN BÁSICA POR UNIDAD	94
4.2.1	<i>Aspectos generales</i>	94
4.2.2	<i>Cálculo del número de habitantes y viviendas por sector</i>	94
4.2.3	<i>Estimación del número de viviendas para el año 2000</i>	94
4.2.4	<i>Cálculo del costo de las viviendas para cada sector</i>	94
4.3	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO	96
4.3.1	<i>Aspectos generales</i>	96
4.3.2	<i>Modelación del sistema</i>	96
4.3.3	<i>Modelación del riesgo</i>	99
4.3.4	<i>Mecanismo de ocurrencia del accidente</i>	100
4.3.5	<i>Modelación de la ocurrencia y la afectación del fenómeno</i>	101
4.3.6	<i>Modelación de las consecuencias</i>	103
4.3.7	<i>Evaluación general del riesgo</i>	104
4.4	EVALUACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE RIESGO	105
4.4.1	<i>Aspectos generales</i>	105
4.4.2	<i>Incendios</i>	105
4.4.3	<i>Explosiones</i>	116
4.4.4	<i>Fugas</i>	126
4.4.5	<i>Derrames</i>	134
4.4.6	<i>Ocurrencia de eventos en cadena</i>	139
CAPÍTULO 5		141
LINEAMIENTOS GENERALES DEL PLAN DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA		141
5.1	ASPECTOS GENERALES	141
5.2	ESTRUCTURA GENERAL DEL PLAN DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA	141
5.3	ORGANIZACIÓN INTERINSTITUCIONAL	141
5.3.1	<i>Estructura y jerarquía</i>	142
5.3.2	<i>Coordinación</i>	143
5.3.3	<i>Funciones y responsabilidades</i>	143
5.4	INVENTARIO DE RECURSOS	144
5.4.1	<i>Información sobre la situación de la localidad</i>	144
5.4.2	<i>Recursos para el manejo de la emergencia</i>	146
5.5	ANÁLISIS DE RIESGOS	147
5.6	PLANES DE CONTINGENCIA POR ESCENARIO	148
5.6.1	<i>Prevención</i>	148
5.6.2	<i>Respuesta</i>	150
5.6.3	<i>Escenario de incendios</i>	152
5.6.4	<i>Escenario de explosiones</i>	152
5.6.5	<i>Escenario de fugas</i>	153
5.6.6	<i>Escenario de derrames</i>	154
CAPÍTULO 6		157
ESTRATEGIA PARA LA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE RIESGOS TECNOLÓGICOS		157
6.1	ASPECTOS GENERALES	157

6.2	MODELO CUALITATIVO VS MODELO CUANTITATIVO	157
6.2.1	<i>Recomendaciones para mejorar la precisión del modelo</i>	158
6.2.2	<i>Recomendaciones para un estudio de riesgo industrial</i>	160
CAPÍTULO 7	164
CONCLUSIONES	164
CAPÍTULO 8	168
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	168
ANEXO A: GLOSARIO DE TÉRMINOS		
ANEXO B: COMPARACIÓN DE METODOLOGÍA		
ANEXO C: SISTEMA NORMATIVO COLOMBIANO		
ANEXO D: SISTEMA GENERAL DE RIESGOS INDUSTRIALES PROFESIONALES		
ANEXO E: ASPECTOS DESTACABLES DE LA LEGISLACIÓN COLOMBIANA SOBRE RIESGOS		
ANEXO F: CONVENIO DE BACILEA		
ANEXO G: MARCO INTERNACIONAL SOBRE EL USO DEL SUELO INDUSTRIAL: CASO MÉXICO		
ANEXO H: CLASIFICACIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS		
ANEXO I: PROCESOS Y COMPONENTES DEL CICLO INDUSTRIAL		
ANEXO J: CLASIFICACIÓN POR CIU		
ANEXO K: LISTADO FINAL DE EMPRESAS		

Índice de figuras

Figura 1.1. Evaluación del riesgo con base en la amenaza y la vulnerabilidad.....	14
Figura 1.2. Proceso para la evaluación del riesgo (Sánchez-Silva, 2000)	15
Figura 1.3 Alternativas para el manejo de la Incertidumbre.....	16
Figura 1.4 Características de un sistema	18
Figura 1.5 Descripción de la trayectoria de estado de un sistema.....	18
Figura 1.6 Manejo de un sistema a través de subsistemas	19
Figura 1.7 Características de una representación jerárquica.....	19
Figura 1.8 Clasificación de fallas.....	22
Figura 1.9 Características fundamentales de un árbol de falla	26
Figura 1.10 Esquema general de un árbol de eventos.	26
Figura 1.11 Diagramas de bloque	27
Figura 1.12 Diagrama de transición de estado.....	28
Figura 1.13 Loss Causation Model (ILCI)	29
Figura 1.14 Modelo de Presión y Liberación	30
Figura 1.15 Modelo de incubación de los desastres.....	31
Figura 1.16 Causa de la accidentalidad registrada en las localidades de Usaquén y Kennedy entre 1943 y 1993 (ODIC).....	37
Figura 1.17 Accidentalidad en las localidades de Usaquén y Kennedy, por sector industrial, entre 1943 y 1993 (ODIC).....	38
Figura 1.18 Número de personas damnificadas por incendio en las localidades de Usaquén y Kennedy entre 1943 y 1993 (ODIC).....	39
Figura 1.19 Curvas de riesgo de frecuencia-consecuencia para USA.....	40
Figura 1.20 Riesgos sociales causados por eventos antrópicos que envuelve instalaciones industriales (Mark, G. 1997)	41
Figura 1.21 Aceptabilidad del riesgo	41
Figura 3.1. Localidad de Usaquén.....	60
Figura 3.2. Distribución de la población por estratos. Localidad de Usaquén, 1990.....	63
Figura 3.3. Estratificación socioeconómica. Localidad de Usaquén, 1997.....	65
Figura 3.4. Viviendas Particulares por tipo de vivienda. Localidad de Usaquén y Santa Fe de Bogotá. 1993.....	67
Figura 3.5. Porcentaje de viviendas particulares por sistema de disposición de basuras. Localidad de Usaquén.1993.....	69
Figura 3.6 Población estimada y densidad según estrato Localidad de Kennedy. 1997.....	74
Figura 3.7. Mapa de riesgos ambientales. Localidad de Kennedy.....	80
Figura 4.1 Representación de la situación actual de la localidad.....	97
Figura 4.2 Selección de unidades fundamentales para el estudio	97
Figura 4.3 Descripción jerárquica de las unidades componentes del sistema	98
Figura 4.4 Descripción del sistema en un mayor nivel de detalle al de la Figura 4.1	99
Figura 4.5 Proceso para la evaluación del riesgo.....	100
Figura 4.6 Proceso generador de riesgo (i.e. ocurrencia de un accidente).....	101
Figura 4.7 Posibilidad de ocurrencia de eventos en cadena.....	103
Figura 4.8 Condiciones necesarias para la ocurrencia del Fuego	107
Figura 4.9 Desarrollo de las fases del fuego	110
Figura 4.10 Geometría típica de un cuarto de habitación	112
Figura 4.11 Modelo de propagación del incendio	113
Figura 4.12: Algoritmo para el cálculo de la afectación por incendio	114
Figura 4.13 Descripción de los resultados del modelo de afectación por incendio	115

<u>Figura 4.14 Algoritmo para el cálculo de la afectación por explosión.....</u>	125
<u>Figura 4.15 Modelo de transferencia de masa</u>	126
<u>Figura 4.16 Diagrama de flujo para el cálculo de afectación por fuga.....</u>	132
<u>Figura 4.17 Descripción del modelo de fugas.....</u>	133
<u>Figura 4.18 Eventos producidos durante el derrame de una sustancia líquida</u>	134
<u>Figura 4.19 Transito de la sustancia líquida en el alcantarillado.....</u>	135
<u>Figura 4.20 Diagrama de flujo para el cálculo de afectación por derrame.</u>	138
<u>Figura 4.21 Descripción de la aplicación del modelo de afectación por derrame.....</u>	139
<u>Figura 4.22 Relaciones de dependencia entre eventos utilizadas</u>	140
<u>Figura 5.1 Estructura y jerarquía del plan de emergencia y contingencia</u>	142
<u>Figura 6.1 Comparación entre un modelo cualitativo y uno cuantitativo</u>	157

Índice de tablas

Tabla 1.1 Modelos existentes para la evaluación de las diferentes etapas del riesgo	15
Tabla 1.2 Descripción de agencias internacionales consultadas	20
Tabla 1.3 Estados de Markov para un sistema de dos componentes	28
Tabla 1.4 Eventos históricos ocurridos en las localidades	32
Tabla 1.5 Resultados de la búsqueda complementaria de información histórica sobre accidentes industriales en las localidades de Usaquén y Kennedy.	32
Tabla 1.6 Distribución de eventos tecnológicos ocurridos entre 1979 y 1998.	33
Tabla 1.7 Distribución de eventos en Santa Fe de Bogotá (CCS, 1999)	34
Tabla 1.8 Actividades o sistemas involucrados en los eventos tecnológicos entre 1979 y 1998 (CCS, 1999)	34
Tabla 1.9 Frecuencia de la accidentalidad por origen	36
Tabla 1.10 Frecuencia de la accidentalidad sector industrial	38
Tabla 1.11 Número de personas afectadas por incendios en las localidades de Usaquén y Kennedy	39
Tabla 1.12 Riesgos típicos: probabilidad de muerte temprana por persona y año calendario ...	40
Tabla 2.1 Marco normativo de aplicación nacional	51
Tabla 2.2 Marco normativo de aplicación distrital	53
Tabla 2.3 Obligaciones del DPAE relacionadas en el POT	56
Tabla 2.4 Zonas y usos industriales de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial de Santa Fe de Bogotá 2000.	57
Tabla 3.1 Barrios según estrato predominante. Localidad de Usaquén, 1991.	61
Tabla 3.2 Población. Localidades, 1985 y 1993.	62
Tabla 3.3 Proyecciones de población. Localidad de Usaquén, 1997, 2000, 2005 y 2010.	62
Tabla 3.4 Tasa de crecimiento anual y porcentaje de incremento anual de la población. Localidad de Usaquén, 1985-2010.	63
Tabla 3.5 Personas con NBI por indicadores. Localidad de Usaquén y Santa Fe de Bogotá, 1985, 1991.	64
Tabla 3.6 Población económicamente activa ocupada según ramas de actividad de la empresa. Localidad de Usaquén y Santa Fe de Bogotá 1993.	64
Tabla 3.7 Actividad Económica Informal. Localidad de Usaquén.	66
Tabla 3.8 Viviendas particulares por número de hogares en la vivienda. Localidad de Usaquén y Santa Fe de Bogotá. 1993	67
Tabla 3.9 Viviendas particulares ocupadas por disponibilidad de servicios públicos. Localidad de Usaquén y Santa Fe de Bogotá. 1993.	68
Tabla 3.10 Porcentaje de hogares sin gas domiciliario y servicio de teléfono, según condición de pobreza. Localidad de Usaquén y Santa Fe de Bogotá. 1991.	70
Tabla 3.11 Población ajustada 1.985, censada y ajustada 1.993.	73
Tabla 3.12 Proyección de la población. Localidad de Kennedy, 1.997-2.000.	74
Tabla 3.13 Actividades económicas y número de empleos	75
Tabla 3.14 Usos del suelo. Localidad de Kennedy, 1.997.	75
Tabla 3.15 Personas con NBI por indicadores. Kennedy y Santa Fe de Bogotá (%) 1985 - 1991 ...	75
Tabla 3.16 Viviendas particulares por disponibilidad de servicios públicos. Localidad de Kennedy, 1.993.	76
Tabla 3.17 Distribuciones de probabilidad fundamentales.	83
Tabla 3.18 Clasificación de industrias (CCS, 1999)	84
Tabla 3.19 Clasificación industrial con base en el ISS (ISS, 2000)	84
Tabla 3.20 Tipos de desastres de origen tecnológico	85
Tabla 3.21 Distribución de actividades por variedad de amenazas (CCS,1999)	88

<u>Tabla 3.22 Composición de los sistemas con potencial de amenazas tecnológicas por tamaño según activos brutos (CCS, 1999)</u>	89
<u>Tabla 3.23 Residuos Industriales Peligrosos (RIP) generados por el sector formal de la industria en Santa Fe de Bogotá (Hospital Trinidad Galan, 1999)</u>	91
<u>Tabla 3.24 Cálculo de las cantidades de residuo peligroso (Hospital Trinidad Galan, 1999)</u>	91
<u>Tabla 3.25 Significado del sector informal en la industria y la manufactura (CCS, 1999)</u>	92
<u>Tabla 4.1: Índice de Precios al Consumidor (IPC), variaciones porcentuales</u>	95
<u>Tabla 4.2 Costo promedio de vivienda por estrato en pesos de marzo del 2000</u>	96
<u>Tabla 4.3 Atributos de las unidades componentes y las conexiones</u>	99
<u>Tabla 4.4 Clasificación del riesgo con base en las pérdidas relativas de cada unidad.</u>	105
<u>Tabla 4.5 Reporte estadístico de las principales causas de incendio</u>	106
<u>Tabla 4.6 Valores empleados en el modelo</u>	112
<u>Tabla 4.7 Clasificación de sustancias peligrosas por inflamabilidad</u>	115
<u>Tabla 4.8 Caracterización de la potencialidad de incendio</u>	116
<u>Tabla 4.9 Clasificación de industrias</u>	124
<u>Tabla 4.10 Rango de concentración crítico por sustancia</u>	131
<u>Tabla 4.11 Radios de concentración crítico por sustancia</u>	133
<u>Tabla 5.1 Listado de Planos</u>	148

Lista de abreviaturas

CCS	Consejo Colombiano de Seguridad
ACOTOFA	Asociación Colombiana de Toxicología y Farmacología
AIChE	American Institute of Chemical Engineering
AIS	Asociación de Ingeniería Sísmica
ARP	Administradora de Riesgos Profesionales
ASOPAR	Asociación de Industrias Petroquímicas de Puente Aranda
BACT	Best Available Control Technology
CAR	Corporación Autónoma Regional
CIART	Centro Internacional de Apoyo en Redes Tecnológicas
CIIA	Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental Universidad de los Andes
CISPROQUIM	Centro de Información de Seguridad sobre Productos Químicos
CITEC	Centro de Investigaciones Tecnológicas Universidad de los Andes
DAMA	Departamento Administrativo del Medio Ambiente
DANE	Departamento Nacional de Estadística
DAPD	Departamento Administrativo de Planeación Distrital
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DPAE	Dirección de Prevención y Atención de Emergencias
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DRAL	Diccionario de la Real Academia de la Lengua
EERI	Earthquake Engineering Research Institute
EPA	Environmental Protection Agency
FEMA	Federal Emergency Management Agency
FMECA	Análisis de Modos de Fallas
GLP	Gas Licuado de Petróleo
HAZOP	Hazard Operation
IARC	International Agency for Research of Cancer
ILCI	International Loss Control Institute
IPC	Índice de Precios al Consumidor
ISO	International Standards Organization
JICA	Japan International Cooperation Agency
LAER	Lowest Achievable Emission Rate
NFPA	National Fire Prevention Agency
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NRL	Nuclear Regulatory Commission
OD	Oxígeno Disuelto
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPES	Oficina para la Prevención de Emergencias
OSHA	Occupational Safety and Health Agency
OSTP	Office of Science and Technology Policy
PHA	Análisis Preliminar de Falla
POT	Plan de Ordenamiento territorial
RACT	Reasonably Available Control Technology
RCR	Repair Cost Ratio
RIP	Riesgo Industrial Peligroso
SISE	Centro Distrital de Sistematización y Servicios Técnicos
SMMLV	Salario Mínimo Mensual Legal Vigente
TLV	Threshold Limit Value
TNT	Trinitrotolueno
USEPA	United States Environmental Protection Agency

Metodologías para la evaluación de riesgos públicos de origen tecnológicos en las localidades de Usaquén y Kennedy

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental
Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes

REF: Este documento presenta el segundo informe del estudio titulado “*Análisis cualitativo de riesgos públicos de origen tecnológico en las localidades de Usaquén y Kennedy*”, correspondiente a la invitación pública No. 1141-01-2000 del 9 de agosto de 2000 y que hace parte del proyecto 2012 y del sub-proyecto 1.1.4.1 del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Santa Fe de Bogotá (FOPAE).

Introducción

La evaluación de riesgos tecnológicos en ciudades industrializadas se ha convertido en uno de los principales retos de cara al futuro. El continuo crecimiento económico, el desarrollo de nuevas tecnologías y la previsión en materia de planeación urbana son factores necesarios para garantizar el desarrollo de las ciudades. El riesgo es el efecto combinado de la probabilidad de ocurrencia de una falla y sus consecuencias en un contexto determinado. En consecuencia, los análisis de riesgo son ante todo una herramienta para la toma de decisiones. La planeación y construcción de ciudades más seguras exige el conocimiento de todos aquellos incidentes que eventualmente pueden conducir a situaciones desfavorables. En otras palabras, debe estar sustentada en estudios de riesgo confiables.

Desastres industriales notables en el mundo como la explosión parcial de la planta nuclear de *Chernobyl* en Rusia (1986), la explosión de la plataforma *Piper Alfa* en el Mar del Norte (1988), o las explosiones de gas en *Guadalajara*, México (1992), entre muchos otros, han demostrado la importancia de manejar y mitigar los riesgos tecnológicos. El incendio de los tanques de almacenamiento de combustible en Puente Aranda ocurrido en 1983 muestra que Santa Fe de Bogotá no está exenta de ese tipo de situaciones y requiere la implementación de políticas de desarrollo industrial basadas en estudios de riesgo. Para ello es indispensable contar con la información adecuada y con una estrategia para la toma de decisiones; lo cual es el objetivo último de un análisis de riesgo.

Dentro de este contexto, la División para la Prevención y Atención de Emergencias para Santa Fe de Bogotá D.C. (DPAE) se ha comprometido con la realización de estudios de riesgos públicos de origen tecnológico en diferentes Localidades del Distrito Capital, con el fin de que sirvan como herramientas de planeación y apoyo para la elaboración de planes de contingencia y atención de emergencias.

Capítulo 1

Marco teórico

1.1 Conceptos básicos para la evaluación de riesgos

1.1.1 Aspectos Generales

En este capítulo se discuten críticamente los conceptos fundamentales que soportan un estudio de riesgo. Se definirán conceptos como amenaza, vulnerabilidad y riesgo que son esenciales para garantizar consistencia de criterios a través de todo el estudio. Adicionalmente se presenta una descripción de la estrategia para la modelación de sistemas complejos.

Específicamente se tratarán los siguientes temas:

- Definiciones básicas (amenaza, vulnerabilidad, riesgo, confiabilidad y seguridad)
- Enfoque metodológico del estudio
- Teoría de sistemas (descripción y modelación jerárquica)

1.1.2 Definiciones básicas

No existe una definición estándar y universalmente aceptada de amenaza, vulnerabilidad y riesgo a pesar de los esfuerzos de diferentes organizaciones por unificar la terminología. La razón de fondo radica en el hecho de que estos conceptos están íntimamente ligados a la modelación del problema. Con el fin de unificar criterios sobre la terminología, a continuación se presenta una breve discusión sobre la forma en que se utilizarán en este estudio.

1.1.2.1 Amenaza:

Las definiciones de amenaza más utilizadas son:

“Dar indicios de estar inminente alguna cosa mala o desagradable”. (DRAL).

“Un fenómeno asociado con un <evento natural> (ej.: sismo) que puede ocasionar efectos adversos en alguna actividad humana” (EERI 1984).

“La probabilidad de ocurrencia de un <evento natural> (ej.: sismo), de cierta severidad, en un período de tiempo determinado, en un área específica”. (UNDRO).

“Posibilidad de que un evento negativo o siniestro se presente” (CCS, 1999).

En términos más técnicos, la definición de amenaza puede expresarse como la probabilidad de excedencia de cierto parámetro del fenómeno bajo consideración (ej.: aceleración pico esperada del evento sísmico) en un periodo de tiempo determinado:

“ $H(a) = P(A > a)$ Por lo menos una vez durante un período de tiempo T ”

Donde $H(a)$ representa la amenaza descrita en términos del parámetro a y A es la variable aleatoria que describe la amenaza. La intensidad del evento puede estar representada por un parámetro específico del fenómeno (ej.: aceleración pico esperada del sismo), o por su severidad (ej.: Magnitud). T representa el lapso de tiempo durante el cual se espera que se presente el evento.

La definición de la amenaza está íntimamente ligada a las características del modelo utilizado para describir el problema. Por ejemplo, los modelos causa-efecto consideran la amenaza como un factor externo al sistema. Otros modelos consideran la amenaza como un proceso de acumulación de factores en el tiempo. Algunos autores consideran la amenaza como parte integral del sistema que se está evaluando, definiéndola como un grupo de características, externas o internas al sistema, que individual o conjuntamente pueden conducir a un estado futuro de falla. En estos términos, la amenaza se puede definir como:

“conjunto de pre-condiciones para la ocurrencia de una falla” (Blockley, 1992)

Dentro de este contexto, un análisis de amenaza consiste en examinar las condiciones actuales para determinar si existen posibles pre-condiciones para escenarios futuros no deseados (ej. Falla). Esta definición de la amenaza adquiere una dimensión mucho más general. *Amenaza* puede ser un evento natural, un error de diseño, una falla en la construcción, cualquier deficiencia en la operación de un sistema o una acción humana. Esta visión de amenaza se utiliza ampliamente en la industria.

Es importante notar que la amenaza es “real” y parte fundamental del problema que se quiere resolver. Esto no pasa con la vulnerabilidad, el riesgo y la seguridad que son modelos utilizados para la toma de decisiones únicamente. Esto es fundamental, porque implica que es posible manejarla directamente y adicionalmente permite obviar los problemas asociados a la “incompleteness”¹ del riesgo y las dificultades en el cálculo de las probabilidades. Aunque amenazas de eventos naturales como los sismos son difíciles de intervenir directamente, existen muchas otras como las características físicas de una industria que sí pueden modificarse (ej.: seguridad industrial).

Es importante resaltar que la discusión anterior no se puede desligar del hecho de que sí no existe algo que pueda sufrir daño, la amenaza no existe. Un deslizamiento en el Polo Norte no es una amenaza si no existe la posibilidad de que pueda ocasionar un cierto nivel de pérdidas.

1.1.2.2 Vulnerabilidad

Algunas definiciones de vulnerabilidad son:

“Que puede ser herido o recibir lesión física o moral” (DRAL)

“El grado de pérdida de un elemento, o un grupo de elementos, bajo riesgo que resulta de un sismo de una magnitud o intensidad determinada” (EERI², 1984).

“... grado de exposición de un cierto valor económico o social ante un evento específico”.

“Capacidad del sistema para afrontar una emergencia de acuerdo al nivel de riesgo, las posibles consecuencias y las medidas que se puedan tomar antes de presentarse el evento”.(CCS, 1999)

¹ Desconocimiento de toda la información.

² Earthquake Engineering Research Institute (EERI).

La vulnerabilidad se puede interpretar como una función de pérdidas del sistema. Es claro que ningún elemento es vulnerable *per-se*. La vulnerabilidad está íntimamente ligada a una amenaza y por lo tanto depende de las características del evento amenazante. En consecuencia, no es posible que exista la vulnerabilidad sin que exista la amenaza. Un estudio de vulnerabilidad debe incluir tres aspectos fundamentales (Sánchez-Silva, 2000):

- Definición de un criterio de evaluación (forma, resistencia, etc.)
- Definición y caracterización de las pérdidas (económicas, sociales)
- Definición de escenarios de estudio.

Los criterios para la evaluación de la vulnerabilidad pueden incluir resistencia, forma y capacidad de respuesta entre otros. Por ejemplo, la vulnerabilidad interpretada como un concepto independiente del agente externo está relacionada con la identificación de “debilidades” (*weak links*) en la *forma* del proyecto. En estos términos, la vulnerabilidad puede definirse también como: “La susceptibilidad a la falla de un artefacto (ej. Industrias, líneas vitales) bajo una acción arbitraria” (Blockley 1992).

La caracterización de las pérdidas hace referencia al tipo y su cuantificación fundamentalmente. Por ejemplo la tipificación más utilizada considera pérdidas económicas (ej. valor de la infraestructura física) y social (ej. muertos y heridos). La derivación de escenarios futuros particulares como el escenario más probable, o el que produce las máximas pérdidas, se refiere a estados particulares del sistema para los cuales el proyecto puede sufrir algún daño. La completa identificación de escenarios determina en buena medida la calidad del análisis.

1.1.2.3 Riesgo

Dentro de las principales definiciones de riesgo se encuentran:

“Contingencia o proximidad de un daño; estar en una cosa expuesta a perderse o a no verificarse” (DRAL)

“La probabilidad de que un cierto nivel de consecuencias sociales o económicas (de un sismo) excedan un valor específico en un sitio, varios lugares, o un área durante un periodo de tiempo de exposición determinado” (EERI, 1984).

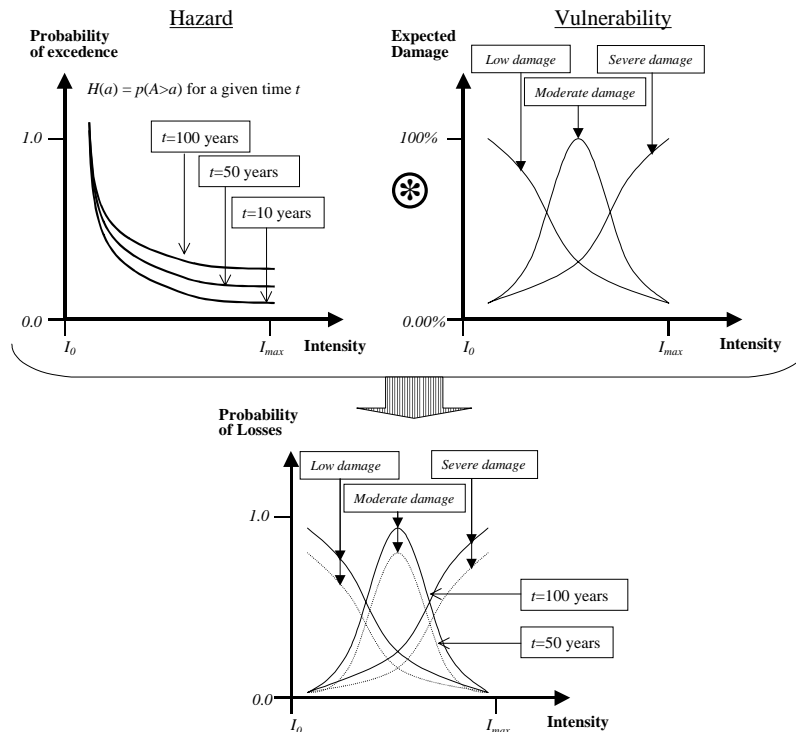
“Medida matemática o probabilidad que un evento negativo o siniestro pueda presentarse. Desvío que puede causar daños, lesiones u otras formas de pérdida”. (CCS, 1999).

En un intento por definir el riesgo en términos más apropiados dentro del lenguaje de los técnicos y como una alternativa metodológica para su evaluación, el riesgo se ha definido en algunos casos como producto de la amenaza, la vulnerabilidad y el valor del elemento potencialmente afectado (Figura 1.1).

La estrecha relación entre la amenaza y la vulnerabilidad, discutida en las secciones anteriores, deja en claro que no son eventos independientes; y en consecuencia, la multiplicación no es un modelo adecuado. Se propone entonces definir el riesgo como:

“El efecto combinado de la probabilidad de ocurrencia de una falla o desastre y sus consecuencias en un contexto determinado”⁶ Blockley (1992).

Figura 1.1. Evaluación del riesgo con base en la amenaza y la vulnerabilidad (Covello y Merkhofer, 1993)



El concepto de riesgo es de alguna forma irreal, puesto que siempre está relacionado con el futuro, con posibilidades, y con todo lo que no ha ocurrido. Si existe certidumbre no hay riesgo. El riesgo es algo que solo existe en la mente y en consecuencia, está íntimamente ligado a aspectos psicológicos personales o colectivos (Elms, 1992).

1.1.2.4 Confiabilidad y seguridad

Confiabilidad se define como el complemento de la probabilidad de falla y es una medida de la capacidad del artefacto de cumplir su función. Por otra parte, la seguridad es el distanciamiento del riesgo aceptable. La aceptabilidad del riesgo tiene diferentes niveles y puede estar definida por normas o por la percepción de los individuos.

1.1.3 Enfoque metodológico del estudio

Con base en la discusión sobre los conceptos básicos (sección 1.1.2) se propone dirigir el estudio hacia el análisis de riesgo directamente puesto que es la herramienta más importante para la toma de decisiones.

Se argumenta que la visión sistémica del proceso de ocurrencia de un accidente que incluye la ocurrencia del incidente, la propagación y la afectación (Figura 1.2), es un modelo mucho más robusto para definir el riesgo. La palabra proceso describe no solo el evento disparador (ej., "trigger") sino todas las pre-condiciones necesarias para su ocurrencia. Este modelo se basa en un proceso de acumulación de evidencia y se ajusta en buena medida a la definición de amenaza propuesta por Blockley (1992). Los procesos de acumulación de evidencia han sido tratados extensamente por la industria petroquímica, eléctrica y nuclear; y son la base para sus modelos de evaluación de riesgos. Adicionalmente, esta aproximación al problema se ajusta al

modelo de la incubación de los desastres propuesto por Turner (1998), el cual sugiere que los accidentes y desastres no son el resultado de una causa única, sino el resultado de la acumulación de factores en el tiempo.

Desde este punto de vista, el análisis consta de tres etapas fundamentales (Figura 1.2):

1. Definición de procesos generadores de riesgo
2. Identificación de elementos potencialmente afectados
3. Evaluación de las consecuencias.

Figura 1.2. Proceso para la evaluación del riesgo (Sánchez-Silva, 2000)



El primer aspecto tiene que ver con la identificación y evaluación de todos aquellos procesos que de origen tecnológico que eventualmente puedan ocasionar pérdidas a la infraestructura o la vida de los habitantes de Usaquén y Kennedy. Posteriormente, con base en un modelo de ocurrencia del evento generador de riesgo y la definición del área de afectación, se identifican los elementos afectados; y finalmente las consecuencias. Por lo tanto, el mapa de riesgo que resulta del estudio es producto de una evaluación consistente y consecuente de todas las etapas del proceso.

1.1.3.1 Modelos existentes

Con base en el modelo de evaluación del riesgo mostrado en la Figura 1.1 Covello y Merkhofer (1993) resumen los métodos para el análisis de riesgo desde la perspectiva de la salud y el medio ambiente como se muestra en la Tabla 1.1. Dentro de los modelos genéricos presentados, existe un gran número de aproximaciones a la modelación del riesgo que pueden pertenecer a dos o más categorías.

Tabla 1.1 Modelos existentes para la evaluación de las diferentes etapas del riesgo
(Covello y Merkhofer, 1993)

Procesos generadores de riesgo	Identificación de elementos afectados	Evaluación de las consecuencias
Métodos modelación estadísticos: <ul style="list-style-type: none"> • Análisis clásico • Falla de componentes • Eventos iniciadores • Eventos de magnitud variable Árboles de falla Árboles de eventos Modelos de descarga	Modelos evaluación exposición: <ul style="list-style-type: none"> • Contaminación atmosférica • Contaminación agua superficial • Contaminación de aguas subterráneas • Transporte en diferentes medios • Ruta de exposición • Exposición de la población 	Consecuencias sobre la salud: <ul style="list-style-type: none"> • Dosis – respuesta simple • Distribución de la tolerancia • Métodos Mecanísticos • Tiempo de respuesta Consecuencias ambientales: <ul style="list-style-type: none"> • Dosis – respuesta ambiental • Modelos Dinámicos • Métodos matriciales • Procesos estocásticos • Modelos de Markov • Contaminación - respuesta

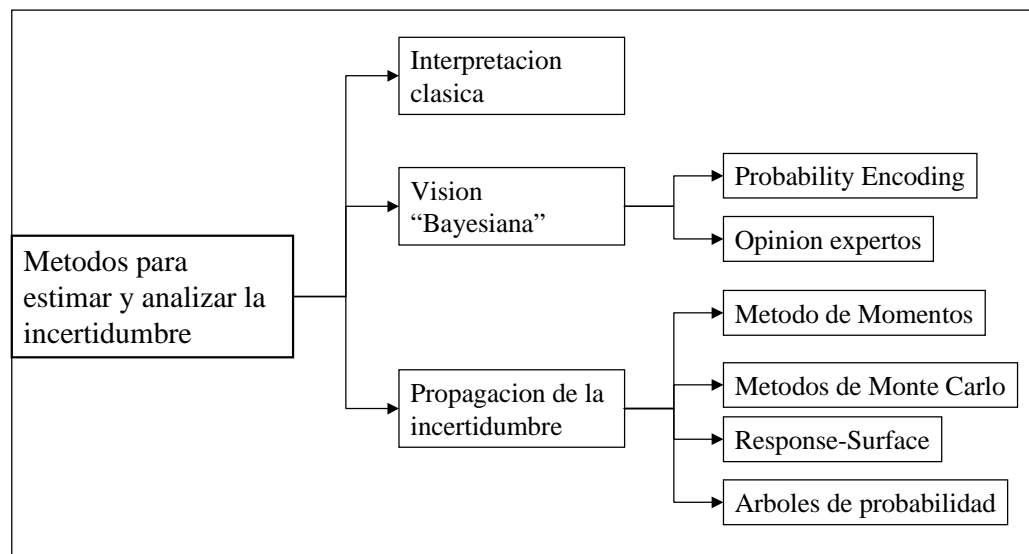
1.1.3.2 Manejo de la Incertidumbre

Como se discutió en las secciones anteriores, el riesgo es ante todo una herramienta para la toma de decisiones bajo incertidumbre. En consecuencia, la modelación de la incertidumbre es fundamental para obtener resultados confiables. En la Figura 1.3 se presentan las principales alternativas para el manejo de la incertidumbre. Covello V.T. y Merkhofer M.W., (1993) dividen las herramientas para el manejo de la incertidumbre en tres grupos:

- Interpretación clásica.
- Aproximación “Bayesiana”.
- Propagación de la incertidumbre.

La interpretación clásica utiliza una aproximación *objetiva* al problema, es decir, se concentra en la obtención de una medida cuantitativa concreta que describe una propiedad del sistema. Por lo tanto utiliza métodos probabilísticos y estadísticos tradicionales, que de acuerdo con su definición, son funciones que relacionan eventos con valores numéricos y son el resultado de experimentos repetibles.

Figura 1.3 Alternativas para el manejo de la Incertidumbre



Covello V.T., Merkhofer M.W., 1993

La aproximación *Bayesiana* se refiere a situación en las cuales la subjetividad de las evaluaciones es significativa. Esta estrategia de evaluación se basa en que el conocimiento depende de la información, la experiencia y la interpretación que de ellas hace el evaluador. Por lo tanto, en este tipo de evaluaciones, la probabilidad no depende solo del evento sino de la información disponible. Es importante resaltar que estas dos aproximaciones al problema tienen mucha validez y dentro de un contexto apropiado son herramientas muy valiosas.

La última categoría incluye modelos que cuantifican la incertidumbre asociada a los elementos del sistema en forma individual y como resultado de su interacción. Son usualmente modelos basados en evidencia y en los que la visión sistémica juega un papel muy importante. Por esta razón, serán los modelos sobre los que se trabajará en este estudio.

1.1.3.3 Caracterización de las pérdidas esperadas

La evaluación y cuantificación de pérdidas potenciales es la esencia de un análisis de riesgo y en consecuencia su definición es fundamental. En la modelación de riesgos tecnológicos, las pérdidas están relacionadas con la caracterización del accidente tecnológico. En el estudio presentado por el Consejo Colombiano de Seguridad (CCS, 1999) los accidentes se clasificaron en tres categorías con base en la legislación española:

Categoría 1: aquellos accidentes que de acuerdo con el estudio de seguridad, y en su caso el análisis cuantitativo de riesgos (o como consecuencia de hechos inesperados no incluidos en el mismo) se prevean que tenga como única consecuencia daños materiales en la instalación accidentada. *No hay daños de ningún tipo exterior a la instalación industrial.*

Categoría 2: aquellos accidentes que de acuerdo con el estudio de seguridad, y en su caso el análisis cuantitativo de riesgos (o como consecuencia de hechos inesperados no incluidos en el mismo) se prevean que tenga como única consecuencia posibles víctimas y daños materiales en la instalación industrial. *Las repercusiones exteriores se limitan a daños leves o efectos adversos sobre el ambiente en zonas limitadas.*

Categoría 3: aquellos accidentes que de acuerdo con el estudio de seguridad, y en su caso el análisis cuantitativo de riesgos (o como consecuencia de hechos inesperados no incluidos en el mismo) se prevean que tenga como única consecuencia posibles víctimas, daños materiales graves o alteraciones graves al ambiente en zonas extensas, en el exterior de la instalación industrial.

Es claro que de acuerdo con el alcance de este estudio, la cuantificación de las pérdidas está relacionada con las características de accidentalidad definidas en la categoría 3 principalmente, aunque en algunos casos se considerará también la accidentalidad de la categoría 2. El presente estudio se concentrará en la evaluación aproximada de pérdidas económicas y la estimación del número de personas afectadas (heridos y muertos) por daños en infraestructura de residencias únicamente. Los mapas de riesgo se elaborarán en términos relativos para la localidad. La definición del riesgo se realizará utilizando las variables lingüísticas como: “Alto”, “Moderado” y “Bajo”.

1.1.4 Teoría de sistemas

1.1.4.1 Características de un sistema

La palabra sistema proviene del griego *sustema* que significa un *todo organizado* (Collins dictionary). Un sistema se puede caracterizar por un conjunto de elementos u objetos estructurados por medio de relaciones (Wilson 1984) como se muestra en la [Figura 1.4](#). Un sistema es una representación del mundo. Por lo tanto, cuando se habla de sistema se está hablando de un modelo. En la modelación de un sistema se deben considerar tres aspectos: (1) los elementos que lo componen; (2) las relaciones entre los elementos; y (3) los límites del sistema.

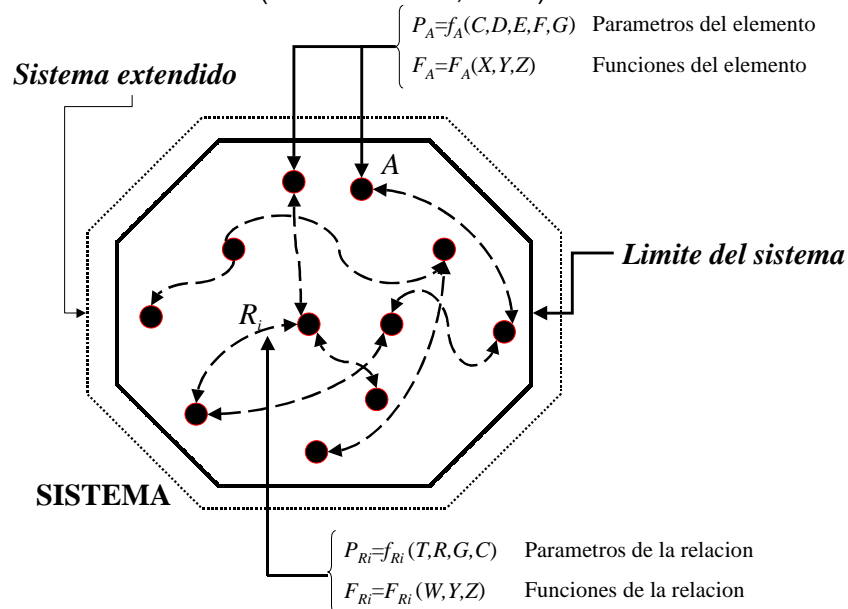
Los componentes de un sistema se pueden definir de la siguiente forma:

Elemento: representación de algún fenómeno natural, físico o social que se describe por medio de un sustantivo o una frase. Cada elemento está caracterizado por una serie de atributos y funciones.

Relaciones: todos los elementos están conectados con otros elementos del sistema por medio de relaciones. Dos elementos A y B están conectados si un cambio en uno de ellos implica un cambio en el otro. Las relaciones, al igual que los elementos, están caracterizadas por una serie de parámetros y funciones. Las relaciones permiten la comunicación entre elementos. A través de estas relaciones se puede transferir información, energía, materiales, etc.

Figura 1.4 Características de un sistema

(Sánchez-Silva, 2000)

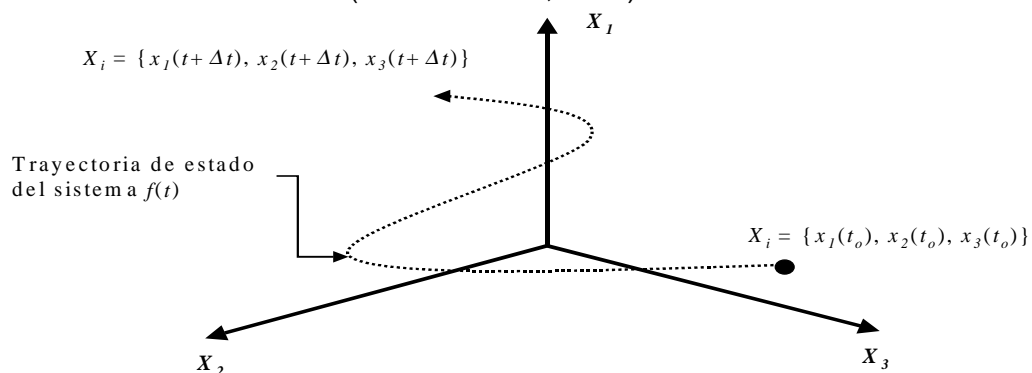


Limites del sistema: los límites son las condiciones reales o imaginarias (resultado de un modelo mental) que definen el alcance (qué incluye y qué no incluye) del sistema. De acuerdo con la definición de los límites del sistema se pueden definir sistemas adicionales (Flood, 1992).

Con base en las características de los componentes de un sistema, el sistema mismo posee unos atributos esenciales que se conocen como *variables de estado* del sistema. Esto permite representar el sistema en un tiempo t por medio de un vector de estado $X = (x_1, x_2, x_3, \dots)$. El cambio del sistema con el tiempo (cambio del vector de estado) define la *trayectoria de estado* del sistema. El espacio en el que la trayectoria ocurre se denomina *espacio de estado*. Por ejemplo, si solo consideramos tres variables para definir la trayectoria de estado, esta puede representarse como se indica en la Figura 1.5. Cuando se consideran todas las variables de estado, la trayectoria de estado de un sistema se produce en un espacio *n-dimensional*.

Figura 1.5 Descripción de la trayectoria de estado de un sistema

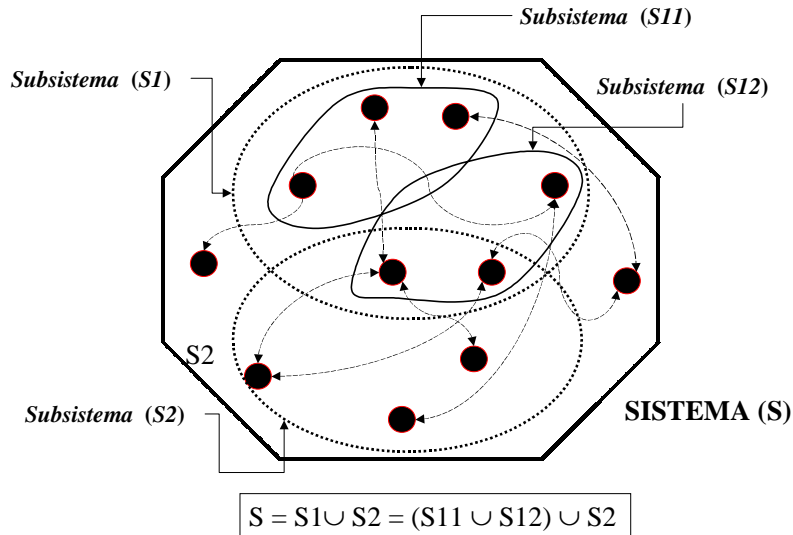
(Sánchez-Silva, 2000)



1.1.4.2 Modelación jerárquica

Las estrategias de clasificación han demostrado ser una herramienta muy importante para el desarrollo de la ciencia y un elemento clave para la modelación.

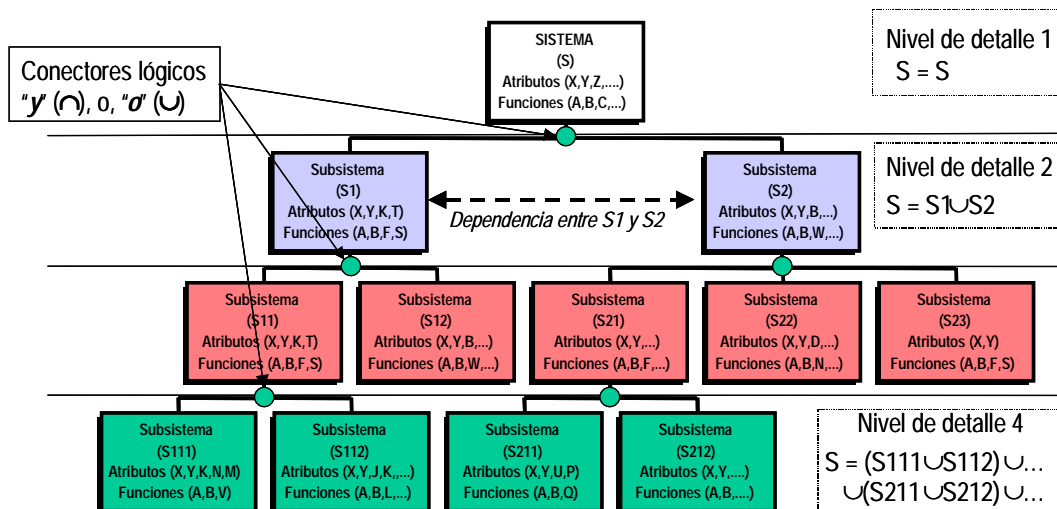
Figura 1.6 Manejo de un sistema a través de subsistemas
(Sánchez-Silva, 2000)



Una alternativa para representar un sistema es a través de una organización jerárquica como se indica en la Figura 1.6. Una organización jerárquica es una representación lógica de un sistema. La representación jerárquica es el resultado del reduccionismo sistémico. Es sistémico porque el análisis se hace en términos de sistemas y subsistemas. Una característica fundamental de este modelo es que considera las relaciones entre los elementos como parte fundamental del sistema. La representación jerárquica es una descripción del sistema en diferentes niveles de definición. En los niveles superiores el sistema se define de una manera más general. Cuando el nivel de detalle aumenta los sistemas se describen de manera más precisa (Figura 1.7).

Figura 1.7 Características de una representación jerárquica
(Sánchez-Silva, 2000)

Representación jerárquica de un sistema



En una estructura jerárquica como la que se presenta en la [Figura 1.7](#), los subsistemas están interconectados de dos maneras diferentes. Por una parte, los conectores lógicos (unión e intersección) permiten estructurar y definir el sistema, facilitando el intercambio de información. Por otro lado, la definición de subsistemas en cada nivel determina automáticamente las relaciones entre sub-sistemas. El carácter dinámico de los sistemas obliga a modelarlos como procesos. Cada subsistema, entonces, debe entenderse como un proceso. La estructura jerárquica permite realizar el análisis de un sistema en diferentes niveles de precisión de acuerdo con aspectos tales como: calidad y cantidad de información, calidad de la modelación, etc. Por lo tanto el modelo del sistema debe evaluarse en un nivel que permita tomar decisiones relevantes.

1.2 Metodologías existentes para la modelación de accidentes tecnológicos

1.2.1 Revisión bibliográfica

Como parte del proceso de recopilación de información se revisó la información sobre modelación de accidentes tecnológicos y las metodologías utilizadas por las agencias internacionales para su evaluación (Tabla 1.2). Las direcciones electrónicas de estas agencias se detallan en el complemento de la Bibliografía. En el Anexo A se presenta una comparación detallada entre las metodologías encontradas para la evaluación de riesgos en los diferentes procesos industriales.

Tabla 1.2 Descripción de agencias internacionales consultadas

Agencia	Descripción
Federal Emergency Management Agency (FEMA)	Se concentra en fenómenos de origen natural. Especialmente en atención de desastres y en manejo de políticas de atención y mitigación.
Environmental Protection Agency (EPA)	Manejan la problemática de riesgos ambientales. Han desarrollado modelos como RMP para la identificación y modelación de riesgos químicos. Cuentan con bases de datos muy completas sobre propiedades e información toxicológica de sustancias químicas (IRAS).
American Institute of Chemical Engineering (AIChE)	Reúne a entidades públicas, privadas, industrias y universidades alrededor del manejo de sustancias químicas. Fomenta la investigación en riesgos tecnológicos.
International Agency for Research of Cancer (IARC)	Desarrolla metodologías para la evaluación de la exposición humana a sustancias cancerígenas. Tiene una completa base de datos con la clasificación de sustancias potencialmente cancerígenas.
Occupational Safety and Health Agency (OSHA)	Entidad gubernamental responsable por la definición de políticas y legislación en todo lo referente a seguridad y salud ocupacional
National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)	Entidad gubernamental responsable de desarrolla y promover investigación para la prevención de accidentes e incidentes de trabajo.
Nuclear Regulatory Commission (NRC)	Trabajan fundamentalmente en el desarrollo de metodologías para la evaluación probabilística de riesgo en plantas nucleares y en aplicaciones de la industria nuclear como equipos médicos.
Office of Science and Technology Policy (OSTP)	Su objetivo principal es definir políticas de acción para el fomento y promoción de la investigación tecnológica

1.2.2 Falla de un sistema

El concepto fundamental detrás del riesgo es la posibilidad de una pérdida. Las pérdidas están asociadas a la ocurrencia de una falla y se pueden medir en términos económicos, sociales o físicos. Una *falla* se puede definir como una *pérdida de función* del sistema. Para la modelación de fallas es fundamental definir dos aspectos: (1) la función del sistema y (2) los posibles valores que puede tomar una pérdida de función.

La función de un sistema está relacionada con el cumplimiento de un objetivo. Una falla ocurre cuando el objetivo por el cual el sistema existe no se cumple en alguna medida. Las fallas pueden tener una interpretación jerárquica, de tal forma que pueden existir pérdidas de función a diferentes niveles dentro del sistema. Un elemento componente del sistema puede dejar de cumplir su función, pero las condiciones generales de operación del sistema completo se pueden mantener. Para el nivel de detalle del componente, el sistema ha fallado, para el nivel general del sistema, no ha existido la falla. La medición del nivel de falla se puede tratar como una situación binaria, esto es, falla o no falla; o como una medida continua en la que se pueden existir diferentes “grados” de falla que pueden ir desde no-falla hasta el impedimento total del sistema para cumplir su función.

1.2.3 Definición de Accidentes

La diferenciación entre una falla, un accidente y un desastre no es esencial para el análisis de riesgo. Sin embargo, es importante definir su relación para garantizar la claridad en los conceptos utilizados. Un accidente y un desastre son el resultado de una pérdida de función (ej. falla). En general la “magnitud” de un accidente es menor que la de un desastre.

Accidente viene del latín *accidere* que significa ocurrir. Está más relacionado con un evento inesperado y repentino en donde usualmente se presentan pérdidas materiales y heridos o víctimas. Algunas definiciones de accidentes se presentan a continuación:

“... un accidente ocurre cuando dentro de una cadena de eventos, donde cada uno es planeado o controlado, se presenta un evento no planeado como resultado de una acción fuera de lo previsto y que puede resultar o no en una lesión del personal involucrado” (Arbous and Kerrych, 1951).

“... es un evento no premeditado que resulta en un nivel de daño significativo” (WHO, 1957).

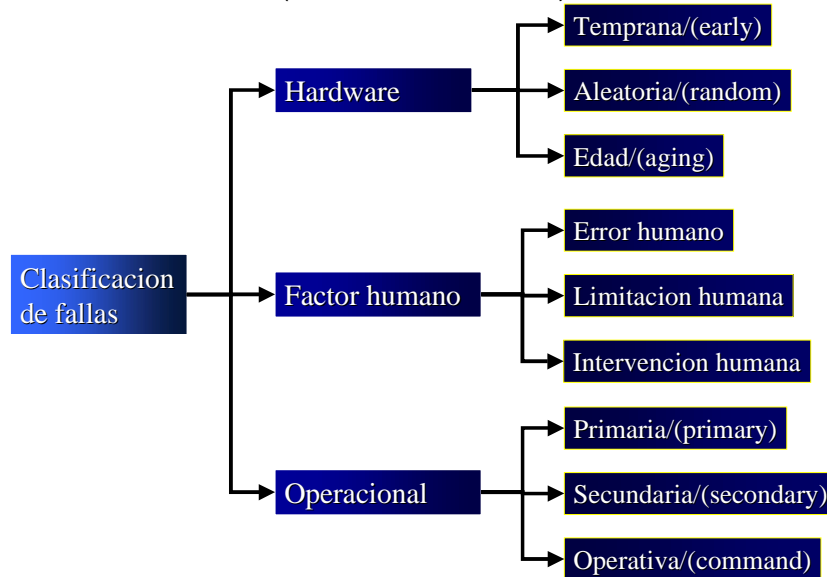
“... Es un contacto indeseable con energía o con una sustancia que sobrepasa el límite aceptable (umbral) del cuerpo o la estructura y que produce efectos adversos” (La Bar, 1990).

Las tres definiciones resaltan el hecho de que los accidentes son o involuntarios o no planeados. El concepto de accidente se utiliza más en términos de procesos industriales o en situaciones que son el resultado del inadecuado funcionamiento de aparatos o sistemas creados por el hombre.

1.2.4 Clasificación de fallas

Entender correctamente los tipos de fallas que puede tener un subsistema o un componente de un sistema es fundamental en un análisis de accidentes. En la [Figura 1.8](#) se clasifican los diferentes tipos de fallas.

Figura 1.8 Clasificación de fallas
(Sánchez-Silva, 2000)



1.2.4.1 Hardware

Las fallas asociadas al *Hardware* (Equipos) se refieren al funcionamiento del artefacto bajo consideración. La falla temprana consiste en la imposibilidad del artefacto para cumplir su función antes del tiempo mínimo previsto para su utilización. La razón más común para que se presente este tipo de falla es la variabilidad de los procesos de construcción. Las fallas aleatorias se presentan principalmente en procesos de producción en serie y son causadas usualmente por la combinación entre el entorno dentro del cual operan y la variabilidad en su proceso de construcción. Las fallas como función de la edad se refieren al deterioro de un artefacto con el paso del tiempo. Es un problema estrechamente relacionado con su mantenimiento. Todo artefacto eventualmente fallará debido a su operación en el tiempo. Por ello el diseño siempre está ligado a un tiempo de vida mínimo esperado.

1.2.4.2 Error humano

La acción humana que puede conducir a un accidente, está usualmente ligada a uno de los siguientes conceptos: el error humano, limitación humana o intervención humana. Estos conceptos se pueden interpretar de la siguiente forma: El *error humano* se refiere a todas aquellas acciones en las cuales una secuencia de actividades, mentales o físicas, previamente planeada, fallan en su intento por lograr su objetivo en términos de seguridad (Grenweg, 1992). La *limitación humana* se refiere a aquellas situaciones en las cuales las capacidades físicas y mentales de un individuo, o un grupo, son limitadas para realizar una tarea específica. Este problema está asociado en gran medida a todo lo relacionado con la Ergonomía (Grenweg, 1992). La *intervención humana* está relacionada con actividades humanas que alteran las condiciones iniciales de diseño, construcción u operación; o los criterios básicos sobre los cuales fue concebido el sistema.

1.2.4.3 Operacional

Las fallas de un componente del sistema se puede clasificar en tres categorías: 1) primaria; 2) secundaria; y 3) operación. Las fallas primarias están asociadas al no-cumplimiento de los requerimientos mínimos para los cuales fue diseñado, construido u operado. Las causa de una falla primaria se originan en diseños defectuosos, construcción deficiente o mantenimiento

inadecuado. Se denominan fallas secundarias a aquellas en las cuales las demandas impuestas sobre el elemento sobrepasan su capacidad. Finalmente, las fallas de operación se presentan cuando el componente opera en condiciones indeseables (ej. a destiempo).

1.2.5 Metodologías para la modelación de accidentes

Existe un sinnúmero de alternativas para la modelación de accidentes. Es importante resaltar que un accidente siempre puede interpretarse como el resultado de uno o varios procesos que se acumulan en el tiempo (incubación de los desastres, Turner, 1998). Por ejemplo, una acción física (debilidad estructural de un artefacto) o una acción sociológica (error en la operación de un artefacto). No siempre ambos factores tienen la misma importancia, pero un accidente nunca puede entenderse como el resultado de una acción única. A continuación se discutirán los siguientes modelos:

- Modelos de evaluación de situaciones peligrosas
- Modelos de propagación de fallas
- Acumulación de eventos conducentes a la falla.

A continuación se describe cada uno de estas aproximaciones a la modelación de accidentes.

1.2.5.1 Evaluación de situaciones peligrosas

Estos modelos se concentran en la identificación de pre-condiciones para la ocurrencia de una falla. Son evaluaciones que han sido desarrolladas fundamentalmente para revisar los procedimientos y las operaciones internas de una industria. Sin embargo, su utilización puede extenderse a otro tipo de sistemas. Las principales metodologías son (ITSEMAP COLOMBIA, 1999):

- Listas de verificación
- Revisión de seguridad
- Índices DOW/MOND
- Análisis preliminar de amenaza (PHA)
- Análisis "WHAT IF?"
- Análisis HAZOP
- Análisis de modos de falla (FMECA)

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de estas metodologías (ITSEMAP COLOMBIA, 1999).

- *Listas de verificación:* Se utilizan para comprobar el cumplimiento de procedimientos industriales estándar. Su objetivo fundamental es la identificación de peligros simples y asegurar el cumplimiento con la normativa y los estándares de operación. Es un proceso que puede aplicarse en todas las etapas de producción. Es una evaluación cualitativa de verificación de cumplimiento. El procedimiento de aplicación consiste en la utilización de un "Check-List" sencillo que puede ser completada por un ingeniero no necesariamente muy experimentado.
- *Revisiones de seguridad:* Es un examen periódico para identificar las condiciones físicas de la planta o la operación que puedan eventualmente provocar un accidente. Es un tipo de evaluación que debe ser realizado por expertos en la identificación de riesgos. La evaluación verifica la compatibilidad de las condiciones de la planta con los requerimientos de diseño y operación. La evaluación debe realizarse cada 2 o 3 años para plantas de alto

riesgo y entre 5 y 10 años para plantas de bajo riesgo. Es importante llevar un registro de cambios en equipos y procesos que puedan alterara las condiciones básicas de funcionamiento de la planta. Los resultados son puramente cualitativos y se consignan en un informe de los expertos sobre la evaluación.

- *Índices DOW/MOND*: Consiste en la identificación y clasificación de riesgos mediante la utilización de índices relativos. Estos índices se obtienen mediante la asignación subjetiva de bonificaciones o penalizaciones de los procesos internos de la planta o de sus características físicas. Las penalizaciones se asignan a situaciones que pueden promover la ocurrencia de un accidente; las bonificaciones se asignan a las características que permitan mitigar la ocurrencia de un accidente. Los resultados son de tipo semi-cuantitativo ya que por una parte permiten una clasificación y por otro lado son el resultado de una asignación subjetiva de valores.
- *Análisis preliminar de amenaza (PHA)*: Su objetivo principal es la identificación de peligros en las etapas iniciales del diseño de la planta industrial. El PHA se concentra en los materiales peligrosos y es fundamentalmente una lista de elementos como: materia prima, productos intermedios y finales, equipos de planta, operaciones y equipos de seguridad entre otros. Como resultado se obtiene una lista de riesgos potenciales con las respectivas recomendaciones para mitigarlos. Es un análisis cualitativo y permite la planeación de instalaciones industriales más seguras.
- *Análisis "WHAT IF?"*: El análisis "¿Qué pasa si?" se concentra en la identificación de las consecuencias no deseadas originadas por un posible evento. Aun cuando es un método poco formal, ha demostrado ser muy útil porque permite plantear un análisis en términos de escenario potenciales. Adicionalmente, se concentra en identificar secuencias de eventos conducentes a la ocurrencia de la falla. Puede aplicarse para examinar posibles desviaciones en el diseño, la construcción, la operación o las modificaciones de la planta. La calidad de los resultados depende de la experiencia y el conocimiento de los evaluadores. El resultado de este análisis es una lista de escenarios potenciales y la estrategia para reducir sus posibles consecuencias. Los resultados son de tipo cualitativo.
- *Análisis HAZOP*: El análisis HAZOP (Hazard Operation) se concentra en la identificación de peligros asociados con la operación del sistema únicamente. El principal objetivo del HAZOP es la identificación de desviaciones de la situación actual con respecto a las condiciones de operación normales o especificadas en los códigos. El HAZOP involucra conceptos de diferente expertos y la solución es el resultado del consenso y la integración de diferentes observaciones de riesgos potenciales. Este tipo de estudios se utiliza una vez definido el proyecto definitivo. El resultado es la identificación de las causas generadoras de desviaciones de la operación inicial y sus posibles consecuencias. Es una lista de es una lista de escenarios de accidentes potenciales. Esta es una de las metodologías más utilizadas en la industria.
- *Análisis de modos de falla (FMECA)* : Esta metodología se concentra en básicamente en los equipos industriales y en sus posibles mecanismos de falla (arranque, paro, fugas, etc.). El análisis FMECA define para cada equipo considerado los posibles escenarios de falla y sus consecuencias. Posteriormente, cada una de estas situaciones se clasifica de acuerdo con las características de las consecuencias. El FMECA no considera explícitamente como mecanismo de falla el error humano. Los resultados son cualitativos.

1.2.5.2 Modelos de propagación de fallas

Las metodologías descritas en la sección anterior, presentan diferentes alternativas para manejar situaciones potencialmente peligrosas con base en evaluaciones de expertos. Sin embargo, aunque tienen mecanismos formales para recopilar información, no cuentan con estrategias claramente definidas para el manejo y evaluación de esa información. Los resultados dependen de la interpretación y el juicio de los expertos.

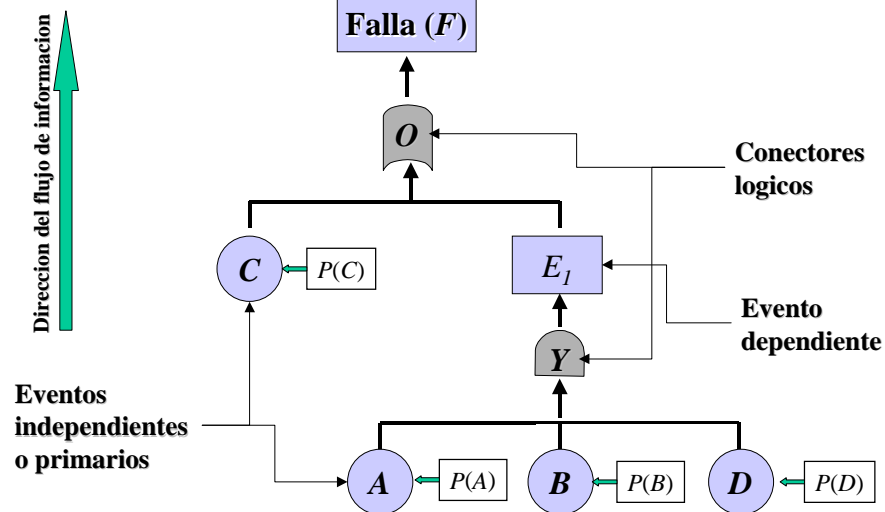
Usualmente los accidentes son el resultado de una secuencia de eventos indeseables que conducen a la ocurrencia de la falla. Entonces, la modelación requiere la identificación de los eventos que pueden ocasionar la falla, la secuencia en que se presentan y la definición de las relaciones entre dichos eventos. Dentro de las alternativas que permiten formalizar los procesos de ocurrencia de los accidentes se encuentran las siguientes:

- Árboles de falla
- Árboles de eventos
- Diagramas de bloque
- Procesos de Markov

Un *árbol de falla* es una metodología deductiva para determinar las causas potenciales de un accidente y las probabilidades asociadas (Lewis, 1996). Los árboles de falla son representaciones lógicas de secuencias de eventos que pueden eventualmente conducir a la falla del sistema bajo consideración. Un árbol de falla permite dos tipos de análisis, uno cualitativo y otro cuantitativo. El primero conduce a la identificación de los escenarios potenciales que puedan generar la ocurrencia de un evento indeseado (falla del sistema). El segundo corresponde a la evaluación probabilística de la ocurrencia de un evento indeseado particular con base en la identificación de la probabilidad de ocurrencia de eventos básicos individuales. Un árbol de falla está compuesto por los siguientes elementos básicos (Figura 1.9): (1) Eventos independientes o primarios, (2) Eventos dependientes y (3) conectores lógicos.

Los eventos *independientes* o primarios son aquellos cuya evaluación depende únicamente de características intrínsecas de cada componente del sistema. Los eventos dependientes se evalúan como función del comportamiento de los eventos componentes (nivel inmediatamente siguiente). Los conectores lógicos “y” y “o” cumplen un papel determinante puesto que son la esencia para organizar secuencias lógicas de eventos conducentes a la ocurrencia de la falla. El conector “y” corresponde a la intersección de eventos y el “o” a la unión de eventos en la teoría clásica de conjuntos. Adicionalmente a las características de los árboles de falla descritas

Figura 1.9 Características fundamentales de un árbol de falla
(Sánchez-Silva, 2000)

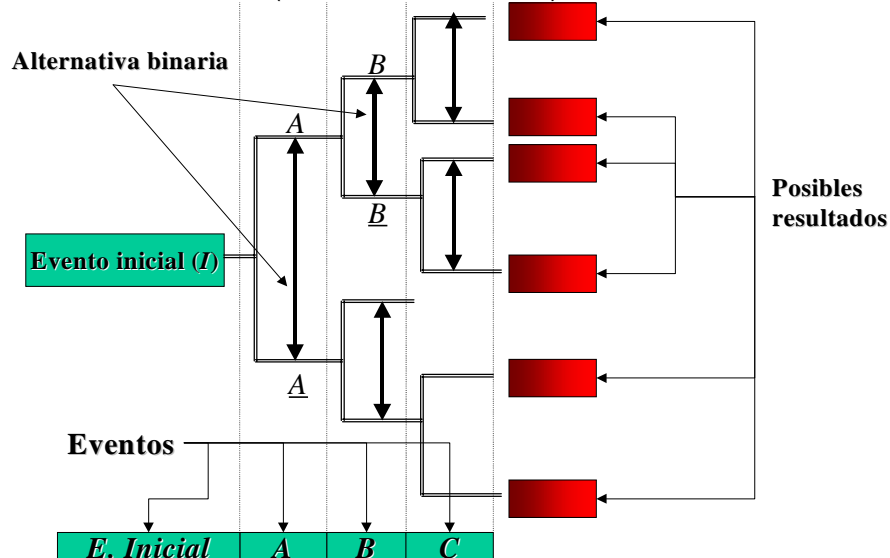


existen una serie de funciones adicionales que permiten que la organización de eventos se ajuste mejor al comportamiento del sistema.

En la modelación de un accidente se pueden identificar secuencias de eventos conducentes a la falla, o, se pueden analizar los escenarios potenciales si ocurre un evento particular. El primer análisis se puede realizar utilizando árboles de falla, el segundo corresponde a los denominados *árboles de eventos*.

Un análisis con árboles de eventos está dirigido a la identificación de escenarios de falla como resultado de la potencial ocurrencia de un evento específico. De igual forma que un árbol de falla, un árbol de eventos tiene los siguientes objetivos: identificar escenarios que puedan generar la ocurrencia de un evento indeseado; y evaluar cuantitativamente la probabilidad de ocurrencia de cada escenario. El método de aproximación al problema es fundamentalmente inductivo. En la Figura 1.10 se presenta un esquema general de un árbol de eventos.

Figura 1.10 Esquema general de un árbol de eventos.
(Sánchez-Silva, 2000)

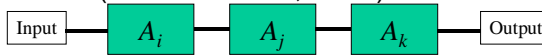


En la parte inferior de la [Figura 1.10](#) se aprecian una serie de eventos A , B y C que ocurren secuencialmente. La estructura de un árbol de eventos es fundamentalmente binaria, es decir, que cada evento solo tiene dos posibilidades, *ocurre* o *no ocurre*. No se pueden presentar alternativas intermedias como: ocurre parcialmente. Entonces, si p es la probabilidad de ocurrencia del evento i , $(1-p)$ es la probabilidad de no-ocurrencia del mismo evento. Se supone además que los eventos A , B y C son independientes. Esto quiere decir que la ocurrencia de un evento A no implica necesariamente la ocurrencia de otro evento B .

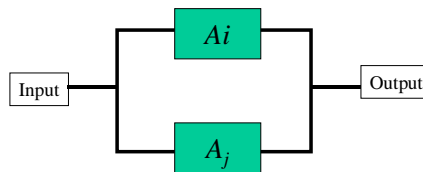
Los *diagramas de bloque* tienen su origen en la representación de circuitos eléctricos. En la [Figura 1.11](#) se muestran los tres tipos de diagramas de bloque más comunes: sistemas en serie, sistemas activos en paralelo y sistemas en *standby* en paralelo. En cada caso existe una información de entrada que pasa a través del sistema y se transforma en información de salida. Cada componente del sistema se representa como un bloque. El sistema falla cuando un número suficiente de bloques falla de tal forma que no es posible que para la señal de entrada exista una de salida.

Figura 1.11 Diagramas de bloque

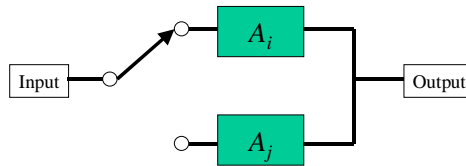
(Sánchez-Silva, 2000)



(a) sistema en serie



(b) Sistema activo en paralelo



(c) sistema paralelo en standby

Cada uno de los componentes del sistema (bloques) tiene asociada una probabilidad de falla. Para la disposición en serie, es claro que la falla de todo el sistema se presenta cuando cualquiera de los componentes falla. Para el caso del sistema activo en paralelo, existen dos componentes actuando al mismo tiempo, a través de los cuales puede circular la información de entrada. La utilización de los diagramas de bloque es muy útil cuando se evalúan procesos o sistemas de operación continua. Aunque su aplicación principal es para el diseño de circuitos eléctricos, se puede extender fácilmente a muchos problemas en ingeniería.

Para el caso de diagramas de bloque, el análisis de la probabilidad de falla del sistema se realizó en términos de la operación de los diferentes componentes. Adicionalmente, el análisis consideraba como eventos independientes la ocurrencia de la falla y su reparación. Pero esta no incluía el factor tiempo en la modelación. El *proceso de Markov* consiste en definir todos los posibles escenarios resultantes de un sistema como resultado de la falla de sus componentes fundamentales en función del tiempo. Por ejemplo en la [Tabla 1.3](#) se muestran todos los posibles escenarios que se pueden definir para un sistema de dos componentes A y B .

Tabla 1.3 Estados de Markov para un sistema de dos componentes

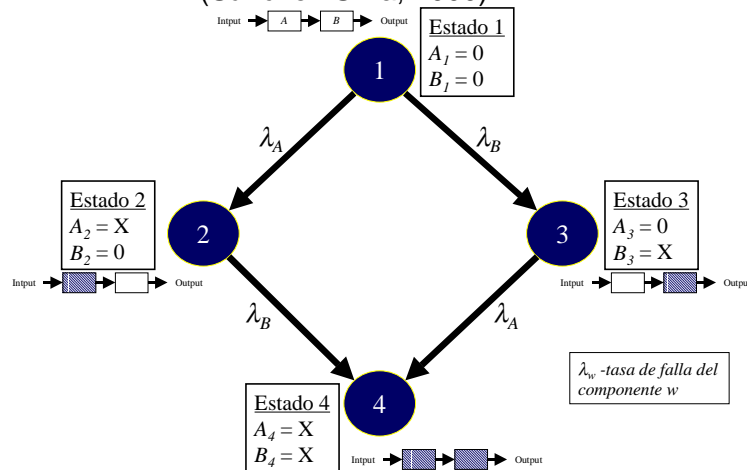
Componente	Estado			
	1	2	3	4
A	0	X	0	X
B	0	0	X	X

0 = Operación; X = Falla

En la Tabla 1.3 se puede apreciar que existen cuatro posibles escenarios resultantes de la combinación de las fallas individuales. En general, para un sistema que contenga N componentes los escenarios posibles de falla son 2^N . Por lo tanto, el número de estados crece mucho más rápido que el número de componentes. Es importante que se está considerando una situación binaria de falla o no falla (Lewis, 1996). El objetivo del análisis de Markov es calcular la probabilidad de que el sistema alcance el estado i en un tiempo t . Es importante resaltar que el análisis se realiza en función del tiempo. Por lo tanto se deben encontrar los mecanismos de falla que se pueden conformar en el tiempo para alcanzar un estado de falla determinado (Tabla 1.3) Esto se puede representar mediante un diagrama de transición de estado como el que se muestra en la Figura 1.12.

Figura 1.12 Diagrama de transición de estado.

(Sánchez-Silva, 2000)



En la Figura 1.12 se presentan diferentes formas en que pueden cambiar en el tiempo los estados de falla del sistema, desde *no falla*, hasta *falla total*. Es una representación de la evolución de estado en el tiempo. Los estados de falla del sistema se representan en términos de falla de sus componentes A y B. El estado 1 corresponde a la situación en la cual ninguno de los dos componentes ha fallado. La falla de la componente A conduce al estado 2; y la posterior falla del componente B conduce al estado 4. Una vez definidas las expresiones para cada uno de los estados posibles que puede tomar el sistema; se obtiene un sistema de ecuaciones que permite encontrar la distribución de probabilidad de falla en función del tiempo para cada estado. Un análisis muy similar puede realizarse para identificar la probabilidad de ocurrencia de una falla en el tiempo, para cada uno de los estados considerados en un sistema particular.

1.2.5.3 Acumulación de factores en el tiempo

Las alternativas de modelación presentadas en el numeral anterior han sido utilizadas extensamente en la industria con resultados exitosos. Sin embargo, recientemente se ha reconocido que el problema de la accidentalidad involucra muchos factores que difieren

fundamentalmente en su naturaleza. El contexto social y económico se han convertido en factores determinantes. Por lo tanto, la modelación de los llamados sistemas “Hard” solo es aplicable en un número muy pequeño de situaciones. En las siguientes secciones se presentan varios modelos que reconocen la importancia de estos nuevos factores en la interpretación de un accidente o un desastre. Estos modelos son:

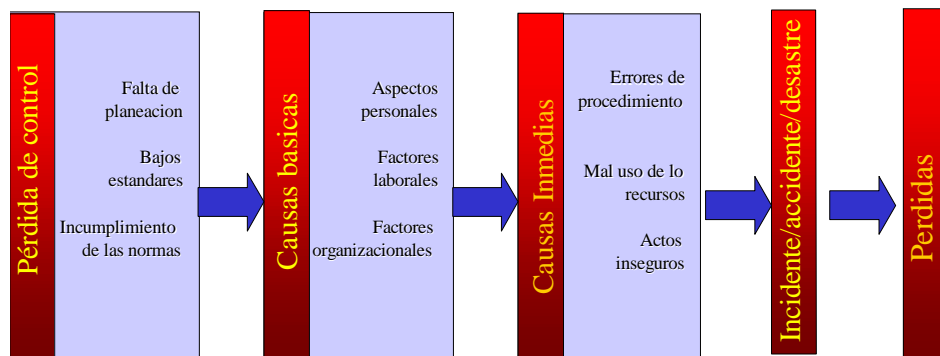
- Loss Causation Model
- Modelo de presión y liberación
- Modelo de incubación de los Desastres

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de estas metodologías

El *Loss Causation Model* fue desarrollado por ILCI (International Loss Control Institute). EL ILCI reúne las compañías líderes mundialmente en el manejo de la seguridad. De acuerdo con el modelo, un desastre es un proceso que incluye los cinco pasos: (1) Pérdida de control, (2) Causas básicas, (3) Causas inmediatas, (4) Incidente y (5) Pérdidas.

En la Figura 1.13 se presenta esquemáticamente la metodología del “Loss Causation Model”

Figura 1.13 Loss Causation Model (ILCI)

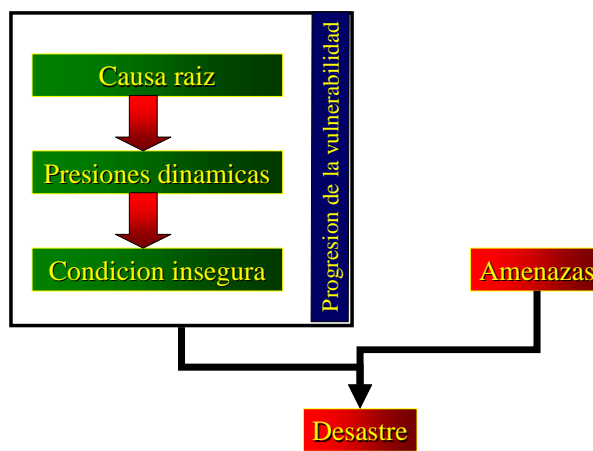


La ocurrencia del incidente es un proceso que ocurre después de que los factores mencionados se acumulan en el tiempo. La *pérdida de control* se refiere a las deficiencias en el manejo de la seguridad. Por ejemplo bajos estándares de seguridad industrial, o incumplimiento de las normas sismo-resistentes en la construcción de edificaciones. Las *causas básicas*, por su parte, están relacionadas con factores personales u organizacionales que pueden influir la decisión, o la actividad en un momento particular. En una fábrica estos factores pueden incluir el estrés, o el cansancio. Las *causas inmediatas* están ligadas al evento que dispara el incidente; la causa última. Por ejemplo, un acto inseguro. El *incidente* es la falla, una pérdida de función. Asociado a la falla están por supuesto, unas pérdidas económicas, sociales, o de otro tipo. La utilización de este modelo permite una interpretación más completa y precisa del proceso de ocurrencia de una falla o accidente. Adicionalmente involucra en el problema variables que difieren sustancialmente en su naturaleza y que por lo tanto conducen a un estudio interdisciplinario de las causas de un accidente. Economistas, sociólogos y psicólogos participan activamente en estos procesos.

En el área específica de los desastres naturales, es decir, aquellos cuya causa última es un fenómeno de la naturaleza (sismos, huracanes, inundaciones, etc.), existen modelos similares al del ILCI. Blaikie et al. (1992) desarrollaron el modelo denominado *Presión y liberación* (*pressure and release*). Este modelo fue diseñado para entender la ocurrencia de un desastre

cuando se presenta un evento extremo. El esquema general del modelo se presenta en la Figura 1.14.

Figura 1.14 Modelo de Presión y Liberación
(Blaikie et al., 1996)



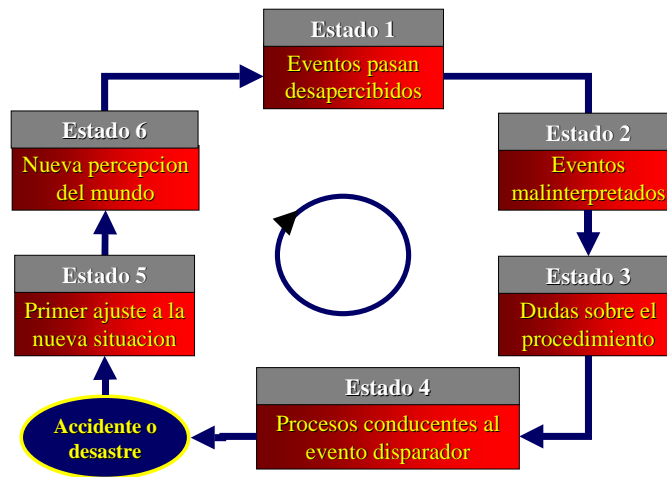
Es importante mencionar que este modelo separa la ocurrencia del evento disparador del proceso de acumulación de factores que conducen a la ocurrencia de la falla. En la medida en que los factores desfavorables se acumulan, la presión dentro del sistema que eventualmente conducirá al desastre aumenta. Este cambio en la presión se denomina progresión de la vulnerabilidad y está compuesto de tres factores fundamentales:

1. Causa raíz
2. Presiones dinámicas
3. Condición insegura

Estos tres estados del sistema se pueden relacionar con los propuestos por el modelo del ILCI. La *causa raíz* es un conjunto de normas preestablecidas dentro del cual opera el sistema. Define el contexto. Por ejemplo, factores económicos, sociales y políticos de una región. Las *presiones dinámicas* son procesos y actividades que trasladan las causas raíz a situaciones de exposición o inseguras. Por ejemplo, entrenamiento inapropiado, rápido crecimiento de la población, etc. Por último, las *condiciones inseguras* son formas específicas en las cuales se expresa el grado de exposición de una población. Por ejemplo la construcción de edificaciones e infraestructura insegura, o la falta de preparación. La posibilidad del desastre se puede reducir disminuyendo la presión dentro del sistema. La interpretación del fenómeno natural como un evento externo al sistema es una aproximación válida en ciertas circunstancias, pero puede conducir a interpretaciones inapropiadas de una situación particular (ej. Accidentes industriales, Sismos).

Los dos modelos anteriores demuestran que existe consenso alrededor de que los accidentes de gran escala no son el resultado de una causa única sino de múltiples factores que se acumulan sobre un periodo de tiempo considerable llamado *periodo de incubación*. Turner (1978) argumenta que el accidente es parte de un proceso que se inicia con la conceptualización del artefacto y termina con el ajuste del sistema a una nueva realidad. Este proceso consta de seis fases (Figura 1.15): (1) Eventos pasan desapercibidos, (2) Eventos no entendidos, (3) Dudas sobre el procedimiento, (4) Procesos conducentes al evento disparador, (5) Primer ajuste a una nueva situación y (6) Nuevo entendimiento del mundo.

Figura 1.15 Modelo de incubación de los desastres



En el Estado 1, los eventos pasan desapercibidos, o son malentendidos debido a interpretaciones erróneas de la situación. En el Estado 2, condiciones para la ocurrencia de una falla pueden ignorarse o malinterpretarse debido a la dificultad en el manejo de situaciones complejas. En el estado 3, hay incertidumbre sobre cómo manejar una violación de las regulaciones de seguridad. En el estado 4, la mala situación tiende a empeorar porque la gente usualmente minimiza el peligro en la medida en que este aumenta, o cree que la falla no ocurrirá. Finalmente el incidente se presenta. En el Estado 5 se toman medidas de emergencia. Esto conduce a una situación diferente y el ciclo comienza nuevamente (Turner, 1978). Una de las características más importantes de este modelo es su naturaleza cíclica. El proceso nunca termina y permanentemente el sistema se encuentra en alguno de los estados descritos.

1.3 Revisión bibliográfica y análisis de eventos históricos

1.3.1 Aspectos generales

En esta sección se presenta una revisión de la información existente sobre accidentalidad industrial en las localidades de Usaquén y Kennedy. La obtención de información confiable sobre accidentes industriales ha sido difícil de obtener. A pesar de ello, se presenta una evaluación sobre la situación de la localidad con base en la información disponible.

1.3.2 Información histórica existente

En el estudio sobre identificación de amenazas tecnológicas realizado por el Consejo Colombiano de Seguridad (CCS) se revisaron los registros de las siguientes entidades:

- Base de datos del Mapa Histórico de Desastres de Santa Fe de Bogotá (1943 - 1993) realizado por la firma ODIC, para la Oficina para la Prevención de Emergencias (OPES).
- Informes estadísticos de los reportes de llamadas de emergencia del Centro de Información de Seguridad sobre Productos Químicos - CISPQUIM®.
- Artículos de periódicos.

Tabla 1.4 Eventos históricos ocurridos en las localidades

Fuente	Usaquén	Kennedy
ODIC (1943 - 1993)	7	13
B&C (1980 – 1998)	18	17
CCS (1994 – 1998)	14	33
EL TIEMPO	0	0

En Tabla 1.4 se presenta el número de eventos históricos ocurridos en las localidades de Usaquén y Kennedy según las diferentes fuentes. Esta información además de ser incompleta y seriamente cuestionable, no es suficiente para realizar un análisis estadístico confiable para la toma de decisiones. Por tal motivo, el equipo de trabajo de la Universidad de los Andes realizó una investigación complementaria en las siguientes entidades:

- Junta de acción comunal de las localidades
- Bomberos
- Policía
- Hospitales de las localidades
- Secretaría de Distrital de Salud
- ARP del ISS
- FASECOLDA
- ACERCAR

La búsqueda realizada no permitió complementar significativamente la información suministrada por la DPAE. Los resultados de esta búsqueda de información se resumen en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Resultados de la búsqueda complementaria de información histórica sobre accidentes industriales en las localidades de Usaquén y Kennedy.

Entidad	Información disponible
Representante de emergencias de la localidad	Apoyo logístico
Policía	No suministraron información
Cuerpo de Bomberos	No suministraron información
Secretaría Distrital de Salud	Diagnósticos locales con participación social.
ARP del Inst. De Seguro Social	Estadísticas de accidentalidad entre 1998 y 1999 para Cundinamarca.
DAMA	Información sobre vertimientos y manejo de residuos peligrosos en Santa Fe de Bogotá. Agendas Ambientales.
JICA	Reportes de mediciones de calidad del aire.
Planeación Distrital	Revisión de normatividad sobre uso del suelo. Plan formar ciudad.
Alcaldía Local	No cuenta con estadísticas.
CORPODIB, DAMA	Evaluación de emisiones en fuentes fijas en Santa Fe de Bogotá
DAMA	Datos de la Red de Calidad del Aire, DAMAIRE

A pesar de las deficiencias de información, en las secciones 1.3.3 y 1.3.4 se presentan algunos resultados que son relevantes para comprender la situación actual en la localidad.

1.3.3 Registro de accidentes tecnológicos en Santa Fe de Bogotá

En esta sección se presentan los resultados más relevantes de la recopilación de información sobre accidentalidad histórica reportados por el CCS (1999) para la ciudad. En general se

puede observar que el número de eventos reportado es muy bajo para una ciudad como Bogotá. Esta situación se debe a eventos no reportados y a la falta de un registro completo de accidentes.

1.3.3.1 Accidentalidad en Santa Fe de Bogotá

El estudio del CCS (1999) se concentró en accidentes ocurridos durante los últimos 20 años como consecuencia de fugas, derrames, incendios y explosiones únicamente. Los resultados del estudio mostraron la distribución de eventos por localidad (Tabla 1.6).

Tabla 1.6 Distribución de eventos tecnológicos ocurridos entre 1979 y 1998.

LOCALIDAD	EVENTOS		TIPO DE EVENTO						
	CANTIDAD	%	F	D	I	E	I/E	I/D	F/D
USAQUEN	14	7	1	0	9	3	1		
CHAPINERO	8	4	2	0	5	1			
SANTA FE	24	12	1	1	19	3			
SAN CRISTOBAL	6	3	1	1	1	3			
USME	0	0	0	0	0	0			
TUNJUELITO	8	4	1	1	6	0			
BOSA	6	3	1	1	3	1			
KENNEDY	22	11	1	2	13	2	2	1	1
FONTIBON	11	5	0	2	6	1	2		
ENGATIVA	9	4	2	1	6	0			
SUBA	11	5	3	1	4	2	1		
BARRIOS UNIDOS	6	3	2	1	2	1			
TEUSAQUILLO	9	4	2	1	5	1			
LOS MARTIRES	8	4	2	1	5	0			
ANTONIO NARIÑO	3	1	0	0	1	2			
PUENTE ARANDA	19	9	1	2	13	3			
LA CANDELARIA	10	5	0	0	7	3			
RAFAEL URIBE	11	5	1	0	4	5	1		
CIUDAD BOLIVAR	5	2	0	2	0	3			
LOCALIDAD NO IDENTIFICADA	14	7							
TOTAL:	204	100	21	17	109	34	7	1	1

D: Derrame F: Fuga I: Incendio E: Explosión
Fuente: Consejo Colombiano de Seguridad (1999)

El número total de accidentes industriales registrados por el CCS (1999) es considerablemente bajo para un periodo de 20 años para una ciudad del tamaño de Santa Fe de Bogotá. A pesar de esto, las Localidades de Santa Fe, Kennedy, Puente Aranda y Usaquén aparecen como las de mayor nivel de accidentalidad con un 12%, 11%, 9% y 7% respectivamente del total de accidentes reportados para la ciudad, siendo Kennedy y Usaquén localidades donde se han presentado eventos combinados (ej, Incendio y explosión). Es importante resaltar que según el CCS (1999) el 7% de accidentes registrados no corresponde a ninguna localidad. Los resultados mostrados en la Tabla 1.6 permiten concluir que la ciudad ha menospreciado el valor de la recolección y utilización de este tipo de información.

1.3.3.2 Distribución de accidentes por tipo de evento

De acuerdo con el CCS (1999), la distribución de accidentalidad discriminada por tipo de evento para toda la Ciudad se presenta en la [Tabla 1.7](#).

Tabla 1.7 Distribución de eventos en Santa Fe de Bogotá (CCS, 1999)

Tipo de evento	Número de ocurrencias
Incendios	119 (56%)
Fugas	24 (11%)
Derrames	25 (12%)
Explosiones	45 (21%)

El estudio del CCS concluye que dentro de los eventos tecnológicos causados por materiales peligrosos (118 eventos), el 39% han estado relacionados con dos productos principalmente: pólvora y gas propano. Adicionalmente, los globos navideños tienen una incidencia significativa como generadores de accidentes con frecuencia relativamente media, seguido por la gasolina, el amoniaco, los disolventes, gas natural, cloro y ácido clorhídrico. Los demás productos presentan una baja incidencia. Los incendios son el tipo de accidente más frecuente, situación que es consistente con la observada en otros países. Las causas de incendio reportadas por el CCS (1999) muestran que esta es una situación restringida a un tipo de industria informal (producción de pólvora) y no tecnificada; y que se presenta durante la época navideña principalmente. Por lo tanto, es muy probable que las medidas de la restricción de la producción y utilización de pólvora, por parte de la Alcaldía Mayor desde 1996, hayan reducido significativamente la accidentalidad industrial.

1.3.3.3 Distribución de accidentes por actividad industrial

En la Tabla 1.8 se presenta un resumen del número de eventos tecnológicos registrados durante los años 1979 y 1998 con su respectiva magnitud de acuerdo con la actividad industrial.

En la Tabla 1.8 se observa que solo se han presentado tres accidentes con características que involucran significativamente a la comunidad (clasificación 3); y doce accidentes que tienen una influencia importante sobre la industria generadora de riesgo y moderada sobre la población (clasificación 2). Esta situación sugiere que solo en muy pocas ocasiones (3%) el accidente tiene una afectación que sale de su área de influencia primaria. Este fenómeno es muy importante para la modelación del riesgo en las localidades porque sugiere que la afectación sobre las viviendas no es usualmente significativa.

Tabla 1.8 Actividades o sistemas involucrados en los eventos tecnológicos entre 1979 y 1998 (CCS, 1999)

Actividad Industrial	N° Eventos	Mayor magnitud observada
Transporte	15	2
Fabricación de pólvora	9	3
Almacenamiento (Bodegas)	9	2
Fabricación de pegantes	7	2
Restaurantes	5	3
Sistema de Gas natural	4	2
Estaciones de servicio	4	2
Venta de pólvora	4	2
Fabricación de muebles	4	1
Fabricación de plásticos y productos plásticos	4	1
Fabricación de colchones	3	1
Fabricación de alimentos y bebidas	3	2
Fabricación de telas y tapetes	3	2
Fabricación de cera	2	1

Actividad Industrial	N° Eventos	Mayor magnitud observada
Fabricación de espumas	2	1
Fabricación de pinturas	2	2
Curtiembres	2	1
Venta de textiles	2	2
Venta de calzado	2	1
Ferreterías	2	1
Hospitales	2	1
Fabricación de químicos	1	1
Distribución al por mayor de combustibles	1	2
Venta de aceites lubricantes	1	1
Industria papelera	1	1
Fabricación de concreto	1	1
Fabricación de decol	1	2
Fabricación de lápices	1	1
Fabricación de pantuflas	1	1
Fabricación de parafina	1	1
Fabricación de plaguicidas	1	1
Fabricación de tejas	1	1
Venta de productos químicos	1	1
Disposición de basuras	1	3
Otras actividades menores*	1 por actividad	1

* Comercio no específico, servicios personales, colegio, carpinterías y panadería

1.3.3.4 Causas de la accidentalidad

El CCS (1999) resume las causas de la accidentalidad reportadas de la siguiente forma:

- Sustancias inflamables o combustibles cerca de fuentes de ignición (chispas eléctricas, electricidad estática, altas temperaturas y llamas).
- Fuga de gases (cloro, propano, oxígeno y amoníaco) por deterioro de las válvulas de los cilindros, tanques de almacenamiento y carrotanques. Fugas de propano también por deterioro de mangueras de carrotanques.
- Fallas humanas por parte de conductores, en el transporte de materiales peligrosos (gasolina, propano y sustancias corrosivas).
- Procedimientos inseguros para el trasiego de sustancias peligrosas (ácidos y disolventes) y llenado de pipas (de 400 lb.) de gas propano.
- Tanques de almacenamiento y tubería subterráneas (generalmente de gasolina) con filtraciones.
- Globos navideños que cayeron sobre materiales inflamables o combustibles.
- Manejo inseguro de pólvora (incluyendo fabricación, venta y uso).
- Ruptura de tuberías de conducción de gas natural por trabajos en vía pública.
- Conexión de los sistemas de desagüe de instalaciones no residenciales (por ejemplo laboratorios) al sistema de alcantarillado de zonas residenciales.
- Operación incorrecta y mantenimiento deficiente de calderas.
- Deterioro de envases de sustancias peligrosas durante el transporte.
- Incompatibilidades (reacciones peligrosas) entre materiales peligrosos por incorrecto almacenamiento.
- Varias causas o causas no muy claras relacionadas con la carencia o deficiencia de programas de seguridad industrial en muchas empresas.

Estas afirmaciones sobre las causas de la accidentalidad no provienen de análisis detallados de los siniestros (investigación *ex-post-facto*). Es importante trabajar en estrategias y programas para estudiar detalladamente las causas de los accidentes.

1.3.3.5 Efectos de la atención de emergencias sobre la accidentalidad

La magnitud y las características de la propagación de alguno de los efectos considerados (ej. Fuego) dependen de la preparación, la atención y la respuesta de las entidades de responsables (Bomberos, policía, Defensa Civil, etc.). Como resultado de las encuestas realizadas a un grupo de industrias de la ciudad sobre las fallas presentadas en la atención de estos eventos, se destacan los siguientes aspectos (CCS, 1999):

- La escasez de recurso humano preparado y de recursos técnicos apropiados por parte de los organismos de emergencia, especialmente de los Bomberos, para atender las emergencias que involucran materiales peligrosos.
- La dificultad en la comunicación para dar aviso oportuno a los organismos de emergencia sobre la ocurrencia de los eventos.
- La demora en la respuesta debido a la carencia o ineficacia de los planes de contingencia de las empresas involucradas.
- La falta de información de seguridad sobre materiales peligrosos (hojas de seguridad), especialmente de productos con nombre comercial.
- La ausencia de avisos, rótulos o etiquetas que identifiquen los peligros de los materiales presentes en los eventos hizo más difícil la respuesta en algunos casos, por no saber de que producto(s) se trata.

Estas conclusiones no son determinantes puesto que las condiciones de preparación y atención de emergencias han cambiado significativamente durante los últimos 20 años. Por ejemplo, las Administradoras de Riesgos Profesionales (ARP) han trabajado conjuntamente con las industrias en señalización y mejoramiento de las condiciones de seguridad de los empleados con el fin de propender por operación más seguras.

1.3.4 Información de las localidades de Usaquén y Kennedy

La información que se presenta en esta sección fue tomada del estudio realizado por ODIC, 1994, complementada con la información del CCS (1999) y con información de las otras fuentes presentadas en la sección 1.3.2.

1.3.4.1 Causas de la accidentalidad

En la Tabla 1.9 se presenta el número de accidentes ocurridos en las localidades según su origen y su frecuencia. Los accidentes de origen químico son los más frecuentes en las dos localidades, seguidos por los de origen eléctrico.

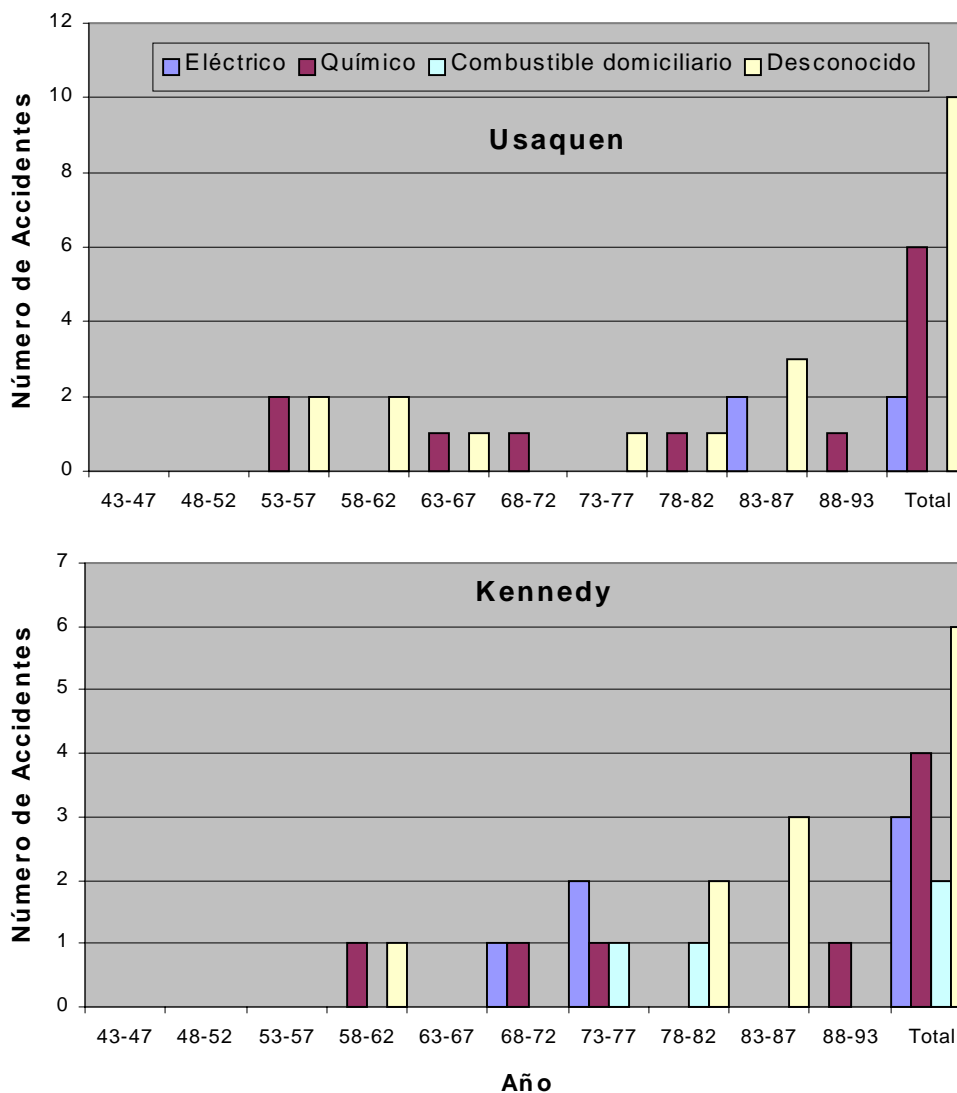
Tabla 1.9 Frecuencia de la accidentalidad por origen

Origen	Usaquén		Kennedy	
	No. Eventos	TPO	No. Eventos	TPO
Eléctrico	2	25.00	3	16.67
Químico	6	8.33	4	12.50
Combustible domiciliario	0	-	2	25.00
Desconocido	10	5.00	6	8.33
Total	18	7.78	15	3.33

TPO: Tiempo promedio de ocurrencia (años)

En la Figura 1.16 se presenta una gráfica que describe la evolución de la accidentalidad desde 1943 hasta 1993 y el total de eventos registrados durante este periodo para cada localidad.

Figura 1.16 Causa de la accidentalidad registrada en las localidades de Usaquén y Kennedy entre 1943 y 1993 (ODIC)



Es importante resaltar que un porcentaje significativo de los accidentes son de origen desconocido (56% y 33% para Usaquén y Kennedy respectivamente), lo que ratifica el hecho de que no ha existido en el pasado un mecanismo ni una política adecuada para la recolección de información sobre accidentalidad; y que tampoco han existido estudios serios dirigidos a investigar las causas. Esta es sin duda una labor urgente por realizar.

1.3.4.2 Accidentalidad por sectores industriales

La clasificación de la industria por sector que será utilizada como base para este estudio incluye siete categorías de industria, sin embargo, la información recolectada sobre accidentalidad solo considera cuatro: industria, comercio, bienes de infraestructura y equipamiento urbano (Figura 1.17). La frecuencia de ocurrencia de accidentes por sectores se presenta en la Tabla 1.10.

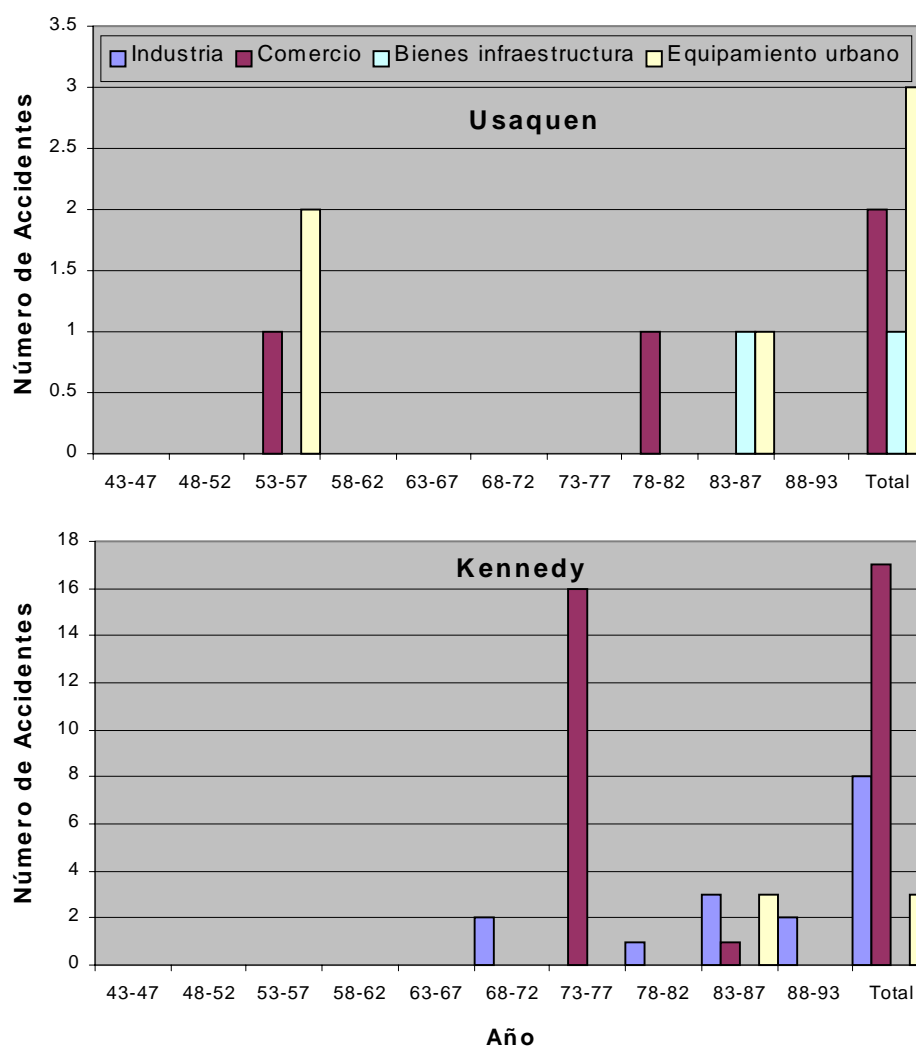
Tabla 1.10 Frecuencia de la accidentalidad sector industrial

Sector	Usaquén		Kennedy	
	No. Bienes	TPO	No. Bienes	TPO
Industria	0	-	8	6.25
Comercio	2	25.00	17	2.94
Bienes infraestructura	1	50.00	0	-
Equipamiento urbano	3	16.67	3	16.67
Total	6	8.33	28	1.79

TPO: Tiempo promedio de ocurrencia (años)

De la Tabla 1.10 se puede concluir que la mayor frecuencia de accidentalidad por sector industrial corresponde al comercio, seguido por la industria para la localidad de Kennedy. Caso contrario sucede para la localidad de Usaquén, donde la mayor accidentalidad se presenta en equipamiento urbano, seguido por el comercio. En la Figura 1.17 se presenta esta información discriminada por año.

Figura 1.17 Accidentalidad en las localidades de Usaquén y Kennedy, por sector industrial, entre 1943 y 1993 (ODIC).



1.3.4.3 Consecuencias sociales

En la Tabla 1.11 se resumen las consecuencias sociales por incendio en las localidades de Usaquén y Kennedy.

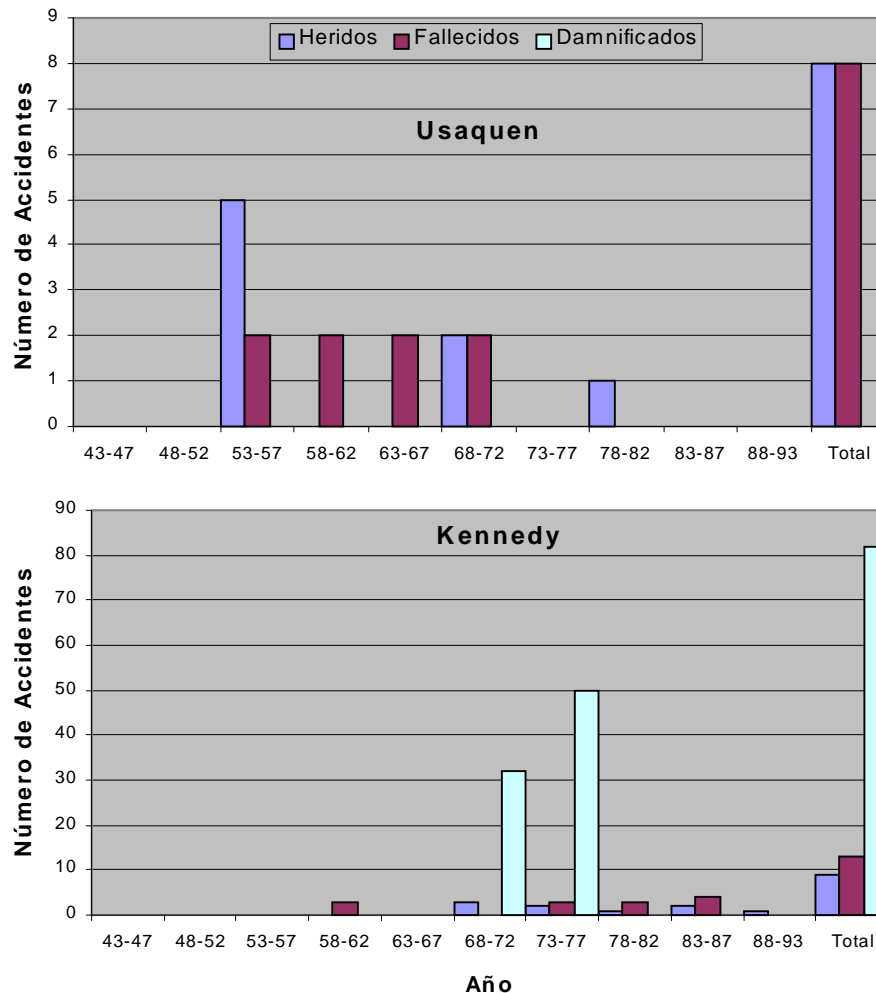
Tabla 1.11 Número de personas afectadas por incendios en las localidades de Usaquén y Kennedy

Tipo de afectación	Usaquén		Kennedy	
	No. Personas	TPO	No. Personas	TPO
Heridos	8	6.25	9	5.56
Fallecidos	8	6.25	13	3.85
Damnificados	0	-	82	0.61

TPO: Tiempo promedio de ocurrencia (años)

En la Figura 1.18 se presentan las consecuencias sociales discriminada por año. Estos valores son supremamente bajos si se considera el tamaño y la magnitud de la actividad industrial de la zona. Los valores presentados en la Tabla 1.11 no incluyen personas afectadas por accidentes laborales, ya que esto es responsabilidad de las Administradoras de Riesgos Profesionales (ARP).

Figura 1.18 Número de personas damnificadas por incendio en las localidades de Usaquén y Kennedy entre 1943 y 1993 (ODIC).



1.3.5 Evaluación probabilística del riesgo

Para realizar una evaluación comparativa del riesgo, se deben definir estándares y criterios objetivo. Estos valores están asociados con rangos de peligrosidad provenientes usualmente de datos estadísticos. En la Tabla 1.12 se presentan rangos típicos de muerte asociados con diferentes actividades. Algunos de los riesgos indicados están directamente relacionados con seguridad en ingeniería, otros niveles de riesgo proveen una base de comparación.

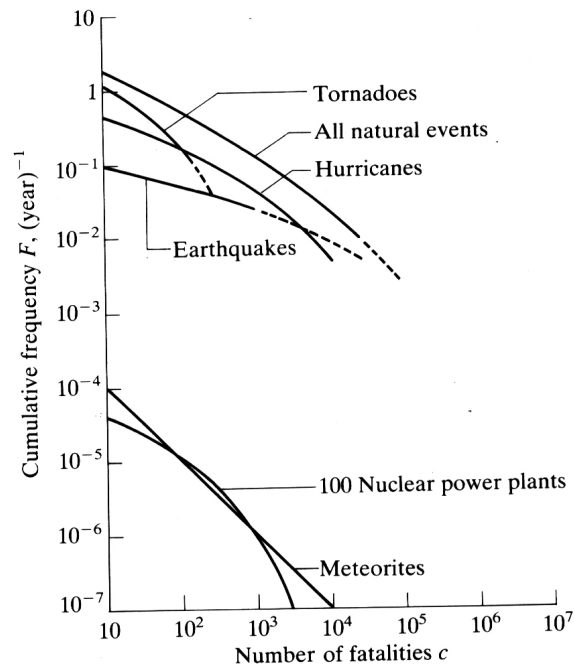
Tabla 1.12 Riesgos típicos: probabilidad de muerte temprana por persona y año calendario

Causa	Riesgo 10^6 p.a.
Edificaciones	0.4 – 20
Riesgos Naturales	0.4 – 2
Accidentalidad en general	4 – 300
Riesgos Ocupacionales	5 – 2800
Deportivos	45 - 1900

Fuente: Engineering Safety, David Brockley, 1992

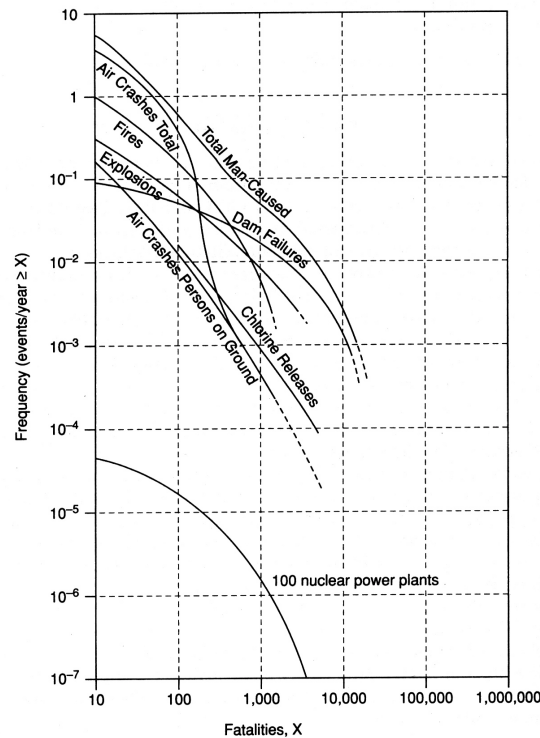
Para evaluar el impacto social de un evento, los riesgos de muertes se comparan curvas de frecuencia-consecuencia tal como se muestra en la Figura 1.19.

Figura 1.19 Curvas de riesgo de frecuencia-consecuencia para USA



Se debe hacer una distinción al momento de hablar de riesgo social e individual. Riesgo social es la probabilidad de que las consecuencias de un evento afecten más de una persona. Estos riesgos son representados normalmente en una curva, en la cual se grafican la frecuencia acumulada contra las consecuencias para diferentes eventos. En la [Figura 1.20](#) se presenta el comportamiento de estas curvas para diferentes tipos de accidentes industriales.

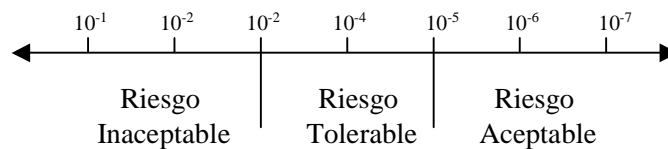
Figura 1.20 Riesgos sociales causados por eventos antrópicos que envuelve instalaciones industriales (Mark, G. 1997)



1.3.6 Niveles permisibles de riesgo, criterios internacionales

La definición de criterios para la aceptabilidad del riesgo varía de acuerdo con cada país y no existen estándares únicos a nivel internacional. Sin embargo, en la Figura 1.21 se presentan rangos globales de aceptabilidad que son utilizados por la comunidad científica de manera informal.

Figura 1.21 Aceptabilidad del riesgo



Como casos particulares de legislación sobre riesgo aceptable se encuentran, por ejemplo, el Reino Unido en donde los criterios utilizados para el desarrollo de áreas residenciales cercanas a sitios peligrosos importantes varían entre 10^{-5} /año para riesgo sustancial y 10^{-6} /año para riesgo ignorable. Por su parte, en los Países Bajos el criterio de riesgo vigente para riesgo Individual es de 10^{-6} /año; y el de riesgo para la sociedad tiene un límite superior de 10^{-5} /año y un límite inferior ignorable de 10^{-7} /año. Finalmente, en Hong Kong el riesgo individual aceptable es de 10^{-5} /año para miembros del público, o para trabajadores en sitios industriales adyacentes; mientras que el riesgo para la sociedad varía entre 1 muerto con una probabilidad 10^{-3} /año y 1000 muertos con una probabilidad 10^{-6} /año (Kolluro, 1998).

Capítulo 2

Análisis de normatividad

Este capítulo sirve como referencia al marco legal para la evaluación de riesgos públicos de origen tecnológicos. En Colombia el soporte legal para este tipo de evaluaciones, comprende la Constitución Política, un Marco Normativo de Aplicación Nacional y un Marco Normativo de Aplicación Distrital (local). El análisis se centra fundamentalmente en la emisión de contaminantes, el manejo de residuos peligrosos y especiales, y todo lo relacionado con el uso del suelo. La sección final presenta una visión de sistemas regulatorios en México y en los anexos se listan las normas, decretos y resoluciones relacionados con el tema.

2.1 Constitución Política de Colombia

Como es de público conocimiento, la Constitución pretende ser una “carta ecológica”, en consecuencia cualquier norma en relación con el mejoramiento de la calidad de vida, saneamiento básico y temas relacionados, no tendrá ningún problema de implementación, a menos que se oponga o vaya en contravía de otro derecho fundamental consagrado en la misma Constitución (Anexo C: Sistema Normativo Colombiano).

La implementación de las leyes que desarrollan la materia se inició en 1993, dos años después de expedida la Constitución, con la ley 99. Esta ley se constituyó en un intento de regulación a nivel legal, aun cuando introdujo algunos elementos de política general. Esta ley ha tenido varios desarrollos, precisados en algunos acuerdos y convenios internacionales que son de interés para este esfuerzo de cuantificar riesgos tecnológicos.

Teniendo en cuenta este marco de referencia, se debería formular una completa norma técnica que responda a las aspiraciones contenidas en la política específica y la haga razonablemente alcanzable. Una vez concebida la norma técnica dentro de este contexto, se debería formular la cadena normativa para que regule las actividades socioeconómicas que incidan sobre la seguridad de la comunidad.

2.2 Normas Técnicas Colombianas

Una de las primeras normas dictadas en Colombia referente a la prevención de accidentes tiene que ver con el Sistema General de Riesgos profesionales, creada con el decreto Ley 1295 de 1.994. Esta tiene como objetivo principal mejorar las condiciones de trabajo y de salud de los trabajadores y la prevención de accidentes de trabajo y de las enfermedades profesionales. Este Decreto Ley vela por las condiciones al interior de las unidades productivas y puede y debe ser articulada con todas las otras normas que tengan que ver con la prevención de riesgos públicos de origen tecnológico para aumentar el bienestar general de la comunidad. En el Anexo C se encuentran las normas relacionadas con este decreto. (Anexo C: Sistema General de Riesgos Industriales y Profesionales).

La evolución de normas técnicas en Colombia se encuentra en pleno desarrollo. Con colaboración de países amigos como Alemania y Estados Unidos de América, entre otros, se está realizando la implementación de normatividad técnica para nuestro país. Por esto la normatividad técnica nacional utiliza criterios y parámetros similares a los desarrollados en

estos países. Un ejemplo de esto es la normatividad de aire que se trabaja en este momento en estrecha colaboración con el gobierno Alemán y que se basa en la norma TALUF Alemana.

En lo referente a emisiones sé esta introduciendo el concepto del máximo control posible (*mínima emisión*), al cual se le han introducido otras variables como los de costos, que lo han modificado e incorporado a otros aspectos de control ambiental. En adición a lo anterior, hoy en día se habla de la mejor tecnología de control disponible BACT, *Best Available Control Technology*; o de tecnología de control razonablemente disponible RACT, *Reasonably Available Control Technology*; para producir el índice de emisiones del LAER, *Lowest Achievable Emission Rate*. Estos nuevos conceptos, han introducido posibilidades de control no solamente al final del tubo, sino en la fuente, a partir de la optimización de los procesos susceptibles de producir emisiones contaminantes al aire³.

Estos análisis han llevado a establecer en la mayoría de reglamentaciones, como las de la USEPA unos valores numéricos como límites permisibles de emisión, expresados en términos de concentración, según el tipo de proceso. En forma paralela ha sido necesario también, establecer métodos de medición o evaluación para la verificación de su cumplimiento. La principal desventaja de fijar normas en términos de valores numéricos ha sido la dificultad de establecer, de acuerdo con la legislación de cada país, procedimientos que las vayan haciendo más flexibles en el tiempo, acorde con los cambios tecnológicos que se presenten.

Sería también válido e importante incluir dentro de lo anterior, consideraciones que no se han tenido en cuenta hasta el momento como el efecto acumulado y la capacidad de auto depuración o resiliencia del aire. Es necesario definir de manera específica zonas industriales, y áreas de amortiguación en función de las condiciones climáticas y geográficas del sitio

2.2.1 Normativa sobre contaminantes

Desde 1993 hasta la fecha, el Ministerio del Medio Ambiente, ha expedido e impulsado algunas leyes, decretos y resoluciones inherentes al control y preservación del recurso aire, agua, tierra y el control de residuos líquidos y sólidos.

Las normas más difundidas de estas normas son: (Anexo D: Normas Técnicas Colombianas)

- Decreto 948 de Junio de 1995 (contiene el reglamento o la ley marco de la protección del aire)
- Ley 9 del 24 de enero de 1979 (en esta ley se encuentran las normas generales para la protección del medio ambiente, como es el manejo de residuos líquidos, sólidos y las emisiones atmosféricas)
- Decreto 02 del 11 de enero de 1982 (por medio de este decreto se reglamentan las emisiones atmosféricas, empezando por las definiciones generales como son; fuente móvil, fuente fija, descarga de contaminantes, y opacidad)
- Decreto 2107 del 30 de noviembre de 1995 (este Decreto modificó parcialmente al decreto 948 de 1995)
- Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 (donde se consideran las sustancias de interés sanitario y en general lo concerniente al uso del agua y residuos líquidos)

³ USEPA: United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América.

- Resolución 05 del 20 de agosto de 1996 (por medio de esta resolución se reglamentan los niveles permisibles de emisiones de contaminantes producidos por fuentes móviles a gasolina y diesel, tanto en condiciones estáticas como dinámicas, además se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones.)
- Resolución 2309 del 24 de febrero de 1986 (residuos especiales, criterios de identificación, almacenamiento, transporte y requerimientos de exclusividad en el transporte de residuos especiales, tratamiento, disposición sanitaria y situaciones de emergencia)
- Decreto 2104 del 26 de Julio de 1983, derogado por el 605 de 1996 (residuos sólidos).

2.2.1.1 Reglamentación sobre calidad del aire

A continuación se presenta un listado que resume cuales son los principales actos legislativos que tienen que ver con la calidad del aire en Colombia:

- *Aire en General:* Ley 99 de 1993, Ley 30 de 1990, Decreto 2811 de 1974, Decreto 948 de 1995.
- *Contaminación Atmosférica:* Ley 99 de 1993, Decreto 2811 de 1974, Ley 06 de 1969, Ley 23 de 1973, Ley 9 de 1979, Ley 164 de 1994, Decreto 02 de 1982, Decreto 948 de 1995, Decreto 2107 de 1995, Ley 10 de 1980.
- *Calidad del aire:* Ley 99 de 1993, Decreto 2811 de 1974, Decreto 948 de 1995, Decreto 1697 de 1997, Resolución 19622 de 1985, Resolución 05 de 1996, Ley 99 de 1993, Decreto 2811 de 1974, Resolución 05 de 1996, Resolución 864 de 1996.
- *Emisiones de fuentes móviles:* Ley 99 de 1993, Decreto 2811 de 1974, Decreto 1228 de 1997, Resolución 415 de 1994, Resolución 005 de 1996, Resolución 378 de 1997, Resolución 909 de 1996, Decreto 2107 de 1995.
- *Emisiones de fuentes fijas:* Ley 99 de 1993, Decreto 2811 de 1974, Resolución 681 de 1997, Resolución 378 de 1997, Decreto 1228 de 1997, Resolución 441 de 1997, Decreto 2107 de 1995, Decreto 948 de 1995, Resolución 1691 de 1995, Resolución 619 de 1997.
- *Combustibles:* Ley 99 de 1993, Decreto 2811 de 1974, Decreto 02 de 1982, Decreto 1697 de 1997, Resolución 415 de 1994, Resolución 898 de 1995.
- *Capa de ozono.* Ley 99 de 1993, Decreto 2811 de 1974, Ley 30 de 1990, Resolución 528 de 1997.
- *Permisos de emisión:* Ley 99 de 1993, Decreto 2811 de 1974, Decreto 2107 de 1995, Decreto 948 de 1995, Resolución 351 de 1995, Resolución 378 de 1997, Resolución 619 de 1997.
- *Contaminación:* Ley 99 de 1993, Decreto 2811 de 1974, Decreto 1562 de 1984.
- *Equipos de control y Beneficios Tributarios:* Ley 99 de 1993, Decreto 2811 de 1974, Resolución 864 de 1996.
- *Contaminación Atmosférica:* Ley 99 de 1993, Decreto 2811 de 1974, Ley 06 de 1979, Ley 09 del 979, Ley 164 de 1994, Decreto 02 de 1982, Decreto 948 de 1965, Decreto 2107 de 1995, Ley 10 de 1980.
- *Plaguicidas:* Ley 99 de 1993, Decreto 2811 de 1964, Decreto 765 de 1990, Resolución 1146 de 1996.

Usualmente los entes administrativos oficiales pueden y recurren a normatividades desarrolladas en países extranjeros, cuando no se posee norma propia sobre diferentes asuntos típicos del desarrollo industrial. Un caso particular lo hace el manejo de Bifenilos policlorados (PCB's) en el Distrito Capital, utilizado por el Departamento Administrativo DAMA.

2.2.1.2 Manejo de los residuos peligrosos.

En este numeral se presenta una síntesis de las principales normas aplicables a la disposición final de residuos peligrosos. En términos generales, las áreas legales de mayor aplicación en el tema de residuos peligrosos y de ubicación de instalaciones son las siguientes:

- Uso del suelo
- Impacto ambiental
- Servicios públicos
- Transporte
- Participación comunitaria
- Definición y manejo de residuos peligrosos
- Autoridades ambientales
- Seguros y pólizas
- Tratados internacionales

Estos temas se desarrollarán considerando las potencialidades o limitaciones de tipo legal y normativo para la definición de alternativas de disposición final de residuos peligrosos. El tratamiento del tema se orienta cronológicamente, considerando las normas en sus diferentes niveles jerárquicos, diferenciando las normas de aplicación nacional y de jurisdicción local.

2.2.1.3 Marco regulatorio para el manejo y administración de los residuos peligrosos

Toda la normatividad a nivel nacional sobre residuos peligrosos, se está elaborando de manera coherente con el tratado suscrito por Colombia en el convenio de Basilea. En este convenio se definen los términos usados en relación con el manejo de las sustancias químicas, peligrosas y especiales. De igual manera se presenta un listado inicial de materiales que deben vigilarse en su paso por fronteras internacionales en su proceso de disposición final. Este convenio cobra especial importancia en estos momentos porque obliga a Colombia a establecer controles y reportes que atañen directamente al sector industrial, fijando así la base para la normativa nacional.

Un resumen de este acuerdo suscrito y ratificado por el congreso colombiano se presenta a continuación para hacer claridad sobre los términos que se usarán en adelante en este trabajo:

2.2.1.3.1 Convenio de Basilea

Este convenio hace referencia a las diferentes normas que se deben adoptar para el manejo, movimiento transfronterizo y eliminación de los desechos peligrosos.

Dentro del convenio se define como "desechos peligrosos" a los siguientes desechos que sean objeto de movimientos transfronterizos:

- Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas.
- Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos
- Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos
- Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos
- Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera.
- Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos.

- Desechos que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple.
- Desechos de aceites minerales no aptas para el uso a que estaban destinados.
- Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.
- Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB).
- Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico.
- Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.
- Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.
- Sustancias químicas de desecho no identificados o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.
- Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente.
- Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos.
- Desechos resultantes del tratamiento de superficies de metales y plásticos.
- Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales.
- Metales carbonilos.
- Berilio, compuestos del Berilio.
- Compuestos de cromo hexavalente.
- Compuestos de Cobre.
- Compuestos de Zinc.
- Arsénico, compuestos de Arsénico.
- Selenio, compuestos de Selenio.
- Cadmio, compuestos de Cadmio.
- Antimonio, compuestos de Antimonio.
- Telurio, compuestos de Telurio.
- Mercurio, compuestos de Mercurio.
- Talio, compuestos de Talio.
- Plomo, compuestos de Plomo.
- Compuestos inorgánicos de Flúor, con exclusión del fluoruro cálcico.
- Cianuros inorgánicos.
- Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida.
- Soluciones básicas o bases en forma sólida.
- Asbestos (polvo y fibra).
- Compuestos orgánicos de Fósforo.
- Cianuros orgánicos.
- Fenoles compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles.
- Eteres.
- Solventes orgánicos halogenados.
- Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados.
- Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados.
- Cualquier sustancia de grupo de la dibenzoparadioxinas policloradas.
- Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en la presente lista.

Son considerados también como desechos peligrosos todos aquellos que tengan alguna de las siguientes características peligrosas:

- Explosivos: Por sustancia explosiva o desechos se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que pueden ocasionar daño a la zona circundante.
- Líquidos inflamables: Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc. pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60.5°C., en ensayos con cubeta cerrada o no más de 65.6°C en ensayos con cubeta abierta (como los resultados de los ensayos con cubeta abierta y con cubeta cerrada no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartará de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias sería compatible con el espíritu de esta definición).
- Sólidos inflamables: Se trata de sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalecientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.
- Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea: Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse.
- Sustancias o desechos que en contacto con el agua, emiten gases inflamables: Sustancias o desechos que por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.
- Oxidantes: Sustancias o desechos que sin ser necesariamente combustibles, pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
- Peróxidos orgánicos: Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -O-O- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.
- Tóxicos (venenos) agudos: Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
- Sustancias infecciosas: Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre
- Corrosivos: Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte, o pueden también provocar otros peligros.
- Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua: Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
- Sustancias tóxicas con efectos retardados o crónicos: Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogenia
- Ecotóxicos: Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.
- Sustancias que pueden por algún medio después de su eliminación, dar origen a otras sustancias, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas.

Los conceptos básicos a los que este convenio hace referencia se pueden resumir como:

- Por "desechos" se entienden las sustancias u objetos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional.
- Por "manejo" se entiende la recolección, el transporte y la eliminación de los desechos peligrosos o de otros desechos, incluida la vigilancia de los lugares de eliminación.
- Por "movimiento transfronterizo" se entiende todo movimiento de desechos peligrosos o de otros desechos procedentes de una zona sometida a la jurisdicción nacional de un Estado y destinado a una zona sometida a la jurisdicción nacional de otro Estado o a través de esta zona o a una zona no sometida a la jurisdicción nacional de ningún Estado o a través de esta zona, siempre que el movimiento afecte a dos Estados por lo menos.
- Por "eliminación" se entiende cualquiera de las operaciones especificadas en el Anexo IV del presente Convenio.
- Por "lugar o instalación aprobado" se entiende un lugar o una instalación de eliminación de desechos peligrosos o de otros desechos que haya recibido una autorización o un permiso de explotación a tal efecto de una autoridad competente del Estado en que esté situado el lugar o la instalación.
- Por "autoridad competente" se entiende la autoridad gubernamental designada por una Parte para recibir en la zona geográfica que la Parte considere conveniente la notificación de un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o de otros desechos, así como cualquier información al respecto y para responder a esa notificación, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 6.
- Por "punto de contacto" se entiende el órgano de la Parte a que se refiere el artículo 5 encargado de recibir y proporcionar información de conformidad con lo dispuesto en los artículos 13 y 15.
- Por "manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y de otros desechos" se entiende la adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos, se manejen de manera que queden protegidos del medio ambiente y la salud humana contra los efectos nocivos que pueden derivarse de tales desechos.
- Por "zona sometida a la jurisdicción nacional de un Estado" se entiende toda zona terrestre, marítima o del espacio aéreo en que un Estado ejerce conforme al derecho internacional competencias administrativas y normativas en relación con la protección de la salud humana o del medio ambiente.
- Por "Estado de Exportación" se entiende toda Parte desde la cual se proyecte iniciar o se inicie un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos.
- Por "Estado de Importación" se entiende toda Parte hacia la cual se proyecte efectuar o se efectúe un movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o de otros desechos, con el propósito de eliminarlos en él y de proceder a su carga para su eliminación en una zona no sometida a la jurisdicción nacional de ningún Estado.
- Por "Estado de Tránsito" se entiende todo Estado distinto del Estado de Exportación o del Estado de Importación a través del cual se proyecte efectuar o se efectúe un movimiento de desechos peligrosos y de otros desechos.
- Por "Estados Interesados" se entienden las Partes que sean Estados de Exportación o Estados de Importación o los Estados de Tránsito sean o no Partes.
- Por "Persona" se entiende toda persona natural o jurídica.
- Por "Exportador" se entiende toda persona que organice la exportación de desechos peligrosos o de otros desechos y esté sometida a la jurisdicción del Estado de Exportación.
- Por "Importador" se entiende toda persona que organice la importación de desechos peligrosos o de otros desechos y esté sometida a la jurisdicción del Estado de Importación.
- Por "transportista" se entiende toda persona que ejecute el transporte de desechos peligrosos o de otros desechos.

- Por "generador" se entiende toda persona cuya actividad produzca desechos peligrosos u otros desechos que sean objeto de un movimiento transfronterizo o, si esa persona es desconocida, la persona que esté en posesión de esos desechos y/o los controle.
- Por "eliminador" se entiende toda persona a la que se expidan desechos peligrosos u otros desechos y que ejecute la eliminación de tales desechos.
- Por "organización de integración política y/o económica" se entiende toda organización constituida por Estados Soberanos a la que sus Estados miembros le hayan transferido competencia en las esferas regidas por el presente Convenio y que haya sido debidamente autorizada de conformidad con sus procedimientos internos para firmar, ratificar, aceptar, aprobar o confirmar formalmente el Convenio o para adherirse a él.
- Por "Tráfico ilícito" se entiende cualquier movimiento transfronterizo de desechos peligrosos o de otros desechos efectuado conforme a lo especificado en el artículo 9.

Un país que se suscribe al convenio se compromete básicamente a:

- Reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos y otros desechos en ella, teniendo en cuenta los aspectos sociales, tecnológicos y económicos;
- Establecer instalaciones adecuadas de eliminación para el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y otros desechos, cualquiera que sea el lugar donde se efectúe su eliminación que, en la medida de lo posible, estará situada dentro de ella;
- Velar porque las personas que participan en el manejo de los desechos peligrosos y otros desechos dentro de ella, adopten las medidas necesarias para impedir que ese manejo dé lugar a la contaminación y en caso de que se produzca ésta, para reducir al mínimo sus consecuencias sobre la salud humana y el medio ambiente;
- Velar porque el movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos y otros desechos se reduzca al mínimo, compatible con un manejo ambientalmente racional y eficiente de esos desechos, y que se lleve a cabo de forma que se protejan la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos que puedan derivarse de ese movimiento;
- No permitir la exportación de desechos peligrosos y otros desechos a un Estado o grupo de Estados perteneciente a una organización de integración económica y/o política que sean Partes, particularmente a países en desarrollo que hayan prohibido en su legislación todas las importaciones, o si tienen razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional y de conformidad con los criterios que adopten las Partes en su primera reunión;
- Exigir que se proporcione información a los Estados interesados sobre el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos propuesto con arreglo a lo dispuesto en el Anexo V de este convenio para que se declaren abiertamente los efectos del movimiento propuesto sobre la salud humana y el medio ambiente;
- Impedir la importación de desechos peligrosos y otros desechos, si tiene razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional; h) Cooperar con otras partes y organizaciones interesadas directamente y por conducto de la Secretaría, en actividades como la difusión de información sobre los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos, a fin de mejorar el manejo ambientalmente racional de esos desechos e impedir su tráfico ilícito.

Toda parte tiene el derecho y la obligación de:

- Adoptar las medidas jurídicas, administrativas y de otra índole que sean necesarias para aplicar y hacer cumplir las disposiciones del presente Convenio y no permitir que los desechos peligrosos y otros desechos se exporten a un Estado que no sea Parte o se importen de un Estado que no sea Parte.
- Exigir que los desechos peligrosos y otros desechos que se vayan a exportar, sean manejados de manera ambientalmente racional por el Estado de Importación y los demás lugares. En su primera reunión las Partes adoptarán directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de los desechos sometidos a este convenio.
- Tomar las medidas apropiadas para que solo se permita el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos si:

Nada de lo dispuesto en el presente convenio impedirá que los estados:

- Impongan exigencias adicionales que sean conformes a las disposiciones del presente Convenio y estén de acuerdo con las normas del derecho internacional, a fin de proteger mejor la salud humana y el medio ambiente.
- Impartan soberanía sobre su mar territorial establecida de conformidad con el derecho internacional ni a los derechos soberanos y la jurisdicción que poseen los Estados en sus zonas económicamente exclusivas y en sus plataformas continentales de conformidad con el derecho internacional, ni al ejercicio por parte de los buques y las aeronaves de todos los Estados, de los derechos y libertades de navegación previstos en el derecho internacional y reflejados en los instrumentos internacionales pertinentes.

Adicionalmente a lo anterior se debe tener en cuenta la cooperación internacional para mejorar o conseguir el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y otros desechos. Para tal efecto, las partes deben propender la armonización de normas y prácticas técnicas para el manejo adecuado de los desechos peligrosos y otros desechos; cooperar en la vigilancia de sus efectos sobre la salud humana y el medio ambiente; cooperar con sujeción a sus leyes, reglamentos y políticas nacionales en el desarrollo y la aplicación de nuevas tecnologías ambientalmente racionales para el mejoramiento de las tecnologías actuales con miras a eliminar la generación de desechos peligrosos y a lograr métodos más eficaces y eficientes para un manejo ambientalmente racional, incluido el estudio de los efectos económicos, sociales y ambientales de la adopción de tales tecnologías nuevas o mejoradas; cooperar activamente con sujeción a sus leyes, reglamentos y políticas nacionales, en la transferencia de tecnología y los sistemas de administración relacionados con el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y otros desechos. Así mismo deberán cooperar para desarrollar la capacidad técnica entre las Partes, especialmente las que necesiten y soliciten asistencia.

Cuando Colombia ratificó el convenio, se sometió a cumplir con todos los parámetros y normas establecidas por el mismo. En este momento Colombia se encuentra en una fase preliminar en donde está implementando el convenio y por lo mismo existen diferencias en el cumplimiento de los parámetros establecidos. (Anexo E: Convenio de Basilea, completo)

Adicionalmente a los esfuerzos que se están haciendo en torno al convenio de Basilea, en Colombia existen una serie de decretos y normas regulatorias sobre el manejo y administración de los residuos peligrosos, que tiene relevancia actual. Ver [Tablas 2.1](#) y [2.2](#).

Tabla 2.1 Marco normativo de aplicación nacional

Norma	Descripción
Leyes	
Decreto Ley 2811 de 1974	El código de los recursos naturales es la base para las autorizaciones, concesiones y autorizaciones para el uso y el aprovechamiento de los recursos naturales y se definen procedimientos generales para cada caso.
Ley 9 de 1979	El código sanitario nacional cuenta con una serie de normas relacionadas con la protección del ambiente y la salud humana. En esta ley existen una serie de aspectos relevantes que bien podrían ser asumidos a través de la reglamentación de la ley 99/93 o que pueden ser aplicados en la ausencia de reglamentación específica, toda vez que no se encuentran derogados explícitamente.
Ley 80 de 1989	En la Ley 80 se señalan los fines y los principios de la contratación pública.
Constitución Nacional de 1991	La constitución nacional cuenta con mas de 30 artículos específicos referidos a temas ambientales y de conservación de los recursos naturales, se expresa la prohibición de introducir al territorio nacional residuos nucleares y desechos tóxicos.
Ley 99 de 1993	Ley que conforma el Sistema Nacional Ambiental, a través del cual se responsabiliza a todos y cada uno de los actores del desarrollo de la tarea de conservar y aprovechar de manera racional los recursos naturales y el ambiente. Define las autoridades que en materia ambiental serán las responsables de formular y verificar el cumplimiento de las políticas y normas ambientales.
Ley 142 de 1994	Estatuto para los servicios públicos domiciliarios establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios. Esta ley busca crear un entorno regulatorio apropiado para incentivar inversión privada y el desarrollo de la libre competencia en la prestación eficiente de los servicios públicos, y fortalecer la capacidad reguladora y de control del Estado.
Ley 253 de 1996	Ley que aprueba en Colombia el Convenio de Basilea, suscrito en el contexto de la Naciones Unidas el 22 de marzo de 1989,
Ley 388 de 1997	Esta ley define el marco general del ordenamiento territorial que debe ser aplicado por los entes territoriales.
Ley 430 de 1998	Esta ley regula la prohibición de introducir desechos peligrosos al país, el manejo y gestión de los generados en Colombia y el control y vigilancia de los mismos, todo ello conforme al Convenio de Basilea.
Ley 491 de 1999	Esta ley determina que cualquier actividad humana susceptible de causar daños al ambiente y requiera de una licencia ambiental, debe contar con un seguro ecológico obligatorio

Tabla 2.1 Marco normativo de aplicación nacional (Continuación)

Decretos	
D. 1875 de 1979	Este decreto dicta normas sobre la prevención de contaminación del medio marino.
D. 02 de 1982	Decreto que define los estándares de emisión para las diferentes actividades productivas.
D. 1594 de 1984	Decreto que regula lo relacionado con el control de los efluentes líquidos de los distintos procesos productivos. Es la norma que regula los procesos de sanciones relativas al incumplimiento de normas ambientales, así como el procedimiento para el trámite y obtención del permiso de vertimiento de residuos líquidos.
D. 1753 de 1994	Este decreto reglamenta el proceso de licenciamiento ambiental de proyectos. En él se establece el tipo de proyectos que requieren de licencia ambiental, las autoridades competentes para otorgarlas, los tipos de estudios que deben adelantarse, los espacios de participación ciudadana en el proceso y los costos asociados al trámite de la licencia.
D. 948 de 1995	Este decreto es el marco normativo de referencia para el manejo de la calidad del aire. Si bien este decreto es todavía muy genérico define las reglas generales que deben aplicarse en las diferentes actividades productivas y de servicios y que deban emitir contaminantes a la atmósfera.
D. 605 de 1996	Este decreto reglamenta el servicio público domiciliario de aseo.
D. 1843 de 1991	Decreto del ministerio de salud sobre manejo y control de plaguicidas.
D. 321 de 1999	Este decreto adopta el Plan Nacional de Contingencias –PNC- contra derrame de hidrocarburos, sus derivados y sustancias nocivas.
Resoluciones	
R. 2309 de 1986 del Ministerio de Salud	Reglamenta lo relacionado con los residuos especiales, denominados así en la Ley 9/79, y que para los efectos del análisis aplica a los residuos peligrosos.
R. 189 de 1994 del Ministerio de Medio Ambiente	Esta resolución prohíbe la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos y para ello define los criterios de clasificación de un residuo peligroso.
R. 6 de 1997 del Consejo Nacional de Normas y Calidad	Esta resolución adopta normas técnicas de estricto cumplimiento en el transporte de sustancias peligrosas, específicamente en lo que tiene que ver con el embalaje y envase de dichas sustancias.
R. 822 de 1998 del Ministerio de Desarrollo Económico.	Esta resolución establece el marco técnico general aplicable al sector de agua potable y saneamiento básico. Este es un reglamento técnico de aplicación general para todos y cada uno de los proyectos del sector que en el país se desarrollen.
R. 415 de 1998 del Ministerio de Medio Ambiente	Reglamenta el uso de aceites usados ⁴ , los cuales pueden ser utilizados como combustible único o mezclado con otro tipo de combustibles en hornos o calderas

⁴ En esta resolución se establece que aceite usado como todo aceite industrial con base mineral o sintética, que se haya vuelto inadecuado para el uso asignado inicialmente.

Tabla.2.2 Marco normativo de aplicación distrital

Norma	Descripción
Decretos	
D. 673 de 1995	Modifica la estructura y funciones del Departamento Administrativo de Medio Ambiente – DAMA, con lo cual el Distrito Capital asume las funciones definidas en la Ley 99 de 1993.
Resoluciones	
R. 970 de 1997 del DAMA	Esta resolución reglamenta la gestión integral de residuos especiales provenientes de establecimientos que realizan actividades relacionadas con el área de la salud.
R. 1074 de 1997 del DAMA	Esta resolución establece los estándares de vertimientos hacia la red de alcantarillado o cuerpo de agua y se prohíbe el vertimiento de sustancias tóxicas según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud.

2.2.1.3.2 Proyectos de reglamentación en marcha para control de residuos peligrosos

En términos de la reglamentación futura relacionada con el tema de los residuos peligrosos y aplicable en todo el territorio nacional, existen los siguientes proyectos que están cursando su trámite y que vendrían a complementar los anteriormente expuestos:

En primer lugar está el proyecto de resolución del Ministerio de Transporte sobre el manejo y transporte terrestre de mercancías peligrosas por carretera. Este proyecto de reglamento, en el que ha participado el Ministerio de Medio Ambiente, se encuentra en discusión en distintas entidades públicas y privadas y se espera que próximamente pueda ser emitido por parte del Ministerio de Transporte. En términos generales el proyecto de resolución trata los siguientes temas:

- Rotulado y envases de los residuos, el marcado de los embalajes y envase y los requisitos generales del transporte, para lo cual se utiliza la norma técnica colombiana 1692.
- Requisitos de la unidad de transporte o vehículo de transporte, entre los que se incluye la dotación para emergencias según el producto y el rotulado visible.
- Obligaciones del remitente de la carga, entre las cuales se incluye la capacitación a los despachadores y la implementación de planes de emergencia para la atención de accidentes
- Obligaciones del destinatario de la carga, entre las cuales se incluye la capacitación del personal y la implementación de planes de atención de contingencias.
- Obligaciones de la empresa transportista, entre las que se incluye el garantizar la dotación de equipos de protección en los vehículos, la capacitación de los conductores y la implementación de planes de atención de contingencias.

Por otra parte, el proyecto incluye las sanciones aplicables para cada uno de los responsables, en términos de SMMLV⁵. En términos generales el proyecto es un primer intento por establecer las normas mínimas sobre el transporte de sustancias peligrosas. Sin embargo, no se ha convocado a todos y cada uno de los interesados e involucrados con el tema, lo que limita la aplicabilidad de la norma.

⁵ SMMLV = Salario Mínimo Mensual Legal Vigente

En los dos últimos años, el Ministerio de Medio Ambiente en coordinación con el DNP formularon un plan para crear una norma sobre el tema de residuos peligrosos. Dentro de este plan se desarrolló un estudio con el cual se pretendía definir unos listados concertados sobre los residuos peligrosos en el país. Estos listados permitirían la formulación de una reglamentación específica. El plan contemplaba la realización de un proyecto piloto en la zona industrial identificada en estudios anteriores, con miras a generar guías de manejo. En estos momentos y después de sortear dificultades en sus planes de financiación, la CVC en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente se encuentran desarrollando un proyecto piloto con una duración de aproximadamente nueve meses, encaminado a desarrollar la mencionada norma.

2.2.1.3.3 Aspectos relevantes del marco normativo y de política

A partir de la descripción anterior, es posible destacar algunos aspectos que deben ser considerados en el momento de definir las alternativas de tratamiento de los residuos peligrosos generados en Santa Fe de Bogotá:

- En la actualidad el país no cuenta con una política integral sobre el manejo de los residuos peligrosos. Sin embargo, en algunos aspectos la voluntad del estado está claramente definida. Por ejemplo, con la ratificación de la convención de Basilea.
- La reglamentación actualmente asociada con el tema de los residuos peligrosos no ha generado un marco normativo consiente y aplicable. Muchas de las normas reglamentan parcial o superficialmente los temas del manejo y disposición final de los residuos, lo que no viabiliza su aplicación efectiva.
- Es notorio el interés de varias instituciones por reglamentar el tema. Sin embargo, la falta de integración de esas buenas intenciones no ha permitido lograr una reglamentación aplicable.
- La reglamentación existente ha avanzado en la definición y caracterización de los residuos peligrosos, Sin embargo, todavía es una limitante el no contar con listados específicos de lo que en el país o las regiones se considera residuo peligroso. Esto es imprescindible toda vez que sólo de esta manera es posible el control.
- La resolución 822/98 sobre el sector de agua potable y saneamiento básico es un avance importante en lo que tiene que ver con las especificaciones técnicas para el desarrollo de instalaciones de tratamiento y manejo del agua potable y residual y de los residuos sólidos domésticos. A pesar de esto, en el tema de los residuos peligrosos no se presenta con la misma profundidad en términos de especificaciones técnicas, sino como principios y criterios básicos de gestión. En este sentido es preciso contar con especificaciones técnicas detalladas para las instalaciones de manejo y disposición de residuos peligrosos.

En el conjunto de normas analizadas están definidas con claridad las responsabilidades sobre la gestión de los residuos peligrosos.

2.2.2 Legislación y normatividad en el uso del suelo en el Distrito.

En lo que tiene que ver con la reglamentación Distrital relacionada sobre residuos peligrosos, se revisó el proyecto de Acuerdo Distrital sobre el Plan de Ordenamiento Territorial, que esta directamente relacionado con el uso del suelo en el distrito. En este plan el tema del manejo integral de los residuos de la ciudad es desarrollado con ciertas limitaciones, dado el nivel de información disponible sobre el tema. específicamente, en el caso de la ubicación de instalaciones para el manejo de residuos, el plan trata superficialmente el tema de relleno sanitario indicando algunas áreas con posibilidad de desarrollar proyectos de este tipo. A pesar de encontrarse en el plan, este tipo de proyectos requieren de una licencia ambiental. El plan incluye la consolidación de la zona industrial de Bogotá como una zona con industria

altamente tecnificada (producción limpia), lo que en principio no permitiría la ubicación de instalaciones para el tratamiento de residuos peligrosos

Existen algunos términos legales que aun no han sido desarrollados para su correcta aplicación. En la actualidad sólo se cuenta con las herramientas legales que le brinda el Acuerdo 6 de 1990 al distrito capital. Es necesario el desarrollo de una reglamentación técnica en donde se especifiquen a profundidad los parámetros necesarios para el manejo del suelo en cada una de las clases de industria. Como un ejemplo de tal tipo de reglamentación en el Anexo F se presenta el caso la zonificación del Estado de Jalisco en Méjico, caso interesante por tratarse de un país semejante al nuestro desde el punto de vista cultural y de desarrollo. (Anexo F: Marco Internacional. Caso México)

2.2.2.1 Acuerdo 6 de 1990 (Derogado por el POT)

En este acto legislativo, "se adopta el estatuto para el ordenamiento físico del Distrito especial de Bogotá". En este proyecto el análisis se centrará en los aspectos relacionados con el uso industrial de suelo. El Acuerdo 6 dicta disposiciones generales y hace la distinción entre los diferentes usos del suelo. Además, presenta una clasificación de los tipos de industria (Extractiva y Transformadora) y de las subdivisiones particulares.

2.2.2.2 Plan de ordenamiento territorial (POT)

Como bien lo señala el Departamento Administrativo de Planeación Nacional, "El Plan de Ordenamiento Territorial es un nuevo instrumento de planeación que brinda la Ley de Desarrollo Territorial- Ley 388 de 1997. Es la oportunidad que tiene el Distrito para planificar su territorio a largo plazo. Es un proyecto colectivo de ciudad que busca un espacio de concertación entre los diferentes actores de la sociedad. Es la herramienta que permite y orienta la inversión pública e incentiva la privada."⁶

El plan, determina un "modelo", que no es otra cosa que la imagen deseada de Bogotá y su entorno para los próximos 10 años. Los componentes de este modelo son:

- LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL: conformada por los sistemas naturales que soportan la calidad ambiental para la ciudad y la región; y su objetivo es la protección de los recursos naturales. El Modelo de Ordenamiento propuesto busca armonizar el desarrollo urbano y la preservación del soporte natural.
- EL TERRITORIO RURAL: lo conforman las zonas que circundan Bogotá por el oriente y el sur. Se fundamenta en su conservación como ecosistema y en el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.
- LA ESTRUCTURA URBANA: está compuesta por las Piezas Urbanas (áreas de la ciudad donde se pretende consolidar funciones específicas) y los Sistemas Generales (redes principales de infraestructura)

El modelo de ordenamiento se lleva a la práctica a través de la aplicación de normas urbanísticas y el desarrollo de actuaciones sobre el territorio. Las normas tienen por objetivo orientar la actuación pública y regular las intervenciones privadas en cada una de las zonas homogéneas de la ciudad. Este tipo de normas pueden ser de carácter uso o tratamiento. La [Tabla 2.3](#) lista las normas que el POT señala con responsabilidad directa o coresponsabilidad del DPAE.

⁶ <http://www.dapd.gov.co/pot.htm>

Tabla 2.3 Obligaciones del DPAE relacionadas en el POT

No. Artículo POT	Nombre Artículo	En Relación con:	Termino Implementación
Artículo 45	Zona de manejo y preservación del río Bogotá	EAAB	
Artículo 72	Áreas urbanas en amenaza por inundación.	EEAB	Dos (2) años
Artículo 77	Áreas rurales en amenaza por inundación		
Artículo 78	Áreas urbanas en amenaza por remoción en masa		
Artículo 79	Medidas estructurales para la mitigación del riesgo en las zonas de extracción minera	DAMA, DPAD	
Artículo 81	Áreas rurales en amenaza por remoción en masa		
Artículo 82	Zonas prioritarias sujetas a análisis de riesgo en el D.C	DAPD	
Artículo 83	Monitoreo de amenazas		
Artículo 84	Rehabilitación de zonas desalojadas por alto riesgo no mitigable		
Artículo 85	Condicionamientos para futuros desarrollos urbanísticos		
Artículo 86	Obligatoriedad de análisis de riesgos	DAPD	
Artículo 87	Transitoriedad del complejo petroquímico de Puente Aranda	DAPD, DAMA	
Artículo 90	Suelo de protección	DAPD	
Artículo 340	Conformación de Zonas de Comercio y Servicios e Industriales en Area Urbana Integral.	DAMA	
Artículo 341	Área de Actividad Industrial	DAMA, DAAPD, Secretaria de Salud	Un (1) año
Artículo 382	Predios localizados en zonas con amenazas de inundación, remoción en masa o de riesgo tecnológico.		

En los artículos 86, 87, 340 y 341, la DPAE entra en relación directa con el DAMA para el desarrollo de la normativa e implementación del plan de ordenamiento. El DAMA ha venido trabajando en este proyecto de manera continua desde la expedición del plan, entregando mediante licitación la elaboración de un documento que fije por medio de variables urbanísticas y técnicas el uso de tierra en el área del Distrito Capital. Este documento debe ser aprobado por decreto antes del 15 de Diciembre de 2000. Las zonas de uso industrial están definidas en el POT como se presenta en la [Tabla 2.4](#).

Las industrias que queden clasificadas como de alto impacto ambiental según la clasificación realizada en el decreto antes mencionado deberán estar localizadas en los parques industriales ecoeficientes. Esto facilita a las autoridades del distrito ejercer controles sobre este tipo de industrias y los riesgos asociados que las operaciones industriales generan. La DPAE debe participar en la elaboración del decreto para definir las actividades industriales a localizar en estas áreas y así definir los requerimientos asociados a los riesgos como grupos de emergencia disponibles en el sector, inventarios locales de recursos, etc.

Las demás áreas de uso industrial no estarán localizadas en zonas de uso exclusivo y por lo tanto el tratamiento, los planes de contingencia y análisis de riesgos, deben tener en cuenta

variables distintas, haciendo modelos flexibles para su aplicación. Por lo anterior cabe preguntarse si es adecuada la elaboración de términos únicos para las diferentes zonas de uso industrial.

Tabla 2.4 Zonas y usos industriales de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial de Santa Fe de Bogotá 2000.

SUBÁREAS DE ACTIVIDAD	ZONAS	APLICACIÓN
Parques Industriales Ecoeficientes	a.Parque Industrial Ecoeficiente Meandro del Say	Sector de industrias metalmecánicas básicas, sector de productos metálicos, fabricación de abonos y plaguicidas, fabricación de resinas sintéticas, fabricación de productos de caucho, Imprentas editoriales
	b.Parque Industrial Ecoeficiente de Puente Aranda	Fabricación de aceites y grasas vegetales, sector de fabricación de textiles, Industria de la madera y productos de la madera, productos de pinturas, barnices y lacas, fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos, fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo, fabricación de maquinaria, aparatos, accesorio y suministros eléctricos
	c. Parque Industrial Ecoeficiente de San Benito	Curtiembres
Áreas de Industria Básica		Otros núcleos industriales de mediana dimensión, por fuera de los Parques Industriales Ecoeficientes
Áreas de Industria Condicionada		Todo tipo de actividad industrial dispersa, sujeta al concepto ambiental del DAMA y de la DPAE

2.3 Recomendaciones

- Se debe trabajar en la obtención de definiciones concertadas y claras entre las entidades distritales en cuanto lo que tiene que ver a sustancias químicas, residuos peligrosos, residuos hospitalarios, etc.
- El POT presenta lineamientos generales y solicita a las entidades distritales una serie de productos para un período de tiempo determinado. Para llegar al desarrollo de los elementos requeridos por el plan se debe realizar un trabajo concertado y escalonado por parte de las entidades involucradas.
- Para el manejo de sustancias peligrosas se sugiere desarrollar normativa técnica colombiana enmarcada por el convenio de Basilea, con las mismas definiciones y conceptos.

- Para determinar las tablas de sustancias peligrosas la DPAE debe sugerir una lista de compuestos de su interés o ser participe en un trabajo de este tipo con el Ministerio del Medio Ambiente, DAMA, el Ministerio de Salud y demás entes interesados en este tema.
- La PDAE debe realizar planes de prevención de riesgos tecnológicos no como ente de control sino como coordinador de acciones con las ARP's
- Se deben participar activamente en los espacios interinstitucionales como el sistema nacional ambiental y su homologo distrital. Este papel de la PDAE debe ser propositivo y coordinador de acciones
- Se podría pensar en programas tipo APELL (programa de Naciones Unidas para la atención de riesgos tecnológicos) y herramientas computacionales como CAMEO (herramienta de Naciones Unidas) para la atención de emergencias y modelamientos asociados a riesgos industriales, en zonas como los parques ecoeficientes. Para el otro tipo de zonas de uso industrial se sugiere desarrollar modelos flexibles con un alto contenido preventivo.

Capítulo 3

Análisis de información secundaria

3.1 Aspectos generales

En este capítulo se presenta una descripción general de los aspectos físicos y socioeconómicos de las localidades de Usaquén y Kennedy, la descripción no pretende ser exhaustiva, sino que describe el contexto dentro del cual se realiza el estudio. Adicionalmente se presentan algunas de las metodologías para la identificación de los procesos generadores de riesgos

3.2 Descripción de la localidad de Usaquén

La localidad de Usaquén se encuentra ubicada en el extremo nor-oriental de la ciudad, esta limitada por el municipio de la Calera por el Oriente, al norte limita con el municipio de Chia. Al occidente, la localidad limita con la localidad de Suba, mientras que por el sur, la localidad de Usaquén limita con la localidad de Chapinero ([Figura 3.1](#)).

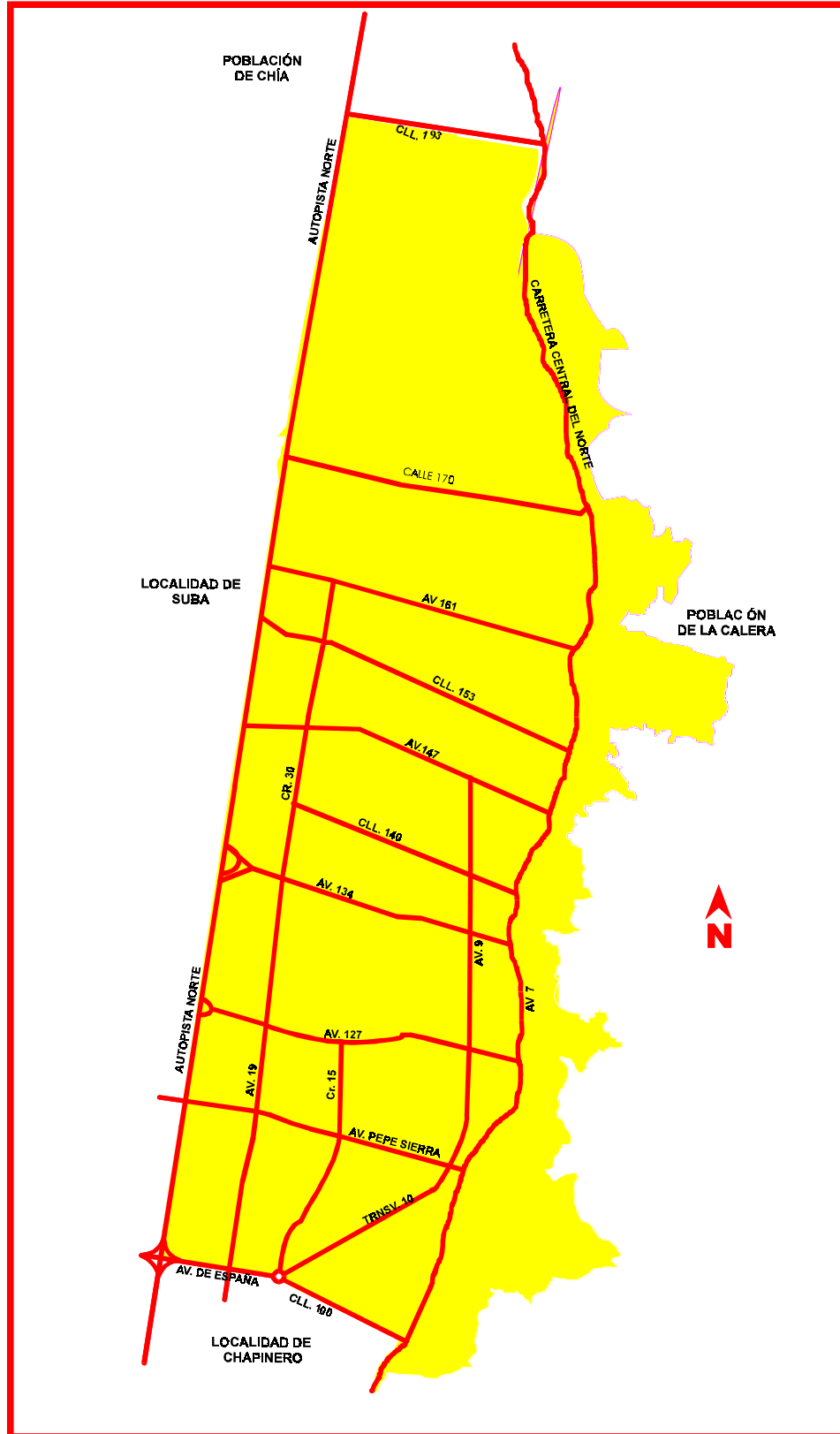
3.2.1 Reseña histórica

En la época de la colonia, la región de Usaquén abarcaba las tierras que hoy día llevan el nombre de la Calera, Chía y Guasca constituyéndose en paso obligado hacia la ciudad de Tunja y el nor-oriental del país.

Se cree que en 1539 los españoles dieron comienzo a la fundación de la población de Usaquén, denominándola “Santa Bárbara de Usaquén”. En 1777, Usaquén fue desalojado y sus habitantes trasladados a Soacha, pues las autoridades españolas declararon extinta la zona. El nuevo proceso de desarrollo urbano se caracterizó por la construcción de grandes haciendas, pertenecientes a extranjeros. En la época de la República, el hecho más notorio sucedido en Usaquén tuvo lugar durante la guerra Civil de 1860, cuando era presidente de la confederación Granadina el Dr. Mariano Ospina. En la región de Usaquén se dieron los sangrientos combates del 12 y 13 de junio de 1861 entre tropas legítimas del gobierno acantonadas en el Chicó y las tropas revolucionarias del General Mosquera, al mando del General Santos Gutiérrez; acantonadas en las haciendas de Santa Bárbara y Santa Ana. Las fuerzas legítimas no pudieron resistir el ataque de las fuerzas rebeldes, permitiendo el triunfo del general Mosquera quien asumió el gobierno. Con posterioridad a estos hechos, las haciendas de Santa Bárbara y Santa Ana se convirtieron en zonas urbanas y en el lugar de recreo de los bogotanos del finales del siglo XIX y comienzos del XX.

En la localidad de Usaquén se evidencian dos fenómenos: el asentamiento de una importante franja poblacional en viviendas no legalizadas que corresponden a estratos socioeconómicos bajos y se encuentran ubicadas en la zona de los cerros; y el importante incremento de las viviendas tipo apartamento. Adicionalmente, se ha venido desarrollando una importante infraestructura vial, que cruza la localidad en toda su extensión y comunica a la capital con el nor-oriental del país. Recientemente, algunos sectores que históricamente se caracterizaron por su función residencial se han constituido en zonas comerciales.

Figura 3.1. Localidad de Usaquén.



Fuente: Observatorio Social. Alcaldía Local de Usaquén. Grupo de Apoyo a la Planeación Local.

3.2.2 División territorial político-administrativa

En la Tabla 3.1 se presentan los barrios que conforman la Localidad según el estrato socio-económico al cual pertenecen. En promedio, en cada Kilómetro cuadrado habitan 64.373 personas. La mayor densidad de la población se encuentra ubicada en los barrios llamados Cedritos y Cerros Orientales (Calle 153- Calle 190, estratos uno y dos).

Tabla 3.1 Barrios según estrato predominante. Localidad de Usaquén, 1991.

Estrato	Barrios
1	Buena Vista, Horizonte, La Estrellita, El Codito, El Cerro, La Pajarera, La Perla Oriente, San Agustín, San Cristóbal Alto, San Cristóbal Norte, San Juan Bosco, Santa Cecilia y Santa Cecilia Alta.
2	San Juan Bosco, Villa Nydia, La Uribe, San José de Usaquén, Bacatá, Cooperativa La Libertad, El Rincón del Puente, El Verbenal III Sector, Guanica, Los Arrayanes, Los Consuelos, Los Molinos de Macondo, Otoño, San Antonio, Santa María, Valle de Usaquén
3	Escuela de Caballería, La Libertada, Santa Mónica, Reserva del Palmar, Toberín, Casablanca Norte, El Danubio, El Palmar, El Recreo, El Señorial, San Gregorio, Santa Teresa, Aisunca, Bosque Medina, Los Sauces del Norte, Alta Blanca, Barrancas Norte, Cabaña
4	Intereléctrica, Jardines de Paz, Tibabita, Tubos American Pipe, Bolívar, Cedro Norte, El Cedro, Cedro Bolívar, Guanoa, Las Margaritas, Rincón de las Margaritas, Guanica, La Floresta, La Libertad, Canapro, La Peña, La Uribe, San Antonio Noroccidental
5	El Chital, La Calleja, La Cristalina, Santa Clara, Santa Coloma, Sauces de la Calleja, Tobago, Urbanización Soatama, Country Club, La Herrería, Bella Suiza, Ginebra, Santa Barbara Oriental, Francisco Miranda, Multicentro, Parque Lucas, Santa Ana, Santa An
6	Camino del Country, La Carolina, las Quintas, Los Cámbulos, Prados del County, Recodo del Country, Tabaré, Toledo, Bosque Medina, Bosque San Gabriel, Los Pinos, Altos de Santa Bárbara, Conjunto Residencial Santillana, Sagrado Corazón, Santa Barbara Alta, Paseo Real, Usaquén, Santa Ana Oriental, Molinos del Norte, Rincón del Chicó, Santa Viviana, El Cocuyo, Los Molinos del Norte, Santa Bárbara Central, Santa Paula, Santa Bárbara, Santa Bárbara Central Occidental, Navarra y San Patricio.

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Distrital. 1997

3.2.3 Crecimiento de la población

En la [Tabla 3.2](#) se presenta el crecimiento de la población para las diferentes localidades. Como se puede observar, después de las localidades de Tunjuelito, Bosa y Suba, Usaquén se ubica como la cuarta Localidad que presentó el mayor crecimiento en el período intercensal, el cual ascendió al 61% respecto a la población de 1985, muy por encima al registrado para el Distrito en su conjunto (26.6%).

Tabla 3.2 Población. Localidades, 1985 y 1993.

Localidades	Ajustada		Variación %
	1985	1993	1985-1993
Antonio Nariño	111,247	98,355	-18.4
Bosa	122,737	215,816	75.8
Barrios Unidos	199,701	176,552	-11.6
La Candelaria	30,948	27,450	-11.3
Ciudad Bolívar	326,118	418,609	28.4
Chapinero	110,235	122,991	11.6
Engativá	530,610	671,360	26.5
Fontibón	166,427	201,610	21.1
Kennedy	561,710	758,870	35.1
Los Mártires	113,778	95,541	-16
Puente Aranda	305,123	282,491	-7.4
Rafael Uribe	283,213	379,259	33.9
Santa Fe	120,694	107,044	-11.3
San Cristóbal	346,001	439,559	27
Suba	334,700	564,658	68.7
Teusaquillo	132,501	126,125	-4.8
Tunjuelito	85,217	204,367	139.8
Usaquén	216,320	348,852	61
Usme	164,847	200,892	21.9
Total	4,262,127	5,440,401	26.7

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE-. Dirección Técnica de Censos

De acuerdo con la información suministrada por la Secretaría de Salud, para 1997 se proyectan 387.271 habitantes en Usaquén y para el año 2000 se calcula que la localidad contará con 421.321 residentes. (Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Proyecciones de población. Localidad de Usaquén, 1997, 2000, 2005 y 2010.

Año	Hombres	Mujeres	Total
1997	185336	421321	387271
2000	197214	224107	421321
2005	219295	249200	468945
2010	236269	268490	504759

Fuente: Secretaría Distrital de Salud. 1997.

Las proyecciones realizadas para el período 1997-2000 suponen una tasa de crecimiento anual correspondiente al 2.84%. Dicha tasa de crecimiento disminuye para el período 2000-2005 a 2.14% y para el período 2005 a 2010 se considera una tasa del 1.5% (Tabla 3.4)

Tabla 3.4 Tasa de crecimiento anual y porcentaje de incremento anual de la población. Localidad de Usaquén, 1985-2010.

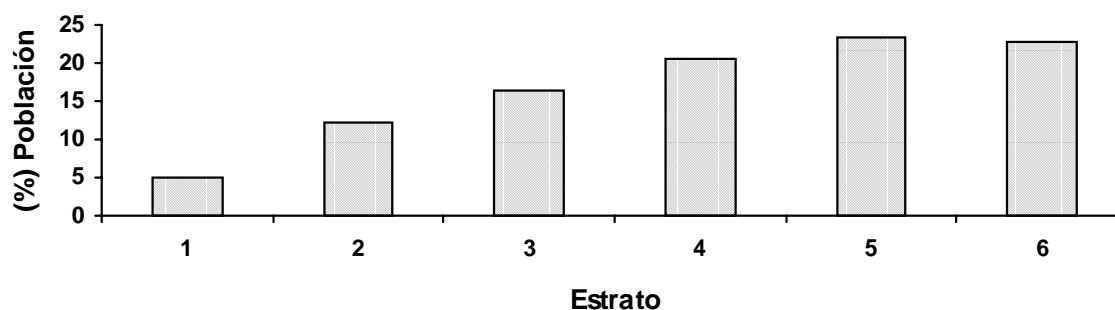
Período	Tasa de crecimiento	Incremento
	anual	anual (%)
1985-1993	0.0479	4.9
1993-1997	0.0499	5.1
1997-2000	0.02809	2.84
2000-2005	0.02123	1.14
2005-2010	0.0149	1.5

Fuente: Cálculos realizados con base en el censo del DANE, 1993 y en proyecciones de población suministradas por la Secretaría Distrital de Salud.

3.2.4 Estratificación socio-económica

Como se mencionó, la Localidad está conformada por barrios distribuidos en los estratos socioeconómicos categorizados del 1 al 6. Según datos de la Cámara de Comercio de Bogotá, para el año 1990 más del 65% de la población se ubica en los estratos 4, 5, y 6. El 5, 12 y 16 % de la población de la localidad se encuentra clasificada en los estratos 1, 2 y 3 respectivamente (Figura 3.2)

Figura 3.2. Distribución de la población por estratos. Localidad de Usaquén, 1990.



Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá, Agenda Ambiental 1992.

La población de bajos ingresos (estratos 1 y 2), se ubica en el extremo nororiental de los cerros de la Localidad y una parte del estrato 3 en la parte baja. La población de altos ingresos (estratos 5 y 6) se encuentra localizada especialmente en la parte plana. Sin embargo existen algunas urbanizaciones de estrato alto en el piedemonte de los cerros (Figura 3.3).

3.2.5 Nivel de pobreza

La encuesta sobre pobreza y calidad de vida en Bogotá (Tabla 3.5) muestra que al igual que en las demás Localidades, durante el período 1985-1991 se redujo el número de hogares y personas pobres de 19.1% a 15.3%. El mayor cambio positivo en Usaquén fue la disminución del hacinamiento crítico, el cual se redujo de 13.5% a 8.0%. Esta misma tendencia se evidencia a nivel Distrital (Tabla 3.5). Le siguen, en su orden, los indicadores de viviendas y servicios inadecuados, los cuales disminuyeron de 3.9% a 1.32% y de 2.9% a 0.4% respectivamente. Por

otra parte, se destaca el incremento de personas con inasistencia escolar (2.9% en 1985 a 5.8% en 1991).

Tabla 3.5 Personas con NBI por indicadores. Localidad de Usaquén y Santa Fe de Bogotá, 1985, 1991.

	Usaquén				Santa Fe de Bogotá			
	1985		1991		1985		1991	
	#	%	#	%	#	%	#	%
Viviendas inadecuadas	8436	3.9	4024	1.3	161961	3.8	112603	2.2
Servicios Inadecuados	6273	2.9	1238	0.4	55408	1.3	40947	0.8
Inasistencia Escolar	6273	2.9	17955	5.8	149174	3.5	168905	3.3
Hacinamiento Crítico	29203	13.5	24765	8	7288237	17.1	547663	10.7
Alta Dependencia Económica	9085	4.2	7739	2.5	247203	5.8	184260	3.6

Fuente: DANE, Boletín de estadística. Encuesta sobre pobreza y calidad de vida en Santa Fe de Bogotá. 1993.

3.2.6 Ocupación según ramas de actividad económica

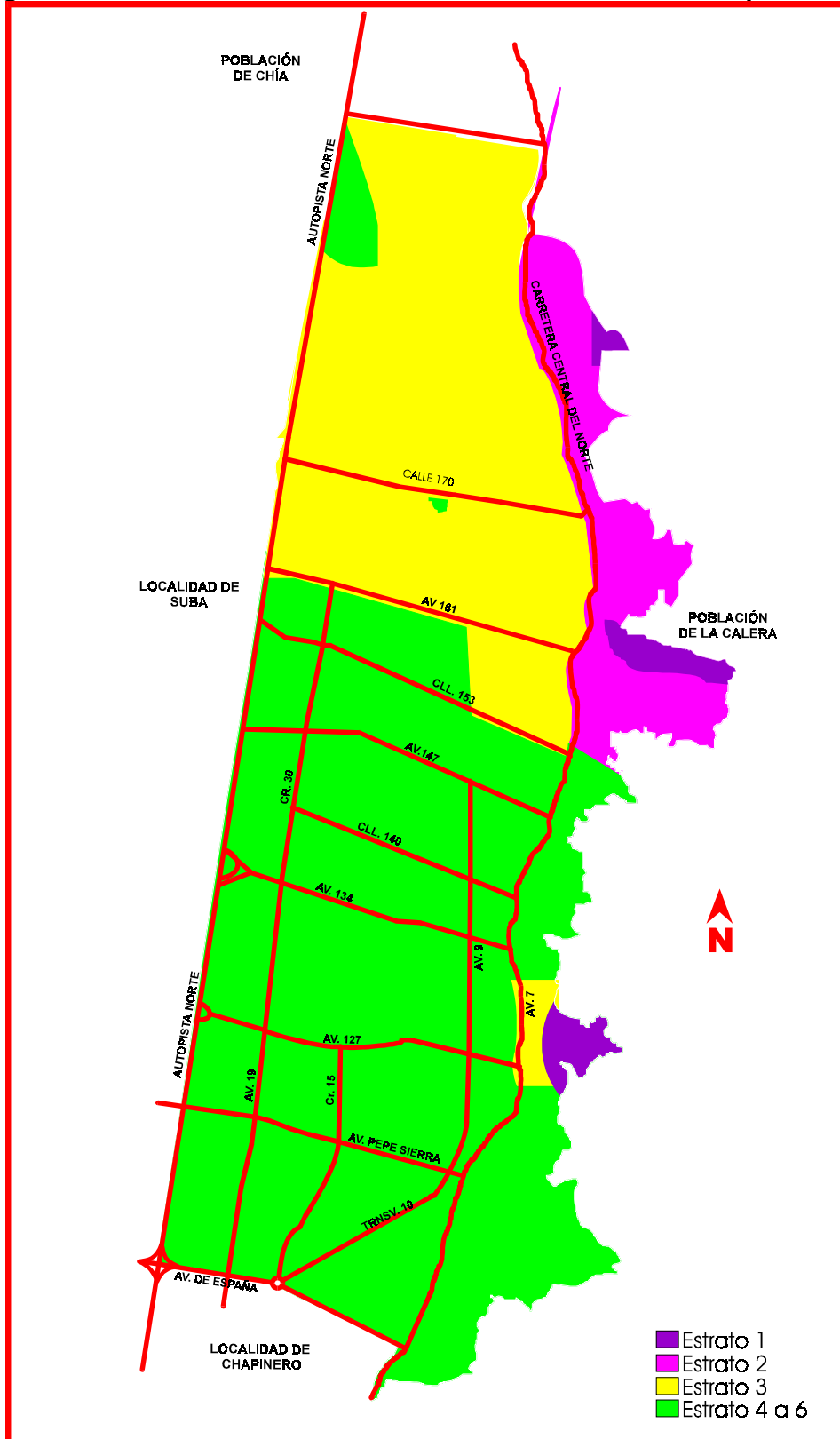
En relación con la actividad económica, el mayor porcentaje de población ocupada se vincula al comercio (15.8%). No obstante, dicho porcentaje es menor que el que representa este grupo de población en el Distrito. En segundo renglón se ubican los habitantes residentes en la localidad dedicados al servicio doméstico. Nuevamente llama la atención la elevada participación que tienen las personas vinculadas a esta actividad, frente a la representación que tienen en Santa Fe de Bogotá. (3.9%). Es notoria en la localidad la industria manufacturera (9.2%). Se destaca también la población que desempeña las siguientes actividades: construcción, enseñanza, servicios sociales de salud, sector financiero y actividades inmobiliarias (Tabla 3.6).

Tabla 3.6 Población económicamente activa ocupada según ramas de actividad de la empresa. Localidad de Usaquén y Santa Fe de Bogotá 1993.

Rama de Actividad	Usaquén		Santa Fe de Bogotá	
	#	%	#	%
Agricultura y Ganadería	25445	2.44	3463	1.26
Pesca	300	0.02	26	0.01
Explotación Minera	6748	0.94	1337	0.33
Industria Manufacturera	314502	9.19	13057	15.53
Electricidad Gas y Agua	6042	0.30	432	0.30
Construcción	113270	6.67	9466	5.60
Comercio	409938	15.81	22472	20.25
Hoteles y Restaurantes	50270	1.70	2414	2.49
Transporte y Almacenamiento	93390	3.73	5309	4.61
Sector Financiero	46856	3.81	5419	2.31
Actividades Inmobiliarias	120423	8.14	11568	5.95
Administración Pública	53816	2.60	3691	2.66
Enseñanza	77046	5.10	7226	3.81
Servicios Sociales de Salud	59937	5.40	7681	2.96
Otras actividades comunitarias	55559	2.62	3770	2.74
Hogares con servicio doméstico	79439	10.51	14945	3.92
Organizaciones extraterritoriales	1144	0.15	213	0.06
Sin Clasificación	510452	20.87	29666	25.21
Total Población Económicamente Activa	2024577	100.0	142155	100.0

Fuente: DANE, Dirección Técnica de Censos . Censo 1993.

Figura 3.3. Estratificación socioeconómica. Localidad de Usaquén, 1997.



Fuente: Observatorio Social. Alcaldía Local de Usaquén. Grupo de Apoyo a la Planeación Local.

La comunidad identifica como principales fuentes de trabajo en la Localidad las areneras, construcción, vigilancia, empresas, casas de familia, transporte, agricultura, comercio y servicios. Predomina la vinculación de los habitantes de estratos 1 y 2 al sector informal de la economía, con ingresos menores a dos salarios mínimos legales mensuales. Los ingresos familiares de esta franja de población son inferiores a sus gastos y se destaca el elevado desempleo existente en la actualidad (Tabla 3.7).

Tabla 3.7 Actividad Económica Informal. Localidad de Usaquén.

DESCRIPCIÓN	RIESGOS
Taller de mecánica, latonería y pintura	Ruido, mecánicos, incendios, gases, vapores, orden y aseo, humos disolventes, Radiación No ionizante
Taller de ornamentación	Ruido, Radiación No ionizante, vapores, disolventes, instalaciones eléctricas, nieblas, humos
Ferreterías, cerrajerías, depósitos de materiales	Polvo, vapores, esquirlas, incendio, orden y aseo, instalaciones eléctricas
Planta de lavandería	Altas temperaturas, vapores, incendios
Remontadora de calzado	Ruido, polvos, vapores, orden y aseo, instalaciones eléctricas
Montallantas y lubricantes	Ruido, mecánicos, incendios, gases, aseo instalaciones eléctricas
Marquetería y vidriería	Polvo, vapores, esquirlas, incendio, orden y aseo instalaciones eléctricas
Reparación de electrodomésticos y reparación de bicicletas	Radiación No ionizante, humos, vapores, Riesgo ergonómico, orden, aseo, incendios instalaciones eléctricas
Sastrerías y confección de ropa	Riesgo ergonómico, orden y aseo, instalaciones eléctricas
Almacenes de telas, misceláneas y cacharrerías	Fibras, polvo, incendio
Papelerías con fotocopiadora	Radiación No ionizante, incendios

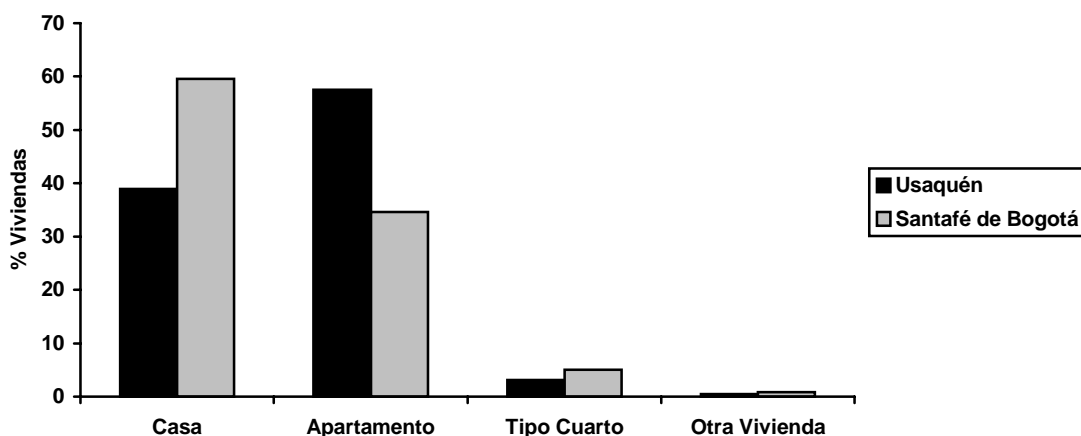
Fuente: Saneamiento Básico Hospital Usaquén 1998

3.2.7 Vivienda

En el año 1993 se censaron en la Localidad de Usaquén 80.323 viviendas particulares de las cuales el 93.0% estaban ocupadas (74.664) y el 7% desocupadas (5.669). Del total de viviendas particulares, el 39% son casas, el 57.5% apartamentos, el 3.1% se califican como “tipo cuarto” y el 0.5% se consideran como “otra vivienda”.⁷ (Figura 3.4)

⁷ La vivienda tipo cuarto es una unidad de vivienda que hace parte de una casa o apartamento, que dispone del mismo espacio para zona social y dormitorio. Tiene acceso desde la vía pública mediante espacios de circulación común y en su interior carece de servicio sanitario y cocina, o como máximo, dispone de uno de estos dos servicios. La categoría de “otra vivienda” es un espacio adaptado para vivienda, donde en el momento del censo habitaban personas. Generalmente carece de servicio sanitario y cocina e incluye carpas, cuevas, puentes, etc.

Figura 3.4. Viviendas Particulares por tipo de vivienda. Localidad de Usaquén y Santa Fe de Bogotá. 1993



Fuente: DANE. Dirección Técnica de Censos. Censo 1993.

Predomina la tendencia a que las viviendas estén conformadas por un solo hogar, distribución que es mucho mayor al calculado tanto para las demás localidades como para el Distrito en su conjunto. En este último, el 77% de las viviendas particulares está constituido por un solo hogar.⁸ (Tabla 3.8)

Tabla 3.8 Viviendas particulares por número de hogares en la vivienda. Localidad de Usaquén y Santa Fe de Bogotá. 1993

Número de Hogares en la Vivienda	Usaquén		Santa Fe de Bogotá	
	#	%	#	%
1	63770	90.5	668623	77.0
2	3630	5.1	104916	12.1
3	1580	2.2	49175	5.7
4	772	1.1	23590	2.7
5	370	0.5	11206	1.3
6 y más	436	0.6	10570	1.2
Total Viviendas	70558	100.0	868080	100.0

Fuente: DANE. Dirección Técnica de Censos. Censo DANE.1993.

⁸ De acuerdo con el DANE, el Hogar se define como una persona o grupo de personas, parientes o no, que viven bajo un mismo techo y generalmente comparten los alimentos.

3.2.8 Disponibilidad de Servicios Públicos

Según el DANE, en materia de servicios públicos Usaquén se constituye en la segunda Localidad del Distrito con la mayor cobertura. El 96.4% de las viviendas particulares dispone de energía, acueducto y alcantarillado; el 3.2% posee algunos de estos servicios (2.337 viviendas), y sólo el 0.3% no cuenta con ningún tipo de servicio.

Muchos de los barrios ubicados en estratos 1 y 2 se han formado a partir de la explotación minera, aumentando la demanda por servicios públicos a un ritmo que supera la capacidad de oferta. Estos barrios se encuentran ubicados en los cerros, entre la calle 160 y en el Kilómetro 5 vía a la Calera (Tabla 3.9).

Tabla 3.9 Viviendas particulares ocupadas por disponibilidad de servicios públicos. Localidad de Usaquén y Santa Fe de Bogotá. 1993.

Viviendas con servicio de:	Usaquén		Santa Fe de Bogotá	
	#	%	#	%
Energía, acueducto y alcantarillado	68001	96.37	786701	90.63
Energía y acueducto.	1463	2.07	36594	4.22
Energía y alcantarillado	50	0.08	1784	0.2
Acueducto y alcantarillado	96	0.14	1813	0.2
Energía	163	0.23	8540	1.0
Acueducto	551	0.78	24820	2.8
Alcantarillado	14	0.020	234	0.05
Viviendas sin energía, acueducto ni alcantarillado.	220	0.31	7594	0.9
Total Viviendas	70558	100.0	868080	100.0

Fuente: DANE. Dirección Técnica de Censos. Censo 1993.

3.2.8.1 Acueducto

El sistema de distribución de agua potable es deficiente en los barrios altamente deprimidos localizados sobre la cota de los 2700 msnm, donde el bombeo actual no alcanza la presión necesaria para garantizar el suministro, o simplemente no existen las redes de distribución. Según el estudio del CPU en 1991, los barrios que carecen totalmente del servicio son Floresta de la Sabana Alta y Baja y Serrezuela, que se abastecen a través de la perforación de pozos profundos, quebradas y carrotanques. Los barrios de estrato socioeconómico bajo localizados al occidente de la carrera séptima, padecen también de deficiencias en el servicio, debido a que se presta en forma discontinua y a presiones bajas.

En los barrios de estrato socioeconómico alto el suministro es apropiado. Estas son áreas sometidas a alta actividad urbanizadora, con tendencia al crecimiento vertical que aumenta rápidamente la densidad poblacional y la demanda por el servicio. Las nuevas urbanizaciones de estrato alto sobre los cerros, ubicadas a partir de la calle 150, se han construido a pesar de que la red de acueducto existente no suministra el caudal ni la presión necesaria. Esta situación se ha solucionado por medio de la construcción de grandes tanques de reserva, que garantizan el suministro continuo.

Para mejorar el suministro a los barrios del oriente de la localidad la EAAB tiene previsto el desarrollo de varias obras las cuales cubren un periodo de 15 años a partir del año 2000, estas obras comprenden la construcción de tres tanques de suministro, Codito, Soratama II y Cerro Norte III, situados a una altitud de 2700msnm los cuales aliviaran el problema de presión que

existe en el sector. Otra de las obras que la EAAB esta desarrollando y que culmina en el 2010 es la construcción de nuevas redes para el sector que comprende la Avenida Tibaitata hasta la carrera 7 con calle 170, sector que en la actualidad no cuenta con un adecuado suministro de agua.

3.2.8.2 Alcantarillado

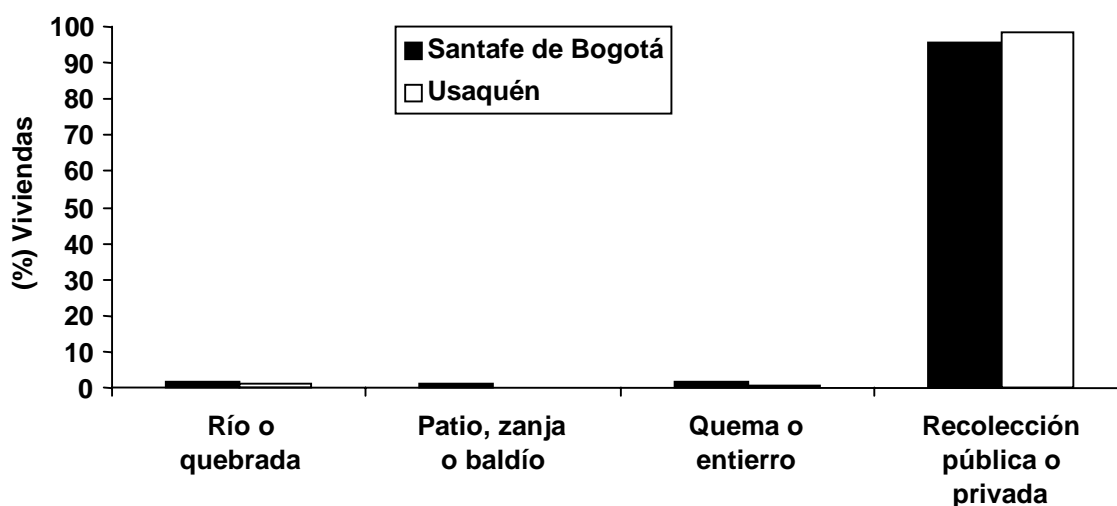
El sistema de alcantarillado es separado para pocos barrios y generalmente en urbanizaciones recientes. Los barrios restantes tienen un sistema combinado, drenando las aguas lluvias superficialmente o manejando los caudales con pozos profundos o pozos sépticos.

El alcantarillado de la zona corresponde a las cuencas de Torca y El Salitre. Según el estudio elaborado por el CPU, los barrios con problemas están ubicados sobre los cerros, y no cuentan con un sistema alcantarillado de aguas negras. La Floresta de la Sabana Alta y Baja, Chaparral y Serrezuela cuentan con pozos sépticos y Cerro Norte cuenta con un sistema combinado de alcantarillado de la EAAB y pozos profundos. En todos ellos las aguas lluvias se drenan superficialmente.

3.2.8.3 Disposición de Basuras

En relación con la disposición de basuras, la cobertura también se puede considerar como adecuada. El 98% de las viviendas particulares de la Localidad cuenta con servicio de recolección pública o privado y sólo el 2%, tiene otros sistemas de disposición de basuras (río o quebrada, patio, zanja o baldío y quema o entierro). El análisis comparativo de la cobertura de este servicio respecto al Distrito, confirma lo anteriormente mencionado, tal como se presenta en la Figura 3.5.

Figura 3.5. Porcentaje de viviendas particulares por sistema de disposición de basuras. Localidad de Usaquén.1993



Fuente: DANE. Dirección Técnica de Censos. Censo 1993.

3.2.8.4 Gas Domiciliario

De acuerdo con la encuesta sobre pobreza y calidad de vida aplicada en Santa Fe de Bogotá, el déficit del servicio de gas domiciliario asciende al 87% de los hogares de la Localidad, porcentaje superior al registrado para el Distrito (72%). Desde el punto de vista de la condición de pobreza, la disponibilidad de este servicio entre los estratos bajos es del 10% y en los altos del 36% (Tabla 3.10).

3.2.8.5 Teléfono

El 6.4% de los hogares en Usaquén no tiene servicio de teléfono. El porcentaje de hogares en la ciudad que no dispone de este servicio duplica el valor para la localidad (Tabla 3.10). Por otra parte, existe una significativa diferencia entre los hogares no pobres y pobres: el 4.6% y 20.7% respectivamente que no cuentan con este servicio.

Tabla 3.10 Porcentaje de hogares sin gas domiciliario y servicio de teléfono, según condición de pobreza. Localidad de Usaquén y Santa Fe de Bogotá. 1991.

Servicio Público	Usaquén			Santa Fe de Bogotá		
	No pobres	Pobres	Total	No pobres	Pobres	Total
Gas domiciliario	89.3	66.3	87.0	74.9	59.9	72.8
Teléfono	4.6	20.7	6.4	10.4	30.1	12.9

Fuente: DANE. Encuesta sobre pobreza y calidad de vida en Santa Fe de Bogotá.

3.2.9 Factores de riesgos físicos

3.2.9.1 Contaminación del aire por partículas y gases

Los problemas de contaminación del aire tiene su origen en dos tipos de fuentes: la primera contaminación se relaciona con los gases producidos por el parque automotor con altas concentraciones de monóxido de carbono, especialmente en horas pico. La segunda fuente se origina en material particulado, primordialmente producido por la explotación de canteras. (Fuente: Agenda ambiental, DAMA, 1997)

3.2.9.2 Contaminación por ruido

Esta contaminación es generada por el tráfico automotor y el uso de la dinamita en las canteras. La primera tiene efectos nocivos sobre toda la población de la Localidad, mientras que la segunda tiene efectos puntuales en el área de influencia de las zonas de explotación.

3.2.9.3 Contaminación visual

Además de la degradación física y biótica de la montaña, ocasionada por la explotación de las canteras, esta última también ha deteriorado notablemente el paisaje. Por otra parte, el desarrollo urbanístico desordenado, ha permitido el desplazamiento de zonas residenciales por actividades comerciales que afectan negativamente el entorno visual.

3.2.9.4 Contaminación acuífera

El sistema hídrico de la parte alta está constituido por un sistema intrincado de microcuencas de numerosas quebradas, que se han visto deforestadas en sus partes altas y medias. En especial, las quebradas La Cita y San Cristóbal. Además de la deforestación antrópica, la explotación de las canteras las afecta significativamente.

El grado de contaminación por residuos sólidos en las márgenes de las corrientes es relativamente bajo. No obstante La Cita, San Cristóbal y el Canal Callejas, reciben aportes de basuras domésticas, de materiales de construcción y de desperdicios de los talleres de mecánica. En el sector alto de Usaquén no se dispone de interceptores de aguas lluvias ni de aguas negras, lo que obliga a la población a verter los desechos líquidos a las corrientes superficiales o a pozos sépticos de baja calidad.

Según el informe elaborado por el DAPD, los barrios que se encuentra en mayor riesgo por deficiencias en el sistema de alcantarillado son los siguientes: Barrancas Alto, Buenavista, La Estrellita, El Cerro, Santa Cecilia, Soratama y la Subestación Torca, con una población aproximada de 93.000 habitantes.

3.2.10 Factores de riesgos químicos

La exposición a solventes y otras sustancias volátiles, es el principal riesgo químico al que se ven sometidos los trabajadores de estaciones de servicio y empresas de lubricantes.

3.3 Descripción de la localidad de Kennedy

3.3.1 Ubicación geográfica y división territorial político-administrativa

La localidad se encuentra localizada en el suroccidente de Santa Fe de Bogotá. limita por el oriente con la Avenida 68, por el norte con los ríos Bogotá y Fucha, por el sur con la Autopista Sur y el río Tunjuelito y por el occidente con el Camino de Osario (Bosa).⁹

Esta Localidad cubre 2.827.79 hectáreas planas, de las cuales 2.122.24 están dentro del perímetro de servicios públicos. La corporación Guillermo Fergusson realizó una sectorización de la localidad del siguiente modo: Kennedy moderno, Kennedy marginal, Kennedy antiguo y Kennedy intersticial.

3.3.1.1 Kennedy antiguo

Corresponde a la urbanización desarrollada por el Instituto de Crédito Territorial (ICT) hacia 1961, inicialmente llamado Techo y concebido como un plan urbanístico que pretendía dar solución al problema de vivienda popular en la ciudad.

Hacen parte de este sector las supermanzanas alrededor de las cuales han surgido otros barrios y urbanizaciones. Con el traslado del aeropuerto, se desarrollaron barrios como Hipotecho y Américas.

El sector Kennedy antiguo en la actualidad cuenta con la mayoría de necesidades básicas satisfechas, Sus principales actividades son: comercial, industrial y de servicios. En la zona central existe gran movimiento de la localidad, así como concentración de comercio informal y

⁹ *Agenda Local Ambiental, 1994.*

formal (grandes almacenes). La mayoría de rutas de buses atraviesan este sector y gran número de corporaciones y bancos al igual que numerosos colegios y tabernas hacen que Kennedy antiguo posea las características de una gran urbe en la cual circulan todo tipo de transacciones.

En este sector se encuentran barrios como: Roma, Alfonso López, Almenar, Casablanca, Nuevo Kennedy, Kennedy occidental, Kennedy Norte, Kennedy oriental, Abraham Lincoln, Provivienda, San Andrés Timiza Antigua, Villa Adriana, Urbanización Manuel Mejía, Pastrana, Villa Andrea, Villa Anita, Urbanización Gran Colombia, Visión de Colombia, etc .

3.3.1.2 Kennedy moderno

Corresponde al tipo de urbanización privada con tendencia a construir soluciones de vivienda estrato medio-alto, como Mandalay. En la actualidad este sector corresponde al estrato más alto de la localidad (4) con clara tendencia a mantenerse como zona residencial. Hacen parte de esta sectorización barrios que en sus orígenes tenían carácter popular como son Aloha y Carvajal. En los últimos años ha aumentado la presencia de grandes constructoras de vivienda de este tipo como el Condado de Castilla, Pinos de Marsella, Castilla la Nueva, etc.

3.3.1.3 Kennedy marginal

Este sector surge hacia 1971 con la creación de Corabastos. Corresponde al sector que ha tenido una urbanización irregular pues por lo general es de tipo informal y está ubicado principalmente en el Tintal, Dindalito y Patios. El hecho de que el sector se encuentre dos metros por debajo del nivel del río lo hace zona de riesgo de inundación permanente. Hacia el sector del Tintal y Dindalito, la situación se agrava debido a que existen barrios ilegales o subnormales inclusive ubicados en los trescientos metros sobre la ronda del río Bogotá. Allí las condiciones de vida son mínimas en calidad debido a las carencias de servicios básicos como alcantarillado, agua potable, educación y salud. En la mayoría de los casos la población ha tenido que recurrir a instalaciones clandestinas. El agua de consumo la toman muchas veces a través de mangueras que no garantizan la calidad. En el caso del alcantarillado las comunidades se han organizado construyendo tuberías provisionales que desaguan a través de bombes vertiendo sus aguas negras al ya contaminado río Bogotá.

A nivel de educación sólo existe una escuela en el sector que no alcanza a cubrir la demanda, no hay guarderías y los pocos hogares de bienestar no logran atender a la gran cantidad de niños del sector. En salud la mayoría de la población declara no tener ninguna forma de cobertura, lo que significaría que las UBAs la Mexicana y Dindalito deben prestar el servicio. Hoy se puede asegurar que el número aproximado de familias que viven en estas condiciones supera las 700. Estas familias corresponden a desplazados por la violencia, trabajadores informales, recicladores, obreros, vendedores ambulantes (muchos se ubican en Corabastos) que en la mayoría de los casos le compraron los lotes a urbanizadores piratas. Este hecho y las condiciones mismas del terreno hacen imposible la legalización de los barrios lo que implica la imposibilidad de solución a la multiplicidad de problemas.

El Estado ha pretendido dar como salida a esta problemática la reubicación. Frente a esto la comunidad plantea que las diferentes propuestas no llenan sus expectativas pues los planes no están diseñados de acuerdo con las características propias de esta comunidad. Por ejemplo les ofrecen reubicación en sitios alejados, donde además quedarían endeudados con alguna entidad. Debido a que ellos no tienen capacidad de pago la oferta significa perder lo único que tienen seguro y arriesgarse a terminar en “la calle”.

3.3.1.4 Kennedy intersticial

Corresponde al sector que ha crecido paralelo a los otros y que no es fácil de determinar, ya que es demasiado heterogéneo o sencillamente por tratarse de sectores que están en los límites de la localidad no han podido ser asimilados como parte de ella. Esto los convierte en sectores virtuales que no pertenecen a ninguna parte. Hacen parte de este Kennedy intersticial por ejemplo Guadalupe y Socorro.

En el caso concreto de Guadalupe es más evidente dicha virtualidad. Se hace referencia a este sector por ser característico del Kennedy intersticial. Se ubica en el límite de la localidad hacia la ronda del río Tunjuelito y sobre una avenida principal la Autopista Sur. Al frente de él se encuentra el principal matadero vacuno de la ciudad: El frigorífico Guadalupe, esto último y la cercanía del río determinan el problema central del sector, un ambiente malsano, con dificultades para acceder al servicio de salud porque deben desplazarse hasta la UPA de Argelia que se encuentra bastante retirada del sector.

3.3.2 Crecimiento de la población

Kennedy representa el 12% de la población total de Santa Fe de Bogotá. La población establecida por el censo de 1993 para la localidad de Kennedy, es de 686.778 habitantes, de los cuales el 47,9% (329.598) corresponde al género masculino y el 52,0% (357.180) al género femenino. Entre los censos de 1985 y 1993 la localidad presentó una tasa de crecimiento de 3.50% (Tabla 3.11).

Tabla 3.11 Población ajustada 1.985, censada y ajustada 1.993.

Localidad	Ajustada	Censada	Ajustada	VARIACION %
	1,985	1,993	1,993	
Kennedy	561,710	686,778	758,870	35.1

Fuente: DANE, 1.993.

Las proyecciones de población se presentan en la [Tabla 3.12](#), esta tasa es comparativamente superior a la observada para la capital (2,97%). Los barrios con mayor densidad poblacional corresponden al sector de Patio Bonito, El Tintal, y a los de Casa Blanca y las Supermanzanas. Los cuadros siguientes presentan las características poblacionales más sobresalientes de la localidad. A partir de ellos se plantean algunas consideraciones sobre el desarrollo de la población de la localidad de Kennedy.

En el supuesto de que se conserve la dinámica poblacional establecida históricamente a través de los censos, la tasa de crecimiento anual presentará una disminución de 3,5% al 2,9% para el año de 1997 ([Tabla 3.12](#)).

Tabla 3.12 Proyección de la población. Localidad de Kennedy, 1.997-2.000.

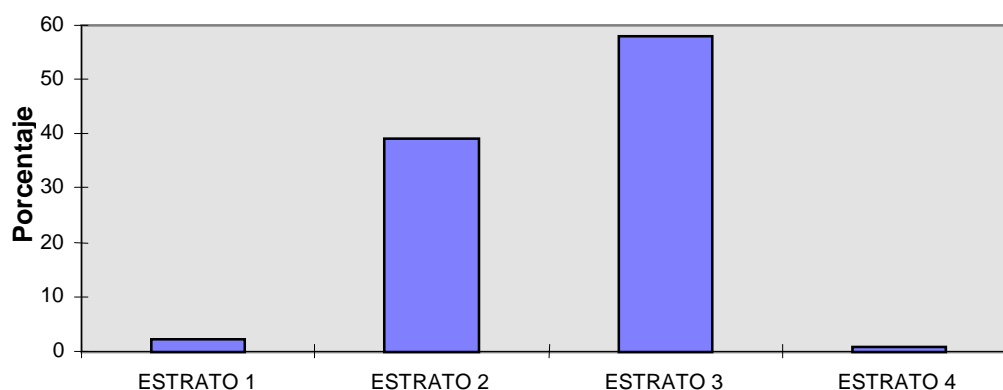
Localidad	Tasa anual Crecimiento	Años			
		1,997	1,998	1,999	2,000
Kennedy	0.029	845,276	870,274	896,010	922,508

Fuente: DANE, Dirección Técnica de Censos

3.3.3 Estratificación socio-económica

La Localidad de Kennedy está conformada por barrios distribuidos en los estratos socioeconómicos categorizados del 1 al 4. Alrededor del 58% de la población se encuentra en estrato tres, el 38% en estrato dos y alrededor del 4% de la población se encuentra en estrato uno. Según datos del Departamento Administrativo de Planeación Distrital, DAPD - Subdirección de planeación Económica y Social, para el año 1997 más del 90% de la población se ubica en los estratos 2 y 3 (Figura 3.6).

Figura 3.6 Población estimada y densidad según estrato Localidad de Kennedy. 1997



Fuente: DAPD Subdirección de Planeación Económica y Social.

3.3.4 Ocupación según ramas de actividad económica

Los usos del suelo que se presentan en la localidad son: residencial, comercial e industrial. El uso principal del suelo es residencial con una densidad media y alta de viviendas. Cuenta con más de 250 barrios, lo que permite centralizar y localizar programas de desarrollo. La localidad tiene definidos ocho sectores, los cuales cuentan con un promedio de 20 juntas de acción comunal cada uno: (1) Centro Kennedy, (2) Gran Britalia, (3) Patio Bonito, (4) Américas, (5) Timiza, (6) Nueva Delicias, (7) Perpetuo Socorro y (8) Patio Bonito II.

En cuanto a la actividad económica, Kennedy se puede catalogar como una zona fundamentalmente comercial, ya que el comercio participa con 2.729 establecimientos. Del total de 75.867 empleos que aporta la Localidad a Santa Fe de Bogotá, 31.152 corresponde al sector comercio, 22.068 a industria, 21.604 a servicios y 143 a otros sectores (Tabla 3.13).

Tabla 3.13 Actividades económicas y número de empleos

Sector	Número de Empleos	Participación Porcentual
Industria	22.068	29.4
Comercio	31.152	41.5
Servicios	21.604	28.8
Otro	143	0.2
TOTAL	75.867	100

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Distrital 1990.

Según el Censo de 1993, la principal actividad económica de la localidad es el comercio con un 21.5% (58.709); seguido por la industria manufacturera, 16.8% (45.376) y las actividades inmobiliarias 4.8% (13.284). El uso comercial está ubicado en los sectores Kennedy centro, aproximadamente con 154.211 habitantes. El uso industrial se concentra en los sectores Bavaria, Avenida 68 Calle 13, con un total de 68.504 habitantes aproximadamente (Tabla 3.14).

Tabla 3.14 Usos del suelo. Localidad de Kennedy, 1.997.

Uso del suelo	Hectáreas	%
Residencial	1,262.23	65
Comercial	454.44	23.2
Industrial	213.25	11.8
Total	1,929.92	100.05

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Distrital

3.3.5 Nivel de Pobreza

Con base en los resultados de la Encuesta Sobre Pobreza y Calidad de Vida realizada por el DANE en el año de 1991, en Kennedy durante el período 1985-1991 se redujo el número de hogares y personas pobres en un 11% (21.2% a 10.2%), el mayor cambio para este período, se observó frente al hacinamiento crítico, al disminuir el porcentaje de personas incluidas en esta categoría, de 21.20% a 9.53%. En 1991 el 0.68% de los hogares de la Localidad, se encontraron en situación de pobreza, lo que corresponde al 0.007% de la población total, con una proporción inferior a la del total de la ciudad que presenta un 3.0%. (Tabla 3.15).

Tabla 3.15 Personas con NBI por indicadores. Kennedy y Santa Fe de Bogotá (%) 1985 - 1991

AÑO	Vivienda Inadecuada		Servicios Inadecuados		Inasistencia Escolar		Hacinamiento Crítico		Alta dependencia Económica	
	1985	1991	1985	1991	1985	1991	1985	1991	1985	1991
Kennedy	2.6	0	0.2	0	3.3	0.97	15.1	6.3	5.2	2.86
Santa Fe de Bogotá	3.8	22.0	1.3	0.8	3.5	3.3	17.1	10.7	5.8	3.6

Fuente: DANE, Boletín de estadística. Encuesta sobre pobreza y calidad de vida en Santa Fe de Bogotá. 1993.

3.3.6 Disponibilidad de Servicios Públicos

La localidad de Kennedy tiene un total de 115.629 viviendas, de las cuales el 90% cuenta con los servicios de acueducto, alcantarillado y energía eléctrica. En la Tabla 3.16 se presenta la disponibilidad de servicios públicos para esta localidad.

Tabla 3.16 Viviendas particulares por disponibilidad de servicios públicos. Localidad de Kennedy, 1.993.

Viviendas	No.
Viviendas con energía, acueducto y alcantarillado	104,294
Viviendas con sólo servicio de energía y acueducto	5,622
Viviendas con sólo servicio de energía y alcantarillado	178
Viviendas con sólo servicio de acueducto y alcantarillado	239
Viviendas con sólo servicio de energía	721
Viviendas con sólo servicio de acueducto	3,334
Viviendas con sólo servicio de alcantarillado	24
Viviendas sin energía, acueducto ni alcantarillado	1,217
Viviendas con teléfono	91,757
Total	115,629

Fuente: DANE. Censo 93

3.3.6.1 Acueducto

El 98 % de la población de Kennedy, se abastece a través de la red de acueducto distrital (Sistemas Tibitó y Wiesner) y según censo de 1993, un 0.6 % se abastece a través de carrotanques y otro 0.6% a través de pilas públicas. De acuerdo con estudio de la cámara de comercio, en el 30% de los barrios se considera que es necesario aumentar la presión hidráulica. Los principales problemas para el abastecimiento son: (1) Deficiencia en el servicio para los sectores ubicados al occidente de la Carrera 86 cuya presión es muy baja y (2) El bajo nivel de presión afecta al 23,2 % de los barrios de la localidad, este problema ha sido causado por el rápido crecimiento urbanístico, ya que se presentan conexiones clandestinas, especialmente en el sector de patios, lo cual contribuye a la disminución de la presión.

3.3.6.2 Alcantarillado

Aproximadamente el 95 % de la población está conectada al sistema de alcantarillado distrital. El porcentaje restante, posee sistemas provisionales construidos sin planeación que no se ajustan a las políticas del plan maestro establecido por la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá.

El drenaje de la localidad de Kennedy corresponde a las cuencas del río Fucha, del Tintal (Río Bogotá), y del Tunjuelito. La localidad está ubicada topográficamente en dos terrazas de niveles diferentes; la parte alta que es la zona oriental y la parte baja conocida con el nombre genérico de El Tintal y que forma parte del valle natural de inundación del río Bogotá. En la actualidad los sistemas previstos para dichas cuencas en la zona baja no se encuentran completamente desarrollados. Debido a la rápida ocupación del sector se han adoptado soluciones provisionales que obedecen más a su facilidad de implementación a partir de los elementos de

drenaje existentes, que a lo definido en el plan maestro por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Algunas deficiencias en el sistema de alcantarillado son:

- El déficit del sistema de alcantarillado de aguas negras, razón por la cual estas son entregadas directamente a los ríos o a los canales diseñados para aguas lluvias.
- La ocupación de las rondas de los ríos indispensables para el control de inundaciones en la zona.
- Invasión de áreas que no están dentro del perímetro urbano.
- No se cuenta con sistemas de bombeo de capacidad suficiente.
- La ocupación de zonas previstas para la construcción de interceptores del plan maestro de la empresa de acueducto y alcantarillado.

Para dar solución a esta situación en el plan de desarrollo local de 1995 - 1998, se plantearon los siguientes proyectos:

- Construcción redes de alcantarillado, acueducto avenida Cundinamarca.
- Alcantarillado barrio Maria Paz.
- Canalización de aguas lluvias B. Francisco José de Caldas
- Construcción alcantarillado de aguas lluvias B. Las Palmeras.
- Red de tubería aguas lluvias B. Monterrey.
- Construcción de alcantarillado de aguas lluvias B. Roma IV.
- Alcantarillado aguas lluvias B. Nueva Marsella.
- Compra motobomba aguas negras sector subnormal.

En la actualidad existe el proyecto Tintal Norte, Sur y Centro que esta desarrollando la EAAB y que comprende las siguientes obras:

- Tintal Norte:

Alcantarillado Sanitario:

- Interceptor Fucha bajo
- Interceptor Alsacia.

Alcantarillado Pluvial

- Colector Fucha Bajo
- Canal Alsacia
- Canal la Magdalena
- Canal Castilla.

- Tintal Central

Alcantarillado Pluvial

- Canal Américas
- Canala calle 38 Sur
- Canal Tintal II
- Manejo Botadero Gibraltar
- Plan de Emergencia – Pondaje Auxiliar y Tubería de entrada de aguas lluvias

Alcantarillado Sanitario

- Interceptor Castilla
- Interceptor Calle 38 sur
- Interceptor Cundinamarca
- Interceptor Tintalito

- Emisario Final
- Interceptor Americas

Adicionalmente el diseño del interceptor el pinar ya esta terminado y las obras se encuentran en el proceso licitatorio, cuya ejecución se deberá estar iniciando a principios del año 2001.

3.3.7 Factores de riesgos físicos

Los riesgos físicos se pueden apreciar en la [Figura 3.7](#) se cuentan entre ellos la contaminación atmosférica, contaminación por ruido, contaminación acuífera y afectación de los suelos.

3.3.7.1 Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica es causada por fuentes fijas y fuentes móviles. Esta última generada principalmente por el acelerado incremento del parque automotor, el tráfico vehicular, especialmente de buses y vehículos pesados, en lento desplazamiento derivado de un sistema vial deficiente. Dicha contaminación se intensifica en vías como: la Avenida Ciudad de Cali, Avenida Dagoberto Mejía, carrera 80, carrera 76, calle 33 sur, Avenida 1 de mayo, avenida 68, avenida Boyacá y avenida las Américas. No se cuenta con estudios que determinen las concentraciones de contaminantes en el aire de esta zona.

Las fuentes fijas corresponden a industrias que utilizan durante su producción procesos de combustión, con uso de calderas, uso de combustibles altamente contaminantes como crudo de castilla, carbón, ACPM y en donde no se cuenta con tecnologías apropiadas que eviten la emisión de gases a la atmósfera. En algunos casos existen industrias que utilizan aceite quemado para combustión en calderas, dado que es un combustible relativamente económico pero altamente contaminante, es usado generalmente por industrias pequeñas.

Entre las industrias que generan mayores emisiones contaminantes al aire que se encuentran ubicadas dentro de la localidad están: Bavaria, la Fayette y Colombiana, entre otras. Otra fuente de contaminación la constituyen las fuentes domésticas, por quema de combustibles como el cocinol y fabricación de carbón vegetal.

3.3.7.2 Contaminación por Ruido

En la localidad la actividad comercial tiene una alta incidencia en la producción de ruido originada por equipos de sonido en las calles, vendedores ambulantes, pregoneros, automotores en las vías, cuyos niveles superan los 75 decibeles. (DAMA Agenda ambiental.) Kennedy cuenta con gran número de microempresas, entre las cuales se destacan como generadoras de ruido la industria maderera (carpinterías y afines), los talleres automotores y las empresas de ornamentación. El Hospital de Kennedy Primer Nivel ha venido trabajando en un programa de salud ocupacional que busca no solamente disminuir el nivel de ruido al interior de la empresa sino al exterior.

3.3.7.3 Contaminación Acuífera

El río Bogotá a su paso por la localidad de Kennedy se encuentra altamente contaminado debido a los aportes de las microcuencas de los ríos Fucha y Tunjuelito. El río Fucha además de los residuos domésticos recibe aguas residuales industriales y desechos generados por actividades de reciclaje o por inadecuada disposición de residuos sólidos por parte los habitantes de los barrios aledaños a su ronda. El río Tunjuelito es el más contaminado debido a que recibe los sedimentos de la industria extractiva, desechos de industrias de curtiembres de San Benito, con concentraciones de sulfuros y cromo entre otros. En la Localidad octava continúan vertimientos de aguas residuales provenientes de industria alimenticias, textiles, madereras, de papel, químicas y otras manufactureras, aumentando las concentraciones de

Demanda Biológica de oxígeno (DBO), sólidos totales, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y metales pesados.

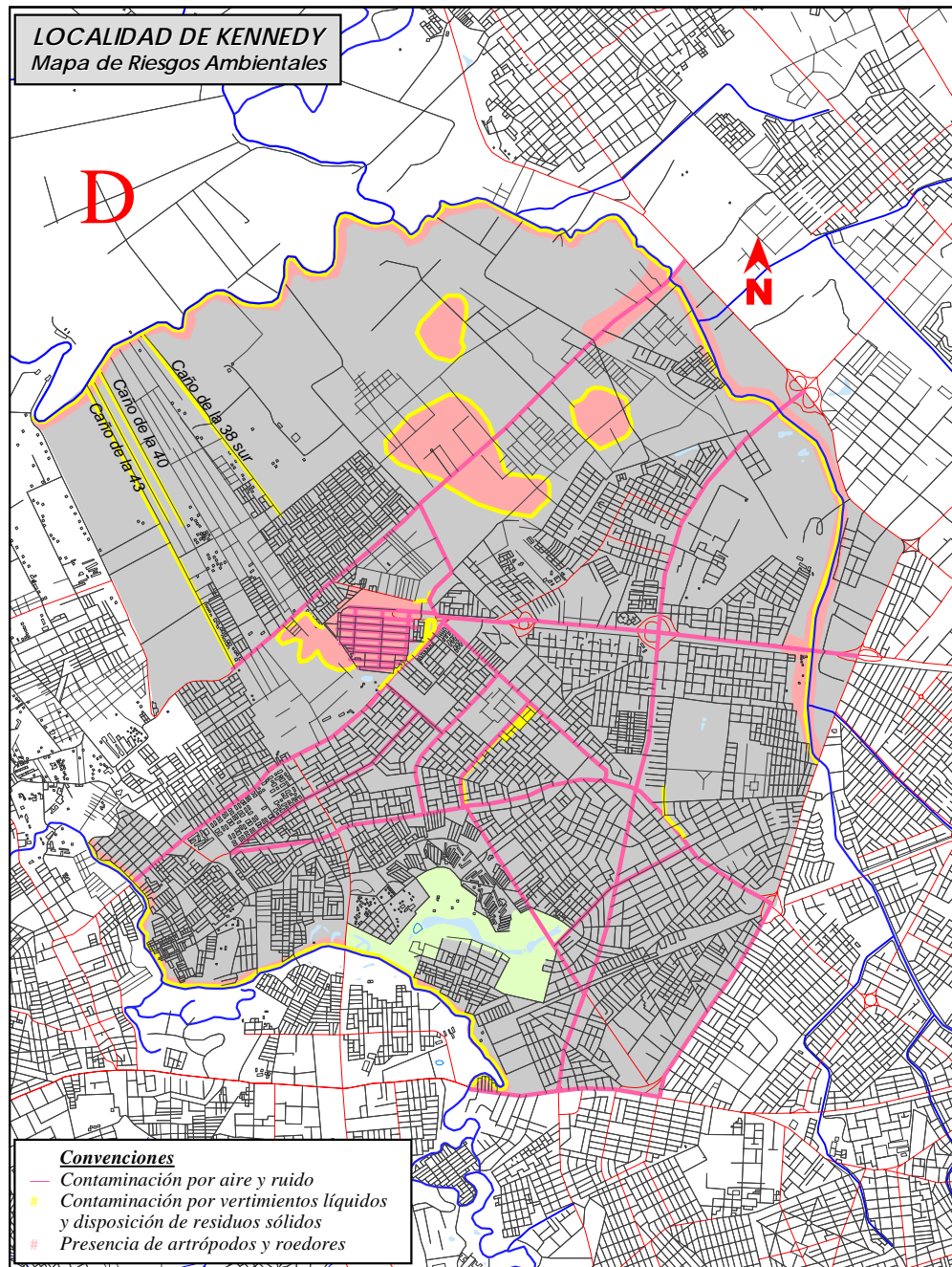
En Kennedy existen tres humedales, el Lago Timiza y varios caños y canales ubicados en el sector del Amparo, (atrás de Corabastos), en el sector de Tintalito (calle 43 Sur) y Patio Bonito (caños de la 38, 42 y 41), en los barrios Villa Alexandra y los Almendros. Dichos recursos hídricos, se encuentran contaminados, ya que reciben vertimientos industriales y domésticos, debido a la deficiencia del sistema de alcantarillado en este sector y a la falta de control de conexiones clandestinas y vertimientos industriales.

3.3.7.4 Afectación de los suelos

El servicio de recolección y transporte de basuras es prestado por el consorcio LIME quien se encarga de la recolección de residuos sólidos domiciliarios e industriales los cuales posteriormente son llevados al relleno sanitario "Doña Juana". Para la recolección de residuos sólidos hospitalarios se cuenta con una ruta sanitaria diseñada específicamente para este tipo de residuos, la cual es realizada por el consorcio CIUDAD LIMPIA.

La contaminación por residuos sólidos en la localidad se debe principalmente a que la población no respeta los horarios de recolección establecidos por el consorcio y arrojan las basuras sobre andenes y vías públicas constituyéndose en focos de contaminación. Además se realiza disposición de escombros en humedales, y generación de desechos por ventas ambulantes los cuales son dispuestos en vías públicas y separadores, aspecto que se destaca en zonas aledañas a Corabastos, sobre la Kra 86 y barrios como el Amparo y María Paz.

Figura 3.7. Mapa de riesgos ambientales. Localidad de Kennedy.



Fuente: Secretaría Distrital de Salud, 1997

3.3.7.5 Contaminación e invasión de humedales y rondas de ríos.

Existen en la localidad humedales como los denominados El Burro, La Vaca y Techo. El humedal del Burro está localizado en la parte occidental y se extiende desde el barrio el Rincón de los Angeles hasta el costado occidental de la avenida Ciudad de Cali, actualmente se están llevando a cabo rellenos ilegales, depósitos de escombros y residuos industriales que poco a poco disminuyen su extensión. El humedal de la Vaca, se extiende desde la avenida Corabastos hasta la Avenida Ciudad de Cali, al igual que la chucua del Burro presenta rellenos

ilegales permanentes, depósitos de escombros, basuras y vertimientos de aguas residuales. En la actualidad esta chucua está ocupada por el asentamiento humano denominado el Amparo.

El humedal de Techo se encuentra ubicado en la parte norte del humedal del Burro, distante aproximadamente ochocientos metros, gran parte de su extensión se encuentra urbanizada. De estos tres humedales, el DAMA está tratando de recuperar principalmente los humedales del Burro y el de Techo, los cuales presentan espejos de agua representativos, dicha recuperación consiste en un principio, en el encerramiento del humedal, siembra de árboles y control de vertimientos.

En cuanto a la ronda del río Bogotá, se encuentra invadida por asentamientos subnormales de los barrios La Rivera, Jazmin Occidental, Villa Elvira y Villa Alexandra, entre otros, constituyéndose en zona de alto riesgo de inundación ya que se impide el proceso de drenaje en el área. Existe allí el proyecto "Tintal Central"¹⁰, de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, el programa se adelantará para la zona comprendida entre el canal embalse Cundinamarca (proyectado) y el Río Bogotá, entre calles 38 y 43 sur. Esta zona presenta en la actualidad las siguientes características:

Según zonificación adoptada para Bogotá mediante Acuerdo 6 de 1990, Estatuto De Ordenamiento Físico de Bogotá, está zonificada como zona de preservación y manejo ambiental del río Bogotá, correspondiente a la franja de 270 mts paralela a los 30 mts de la Ronda hidráulica del río. Esta zona tiene como destinación única la conformación del parque público metropolitano del río Bogotá. La zona presenta dos tipos de riesgos no mitigables para los habitantes:

- Riesgo de inundación por imposibilidad de desagüe de aguas negras, aguas lluvias y por eventual desbordamiento del río.
- Riesgo para la salud especialmente de niños y ancianos por proximidad al río Bogotá, foco de alta contaminación ambiental.

El proyecto consiste en la reubicación de las familias que habitan en el sector en mención, y conformar un sector de parque público metropolitano del río Bogotá. El río Fucha, presenta ocupación de su ronda en algunos sectores pero en menor escala que el río Bogotá. Es de destacar el trabajo interinstitucional que se llevó a cabo durante el año 1997, en el sentido de recuperar el río desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Bogotá, las instituciones que participaron fueron: Departamento Administrativo del Medio Ambiente DAMA, Instituto Distrital de Recreación y Deporte IDRD, Departamento Administrativo de Bienestar Social DABS, Unidad de Prevención de Emergencias y Desastres UPES, Alcaldía Mayor, Secretaría Distrital de Salud, Junta Administradora Local y algunas Organizaciones no Gubernamentales ONG. Dentro de las actividades realizadas se destacan: Educación Ambiental, Actividades Culturales, Control de vectores y roedores, Educación en manejo de la mascota, Atención a la población aledaña a la ronda del río, en cuanto a reubicación, atención al menor y la mujer, educación sanitaria y aprovechamiento del tiempo libre.

El Fucha se encuentra canalizado hasta la avenida Boyacá con calle 13, sector de la floresta, y su ronda se encuentra protegida y cercada. Antes de desembocar en el río Bogotá, esta fuente recibe vertimientos del Frigorífico San Martín ubicado en la localidad.

¹⁰ Programa de Gestión Urbana Integral, zona 3 lote 8. Proyecto "Tintal Central" " Plan de Desarrollo Formar Ciudad. EAAB-ESP, DAACD, OPES Y CVP. Junio de 1996.

3.3.8 Factores de riesgos químicos

El sector industrial de la localidad se encuentra concentrado principalmente en jurisdicción de las unidades primarias de atención (UPAS) de Carvajal, Alquería la Fragua y Argelia. Predominan microempresas relacionadas con solventes industriales, tintorerías, lavanderías, industrias de baterías, industrias de pegantes, industrias de pinturas, en un número aproximado de 1.200; además se cuenta con 11 estaciones de servicio en la localidad. Las anteriores están relacionadas con riesgos por la presencia de sustancias químicas como plomo, solventes, hidrocarburos, etc.

En empresas de pinturas se presentan riesgos de gases y vapores de solventes tales como Xileno y Tolueno, también por su alto poder volátil representa un alto riesgo de explosión e incendio. Las tintorerías y lavanderías presentan riesgos de gases y vapores por las tintas utilizadas en su proceso, al igual que las altas temperaturas generadas por las calderas y lavadoras aumentan el riesgo de incendio y explosión.

Otro de los altos riesgos, lo constituye la industria dedicada a reciclaje de baterías donde el trabajador se expone a gases y vapores de plomo y ácido sulfúrico; y de acuerdo a información del programa de salud Ocupacional realizado por el Departamento de Atención al Medio Ambiente del Hospital Kennedy Primer Nivel de Atención, son los trabajadores que utilizan en menor porcentaje los elementos de protección personal, encontrándose niveles altos de plomo en sangre de la población analizada a través de exámenes de plumbemias.

La mayor parte de las microempresas ubicadas en la localidad, utilizan pegantes bastante tóxicos en los diferentes procesos, como es el caso de la industria del calzado, confección, maderas, automotriz, etc. lo que representa un alto riesgo para los trabajadores expuestos por los gases y vapores de este tipo de sustancias solventes. Las estaciones de servicio representan riesgo de explosión e incendio, por los combustibles que se almacenan y distribuyen allí, además el trabajador se expone a gases y vapores que se desprenden durante la manipulación.

En las [Figuras 3.7 Localidades](#), [3.8 Líneas Vitales](#), [3.9 Redes de gas](#), [3.10 Microzonificación Sísmica](#) y [3.11 Crecimiento Histórico](#), se presentan los sistemas principales de distribución de gas y agua, junto al comportamiento histórico del crecimiento de las localidades y los resultados del análisis de microzonificación sísmica para la ciudad.

3.4 Características del manejo estadístico de la información

3.4.1 Aspectos generales

Los métodos estadísticos se utilizan para describir los resultados de observaciones que ocurren repetidamente en el mundo real. Suponen que los eventos ocurren aleatoriamente, pero que existe un modelo matemático que los describe. Las funciones o relaciones matemáticas que permiten representar el comportamiento del sistema se denominan funciones de distribución de probabilidad. En la [Tabla 3.17](#) se presenta una descripción de las principales distribuciones de probabilidad y las características del modelo que describen.

3.4.2 Análisis estadístico de accidentes tecnológicos

La validez de un análisis probabilístico está sustentada en las siguientes premisas:

- Todos los posibles resultados del experimento aleatorio son conocidos
- Las condiciones de cada experimento son idénticas y el experimento debe arrojar un resultado único.
- No se puede conocer el resultado de un experimento de antemano.

Una revisión cuidadosa de estas premisas permite concluir que la naturaleza de la ocurrencia de accidentes tecnológicos en las localidades de Usaquén y Kennedy no permite realizar un análisis estadístico confiable.

Tabla 3.17 Distribuciones de probabilidad fundamentales

Distribución	Descripción
Normal, LogNormal	Expresan la incertidumbre en la magnitud de un parámetro específico. Medida de error.
Exponencial, Poisson, Gamma	Describe eventos que ocurren de forma aleatoria y sin ningún patrón establecido. Exponencial describe tiempo entre ocurrencias. Poisson describe el número de ocurrencias en un periodo de tiempo determinado. Gamma el tiempo necesario para que se presente un número dado de ocurrencias.
Bernoulli, Binomial	La distribución de Bernoulli describe la ocurrencia de un evento que solo tiene la posibilidad de ocurrir o no ocurrir. La Binomial describe la probabilidad de que se presente un número específico de ocurrencias de un evento.
Binomial, geométrica, hipergeométrica.	Describen valores relativos de acuerdo con los resultados de un proceso de Bernoulli
Uniform, Triangular, Beta	Se utilizan cuando los valores de incertidumbre posibles se restringen a un rango determinado.

Las localidades de Usaquén y Kennedy han cambiado sustancialmente en el tiempo. Durante los últimos veinte años el uso del suelo se ha modificado, el crecimiento urbano ha sido significativo y los cambios tecnológicos de la industria son evidentes. Las características de un accidente ocurrido hace 15 años no son comparables con las de un accidente similar ocurrido hace un año. Adicionalmente, los accidentes de un mismo tipo pueden tener diferentes causas que dependen directamente del contexto dentro del cual se presentan. Por ejemplo, el tipo de empresa, la preparación y prevención y las condiciones de seguridad industrial. La modelación de accidentes en el sector industrial, como procesos aleatorios, ha sido rebatida por varios autores. Groeneweg (1992) argumenta que el desconocimiento de las características de los accidentes o grupos de accidentes (ej.: lugar, tiempo), no los convierte en eventos aleatorios. Es difícil saber si un accidente, o un grupo de accidentes, son el resultado de un proceso industrial interno desconocido y sistemático, o simplemente el resultado del azar.

Finalmente, no existe información completa y detallada sobre los accidentes registrados. La mayoría de los registros incluyen la ubicación, el tipo de accidente y la fecha únicamente. No existe, o es muy limitada, la información sobre la causa, la extensión y las consecuencias. Incluso existe un número muy importante de eventos cuya naturaleza es desconocida. La discusión anterior sugiere que utilizar información histórica obtenida dentro del proceso de recolección de información para estimar estadísticamente la posibilidad de accidentes tecnológicos no es apropiada. Por tal motivo, en el plan de contingencia y emergencia se presenta una propuesta para la recopilación y manejo de información de tal forma que pueda ser utilizada posteriormente para la toma de decisiones relevantes en la mitigación, prevención y atención de emergencias.

3.5 Identificación de procesos generadores de riesgo

3.5.1 Agentes generadores de riesgo

3.5.1.1 Definición

Es importante mencionar que en este estudio el término amenaza utilizado por el CCS (1999) se ha modificado y cambiado por el de proceso generador de riesgo, de acuerdo con lo que se discutió anteriormente. En el estudio del CCS, los sistemas que representan un proceso generador de riesgo tecnológico con características de ser una fuente potencial de eventos mayores, se seleccionaron considerando las actividades industriales y comerciales que por su naturaleza pudieran implicar el manejo de los materiales peligrosos (Sección 1.3.3.3) y la evidencia histórica. Adicionalmente, el CCS (1999) consideró sistemas relacionados con distribución y transporte de gas natural y gas propano, sus sitios de almacenamiento y los usuarios cuyo consumo aproximado estuviera cercano al valor mínimo exigido por la legislación Mexicana (i.e. 50000 Kg).

3.5.1.2 Clasificación de industrias

En las Tablas 3.18 y 3.19 se presentan las diferentes clasificaciones industriales realizadas por el Consejo Colombiano de Seguridad (1999) y por el Instituto de Seguros Sociales (ISS).

Tabla 3.18 Clasificación de industrias (CCS, 1999)

Tipo de industria	Clasificación
1. Empresas de alimentos	CIIU que inicia con 31
2. Empresas de textiles	CIIU que inicia con 32
3. Empresas de fabricación de muebles	CIIU que inicia con 33
4. Empresas de fabricación de papel	CIIU que inicia con 34
5. Industrias químicas	CIIU que inicia con 35
6. Distribuidoras y comercializadoras al por mayor	CIIU que inicia con 61
7. Distribuidoras y comercializadoras al por menor	CIIU que inicia con 62

: Consejo Colombiano de Seguridad

El Instituto del Seguro Social sugiere la siguiente división.

Tabla 3.19 Clasificación industrial con base en el ISS (ISS, 2000)

Grupo	Tipo de actividad industrial
1	Agricultura, servicultura, caza y pesca
2	Explotación de minas y canteras
3	Industria manufacturera
4	Construcción
5	Electricidad, gas, agua y servicios sanitarios
6	Comercio
7	Transporte, almacenaje y comunicaciones
8	Servicios
9	Servicios domésticos

Básicamente, las dos clasificaciones están desarrolladas a partir de los mismos conceptos, siendo la clasificación del CIIU mucho más detallada y específica. En consecuencia en este estudio se toma como base para el análisis la clasificación de CIIU.

3.5.1.3 Clasificación de sustancias peligrosas

Las Naciones Unidas a través de la ONU clasifica las sustancias peligrosas en las siguientes categorías principales:

- Explosivos
- Gases
- Líquidos inflamables
- Sólidos inflamables
- Sustancias oxidantes
- Sustancias Tóxicas
- Sustancias radioactivas
- Sustancias corrosivas
- Otras sustancias

En el Anexo G se presenta una descripción detallada de esta clasificación en la que se incluyen los sub-grupos con su respectivo código, nombre genérico y nombre comercial.

3.5.1.4 Clasificación de accidentes

La evaluación y cuantificación de pérdidas potenciales es la esencia de un análisis de riesgo y en consecuencia su definición es fundamental. En el capítulo anterior los accidentes se clasificaron en tres categorías, de acuerdo con su extensión, de la siguiente forma:

Categoría 1: aquellos accidentes que de acuerdo con el estudio de seguridad, y en su caso el análisis cuantitativo de riesgos (o como consecuencia de hechos inesperados no incluidos en el mismo) se prevean que tenga como única consecuencia daños materiales en la instalación accidentada. *No hay daños de ningún tipo exterior a la instalación industrial.*

Categoría 2: aquellos accidentes que de acuerdo con el estudio de seguridad, y en su caso el análisis cuantitativo de riesgos (o como consecuencia de hechos inesperados no incluidos en el mismo) se prevean que tenga como única consecuencia posibles víctimas y daños materiales en la instalación industrial. *Las repercusiones exteriores se limitan a daños leves o efectos adversos sobre el ambiente en zonas limitadas.*

Categoría 3: aquellos accidentes que de acuerdo con el estudio de seguridad, y en su caso el análisis cuantitativo de riesgos (o como consecuencia de hechos inesperados no incluidos en el mismo) se prevean que tenga como única consecuencia *posibles víctimas, daños materiales graves o alteraciones graves al ambiente en zonas extensas, en el exterior de la instalación industrial.*

Adicionalmente, la Secretaría de Salud de Santa Fe de Bogotá estipula que los desastres tecnológicos se pueden clasificar en términos del proceso que los desencadena de la siguiente forma:

Tabla 3.20 Tipos de desastres de origen tecnológico

Tipo de proceso gestor	Duración
Sistemas productivos contaminantes	Gestación lenta y larga duración
Sistemas contaminantes	Repentino
Sistemas contaminantes	Gestión larga duración prolongada
Falla en los sistemas de seguridad	Repentino

Fuente: Secretaría de Salud Distrital

Un ejemplo del primer caso es la enfermedad de Minamata (Japón) que consistió en un trastorno neurológico crónico producido por pescado contaminado con metil mercurio. Se reportaron setenta mil casos, de los cuales cerca de mil fallecieron. Un ejemplo clásico de sistemas contaminantes del tipo repentino es la fuga de amoniaco en Dakar (Senegal) responsable de la muerte de cincuenta personas. Para este tipo de procesos pero dentro de la categoría de gestación larga y duración prolongada, se encuentra la contaminación de la bahía de Cartagena con metil mercurio. Dentro de la categoría de falla en los sistemas de seguridad se encuentran la emisión de 30 toneladas de metilisocianato (HIC) en la planta de Unión Carbide en Bopal (India); y el accidente de la planta nuclear de Chernobyl en Ucrania (ex-URRS).

3.5.2 Riesgos asociados a los procesos industriales

Muchos de los procesos industriales involucran grandes cantidades de energía en sus diversas formas (calórica, química, mecánica), por esta razón, son por si mismos agentes generadores de riesgo. Al interior de una empresa existen procesos industriales como motores de combustión interna, calderas, sistemas de transferencia de calor, sistemas de refrigeración. Estos procesos que interactúan en un mismo espacio físico, cada uno con su función y un riesgo asociado de acuerdo al tipo de industria y a los componentes del ciclo industrial (Anexo H). Algunos de los principales procesos generadores de riesgo presentes en las industrias ubicadas en la localidad son:

- Hogares de calderas
- Motores de combustión estacionarios
- Sistemas de transferencia de calor (medios no acuosos)
- Temple de acero
- Procesos de inmersión y recubrimiento
- Soldadura y corte
- Procesos de extrusión y conformado
- Baños de sales fundidas
- Extracción mediante disolvente
- Sistemas de refrigeración
- Procesos de mecanización
- Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles

A continuación se presenta una breve descripción de los procesos, junto a los riesgos asociados a cada uno de ellos:

Hogares de calderas: los hogares de calderas emplean la combustión controlada para generar vapor para el suministro de energía o para aportar calor a los procesos industriales que así lo requieran. Los riesgos asociados son incendio, explosión y fuga y sus causas están relacionadas con la ignición de combustible y aire en lugares cerrados.

Motores de combustión estacionarios: los motores alternativos o de pistones y las turbinas de gas son dos de los motores de combustión interna para uso general en instalaciones fijas, se emplean con frecuencia como plantas de potencia para mover alternadores, bombas y compresores. Los riesgos asociados son incendio, explosión y fuga y se dan por la compresión de los combustibles empleados, la alta temperatura de partes como colectores de escape y tubos, la presencia de motores de arranque, alternadores, distribuidores y magnetos, que generan arcos eléctricos y la posible desintegración del motor.

Sistemas de Transferencia de Calor (medios no acuosos): se utiliza la expresión fluidos para transferencia de calor para designar la amplia gama de medios líquidos o gaseosos que se emplean para transferir la energía térmica de un lugar a otro y para regular el régimen de esa transferencia. Los riesgos asociados son incendio, explosión y fuga y son debidos al calentamiento y transferencia de un líquido combustible a temperatura próxima o superior al punto de inflamación en un sistema cerrado.

Temple en Aceite: se utiliza en el tratamiento térmico de los metales se emplean procesos de enfriamiento controlado o temple de los materiales calientes por inmersión en un medio líquido. Debido a la naturaleza combustible de los aceites de temple, se presentan riesgos potenciales de incendio por las exigencias de una atmósfera especial (un gas que no sea aire), por la temperatura alta en el medio de temple, por las propiedades físicas del medio, por las limitaciones de volumen del medio, por el emplazamiento de cubas y hogares de temple, y por la exposición mutua entre las instalaciones de temple y otras componentes del proceso.

Procesos de inmersión y recubrimiento: con frecuencia estos procesos emplean líquidos con poder calorífico elevado y velocidades de desprendimiento de calor que pueden provocar grandes pérdidas de materiales cuando desencadenan un incendio, adicionalmente se generan grandes concentraciones de humo y productos tóxicos. Los incendios y las explosiones se dan por la utilización de líquidos inflamables y combustibles; la gravedad del peligro depende de la inflamabilidad, la cantidad y la velocidad de generación de vapor.

Soldadura y corte: en su más amplia acepción, el termino soldadura incluye cualquier proceso de unión de materiales. Para este caso sólo se considerará la soldadura por fusión. De igual forma cuando se habla de corte, la fusión es el principal factor. Tanto la soldadura como el corte, exigen fuentes de energía muy intensa, estas provienen generalmente de la electricidad o del calor de la combustión de un gas, implicando esto la posibilidad de un incendio.

Procesos de extrusión y conformado: son procesos típicos en el procesamiento de materiales plásticos y entre ellos se pueden encontrar la extrusión y el conformado; en ambos casos es característico el calentamiento del material para posteriormente ser inyectado en una cavidad buscando obtener un producto final con una forma determinada. El riesgo predominante es el de incendio y se presenta porque la mayoría de los plásticos son combustibles. La transformación del material base en artículos acabados también presenta riesgos asociados con polvos combustibles, disolventes inflamables, fallos eléctricos, fluidos hidráulicos y manipulación de grandes cantidades de materia prima.

Baños de sales fundidas: son muy usados en los tratamientos térmicos debido a que proporcionan una rápida y precisa transferencia de calor y porque su instalación es barata. Un baño de sales fundidas está constituido por un recipiente sometido a calentamiento, que contiene una colada o fusión de una o más sales químicas en estado líquido. Presenta riesgo de incendio y explosión, debido a contacto de sales con combustibles en el caso del incendio y explosiones de mezclas salinas por reacciones físicas o químicas.

Extracción mediante disolventes: es un proceso comúnmente empleado en la extracción de aceites de productos vegetales como la soya. El hexano es uno de los disolventes mas usados y presenta riesgo para incendio y explosión por su alta inflamabilidad y por los polvos combustibles asociados con las oleaginosas.

Sistemas de refrigeración: estos sistemas presentan riesgo de incendio y fugas, dado que la mayoría de los refrigerantes son tóxicos, cualquier fuga es peligrosa para la salud humana. El grado de peligro depende del nivel de aislamiento del sistema respecto del entorno o medio enfriado. Las fugas se producen por uniones mal hechas en tuberías o producidas por

vibraciones. El empleo de diferentes materiales en tuberías y válvulas producen electrólisis y debilita la unión. Adicionalmente, las impurezas del refrigerante pueden producir acumulaciones y daños en los sistemas.

Procesos de mecanización: los procesos de mecanización cobijan los distintos métodos que se emplean para conformar, dimensionar y acabar metales. Asociado a estos procesos esta el riesgo de incendio por fuegos de virutas en la máquina, oxidación espontánea de recortes mecánicos, combustión por oxidación de lubricantes de refrigeración, reacción de ciertos metales con agua combustión de fluidos hidráulicos y de vapores de aceite y la combustión de aceite regado en el piso.

Procesos en la Industria de la madera: en este tipo de industrias es común encontrar estructuras altamente combustibles que contienen madera, muebles tapizados y otras materias primas. Presenta alto riesgo de Incendio por recogida de polvos y pulverización de acabado. El fuego se presenta más por operaciones de soldadura que por el mismo material. En las zonas de almacenaje se presenta riesgo por rayos, colillas y chispas

Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles: pueden presentarse derrames de los materiales, explosión e incendio. La severidad de los riesgos está relacionada con la cantidad almacenada. Sin embargo, el tamaño del tanque o el número de tanques tiene menos importancia que ciertos factores como las características del líquido almacenado, la construcción del tanque, sus cimentaciones y apoyos, las dimensiones y posición de los conductos de ventilación, de las tuberías y de sus conexiones.

3.5.3 Procesos generadores de riesgos tecnológicos

La variedad de amenazas para este análisis hace referencia a la cantidad de amenazas potenciales que puede tener un sistema (CCS,1999). En la Tabla 3.21 muestra la actividad industrial representada través de la clasificación del CIU agrupada con base en la amenaza que pueda generar (Fuga, Derrame, Incendio o Explosión)

Tabla 3.21 Distribución de actividades por variedad de amenazas (CCS,1999)

Número de amenazas por actividad								
4	3			2		1		
D, F, I, E	D, F, I	D, I, E	F, I, E	D, I	I, E	D	F	I
3115	6109	3131	3133	3211	3122	3231	3111	3213
3511	6209	3513		3214	3529(02,08)	3232	3112	3216
3512		3521		3219			3113	3320
3529(12,00)		3523		3311			3114	3529*
3530		3528		3522			3117	3530*
(01,02,03)								
6108		6110		3540			3118	3560
7192		6119		3559			3119	
		6207		6101			3121	
				6118			3123	
				3529 (04)			3134	
							3411	

D: Derrame F: Fuga I: Incendio E: Explosión

En el Anexo I se presenta en detalle la descripción de cada código junto a su fuente de amenaza.

Se aprecia que las industrias del grupo CIU 31 en su mayoría se encuentran bajo un solo tipo de amenaza (fuga). No se incluyen en esta tendencia la elaboración de grasas y aceites, que cuenta con los 4 tipos de amenaza considerados ni las industrias de fabricación de bebidas

alcohólicas (CIU 3131) y cerveza (3133), que cuentan con tres tipos de amenaza. El grupo 32 se incluye dentro de los sistemas amenazados por derrame e incendio (especialmente los subgrupos dedicados a la fabricación de textiles, tapices, alfombras), por derrame únicamente en el caso de las industrias de tratamiento de pieles, y por incendio en el caso de la fabricación de tejidos. El grupo 33, que cubre a las industrias madereras y de fabricación de muebles, también se incluye dentro de las amenazas consideradas para el grupo anterior. El grupo 34 fue considerado por el riesgo de fuga que presenta su actividad.

Las industrias del grupo 35 se encuentran en las actividades con 3 y 4 amenazas. Sólo las empresas dedicadas a la fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón (3522), y de productos de caucho (3559) cuentan con dos amenazas (derrame e incendio). Dentro de las empresas con 3 amenazas están la fabricación de resinas y materiales plásticos, pinturas y productos de tocador. La fabricación de sustancias químicas industriales básicas, pesticidas y abonos, y productos químicos no especificados, involucran los cuatro eventos considerados en este estudio. El único subgrupo de esta categoría que se considera amenazado por un solo tipo de evento es el de industria plástica (3560), al que se le reconoció el riesgo de incendio. Teniendo en cuenta el gran número de establecimientos de este tipo que existen en Bogotá, los sistemas con riesgo de incendio se constituyeron en la quinta parte del total de la base de datos.

No se encuentra una tendencia definida para la comercialización al por mayor y al por menor. El comercio al por mayor de medicamentos, cosméticos y productos químicos presenta los cuatro tipos de amenaza considerados; el comercio al detal de productos químicos y gasolinas y el comercio al por mayor de materias primas, de productos minerales no metálicos y gasolinas cuentan con tres tipos de amenaza. El comercio al por mayor de insumos agrícolas y de bebidas alcohólicas se ven amenazados por dos tipos de riesgos (derrame e incendio). Los almacenes generales de depósito (719201) se estima que pueden presentar los cuatro tipos de eventos considerados. Se aprecia que predominan los sistemas que presentan tres amenazas, con más de la tercera parte de los sistemas considerados. Dentro de ellos se destacan los sistemas con riesgo de derrame, incendio y explosión, que comprenden la cuarta parte del total de sistemas considerados; los sistemas con riesgo de derrame, fuga e incendio constituyen un 12% del total. Tan sólo una empresa tiene amenaza de fuga, incendio y explosión. En orden descendente se encuentran los sistemas con un tipo de amenaza, que también representan una parte importante de los sistemas considerados. Se destaca el número de sistemas que presentan la amenaza incendio, que comprenden un poco más del 20% del total de los sistemas considerados. Los sistemas con dos tipos de amenaza se encuentran en tercer lugar, representados principalmente por las amenazas de derrame e incendio. En último lugar se encuentran aquellos que pueden presentar los cuatro eventos.

Distribución de empresas por tamaño. La distribución por tamaño de las empresas seleccionadas se realizó de acuerdo con los criterios establecidos por el Ministerio de Desarrollo Económico, según los activos brutos reportados por la empresa en la base de datos de la Cámara de Comercio. El resultado de la clasificación de las empresas en micro, pequeña, mediana y grande, se presenta en la Tabla 3.22.

Tabla 3.22 Composición de los sistemas con potencial de amenazas tecnológicas por tamaño según activos brutos (CCS, 1999).

Tamaño	Activos Brutos (\$miles)	No. Empresas	Participación (%)
Microempresas	120.000	365	21
Pequeña	120.000 – 3.050.000	1034	59.2
Mediana	3.050.000 – 4.650.000	48	2.7
Grande	> 4.650.000	184	10.5
No conocido		116	6.6

La pequeña empresa predomina ampliamente, constituyendo casi un 60% del total de la muestra de sistemas con potencial de amenaza tecnológica, seguida de la Micro que representa el 21%. La franja más pequeña está conformada por las empresas medianas (menos del 3%). La participación de la gran empresa, que por sus volúmenes de producción, por lo general representa un alto potencial de amenazas tecnológicas, es tan solo del 10 % aproximadamente.

3.6 Residuos peligrosos

3.6.1 Residuos Peligrosos en Santa Fe de Bogotá.

A continuación se presenta un resumen sobre el estado del manejo de los Residuos Peligrosos en Santa Fe de Bogotá dado que no existe información desagregada sobre las localidades de Usaquén y Kennedy. Sin embargo, las observaciones sobre su manejo para la ciudad aplica igualmente para la localidad. Primero se presentará un resumen de los estudios recientes sobre generación de éstos en la ciudad. Posteriormente se analizará la forma como se están manejando los residuos peligrosos. Finalmente se hará una discusión sobre las limitaciones e implicaciones de dicha información para los objetivos del presente estudio.

3.6.2 Generación de Residuos Peligrosos en Santa Fe de Bogotá.

De acuerdo al Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS-98 Resolución 0822 de Agosto de 1998 del Ministerio de Desarrollo, en Colombia se define como un residuo peligroso aquel que por sus “características infecciosas, combustibles, inflamables, explosivas, radiactivas, volátiles, corrosivas, reactivas o tóxicas pueden causar daño a la salud humana o al medio ambiente. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos”. Esta definición no es la única existente en la legislación vigente en Colombia al respecto de los residuos peligrosos. Sin embargo, para el objeto del presente estudio se puede decir que es suficiente y adecuada y no es necesario entrar en gran detalle en las inconsistencias existentes actualmente sobre lo que se considere o no un residuo peligroso.

Dadas las características de lo que se considera un residuo peligroso, el adecuado manejo es importante para la evaluación de los riesgos tecnológicos que se puedan derivar de todo proceso industrial. Características como la inflamabilidad, explosividad, y toxicidad le transfieren al residuo la capacidad de ser un agente generador de riesgo con consecuencias nocivas que es necesario evaluar.

Existen dos estudios recientes que se han realizado para el DAMA en los cuales se ha abordado explícitamente el tema de la generación y el manejo de los residuos peligrosos en la ciudad de Bogotá. El primero de ellos es: “Diagnóstico y Caracterización de los Residuos Sólidos Producidos por el Parque Industrial de Santa Fe de Bogotá” de 1997, y el segundo el “Diagnóstico Ambiental de Alternativas para la Ubicación de Instalaciones para la Disposición Final de Sustancias Tóxicas y Peligrosas Inertizadas en Santa Fe de Bogotá” (en ejecución). En el primero de ellos se realizaron caracterizaciones de los residuos industriales producidos por una muestra de industrias de la ciudad que fue determinada con base en criterios estadísticos reconocidos que permitieron estimar la generación de residuos peligrosos de la industria formal. Con base en los resultados obtenidos se extrapolaron las observaciones al universo de la industria formal de la ciudad y se hizo una cuantificación inicial del problema. El estudio presenta información por grupos industriales y por tipos de residuos caracterizados

adicionalmente por su peligrosidad (toxicidad, inflamabilidad etc). El estudio no discrimina espacialmente la generación de residuos por localidades, sin embargo, las conclusiones son lo suficientemente generales y aplican igualmente a la localidad objeto del presente trabajo.

El segundo estudio, concluye que los datos obtenidos son confiables y utiliza alguna información adicional de los archivos y expedientes del DAMA para hacer estimaciones de la producción de residuos peligrosos por parte de la industria no formal de la ciudad de Bogotá. En la Tabla 3.23 se presentan algunos resultados que resumen los principales aspectos de dicho estudio:

Tabla 3.23 Residuos Industriales Peligrosos (RIP) generados por el sector formal de la industria en Santa Fe de Bogotá (Hospital Trinidad Galan, 1999)

CIU	Sector Industrial	Hidromecánicas/ 97	PER UNEP	Estudio 1999-2000 Ambiental Consultores-DAMA	
		RIP t/año	RIP t/año	RIP t/año a	RIP t/año
31	Productos alimenticios, bebidas, tabaco	474	7139	500	3500
32	Textiles e industrias del cuero	1389	5186	1000	4000
33	Industrias de Madera	0	417	0	500
34	Productos de Papel, Imprentas	2010	1403	1500	2000
35	Sustancias químicas industriales	3726	11342	3500	5000
36	Productos no metálicos	59	3450	500	3000
37	Industrias Metales básicas	5401	4334	4000	6000
38	Productos metálicos, maquinaria, equipo	271	7225	500	6000
39	Otras industrias manufactureras	0	2239	0	2000
Total		13.330	42.735	11.500	32.000

Un análisis de las diferentes categorías de tipos de residuos producidas por el sector formal permite obtener los resultados presentados en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14 Cálculo de las cantidades de residuo peligroso (Hospital Trinidad Galan, 1999)

Tipo de Residuo	Resultados PER (Procedimiento de evaluación rápida)	Estudio de 1999-2000 Ambiental Consultores –DAMA T/año (aproximado)	
		t/año	Min. / Máx.
Lodos de galvanoplastia/Tratamiento de metales	765	50	650
Ácidos	5948	2500	5800
Álcalis	7640	1900	4600
Residuo Inorgánico	1976	650	1600
Residuo Reactivo	252	100	200
Pinturas/Resinas etc.	2310	500	2000
Solventes Orgánicos	459	100	350
Residuos putrefactos	4918	450	2600
Residuos Textiles	2706	500	2000
Aceites/Residuos aceitosos	4920	1200	3700
Contenedores contaminados	711	200	500
Residuos inertes	9896	3300	7900
Materias Químicas Orgánicas	48	15	30
Pesticidas	188	50	100
Total (toneladas)	42.737	11.500	32.000

La Tabla 3.25 presenta las características para el sector informal de la industria:

Tabla 3.25 Significado del sector informal en la industria y la manufactura (CCS, 1999)

CIIU	Sector Industrial	Sector Informal Significativo Si/No	Comentario
31	Productos alimenticios, bebidas, tabaco	Si	La producción industrial requiere gran inversión de capital, las pequeñas compañías deben considerarse en el sector servicios.
32	Textiles e industrias del cuero	Si	Sector informal de producción de cuero es bien conocido y consolidado.
33	Industrias de Madera	No	Las industrias medianas deben considerarse en servicios (carpinteros).
34	Productos de Papel, Imprentas	No	La producción de papel y la imprenta a gran escala requieren mayor inversión de capital, imprentas a pequeña escala deben considerarse en el sector servicios
35	Sustancias químicas industriales	No	Requiere inversión de capital a gran escala.
36	Productos no metálicos	Si	Gran sector con muchos tipos de industria.
37	Industrias Metales básicas	Si	Requiere inversión de capital a gran escala.
38	Productos metálicos, maquinaria, equipo	Si	Pequeños talleres de procesamiento de metal conocidos (p.e. galvanotécnica, herramientas)
39	Otras industrias manufactureras	Si	Pendiente, no hay detalles

Como se puede observar existe una proporción significativa de residuos que son de interés para el presente estudio como los que puedan generar explosiones, incendios y problemas por emisiones tóxicas. Entre estos vale la pena destacar los solventes orgánicos, aceites gastados, materias químicas orgánicas y los pesticidas. Por parte de la industria no formal se nota que existen dos categorías que se destacan como potenciales grupos de estudio, como son las curtiembres y la industria metalmecánica.

3.6.3 Manejo de los Residuos Peligrosos en Bogotá

En el estudio “Diagnóstico y Caracterización de los Residuos Sólidos Producidos por el Parque Industrial de Santa Fe de Bogotá, 1997” se revisó la disposición final de los residuos peligrosos en las diferentes industrias analizadas. Se pudo concluir que los residuos sólidos, en la mayoría de los casos son enviados al relleno sanitario, o incinerados eventualmente (ej. medicamentos). El caso de disposición de residuos en los rellenos sanitarios, se hace actualmente combinando los residuos peligrosos con los que no lo son y disponiéndolos de manera conjunta e indiscriminada en el mismo frente de trabajo. En algunas ocasiones, cuando se trata de residuos líquidos, estos son vertidos directamente al alcantarillado sin ningún tipo de control.

Para un futuro cercano, se tiene planeado el establecimiento de rutas especiales de recolección de los residuos peligrosos los cuales tendrán un manejo especial, el cual esta aun por definirse. En estos casos se deben considerar cuidadosamente los aspectos de transporte y procesamiento de acuerdo con la reglamentación colombiana relacionada con el transporte y gestión de los residuos peligrosos. Véase el RAS-98 y la Resolución 6 de 1997 del Consejo Nacional de Normas y Calidad.

La incineración es una actividad frecuente en el Distrito, aunque han habido quejas de la comunidad sobre el funcionamiento de los sistemas y cuestionamientos sobre la pertinencia de la normativa actualmente vigente para las emisiones de dichas instalaciones. Finalmente, con relación a los vertimientos al alcantarillado, el DAMA ha expedido reglamentación como la resolución 1074 que debe cumplirse por parte de las industrias, sin embargo, según la revisiones periódicas, aún un porcentaje cercano al 80% no cumple con las exigencias.

De manera general, se podría decir que la información existente es incierta sobre las verdaderas magnitudes de los residuos peligrosos que genera la industria, su peligrosidad y manejo.

Capítulo 4

Productos específicos

4.1 Aspectos generales

En este capítulo se presenta la evaluación cualitativa del riesgo en la localidad. En particular se discute la estrategia utilizada para el manejo de la información básica de la unidad, la evaluación de procesos generadores de riesgo y la metodología para la evaluación cualitativa del riesgo.

4.2 Información básica por unidad

4.2.1 Aspectos generales

En la presente sección se describen de manera detallada los procedimientos que se utilizaron para llevar a cabo el cálculo del número de personas por unidad, número de viviendas y el costo total por unidad de análisis.

4.2.2 Cálculo del número de habitantes y viviendas por sector

El cálculo la población y el número de viviendas de cada una de las unidades de análisis es fundamental para evaluar la afectación en caso de que se presente un accidente de origen tecnológico.

En el presente estudio se analizó y procesó la información suministrada por el DANE y el SISE, la cual cuantifica población por manzana, y cantidad de viviendas en cada una de ellas. Esta información fue filtrada mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfico (SIG), el cual permitió identificar las características de los diferentes predios ubicados en las unidades fundamentales de análisis.

En las bases de datos suministradas por el DANE, se obtuvo información sobre proyecciones de población para el año 2000, lo cual permite la cuantificación precisa del número de personas que habitan cada una de las unidades.

4.2.3 Estimación del número de viviendas para el año 2000

Al igual que la población, el valor del número de viviendas se obtuvo a partir de información individual de cada uno de los predios que conforman la unidad fundamental de análisis.

4.2.4 Cálculo del costo de las viviendas para cada sector

El costo por vivienda depende del valor de la infraestructura, de los encerres y de otros factores como disposición urbana, tipo (ej: unifamiliar o multifamiliar) y estrato socio-económico. Esta

fuera del alcance de este proyecto la determinación exacta del costo de cada tipo de viviendas ubicadas en la localidad.

Se utilizó como base para el cálculo del costo los resultados obtenidos en el trabajo de tesis "Evaluación de Perdidas Económicas en Sismos", (Baquero,1996), en donde se hace un análisis detallado sobre los factores que influyen en la evaluación del costo de una vivienda. En este trabajo se analizan por separado los costos por infraestructura, y el valor de los enceres incluidos en la vivienda (contenido); en este ultimo se evalúa el costo de muebles tales como sala, comedor y alcoba, y electrodomésticos como televisor, nevera, lavadora, equipo de sonido, estufa, plancha y licuadora. Los resultados están reportados en pesos de 1996, por lo tanto se aplicó un factor de corrección correspondiente a la devaluación de estos cuatro años. (Ver Tabla 4.1). El incremento acumulado en el índice de precios desde enero de 1996 a febrero del 2000 se calcula como:

$$X = 1.2163 \times 1.1768 \times 1.1670 \times 1.0923 \times 1.0362 = 1.8906 \quad (4.1)$$

Tabla 4.1: Índice de Precios al Consumidor (IPC), variaciones porcentuales

Año Corrido	Porcentaje
1990	32.36
1991	26.82
1992	25.13
1993	22.60
1994	22.59
1995	19.46
1996	21.63
1997	17.68
1998	16.70
1999	9.23
2000 (a Feb)	3.62

Fuente: www.dane.gov.co

Baquero (1996), tiene en cuenta los costos de construcción por metro cuadrado de vivienda, y los costos de contenido por estrato para dos tipos de vivienda: unifamiliares y multifamiliares. Las viviendas relacionadas como "Otros" en los reportes del DANE, no fueron tenidas en cuenta en la evaluación de costos, ya que su costo es muy bajo en comparación con los demás tipos de viviendas. En la [Tabla 4.2](#) se resumen los costos para los diferentes tipos de viviendas. Por ejemplo, para el caso de una vivienda unifamiliar estrato cinco, con un área promedio de 130m², el costo por infraestructura asciende a 72 millones de pesos de Marzo 1 del 2000. El costo del equipamiento es de 30 millones, con lo que se obtiene un costo total de aproximadamente 102 millones de pesos.

Tabla 4.2 Costo promedio de vivienda por estrato en pesos de marzo del 2000

	Unifamiliar			
	Est2	Est3	Est4	Est5
Area Promedio (m2)	96,60	105,48	112,00	130,32
\$/M2 (miles \$)	255	336	477	556
\$/Unidad (miles \$)	24626	35477	53438	72406
\$ internos/unidad	5722	5722	30368	30368
\$Total/unidad (miles \$)	30348	41199	83805	102774

	Multifamiliar			
	Est2	Est3	Est4	Est5
Area Promedio (m2)	48,30	52,74	56,00	65,16
\$/M2 (miles \$)	265	356	492	595
\$/Unidad (miles \$)	12790	18786	27526	38783
\$ internos/unidad	5722	5722	30368	30368
\$Total/unidad (miles \$)	18512	24508	57894	69150

	Cuarto			
	Est2	Est3	Est4	Est5
Area Promedio (m2)	28,98	31,64	33,60	39,10
\$/M2 (miles \$)	255	336	477	556
\$/Unidad (miles \$)	7388	10643	16031	21722
\$ internos/unidad	3203	3203	14686	14686
\$Total/unidad (miles \$)	10590	13846	30717	36408

4.3 Metodología para la evaluación cualitativa del riesgo

4.3.1 Aspectos generales

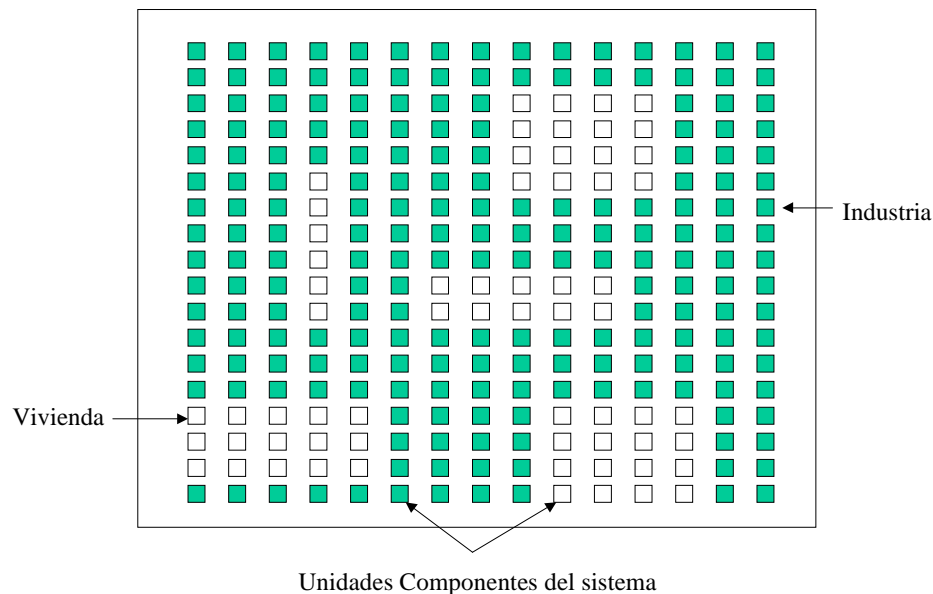
Anteriormente, se presentaron los fundamentos conceptuales que soportan la metodología para la evaluación del riesgo presentada en este informe. Se trataron aspectos fundamentales de la modelación como la teoría de sistemas y se discutieron los conceptos más relevantes detrás de la definición de riesgo.

La metodología utilizada se concentra en la modelación del riesgo en todas sus etapas, garantizando de esta forma consistencia en la interpretación del problema. Para cada uno de los procesos generadores de riesgo principales (i.e. amenazas) se elaboró un modelo simplificado para estimar la zona potencialmente afectada. Con base en las características de las zonas afectadas se determinaron las consecuencias en términos económicos y sociales. Finalmente, la distribución relativa de pérdidas en la localidad se utilizó como base para el cálculo del riesgo. A continuación se presenta una descripción detallada de la metodología para la evaluación de cualitativa de los riesgos públicos de origen tecnológico en las localidades de Usaquén y Kennedy.

4.3.2 Modelación del sistema

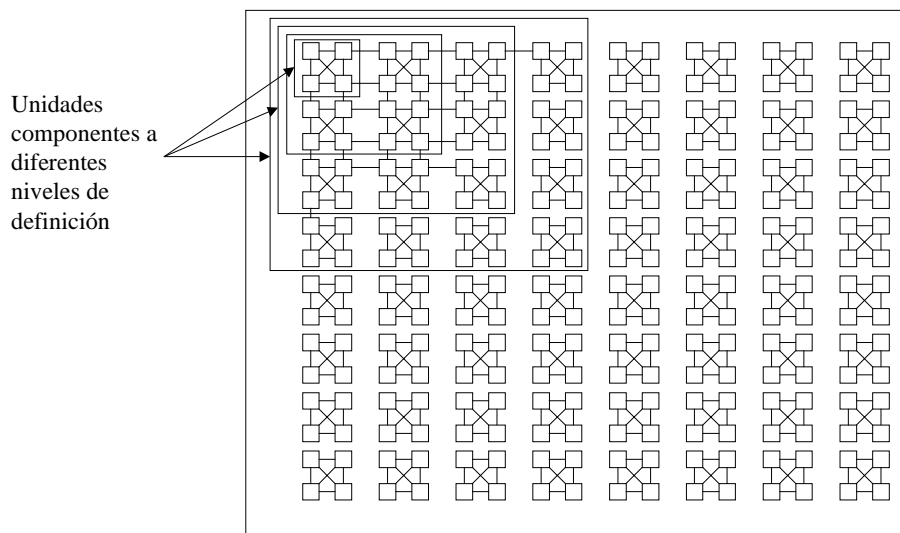
Previamente se describió en detalle la teoría que soporta la modelación sistémica. El sistema es un modelo conceptual que permite representar las localidades en diferentes niveles de definición. Inicialmente, la localidad se puede representar como se ilustra en la [Figura 4.1](#).

Figura 4.1 Representación de la situación actual de la localidad



El sistema consiste de una serie de unidades fundamentales tales como viviendas, industrias, comercio y zonas recreativas. La interrelación entre esas unidades está caracterizada por aspectos físicos (ej.: parques, vías), sociales (ej.: distribución de la población, estratificación, uso del suelo) y económicos (ej.: actividad económica). La evaluación requiere conformar unidades fundamentales de análisis como las descritas en la Figura 4.2. Es importante resaltar que en este proceso se reduce la precisión en la evaluación pero no en la descripción del sistema. Algunas alternativas de definición de unidades fundamentales a diferentes niveles de definición se presentan en la Figura 4.2.

Figura 4.2 Selección de unidades fundamentales para el estudio



La selección de unidades fundamentales de análisis en cada nivel depende exclusivamente del criterio del evaluador y responde a diferentes criterios de análisis. Entre los criterios de análisis utilizados se pueden destacar los siguientes:

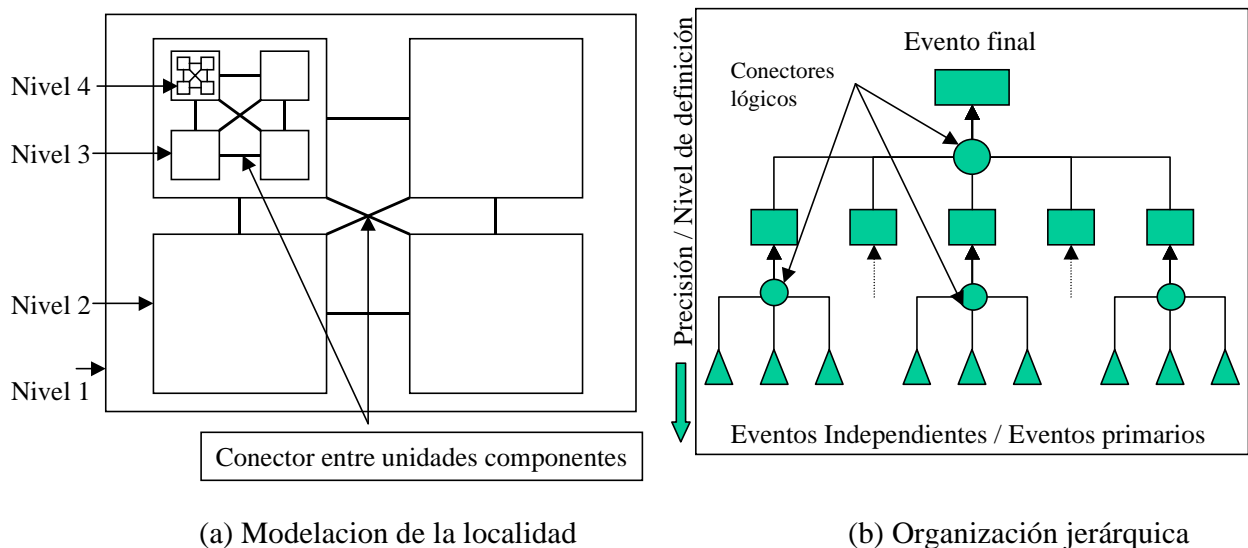
- Ubicación físico/geográfica
- Concentración de industrias
- Distribución de sustancias peligrosas
- Distribución de la población
- Precisión requerida para el análisis
- Cantidad y calidad de la información
- Contexto de la localidad

Los criterios antes mencionados no son excluyentes, por el contrario, la decisión sobre el tamaño y las características de las unidades de análisis incluye la combinación de varios de los aspectos mencionados. La decisión final depende exclusivamente del juicio del evaluador y en la mayoría de los casos es un proceso iterativo.

La modelación sistémica permite representar un sistema a través de una organización jerárquica. Una organización jerárquica es una representación lógica de un sistema a diferentes niveles de definición. En los niveles superiores el sistema se define de una manera más general y la precisión aumenta con el nivel de detalle de la descripción.

La selección de un nivel de análisis adecuado (definición de la unidad de análisis) debe ser suficiente para la toma de decisiones apropiadas. Zadhe (1965) argumenta en el *principio de incompatibilidad* que para cada modelo existe un punto en el cual la precisión y la relevancia de los resultados son mutuamente excluyentes. Por lo tanto, el modelo debe concentrarse en la relevancia de los resultados. Adicionalmente, es importante resaltar que el nivel de detalle utilizado debe ser consistente con la cantidad y calidad de información disponible.

Figura 4.3 Descripción jerárquica de las unidades componentes del sistema



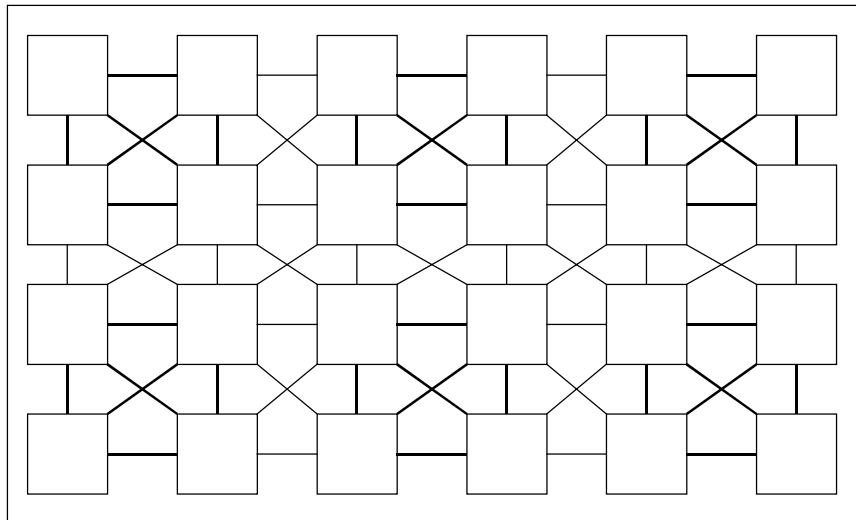
En la Figura 4.3 se presentan diferentes niveles de definición del sistema jerárquico. Cada uno de los elementos componentes del sistema y sus relaciones tienen una serie de atributos que los caracterizan. Esos atributos son propiedades fundamentales que describen cada una de las unidades en términos de "lo que son" y de sus procesos internos. En la [Tabla 4.3](#) se presenta una lista de atributos de una unidad componente. Los atributos varían dependiendo del sistema que se esté modelando, por lo tanto, no existe una lista única. Su definición depende de los objetivos del estudio.

Tabla 4.3 Atributos de las unidades componentes y las conexiones

Atributos	
Unidad componente del sistema	Conexiones entre unidades
Localización geográfica	Distancia entre unidades componentes Velocidad del intercambio de info. Capacidad de intercambio.
Área	
Volumen de sustancias peligrosas	
Número de habitantes	
Valor de la propiedad pública	
Actividades industriales	
Nivel de riesgo	

Como resultado de la discusión anterior, el sistema presentado en la [Figura 4.1](#) puede describirse en un mayor nivel de detalle, como se indica en la Figura 4.4. De la adecuada selección de las unidades componentes fundamentales depende que el nuevo sistema sea representativo del sistema real y permita tomar decisiones apropiadas. En el Plano 1 se presenta la distribución geográfica de las unidades fundamentales de análisis para la localidad.

Figura 4.4 Descripción del sistema en un mayor nivel de detalle al de la Figura 4.1



La escogencia de un nivel de detalle particular define la naturaleza del estudio. Un estudio de tipo *cualitativo* se concentra en niveles de análisis mucho menores que un estudio *cuantitativo*. Por tal motivo, el modelo propuesto en este documento es también la base para el desarrollo de un modelo cuantitativo que enfrente el problema de forma sistémica.

4.3.3 Modelación del riesgo

La visión sistémica del proceso de ocurrencia de un accidente que incluye la ocurrencia del incidente, la propagación y la afectación, es un modelo mucho más robusto para definir el riesgo que el análisis independiente de la amenaza y la vulnerabilidad.

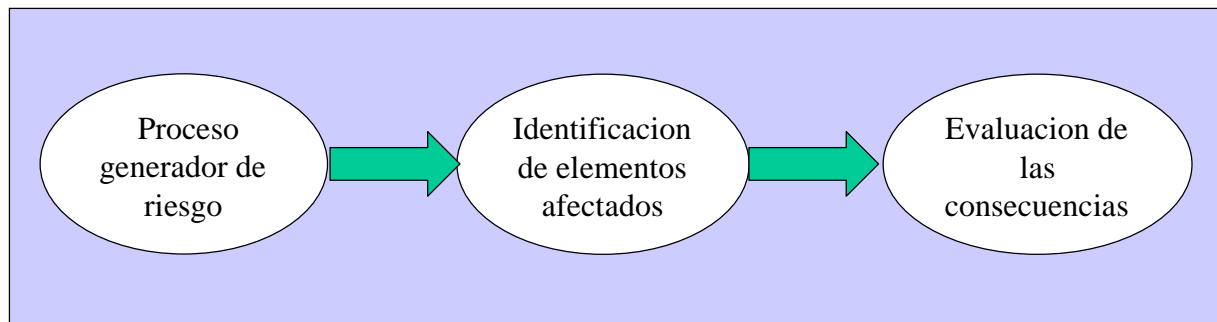
La palabra *proceso* describe no solo el evento disparador (i.e., "trigger") sino todas las pre-condiciones necesarias para su ocurrencia. Este modelo se basa en un proceso de acumulación de evidencia y se ajusta en buena medida a la definición de amenaza propuesta por Blockley (1992). Los procesos de acumulación de evidencia han sido tratados

extensamente por la industria petroquímica, eléctrica y nuclear; y son la base para sus modelos de evaluación de riesgos. Adicionalmente, esta aproximación al problema se ajusta al modelo de la incubación de los desastres propuesto por Turner (1998). Este modelo sugiere que los accidentes y desastres no son el resultado de una causa única, sino el resultado de la acumulación de factores en el tiempo. Desde este punto de vista, el análisis de riesgo incluye tres etapas fundamentales (Figura 4.5):

- Definición de procesos generadores de riesgo
- Identificación de elementos potencialmente afectados
- Evaluación de las consecuencias.

El primer aspecto tiene que ver con la identificación y evaluación de todos aquellos procesos de origen tecnológico que eventualmente puedan ocasionar pérdidas a la infraestructura o la vida de los habitantes. Los procesos considerados en este estudio son explosiones, derrames, fugas e incendios. Posteriormente, con base en un modelo de ocurrencia del proceso generador de riesgo y de su mecanismo de propagación se identifican los elementos afectados. Es importante destacar que los elementos afectados están directamente relacionados con la “magnitud” del accidente. Las consecuencias se obtienen del efecto combinado de la extensión de la afectación y del valor de las pérdidas. Esta interpretación del problema permite realizar una evaluación de riesgo consistente y consecuente de todas las etapas del proceso desde su ocurrencia hasta las consecuencias.

Figura 4.5 Proceso para la evaluación del riesgo



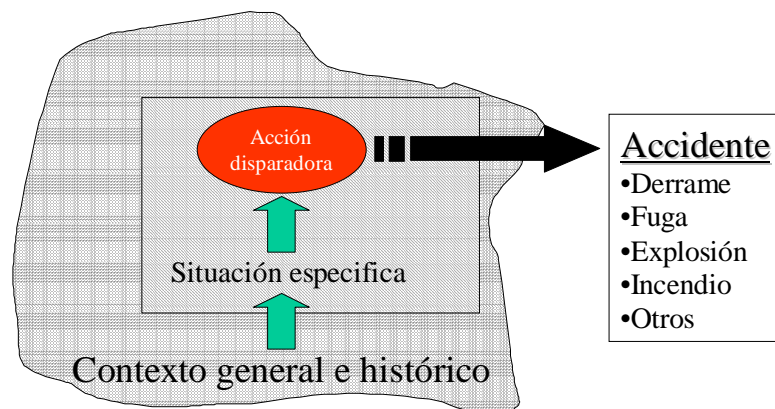
Es importante resaltar la naturaleza cíclica del modelo que se ajusta a la propuesta de Turner (1998) sobre el proceso de incubación de los accidentes e implica que la existencia del riesgo es inevitable. Por lo tanto, el sistema se encuentra permanentemente en un determinado nivel de riesgo. A continuación se describe la metodología utilizada para la modelación de cada uno de estas tres etapas.

4.3.4 Mecanismo de ocurrencia del accidente

En la sección 4.4 se presenta una descripción detallada de los procesos generadores de riesgo. Se describe en detalle la potencialidad de incendio, derrame, fuga y explosión. El modelo que describe el proceso de ocurrencia de un accidente se presenta esquemáticamente en la Figura 4.6 y define lo que hasta el momento se ha descrito como proceso generador de riesgo. El modelo presentado en la Figura 4.6 es un modelo *causa-efecto* en el cual se destacan las siguientes etapas:

- 1) Contexto general e histórico
- 2) Situación específica
- 3) Acción disparadora (“trigger”).

Figura 4.6 Proceso generador de riesgo (i.e. ocurrencia de un accidente)



El contexto general e histórico se refiere al ambiente alrededor de la situación que eventualmente puede conducir al accidente. Corresponde a las causas básicas en el modelo del ILCI o a las *causas raíz* en el modelo de *presión y liberación*. Un caso concreto es la definición e implementación de las medidas de seguridad industrial. La situación específica se refiere a la existencia de un ambiente propicio para la ocurrencia del accidente en un punto específico de la industria. Por ejemplo, las deficiencias en el mantenimiento de un equipo, o la inapropiada disposición y almacenamiento de sustancias peligrosas. La acción disparadora es la acción última antes de la ocurrencia del accidente, por ejemplo la inapropiada operación de un equipo. Anteriormente se presentó una descripción de los principales procesos industriales internos, sin embargo, su modelación específica está fuera del alcance de este estudio.

4.3.5 Modelación de la ocurrencia y la afectación del fenómeno

4.3.5.1 Aspectos generales

Con base en los criterios presentados en la sección 4.3.3 se evalúa el potencial de ocurrencia de un proceso generador de riesgo. El modelo propuesto no considera la probabilidad de ocurrencia del accidente dado que no existe información suficiente para este tipo de estudio. El modelo se concentra en una revisión exhaustiva de todos los posibles escenarios de accidente que se pudieran presentar.

La información sobre la potencialidad de ocurrencia de un accidente en una unidad básica de análisis y sus consecuencias, se manejó mediante el análisis de los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de material
- Mecanismo de ocurrencia del accidente
- Severidad del evento generador de riesgo

La disponibilidad de material se refiere a la disponibilidad de sustancias indispensables para la ocurrencia de un evento generador de riesgo. Esto incluye la consideración de aspectos tales como tipo, volumen y ubicación del material dentro de la unidad de estudio.

El mecanismo de ocurrencia tiene que ver con los procesos físicos o químicos necesarios para que se presente el evento generador de riesgo (derrame, explosión). Por ejemplo, condiciones físico-químicas y niveles de seguridad industrial utilizados por las industrias que los manejan

dentro de la unidad de análisis. Especialmente incluye todos los aspectos relacionados con el manejo y disposición de sustancias peligrosas.

La severidad del evento generador de riesgo se mide en términos de la extensión y la “intensidad” de la afectación sobre la infraestructura y la población. La severidad se define cualitativamente (ej.: “alto”, “moderado”) en cada unidad de la zona de estudio. En la sección 4.5 se presentan los modelos y criterios utilizados para medir la extensión y la caracterización de los rangos que definen intensidad.

La disposición de material químico en cada industria que puede generar cada uno de los fenómenos considerados (ej.: fuga, explosión) se definió con base en el estudio de ACOTOFA sobre riesgos químicos para Santa Fe de Bogotá.

4.3.5.2 Modelo de ocurrencia

Tres aspectos se destacan en la modelación de la ocurrencia del proceso generador de riesgo. La primera tiene que ver con la ubicación del material, la segunda con la determinación del material disponible para cada tipo de evento y la tercera con la modelación de los procesos de ocurrencia.

En referencia a la primera situación, el estudio considera todo el material ubicado en el centro de referencia geográfico de cada industria. El modelo supone que la densidad de viviendas esta distribuida uniformemente en cada unidad. Finalmente, la incertidumbre del modelo asociada a la descripción del proceso de ocurrencia del fenómeno está descrita en la sección 4.4 y tiene que ver con las suposiciones utilizadas en el modelo matemático utilizado para el cálculo de la severidad del evento.

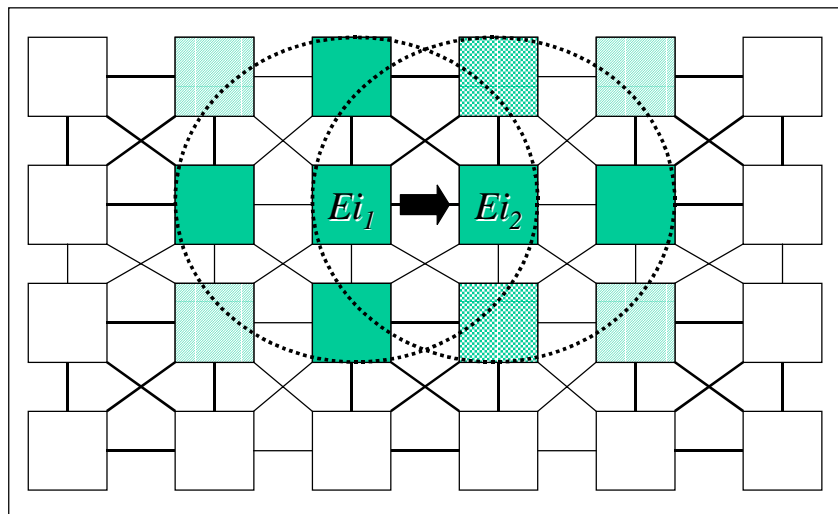
4.3.5.3 Extensión del daño

La extensión de la afectación de cada uno de estos fenómenos se evaluó con base en un modelo simplificado de ocurrencia y propagación que se explica en detalle en el la sección 4.4. La “intensidad” de cada fenómeno se clasificó en tres categorías: “Alta”, “Media” y “Baja”. Para el caso de incendios, explosiones y fugas, se supuso que la afectación se presenta en forma radial. Para el caso de los derrames la afectación depende de las características geométricas y físicas del sistema de alcantarillado y aguas lluvias y del tipo de sustancia considerada.

4.3.5.4 Ocurrencia de eventos en cadena

La posibilidad de que se registren eventos en cadena es un factor muy importante dentro del modelo. La ocurrencia de eventos en cadena puede incluir eventos del mismo tipo (explosión-explosión) o eventos diferentes (incendio-explosión-derrame). Estas situaciones se analizaron inicialmente en cada unidad individualmente. Solo se considera más de una unidad en aquellas situaciones en las que la afectación involucra a una unidad vecina ([Figura 4.7](#)).

Figura 4.7 Posibilidad de ocurrencia de eventos en cadena



La modelación del efecto combinado de diferentes fenómenos se basó en la matriz de dependencia, la cual se define como la posibilidad de que un evento generador de riesgo pueda ocasionar otro (Derrame – Explosión). Estas probabilidades condicionales se evaluaron en términos cualitativos (alto, moderado y bajo). Por ejemplo, si el evento inicial es un derrame, existe una posibilidad moderada de que se presente un incendio y una probabilidad *baja* de que se presente una explosión, o una fuga. La evaluación de los criterios de dependencia entre la ocurrencia de eventos se basa en criterios fundamentales de lógica difusa. Esto quiere decir que no existe una separación clara y definida entre los conceptos lingüísticos utilizados

4.3.6 Modelación de las consecuencias

4.3.6.1 Extensión de la zona de afectación

La estimación de las consecuencias depende de los resultados del modelo utilizado para definir la zona que puede verse potencialmente afectada por la ocurrencia del evento. La afectación se mide en términos de distancia física e intensidad.

La definición de tres intensidades de afectación determina diferentes posibilidades de pérdidas. Las pérdidas se evaluaron en términos económicos y sociales. Sin embargo, las dos situaciones se trataron de manera diferente. Las pérdidas económicas se evaluaron directamente con base en varios estudios realizados por la Universidad de los Andes sobre el valor de la propiedad y los bienes por estrato en Santa Fe de Bogotá. Las pérdidas causadas sobre la población se estimaron con base en la densidad poblacional de cada unidad.

4.3.6.2 Evaluación de las pérdidas

La evaluación de los elementos potencialmente afectados se concentrará en tres aspectos fundamentales:

- Infraestructura física y daños materiales sobre viviendas
- Consecuencias sociales (personas afectadas)

El daño sobre la infraestructura se refiere a la estimación de los costos de reparación de las edificaciones (uso residencial) afectadas y del inmobiliario urbano. Esta evaluación se realizará en términos relativos tomando como referencia el valor de construir la edificación nuevamente *Repair Cost Ratio* (RCR) (ATC-13). Las consecuencias sociales se evaluarán con base en información de eventos pasados en Colombia y en el mundo.

4.3.7 Evaluación general del riesgo

4.3.7.1 Eventos generadores de riesgo

Es muy importante destacar que para los cuatro eventos considerados incendio, fuga, derrame y explosiones el evento dominante que afecta la infraestructura física es el incendio. A este resultado se llegó después de un análisis cuidadoso de cada fenómeno en forma individual y de estudiar los efectos en cadena. Este aspecto es importante porque permite obtener un mapa final de consecuencias en función de la afectación por incendio. En otras palabras, el criterio de evaluación es consistente y le da mucha solidez a los resultados.

4.3.7.2 Evaluación del riesgo

El riesgo se definió como el efecto combinado de la probabilidad de ocurrencia de una falla y sus consecuencias en un contexto determinado. La evaluación del riesgo se realizó bajo tres criterios: pérdidas económicas, área potencialmente afectada y consecuencias sobre la población.

El cálculo de las pérdidas se realizó con base en los estimativos de los costos de las vivienda por unidad. Se supuso que dentro de la zona afectada por el incendio las pérdidas correspondían al 100% del valor de la vivienda. El cálculo del número de viviendas se realizó proporcionalmente a la densidad por unidad. Aunque este valor no es exacto, si representa cualitativamente y en términos relativos el costo de los enceres y de la infraestructura de la unidad. El modelo pretende estimar el riesgo relativo y no obtener valores reales de pérdidas.

Adicionalmente a la evaluación del riesgo con base en pérdidas económicas, se realizó un mapa de riesgos en términos de población afectada. Este mapa se elaboró teniendo en cuenta las necesidades de la DPAE para tomar decisiones en planes de emergencia y contingencia. Este mapa no considera el valor de las pérdidas sino la población potencialmente afectada por cada uno de los fenómenos principales considerados.

4.3.7.3 Determinación del riesgo relativo

El riesgo se obtiene en términos de la afectación relativa de cada unidad de análisis comparada con las otras unidades de la localidad. Esto quiere decir que los valores de pérdidas calculados son relativos, pero son consistentes y comparables con cualquier otro valor calculado en la localidad. Las pérdidas de la unidad para cada fenómeno considerado (fuga, incendio, derrame y explosión) dependen de su posibilidad de ocurrencia y se calculan de la siguiente forma:

$$P_{ij} = \left[\sum_{k=1}^3 \left(\frac{1}{k} \right) p_k \right]_{j,i=1,2,3,4} \quad (4.2)$$

Donde P_{ij} son las pérdidas de la unidad j bajo la ocurrencia del fenómeno i (ej.: Incendio); y k ($k = 1,2,3$) representa la potencialidad de ocurrencia del fenómeno. Entonces, $k=1$ significa potencialidad alta y $k = 2$ y $k = 3$ significa potencialidad de ocurrencia media y baja

respectivamente. p_k son las pérdidas que se presentan para la potencialidad k del fenómeno. Por lo tanto, $(1/k)$ es una medida de la probabilidad de que se presente el fenómeno. En resumen, P_{ij} representa el valor esperado de las pérdidas en la unidad. Las pérdidas relativas P_R para cada unidad se calculan de la siguiente forma:

$$P_{Rj} = \frac{P_{ij}}{\text{Max}(p_{ij})} \quad (4.3)$$

$ij=1,2,\dots,m$

Las pérdidas relativas están definidas en un rango entre 0 y 1, en donde 1 corresponde a las máximas pérdidas esperadas. La asignación de riesgo se hace para cada una de las unidades de análisis con base en la ecuación 4.3.

4.3.7.4 Caracterización del riesgo

El riesgo está definido con base en el valor esperado de las pérdidas relativas de cada unidad. Diferentes autores sugieren que la distribución del riesgo no es una función lineal, por lo tanto, se utilizó la clasificación mostrada en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Clasificación del riesgo con base en las pérdidas relativas de cada unidad.

Riesgo relativo	P_{Ri}
<i>Alto</i>	0.50 – 1.00
<i>Moderado</i>	0.30 – 0.50
<i>Bajo</i>	0.00 – 0.30

Los resultados obtenidos con este análisis se muestran en los Mapas 9 a 16.

4.4 Evaluación de procesos generadores de riesgo

4.4.1 Aspectos generales

En esta sección se presentan los conceptos básicos para modelar cada uno de los cuatro principales procesos generadores de riesgo: incendios, explosiones, fugas y derrames.

4.4.2 Incendios

Los incendios han demostrado ser los principales factores generadores de riesgo tecnológico en la industria (Stewart y Melchers, 1999, Groenweng, 1992). La modelación del fenómeno de ocurrencia y de propagación ha demostrado ser muy complejo por el número y la diversidad de variables que involucra. El fenómeno del incendio se puede describir como una reacción físico-química en donde un combustible y un oxidante interactúan en un proceso de combustión presentándose la formación de llamas. Los incendios se diferencian de las explosiones en que surgen en casos donde el combustible y el oxidante no están previamente mezclados. En consecuencia, la velocidad de combustión está limitada por el aporte de combustible y oxidante (aire) y no por las características de la reacción química.

4.4.2.1 Proceso de combustión

El fuego es ante todo un proceso de combustión. La combustión es una reacción exotérmica auto-alimentada que abarca un combustible en fase condensada o gaseosa. La existencia de una reacción exotérmica implica que el calor es uno de sus productos. Una reacción de

oxidación exige la presencia de un material combustible y de un agente oxidante. Una sustancia combustible es aquella que no ha alcanzado su máximo estado de oxidación. Se puede afirmar que, en general, un material con un alto contenido de carbono e hidrógeno tiene una alta probabilidad de ser oxidado. Por ejemplo, la mayoría de los combustibles orgánicos sólidos y los líquidos y gases inflamables contienen porcentajes importantes de carbono e hidrógeno.

Por otra parte, el oxígeno del aire es el material oxidante más frecuente. Existen otros materiales que pueden convertirse en oxidantes por su capacidad de liberar oxígeno fácilmente como el nitrato sódico [NaNO₃] y el clorato de potasio [KClO₃]. Adicionalmente, algunos materiales combustibles contienen oxígeno combinado en sus moléculas de tal forma que pueden mantener una combustión parcial sin aportación externa de oxígeno.

4.4.2.2 Proceso de ignición

La ignición es el fenómeno que inicia la combustión. La ignición puede ser *provocada* cuando se introduce un agente externo (chispa, llama o brasa incandescente) que inicia la combustión; de lo contrario, es un proceso *auto-combustión*.

Se denomina temperatura de ignición a la temperatura mínima que necesita alcanzar una sustancia para inflamarse. Para que la reacción química se presente generando calor, las moléculas del combustible y el oxígeno deben llevarse a un cierto nivel de actividad. Esta situación se puede alcanzar mediante un agente externo directo (ej.: llama, chispa) o elevando la temperatura general del entorno. Las estadísticas sobre las causas de los incendios, como resultado de la acción de agentes externos, se presenta en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Reporte estadístico de las principales causas de incendio

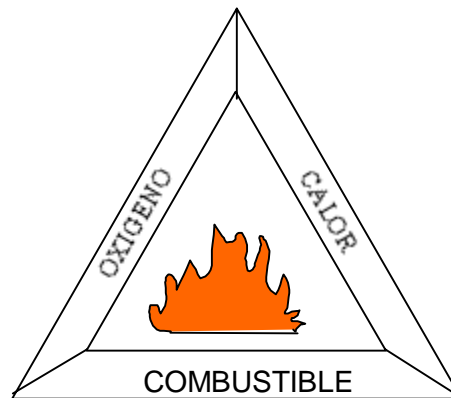
Causa	%
Eléctricas	22
Fricción	15
Materias extrañas	14
Llamas abiertas	9
Cigarrillos y fósforos	8
Ignición espontánea	8
Superficies calientes	8
Chispas de combustión	8
Electricidad estática	8

Fuente: Manejo Seguro de Hidrocarburos. Raul Trujillo, 1991.

En la Tabla 4.5 se puede observar que las causas más recurrentes en los incendios son eléctricas y mecánicas (fricción). Estas dos causas están íntimamente relacionadas con los procesos industriales y es la razón por la cual estos dos aspectos tienen un papel prioritario en los manuales de seguridad industrial para la instalación, operación y mantenimiento en las partes eléctricas y mecánicas.

En resumen, para iniciar la combustión se necesita un agente oxidante, un material combustible y un foco de ignición. En la [Figura 4.8](#) se presenta una descripción general de las condiciones requeridas para la ocurrencia del fuego.

Figura 4.8 Condiciones necesarias para la ocurrencia del Fuego



La temperatura necesaria para provocar la ignición de sólidos y líquidos está condicionada por el caudal de aire que entra en la reacción, por el grado de calentamiento y por el tamaño y forma del sólido o líquido. La temperatura de ignición de las mezclas depende, entre otros, de la composición, presión ambiente, volumen de la mezcla, forma del recipiente; y de la naturaleza y energía del agente que provoca la inflamación.

4.4.2.3 Manifestación del incendio

Una de las manifestaciones del fenómeno de oxidación del combustible por el oxígeno atmosférico es la emisión de luz. La combustión en la fase condensada produce una incandescencia, mientras que la combustión en fase gaseosa produce una llama visible. En los incendios el proceso básico de la combustión en fase gaseosa tiene lugar en finas llamas laminares, denominadas "llamas difusoras", que separan las regiones ricas en vapores combustibles de las regiones ricas en material oxidante. El vapor combustible y el material oxidante avanzan por difusión hacia esas llamas laminares donde se combinan y originan productos de combustión y calor que a su vez se alejan también por difusión. Si las llamas difusoras son pequeñas, generalmente presentan un aspecto uniforme y constante, pero si se permite que aumenten, las llamas pierden estabilidad y zigzaguean en búsqueda de más combustible y oxidante. Al aumentar el fuego las llamas alcanzan características verdaderamente desordenadas, pasando a llamarse llamas de difusión turbulenta.

4.4.2.4 Proceso químico

Todas las reacciones químicas y en especial la combustión, están acompañadas, por la absorción o liberación de energía, manifestada en forma de calor. La energía interna de una sustancia depende de la temperatura, la presión y el estado. Para sistemas donde no hay cambios apreciables en la energía cinética y no se presenta un trabajo entendido de la forma termodinámica, el calor (Q) está dado por el cambio de la entalpía (H) de la sustancia.

$$Q = \Delta H \quad (4.4)$$

La entalpía es vista como una forma de energía inherente a la sustancia que depende de la temperatura y la presión; y está dada en función de la energía interna (E), la presión (P) y el volumen (V):

$$H = E + PV \quad (4.5)$$

4.4.2.5 Fuentes de energía calórica

Las formas más comunes en que se produce la energía calórica son: química, eléctrica y mecánica.

La energía calorífica química está relacionada con el calor que resulta de las reacciones de oxidación. El calor de combustión es la cantidad de calor emitido durante la oxidación completa de una sustancia y depende del tipo y número de átomos de la molécula y de la disposición su disposición interna. Los valores de poder calorífico se utilizan para calcular el calor total generado, pero no indica necesariamente el riesgo relativo del incendio; se debe considerar también la velocidad de combustión y la cantidad total de calor generado. Adicionalmente existen otras formas de generar calor como el *calentamiento espontáneo* que es el proceso de calentamiento de un material sin que para ello extraiga calor de su entorno; el *calor de descomposición* es el calentamiento producido por la descomposición de un compuesto, producto de la reacción química; y el *calor de disolución* es el calentamiento producido por la reacción química en la disolución de una sustancia en un líquido.

La energía calorífica de origen eléctrico es el resultado del gasto de energía ocasionado por la resistencia ofrecida por los materiales para el transporte de electrones. En el calentamiento por resistencia, la tasa de generación de calor es proporcional a la resistencia eléctrica y al cuadrado de la corriente. Existen otras fuentes caloríficas de origen eléctrico como el calentamiento dieléctrico, el calentamiento por inducción, el calentamiento originado por corrientes de fuga, el calentamiento debido al arco eléctrico, el calentamiento por electricidad estática y el calor generado por un rayo.

La energía calorífica de origen mecánico tiene que ver con el calor generado por fricción. Es la energía mecánica utilizada para superar la resistencia al movimiento creada por el rozamiento entre dos sólidos. En el caso de la generación de chispas, se convierte en una de las principales causas de los incendios.

4.4.2.6 Calor generado

Un elemento esencial para modelar el desarrollo y la propagación del incendio es la dinámica del calor generado en la reacción. Para que el incendio se desarrolle es necesario que la velocidad de generación de calor sea mayor a la velocidad de disipación, para que el combustible se caliente continuamente y el incendio se incremente. Este concepto es conocido como balance positivo de calor y está definido por las tres formas básicas en que se transporta el calor: conducción, convección y radiación. Por lo tanto, el calor total involucrado en la reacción esta definido por:

$$Q = Q_{cond} + Q_{conv} + Q_{rad} \quad (4.6)$$

El calor por *conducción* es aquel que se transporta a través de un área determinada por el contacto directo de dos cuerpos y través de un medio continuo. El calor de conducción es directamente proporcional a la diferencia de temperaturas entre dos puntos (la conducción de calor se da desde un punto de mayor temperatura a uno de menor) y está definido por:

$$Q_{cond} = K(T_f - T_s) \quad (4.7)$$

donde:

Q_{cond} - calor por conducción

K - constante de conductividad térmica

T_f - temperatura de la llama (K)
 T_s - temperatura de la superficie del material (K)

El calor por *convección* es el calor que se transporta a través de un área de un medio fluido (por ejemplo aire o agua) hacia una superficie con una temperatura dada. La tasa de transmisión de calor y es directamente proporcional a la diferencia de temperaturas entre la superficie y el medio. El calor por convección está dado por:

$$Q_{conv} = h(T_f - T_s) \quad (4.8)$$

donde:

Q_{conv} - calor por convección
 h - coeficiente de convección (constante)

Finalmente, el calor por radiación se transporta a través del espacio o los materiales en forma de ondas electromagnéticas, como luz, ondas de radio y rayos X. Estas ondas al chocar con un cuerpo son absorbidas, reflejadas o transmitidas. El calor transmitido por radiación es proporcional a la diferencia de la cuarta potencia de temperaturas de la superficie que emite y los alrededores.

$$Q_{conv} = \varepsilon\sigma(T_f^4 - T_s^4) \quad (4.9)$$

q - calor por radiación.
 ε - emisividad (ε) en un rango entre 0 y 1
 σ - constante de Stefan-Bolzman (σ)

4.4.2.7 Patrón de comportamiento

Una vez iniciado, el fuego continuará hasta consumir todo el combustible u oxidante existente; o hasta que la última llama se apague por enfriamiento, por disminución del número de moléculas excitadas o por otras causas.

El patrón de comportamiento de cada incendio es diferente porque depende en gran medida de las condiciones locales existentes en el momento. Sin embargo, la mayoría pasa por las tres fases ilustradas en la

Figura 4.9: crecimiento, combustión estable y decaimiento. Los fenómenos que se presentan durante el período anterior a que se inicie el fuego se denominan "Flash-over" y se encuentran ubicados en la zona llamada *reacción* en la

Figura 4.9. En esta etapa, fenómenos tales como la emisión de productos tóxicos, el humo y el aumento de la temperatura son característicos. El manejo inapropiado de la situación durante esta etapa puede acelerar la aparición del fuego o causar una explosión (ej.: efecto "back-fire"). La forma de la función que determina esta fase del proceso está dada por (Heskestad,1972):

$$Q = \alpha t^n \quad (4.10)$$

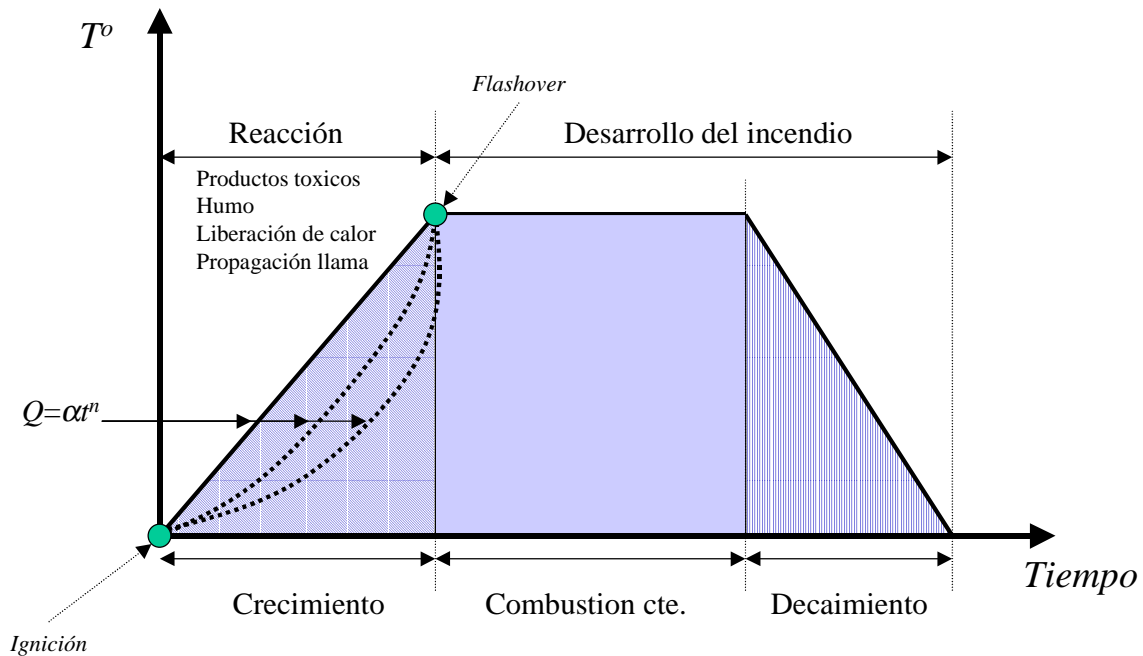
Donde

Q - Tasa de liberación de calor (KW)
 α - Coeficiente de intensidad de fuego (KW/sⁿ)
 t - Tiempo (seg)

Ensayos experimentales han demostrado que para la mayoría de incendios el valor de la constante n se puede suponer como 2. Las sustancias se pueden agrupar en cuatro categorías de acuerdo con el crecimiento de la tasa de liberación de calor en términos del factor α como:

- Slow (baja) - Involucra materiales sólidos y gruesos (ej.: Tablas de madera).
- Medium (medio) - Combustibles sólidos de baja densidad (ej.:muebles, Colchones).
- Fast (rápidos) - Materiales combustibles delgados (ej.: papel).
- Ultra-fast (Muy rápidos) - Líquidos inflamables (ej.: gasolina).

Figura 4.9 Desarrollo de las fases del fuego



Una vez se ha iniciado el fuego, el material combustible comienza a consumirse a una rata más o menos uniforme y determinada fundamentalmente por la forma del recipiente (infraestructura) y la disponibilidad de material combustible y oxidante (

Figura 4.9). Este proceso termina en una fase de *decaimiento* en la que eventualmente el incendio se extingue debido a alguna de las siguientes condiciones:

- Consumo de todo el material combustible
- La concentración del producto oxidante desciende por debajo de la necesaria para permitir la combustión
- Que haya suficiente calor eliminado o retirado del material combustible de tal forma que impide que continúe la pirolisis del combustible
- La utilización de productos químicos inhiben las llamas o reducen su temperatura hasta un valor suficiente para impedir reacciones posteriores.

La función que determina la curva de decaimiento (

Figura 4.9) se puede suponer como el inverso de la curva de crecimiento:

$$Q = 1/(\alpha t^n) \quad (4.11)$$

Esto significa que los combustibles con crecimiento rápido decaen rápido y los que tienen crecimiento lento lo hacen de la misma forma. Se ha observado experimentalmente que el proceso de decrecimiento se inicia, aproximadamente, cuando se ha consumido alrededor del 80% del combustible original. Es claro que en el proceso descrito en este numeral no se ha considerado la intervención humana en la detención del incendio.

4.4.2.8 Clasificación de incendios

Dada la naturaleza del proceso de combustión existen diferentes clases de fuegos, diferenciados por el tipo de combustible y el origen (fuente de energía calorífica). Los incendios se agrupan principalmente en tres categorías: "A", "B" Y "C".

Los incendios tipo "A" corresponden a materiales sólidos combustibles como madera y papel. En este tipo de eventos el desarrollo del fuego involucra primero un incremento de la temperatura que conduce a una pérdida de humedad del material; posteriormente genera la formación de gases inflamables; y finalmente conduce a la combustión de estos gases. Una vez iniciada, la combustión de los gases se genera el calor para que las demás etapas puedan proseguir, lo cual permite el mantenimiento y la propagación del fuego. Por eso mismo, la extinción de este tipo de fuegos se basa sobre todo en el enfriamiento del combustible, siendo el agua el medio más utilizado.

Dentro de la categoría "B", los incendios tipo "B2" se presentan en materiales líquidos como gasolina, thinner, acetona y gas butano. Las reacciones de combustión de líquidos en general y de los hidrocarburos en particular ocurren en fase gaseosa. Para que esto ocurra, el producto y el aire deben mezclarse en una proporción tal que la reacción sea posible, lo cual divide a los líquidos en inflamables (forman mezcla inflamable a temperatura ambiente) y en combustibles (requieren calentamiento previo para formar mezcla inflamable). Los medios de extinción de este tipo de fuegos se basan en la sofocación (uso de espuma o anhídrido carbónico) o en la inhibición de la reacción en cadena, por ejemplo, utilizando polvo químico o halones, en los cuales se utiliza el agua en forma de niebla para enfriar recipientes expuestos).

En los incendios tipo "B3" el combustible se encuentra en fase gaseosa, lo que implica que a temperatura ambiente ya hay formación de mezcla inflamable. Además, los gases se expanden al mezclarse con el aire, por lo que se pueden generar nubes inflamables capaces de desarrollarse en forma explosiva, tanto en ambientes cerrados como libres. Por estas razones, los fuegos producidos por combustibles gaseosos se combaten por medio del corte del flujo del gas, lo cual genera una extinción del gas o usando polvo químico, anhídrido carbónico o niebla de agua. Si éstos métodos no son posibles se presenta la generación y posterior inflamación explosiva de una nube gaseosa lo cual produce mayores daños.

Los incendios tipo "C" afectan equipos eléctricos energizados como motores, y transformadores. La naturaleza de estos incendios y la dificultad en su manejo debida al contacto eléctrico que se puede presentar en las tareas de extinción, los coloca en una categoría aparte. Para su manejo no se recomiendan los extintores conductores de la electricidad tales como espuma y agua. Se exceptúan los sistemas especiales de nieblas de altísima presión que no son conductoras. Para los fuegos "C" son aptos los extintores de polvo químico, anhídrido carbónico. Una vez desenergizado el equipo puede tratarse como un fuego de tipo A.

4.4.2.9 Modelo para evaluar la severidad del incendio

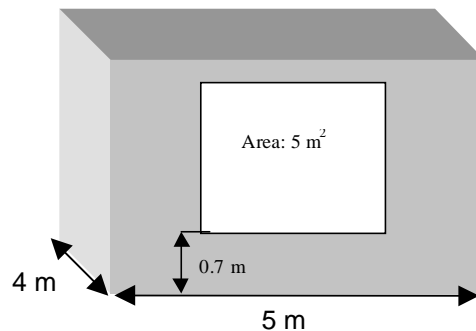
En la sección 4.3 se mencionó que la severidad de cada fenómeno se mide en términos de su intensidad y de la extensión de la afectación. La discusión presentada en las secciones anteriores muestra claramente la dificultad en la modelación del fenómeno y dado que este es

un análisis cualitativo, en esta sección se propone un modelo simplificado para evaluar la severidad del incendio.

La potencialidad de incendio de un material define la posibilidad de que se presente pero no la duración ni el mecanismo de propagación. Estos aspectos están definidos por la cantidad de material que se suministre y su distribución espacial. El material combustible que realmente aporta a la propagación del fuego no es el que lo origina sino el que se le inyecta en la medida que se propaga. Este material corresponde al proporcionado por el contenido de las edificaciones afectadas (ej.: viviendas, industrias). La cantidad de material combustible que se aporta al incendio por vivienda se estimó como 1500Kg en promedio. Este valor se obtuvo después de un análisis detallado del contenido típico por vivienda que está constituido principalmente por madera, textiles, papel y plásticos (ej: puertas, alfombras, muebles y enceres).

La propagación del incendio depende de la geometría y la disposición de viviendas. Elementos como muros y puertas actúan como barreras corta fuego que modifican su velocidad de propagación. En zonas densamente pobladas, la velocidad del incendio será mucho menor que en zonas poco pobladas. El modelo propuesto para la zona afectada está elaborado a partir de un modelo de incendios en recintos cerrados¹¹. Por lo tanto, se supuso que cada vivienda está compuesta por cuartos típicos con las dimensiones mostradas en la Figura 4.10.

Figura 4.10 Geometría típica de un cuarto de habitación



El modelo considera que para un recinto con una ventana de ventilación como se muestra en la Figura 4.10, la velocidad de propagación está dada por la ecuación 4.12 (NFPA).

$$\dot{m} = \frac{1}{r} \times 0.5 \times A_v \times \sqrt{h_v} \quad (4.12)$$

en donde:

- m : velocidad de pérdida de masa estequiométrica (Kg/seg)
- r : relación masa aire / combustible
- A_v: superficie de la abertura de ventilación (m²)
- h_v: altura de la abertura de ventilación (m)

Los parámetros involucrados en la ecuación han sido escogidos de acuerdo a las condiciones del problema y sus valores se presentan en la Tabla 4.6.

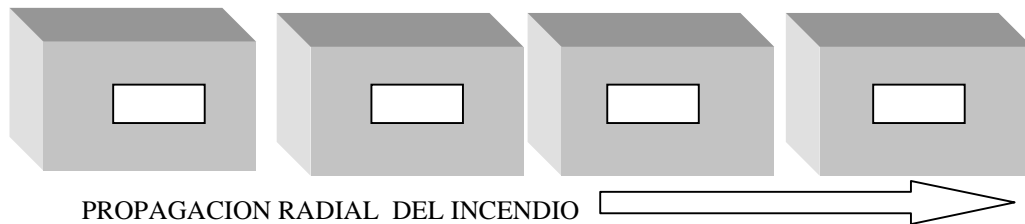
Tabla 4.6 Valores empleados en el modelo

¹¹ Budnick E., Evans D. Cálculos manuales para incendios en recintos cerrados. Manual de Protección contra incendios de las NFPA.

Area recinto (m²)	20
Area Ventilación (m²)	5
Altura Ventilación (m)	0.7
r (adimensional)	1

Para el modelo hay que considerar que una vez se inicia el incendio, los materiales al interior de cada recinto se consumen en forma sucesiva como se ve en la [Tabla 4.9](#). Se supuso que las viviendas tienen 80 m² en promedio y cuatro recintos cerrados por unidad. Por lo tanto, cada uno de ellos contribuye con aproximadamente 375 Kg de material. Dado que se supuso que este material está constituido principalmente por madera, textiles, papel y plásticos, el valor de la relación masa aire/combustible se supuso como $r=1$. Este valor corresponde al mínimo para los materiales típicos combustibles disponibles en cada vivienda (NFPA).

Figura 4.11 Modelo de propagación del incendio



La cantidad de material en la unidad de análisis multiplicada por 1500 Kg (Material combustible) y por el número de viviendas de la unidad permite obtener el inverso de densidad de material (m²/Kg) que se quemará por unidad. La multiplicación de este valor por la velocidad de quemado de la ecuación 4.12 permite obtener una velocidad de propagación de quemado (m²/seg). El área afectada se determina en función de la velocidad de propagación y el tiempo de respuesta (control de incendio, sección 4.4.2.10). El área afectada se calcula utilizando la ecuación 4.13.

$$Area = m \times Densidad^{-1} \times t \quad (4.13)$$

Donde t = tiempo y m es la relación de pérdida de masa estequiométrica. Este modelo considera una velocidad de propagación específica para cada unidad de cálculo. Para dos incendios en una misma unidad, la velocidad de propagación es la misma, ya que el modelo considera que la propagación de un incendio está influenciada directamente por la densidad de viviendas de la unidad de análisis. El modelo sugiere que en zonas densamente pobladas la velocidad de propagación es mucho más lenta que en zonas poco pobladas. En la [Figura 4.12](#) se resumen los pasos necesarios para el cálculo del radio de afectación y la población afectada por un evento de incendio. Los resultados del modelo mostraron ser muy consistentes como se puede apreciar en los Mapas 3 y 4.

La posibilidad de ocurrencia del incendio viene dada por la peligrosidad de las sustancias contenidas en las industrias del sector, para ello se han clasificado las sustancias inflamables en tres grupos como se muestra en la [Tabla 4.7](#). Cada grupo contendrá las sustancias con similar peligrosidad, y esta peligrosidad tendrá en cuenta la cantidad de la sustancia y sus características fisicoquímicas.

Figura 4.12: Algoritmo para el cálculo de la afectación por incendio

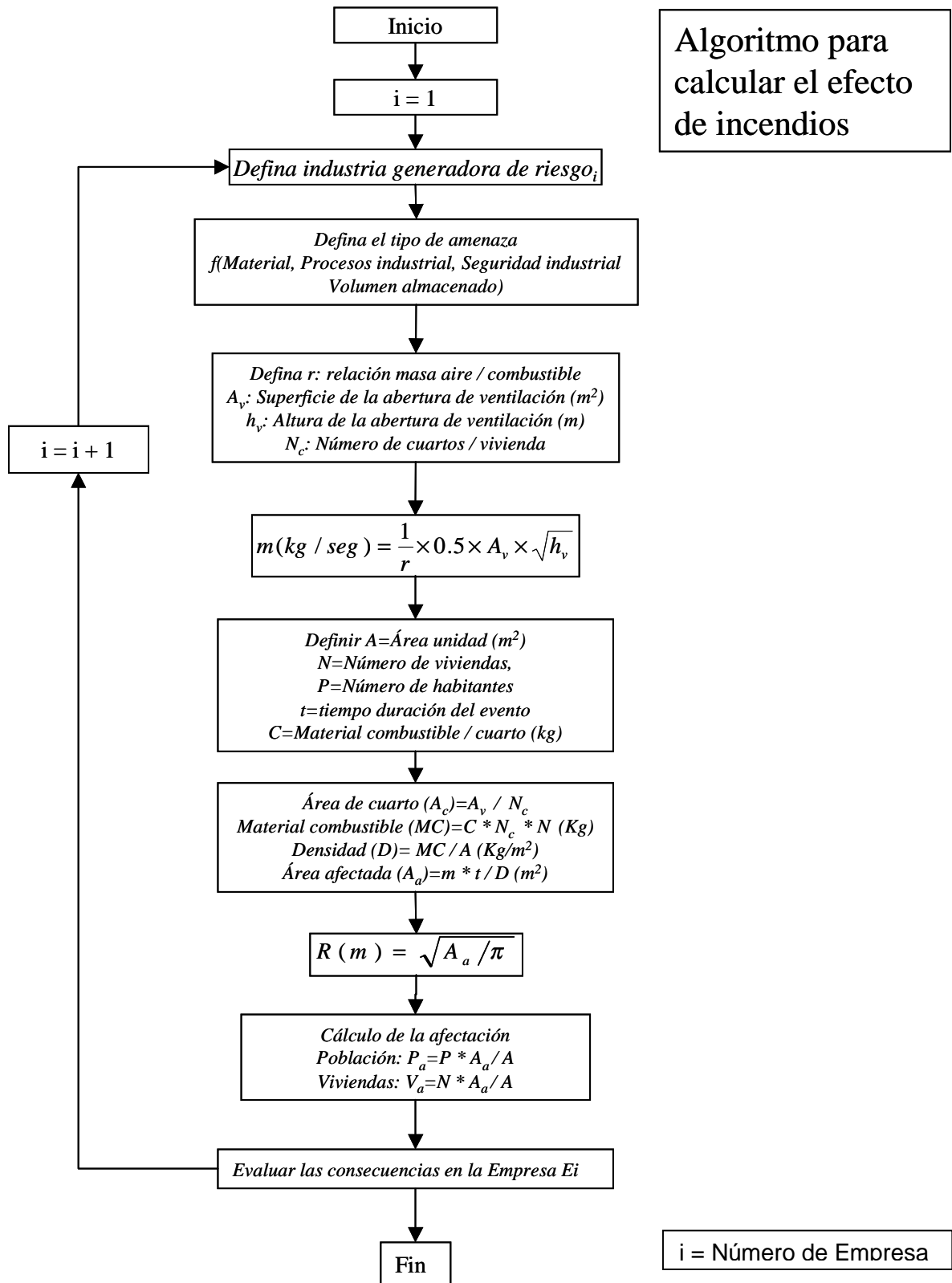
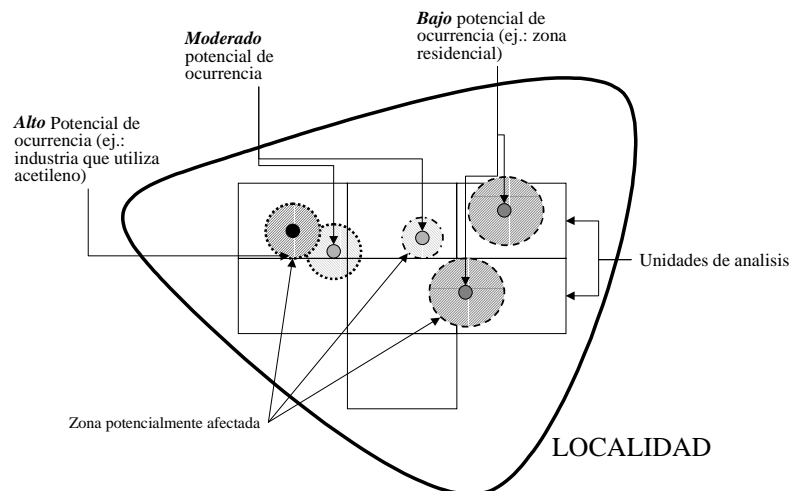


Tabla 4.7 Clasificación de sustancias peligrosas por inflamabilidad

Cod. Com	Sustancia	Factor de inflamabilidad	
	Madera	4	BAJO
	Textiles	6	
	Plastico	6	
249	Kerosene	18	MEDIO
244	Alcohol Isopropilico	20	
90	Bencina	30	
168	Crudo de Castilla	30	
16	Aceites	32	
332	Pegante	35	
217	Gas Natural	50	ALTO
356	Pinturas	50	
468	Thinner	50	
184	Disolventes	50	
218	Gas Propano	50	
66	Alcohol Etilico	50	
56	ACPM	50	
203	Eter	50	
26	Acetato de Etilo	50	
219	Gasolina	50	
487	Varsol	50	

Un esquema general de los resultados de la aplicación del modelo se presentan en la Figura 4.13.

Figura 4.13 Descripción de los resultados del modelo de afectación por incendio



4.4.2.10 Evaluación cualitativa del riesgo

El material combustible utilizado por la empresa no participa activamente en la determinación de la zona afectada, sino en la definición de la potencialidad de incendio. Todas las sustancias se clasificaron con respecto a su inflamabilidad utilizando como criterio el *punto flash* (temperatura mínima requerida para que se inicie el incendio). Esto permitió definir tres rangos calificados en forma cualitativa (Tabla 4.8).

Tabla 4.8 Caracterización de la potencialidad de incendio

Clasificación	Potencialidad de incendio	Punto de Flash (°C)	Material típico
Grupo 1	<i>Alto</i>	< 50	Gasolina, ACPM, Alcoholes, Thinner
Grupo 2	<i>Medio</i>	50 – 100	Aceites Combustibles, Crudo de Castilla
Grupo 3	<i>Bajo</i>	> 100	Madera

El modelo para la evaluación de incendios permite estimar la zona potencialmente afectada como resultado de una conflagración para diferentes tiempos de respuesta. Los informes suministrados por el cuerpo de bomberos de la localidad establecen que su capacidad de respuesta más eficiente está entre 5 y 10 minutos. Sin embargo, el aspecto más importante para el estudio es estimar el tiempo total en el cual se controla el incendio. Por lo tanto se realizó el siguiente análisis de tiempos:

Actividad	Tiempo (min.)
Identificación del incendio	2 - 10
Intento de control interno (Interno en la industria)	2 - 10
Llamada para asistencia al cuerpo de bomberos	
Tiempo para llegar al sitio del incidente	5 - 10
Tiempo para tomar control de la situación	6 - 10
Tiempo total	15-40

Como resultado de este análisis se decidió tomar como tiempo crítico 25 minutos desde el inicio de la conflagración hasta el momento en que el incendio es controlado completamente por los bomberos. Este es un tiempo promedio entre el mínimo y el máximo esperado con base en la información de bomberos y en el análisis de algunos eventos pasados. El modelo supone que una vez controlado, el incendio no continúa expandiéndose. El tiempo que toma el incendio en extinguirse completamente puede ser muy superior a los 40 minutos, pero su radio de afectación no aumenta.

La zona afectada por el incendio depende fundamentalmente de la forma en que se propague y del material que esté disponible como combustible. Se supuso que la propagación del incendio ocurre en forma radial a partir del punto en donde se genera (industria). Esta suposición es conservadora ya que incluye la incertidumbre sobre factores como la direccionalidad del viento y la distribución de las barreras físicas como calles o densidad de viviendas.

4.4.3 Explosiones

4.4.3.1 Aspectos generales

Una explosión corresponde al cambio súbito de energía que, de una característica química potencial en el explosivo no alterado, pasa a un gas a elevada temperatura en fracciones de segundo. Por ello, si el cambio no es súbito, aunque el intercambio de energía sigue en el

mismo contexto, desde química a calórica, el cambio de escala en el proceso conduce a la noción de incendio en lugar de explosión.

En el caso de una explosión el intercambio de energía conduce a un fenómeno en el cual se combinan los siguientes efectos: (1) Incremento de la temperatura local porque el proceso de reacción química que permite convertir la masa sólida en gas se desarrolla con una elevada disipación de calor; (2) Incremento brusco de la presión atmosférica local por la aparición de un frente de onda; y (3) Desplazamiento de una masa de aire que produce un incremento de la presión atmosférica local sobre las superficies expuestas.

En las inmediaciones de la explosión dominan los dos primeros y, a partir de una cierta distancia, puede ganar importancia relativa el tercer efecto, al perder importancia los dos primeros. A priori, no resulta posible decir cual domina entre los dos primeros efectos en la cercanía de la explosión. El primer efecto puede literalmente calcinar los objetos cercanos. El segundo efecto produce consecuencias similares a las de un martillazo sobre una construcción, una persona o un producto cualquiera. El tercer efecto corresponde a la ocurrencia de un huracán local de corta duración.

La dinámica de los fluidos indica que los efectos de una explosión no tienen características oscilatorias. En el contexto local producen efectos de corta duración, pero extraordinariamente destructivos si la distancia entre el punto de observación y la explosión es corta y si la cantidad de explosivo es importante. La masa y calidad del explosivo conforman la energía que se puede liberar y, en consecuencia, la violencia de la explosión y la extensión de sus posibles daños.

En el caso de una reacción lenta, los fenómenos correspondientes a los efectos martillo local y huracán local, son despreciables al compararlos con el incremento de la temperatura local. El desarrollo del incendio concentra su peligrosidad en su propagación a las construcciones o a otros productos almacenados naturalmente.

La temperatura local depende del producto que ha entrado en combustión y el calor absorbido por un objeto depende de la temperatura a la cual está expuesto y de la duración de la exposición. Esta situación genera necesidades conocidas por los bomberos, que antes de intentar apagar un incendio deben tener una idea tan clara como sea posible sobre que materiales han entrado en combustión.

Durante un incendio prolongado, las construcciones mismas pueden alcanzar elevadas temperaturas y en circunstancias especiales, por ejemplo incendio del Edificio de Avianca en la carrera 7ª con calle 16 de Bogotá, en el año 1974, la estructura de concreto reforzado puede resultar con daños graves. Las construcciones con estructura de acero no protegida contra la acción del fuego prolongado sufren las consecuencias rápidamente. Es así como las bodegas se convierten en construcciones de alta vulnerabilidad porque las cerchas que conforman su cubierta pueden verse sometidas a elevadas temperaturas, con pérdida de su resistencia. Si la exposición al fuego es suficiente, el colapso es irremediable.

En una zona con construcciones industriales, usualmente conformadas por columnas sobre las cuales reposan cubiertas metálicas soportadas por cerchas de grandes luces, los daños producidos tanto por explosiones como por incendios pueden resultar muy elevados ante cualquiera de los tres efectos que se han mencionado al ocurrir un cambio de energía química a la térmica. De ocurrir un incendio, el daño es progresivo. De no controlarse rápidamente sus efectos pueden extenderse y ser devastadores. En estas circunstancias la ventaja es que hay forma de planificar una defensa contra el fuego dado que se propaga poco a poco.

De ocurrir una explosión, el daño es inmediato y los efectos secundarios se derivan del derrumbe de construcciones que caen sobre productos que pueden resultar dañados, o peor aún, que pueden ser combustibles. Entonces, como consecuencia de la explosión pueden ocurrir incendios porque se producen corto circuitos que generan chispas que pueden incendiar gases o líquidos, e inclusive sólidos depositados en las construcciones afectadas. A continuación se hacen algunas estimaciones sobre las características de una explosión y sus consecuencias.

4.4.3.2 Características de las explosiones

Se ha anotado que una explosión es la consecuencia de la transformación en fracciones de segundo de un elemento combustible, usualmente sólido, a gas. Antes de ocurrir la explosión, se supone que el medio (aire) tiene una temperatura T_1 y una presión p_1 . Es lo que se denomina condición no perturbada. Desde luego, T_1 y p_1 son propiedades ambientales locales normales.

Como consecuencia del proceso se generan tres componentes de riesgo, correspondientes a la alta temperatura local, la alta presión local y la capacidad de daño producida por la masa de aire expandido que se desplaza radialmente desde el punto de la explosión. Lo anterior significa que la perturbación se propaga por la atmósfera desde el punto de la explosión, alterando las condiciones ambientales normales de cada punto del espacio hasta donde llega.

La perturbación puede imaginarse similar a una burbuja que se expande a gran velocidad. Dentro de la burbuja las condiciones son perturbadas, fuera son las normales. A continuación se hace una descripción cualitativa breve del tema, bajo el supuesto de que ocurre la explosión de una masa cualquiera de un material como dinamita.

4.4.3.3 Descripción del fenómeno

Los materiales explosivos tienen una violencia intrínseca de explosión que los caracteriza. Ante masas iguales, tanto más violenta la explosión cuanto mayor es la velocidad de combustión del material explosivo. Hay dinamitas de alto poder en las cuales la velocidad de combustión puede ser superior a 7.000 m/s, mientras que otras la tienen menor. Así mismo, otros materiales explosivos tendrán su propia velocidad de combustión, la mayoría de las veces menor que aquella de la dinamita. Otros materiales producen explosiones menos violentas que las de la dinamita o materiales similares. Entonces, bajo el supuesto que se dan las condiciones de oxigenación necesarias, hay dos variables intrínsecas de gran importancia: el tipo de explosivo y su masa.

Durante el proceso de combustión de la masa del explosivo, se genera una elevada presión del gas resultante el cual se expande en dirección radial si está al aire libre o en una dirección semi esférica si está colocado sobre una superficie poco deformable. La elevación de la presión, que de la normal no perturbada p_1 pasa al estado perturbado p_2 , lleva consigo un incremento notable de la temperatura que de la normal no perturbada T_1 pasa a la perturbada T_2 . Se genera de esta manera un frente de onda que se expande desde la explosión con una velocidad radial U .

4.4.3.4 La perturbación a cierta distancia de la explosión

Un instrumento apropiado localizado a una cierta distancia de la explosión registrará un incremento notable de la presión y la temperatura al paso del frente de onda. El cambio desde las condiciones locales no perturbadas, a las nuevas condiciones si perturbadas, dura poco y solamente ocurre una vez. El frente de onda se aleja y su efecto no se repite. No es oscilatorio. Dependiendo de la energía en juego, p_2 puede llegar a muchos megapascuales (MP) y T_2 puede ser de miles de grados centígrados. Esta combinación puede tener una extraordinaria

capacidad de daño, la cual ha sido observada en actos terroristas, en explosiones accidentales, explosiones nucleares o impacto de asteroides contra la Tierra.

Entre el punto de la explosión y el frente onda ocurren fenómenos termodinámicos complejos que incluyen acciones de orden molecular, los cuales son tratados en textos especializados (Bond et al., 1965; Cambel et. Al., 1958). Sin embargo, de manera simplificada se puede mencionar que las moléculas de gas que salen al inicio de la combustión se desplazan con una elevada velocidad, la cual va disminuyendo en la medida en que la distancia recorrida por tales moléculas se incrementa (hay enfriamiento al alejarse de la explosión). Pero el proceso de expulsión molecular sigue su curso y las nuevas moléculas que se desplazan, comienzan a encontrar una restricción al desarrollo de su velocidad normal de expulsión; se ven así obligadas a empujar hacia afuera a otras moléculas más lentas que han visto reducida su velocidad radial de expansión por las más alejadas de la zona perturbada.

Se genera así un incremento muy grande de la presión y la temperatura dentro de la zona perturbada que se propaga al medio no perturbado. El frente de la perturbación que se propaga, se denomina frente de onda en algunas publicaciones, aunque el comportamiento del medio no corresponda a un fenómeno oscilatorio como ya se ha indicado. Surge así el nombre de efecto martillo que se ha mencionado al caracterizar el incremento de la presión sobre un observador a un objeto alcanzado por el frente de onda.

Por otra parte, la elevada temperatura local produce el efecto correspondiente a una llamarada que puede calcinar objetos y personas. Sin embargo, como la velocidad de combustión es tan elevada para que la violencia del fenómeno resulte dentro del contexto que aquí interesa, la duración del fenómeno integrado (incremento de presión y temperatura) en un punto de observación es de relativamente corta duración. El observador notará cambio de la presión y la temperatura durante unos pocos segundos. Allí terminará todo para las explosiones que aquí interesan. En contextos de explosiones nucleares o impactos de asteroides hay cambios sustanciales con respecto a la explosión de cargas menores de explosivos.

Como la velocidad del sonido en un medio gaseoso depende de la presión y la temperatura, dentro del medio perturbado esta velocidad es mucho mayor que fuera de la perturbación porque su presión y temperatura son mucho más altas que las del medio no perturbado. El frente de onda se desplaza al medio no perturbado con velocidad U , supersónica, que va decreciendo rápidamente a medida que aumenta la distancia recorrida. Al paso del frente de onda con elevada presión, le sigue otra fase de succión cuya duración depende de la intensidad de la presión del frente de onda.

Al movimiento del frente de onda va asociado el de una masa de aire que se mueve con la velocidad U ya anotada (realmente U es la velocidad del frente de la perturbación; la de la masa en conjunto puede ser un poco diferente). Localmente, el movimiento de la masa de aire lo que hace es similar al efecto de un huracán cuya capacidad de daño depende de la velocidad elevada al cuadrado y de la masa del aire, que como se sabe es muy baja. Todo afectado de los factores de forma analizados por la dinámica de los fluidos.

Para el caso de la explosión de una carga de dinamita, la variación de la presión local en función del tiempo, se puede expresar aproximadamente de la siguiente manera:

$$P_s = P_{s0} [1 - (t/t_0)] e^{-(t/t_0)} \quad (4.14)$$

En la cual P_s es la presión observada mientras dura el fenómeno, a partir del tiempo t desde que se inició el incremento de la presión cuya magnitud máxima es P_0 , véase la referencia (Norris et. Al., 1959). Aunque la expresión de P_s es unidimensional, para una geometría simple,

por ejemplo de propagación esférica del frente de onda, la evaluación tridimensional resulta relativamente sencilla.

El espesor del frente de onda se mide en términos del camino medio recorrido por una molécula hasta chocar con otra, distancia que resulta de milésimos de centímetro y se puede tratar como discontinuidad matemática. Cuando la velocidad del frente es inferior a seis veces el número de Mach (Velocidad del sonido en el aire ≈ 2.000 m/s al nivel del mar) hay incremento de presión y la temperatura. Cuando $M > 6$ hay excitación de modos de vibración molecular y ionización, véase la referencia (Bond et al., 1965).

4.4.3.5 Bases para la modelación de la propagación de la perturbación

Como se ha anotado, la perturbación se inicia en el sitio de la combustión súbita del explosivo y se propaga hacia el medio ambiente, el cual antes de ser afectado, está en condiciones normales. La modelación de la propagación debe hacerse en términos de los tres fenómenos ya mencionados. Efecto de calcinación, que se propaga a distancias relativamente menores en el caso de los explosivos bajo consideración (masas relativamente menores, en el orden de equivalencias a entre decenas y unos pocos centenares de kilogramos de dinamita). Efecto martillo causado por el propio frente de onda que se propaga y efecto huracán debido al empuje de la masa de aire.

El dominio exterior, expresado con subíndices 1, tiene densidad ρ_1 , presión p_1 , temperatura T_1 y velocidad local v_1 . El dominio interior se expresa con el subíndice 2, para obtener densidad ρ_2 , presión p_2 , temperatura T_2 y velocidad local v_2 . A través del frente de onda se aplican las condiciones de conservación de masa, momento y energía con el fin de poder estimar la velocidad U del frente de onda y la presión p_2 en el dominio compresivo; véanse las referencias (Bond et al., 1965; Cambel et.al., 1965).

La conservación de la masa m , el momento y la energía que atraviesa el frente de onda desde el dominio exterior al dominio interior están definidas por la ecuaciones 4.17, 4.18 y 4.19 para cuya aplicación es necesario introducir el calor específico c_p para presión constante y c_v para temperatura constante; $\gamma = c_p/c_v$. Para el aire $\gamma = 1.4$. E es la energía en cada dominio.

$$\rho_2 v_2 = \rho_1 v_1 \quad (4.15)$$

$$p_1 + \rho_1 v_1^2 = p_2 + \rho_2 v_2^2 \quad (4.16)$$

$$E_1 + (v_1^2/2) + p_1/\rho_1 = E_2 + (v_2^2/2) + p_2/\rho_2 \quad (4.17)$$

Si se introduce la ecuación de estado de los gases, por ejemplo, Serway (1990) relaciona la energía interna dada por el producto de la presión por el volumen V , con la temperatura T del gas. Si además se aplica una constante $R = 8.3$ joules/ $^\circ\text{K}\cdot\text{mol}$; número de moles del gas dentro del volumen V , y se tienen en cuenta algunos conceptos termodinámicos, resulta posible encontrar la velocidad de propagación del sonido en un gas y la velocidad del frente de onda en término de γ .

Finalmente, la propagación de la perturbación resultará expresada en términos de la energía Y_B asociada a la explosión, la cual como se ha anotado, depende de la masa explosiva y sus características de velocidad de combustión. La energía se puede expresar en fracciones de megatones. Un megatón es equivalente a la explosión de un millón de toneladas de dinamita, y es un vocablo propuesto por actividades militares recién terminó la segunda guerra mundial. Un megatón equivale a 4.18×10^{22} Ergios.

4.4.3.6 Movimiento del frente de onda desde la explosión

La burbuja que se desplaza desde la explosión, dentro de la cual se ha definido el dominio perturbado, 2,. La perturbación va invadiendo el medio no perturbado, 1, y establece las posibilidades de daño a las cuales ya se ha hecho referencia. Sin embargo, es necesario analizar un poco las condiciones en las que se desplaza la burbuja en medio de construcciones y obstáculos como los correspondientes al interés de este estudio.

En primer lugar, en el sitio mismo de la explosión, hay un intercambio de calor denominado fenómeno de latencia, que hace que parte de la energía química almacenada en el explosivo, se invierta en el proceso mismo de convertir un sólido o un líquido a su nuevo estado gasificado. Entonces, no toda la energía disponible en el explosivo se genera en el medio perturbado dentro de la burbuja.

En segundo lugar, en un medio isotrópico y homogéneo, la burbuja debe tender de manera natural a una forma semi esférica. Sin embargo, la presencia de obstáculos tales como la superficie del terreno, los muros y objetos que encuentra a su paso durante el proceso de expansión del frente de la perturbación en una zona construida, haría que la forma se desvíe de alguna manera desconocida de aquella semi esférica. Como es imposible suponer como sería la forma porque cada caso es diferente, se supone que la geometría de propagación de la burbuja en forma de una semi esfera cuyo frente se propaga con velocidad U , es una hipótesis razonable. Para la modelación, se supone entonces una propagación semi esférica.

El volumen V del gas de la esfera con radio r , a la temperatura T_2 y la presión p_2 , cuya superficie se mueve con la velocidad U con respecto al medio exterior, está dado por:

$$V=4\pi r^3/3 \quad (4.18)$$

La energía del choque convertida en calor se disipa en términos convectivos Y_B y de radiación. Como se ha anotado, Y_B es la energía total almacenada en la masa que explota, menos la energía requerida para el fenómeno de latencia. Para simplificar las cosas, se puede suponer que Y_B corresponde a la totalidad de la energía química del explosivo. Si M_a es la masa total de aire en movimiento, $M_a=V\rho$, se puede establecer que:

$$Y_B=(M_a v^2/2)+pV/(\gamma-1) \quad (4.19)$$

Haciendo algunos reemplazos, la ecuación anterior se convierte en:

$$(Y_B/V)=(\rho_2 v^2/2)+p_2/(\gamma-1) \quad (4.20)$$

Además, se puede establecer que la presión del dominio interior p_2 se puede evaluar mediante la ecuación 4.20 mientras que la densidad en el mismo dominio está dada por la ecuación:

$$\rho_2=\rho_1[(\gamma+1)/(\gamma-1)] \quad (4.21)$$

Si en la ecuación 4.21 se introducen los reemplazos apropiados y el volumen V de la semi esfera con la cual se modela la burbuja del campo perturbado, con $\gamma=1.4$ para el aire, y se recuerda que $U=(dr/dt)$ y en general, $U=r/t$, y se define $R(t)$ como la posición del frente de onda (frente de la perturbación, es decir, superficie de la burbuja) al cabo de t segundos de la ocurrencia de la explosión, se puede llegar a la ecuación:

$$r(t)=Y_B^{(1/5)} \rho_1^{-(1/5)} t^{(2/5)} \quad (4.22)$$

Finalmente, la presión en el dominio interior en términos de Y_B queda expresada por:

$$p_2=(Y_B/V)(\gamma-1)/2 \quad (4.23)$$

Estas ecuaciones permiten evaluar la posición del frente de onda $r(t)$ al cabo de tiempos que se van incrementando, para cada cantidad de energía Y_B en joules. Se necesitan los siguientes insumos para poder establecer un procedimiento de cálculo, la densidad del aire y la cantidad de explosivo (energía). En la ecuación 4.22 se dan valores a t y se elevan a la potencia 0.2, para obtener la posición r del frente de onda. Como $U=r/t$, se conoce la velocidad de propagación del frente de perturbación y con ella se puede encontrar el efecto huracán. El efecto martillo se obtiene con la ecuación 4.23 para cada V , el cual depende de la posición del frente de perturbación, obtenido con la ecuación 4.22. El algoritmo para el cálculo de la presión generada por una explosión se presenta en la [Figura 4.14](#).

Bond et. al. (1965) aplica las ecuaciones de $r(t)$ y p_2 a una explosión nuclear con $Y_B=1$ Mton y encuentra que al cabo de 0.5 segundos de la explosión del artefacto, el frente de onda está a 1.5 km de distancia y la presión en el dominio interior p_2 es igual a 5.9×10^5 dinas/cm². En las condiciones anotadas la velocidad media del frente de onda resulta igual a 3 km/s y la presión del medio perturbado en las inmediaciones del frente de onda es aproximadamente igual a 0.6 kg/cm².

Puede observarse, entonces, que los fenómenos de perturbación generados por la superficie y el interior de la burbuja son bastante locales. Para el caso de explosiones de dinamita, a pocos centenas de metros todos los efectos han decaído de manera drástica, en especial si Y_B es una energía baja en términos relativos, por ejemplo 50 kg de dinamita.

Para explosivos como la dinamita, el efecto martillo pierde eficiencia muy rápido porque va dividido por el volumen, que entra en términos de la tercera potencia de la distancia entre la explosión y el sitio donde se está evaluando el efecto (en este caso es la mitad del volumen porque corresponde a una semi esfera como se ha explicado anteriormente).

Otro aspecto que debe tomarse en cuenta es que explosivos de otra naturaleza son menos eficientes que la dinamita. Se puede hacer una conversión, por ejemplo a cuantos kilogramos de dinamita equivale la explosión de un metro cúbico de gas licuado. Sin embargo, la velocidad de combustión de la dinamita seguramente es bastante mayor que la del gas licuado. Esto indicaría que la eficiencia destructiva del gas no sería muy elevada, mientras que la potencialidad de incendio causado por la explosión, resulta notable.

4.4.3.7 Energía térmica radiada

En el momento de la explosión se forma una bola de fuego a elevada temperatura, la cual radia calor elevando la temperatura natural de los objetos. La velocidad de propagación de la radiación está en el mismo orden que la de la luz; en consecuencia, el fenómeno de radiación es prácticamente instantáneo. La ley de Estefan permite estimar la temperatura en términos de la energía del explosivo

A partir de la geometría simplificada propuesta antes y la ley de Estefan, se puede llegar a una estimación de la temperatura superficial de la bola de fuego producida durante la explosión. La ley de Estefan está dada por:

$$P=\sigma AeT^4 \quad (4.24)$$

Expresión en la cual P es la energía térmica radiada (en jules/segundo, que equivale a vatios); σ es una constante con valor $5.67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}^4$; A es el área del cuerpo (m^2); e es la emisividad que puede variar entre 0 y 1; T es la temperatura en grados Kelvin. Para el caso de interés en referencia a la antorcha (inicios del penacho), P se conforma en un lapso de seis segundos. En las condiciones anotadas, y con $e=0.6$, $T=73.6(P/A)^{0.25}$.

Obsérvese que el área de radiación corresponde en este caso a otra semi esfera. En el instante mismo de la explosión, la energía térmica liberada está concentrada en una esfera posiblemente si el explosivo está aéreo. O en una semi esfera si está ubicado sobre el suelo. De todas maneras el volumen inicial es muy pequeño. A medida que transcurren las primeras fracciones de segundo, el frente de la bola de fuego ya está muy lejano.

Como la temperatura es inversamente proporcional a la raíz cuarta del área de la bola de fuego, debe deducirse que a relativamente corta distancia de la explosión ya la temperatura ha decrecido notoriamente.

4.4.3.8 Consideraciones finales

De la presentación resumida que se ha hecho sobre el fenómeno de los posibles efectos de la explosivos, por ejemplo dinamita o similares, se debe concluir que los efectos de cantidades menores de explosivos son muy destructores, pero muy concentrados a la vecindad de la explosión. Estos dependen de la energía liberada y de la velocidad de combustión del explosivo. La gran presión desarrollada en el frente de la perturbación se desplaza a elevada velocidad e impone enormes cargas sobre cualquier objeto. Una pared, puertas y ventanas resultan muy vulnerables frente a este tipo de carga que ha sido denominada efecto martillo en este documento.

Efectos primarios (por ejemplo destrucción de sistemas estructurales) sólo se dan hasta algunas decenas de metros de la explosión. Efectos secundarios, por ejemplo destrucción de muros divisorios y fachadas, se extiende a mayor distancia de la carga pero esta debe ser muy grande para que a más de cien metros haya destrucción masiva de muros y fachadas. Todavía a mayor distancia, los vidrios pueden sufrir. Quemaduras por el efecto de la elevada temperatura de la explosión sólo se dan en las inmediaciones de esta. Aunque Los efectos directos de la explosión pueden tener una connotación más o menos local según se ha explicado, la posibilidad de que desarrollen voraces incendios se convierte en un riesgo casi seguramente mayor que el derivado de la explosión misma. En la [Figura 4.14](#) se presenta el algoritmo para el cálculo del cambio depresión generado por una explosión en función del tiempo.

4.4.3.9 Evaluación cualitativa del riesgo

La información recopilada y los modelos desarrollados mostraron que las consecuencias directas por explosión, para los tipos y volúmenes de material identificados en la zona, no son significativos dentro del nivel de detalle y precisión utilizado en el modelo. Esto quiere decir que una explosión tiene efectos directos muy locales sobre la infraestructura, pero poco significativos en términos de toda la localidad.

Se ha demostrado que en regiones urbanas el calor disipado durante la explosión y los daños directos tienen como consecuencia principal la ocurrencia de un incendio. Por lo tanto, el modelo de explosiones tuvo en cuenta la potencialidad de que se presente y las consecuencias dominantes entre el fenómeno de explosión y de incendio. Para ello se realizaron varias pruebas en cada una de las localidades y se observó que en todos los casos las consecuencias del incendio dominan sobre la explosión. Por lo tanto, se tomo el incendio como el fenómeno que domina la afectación por explosión y en consecuencia el modelo es conservador.

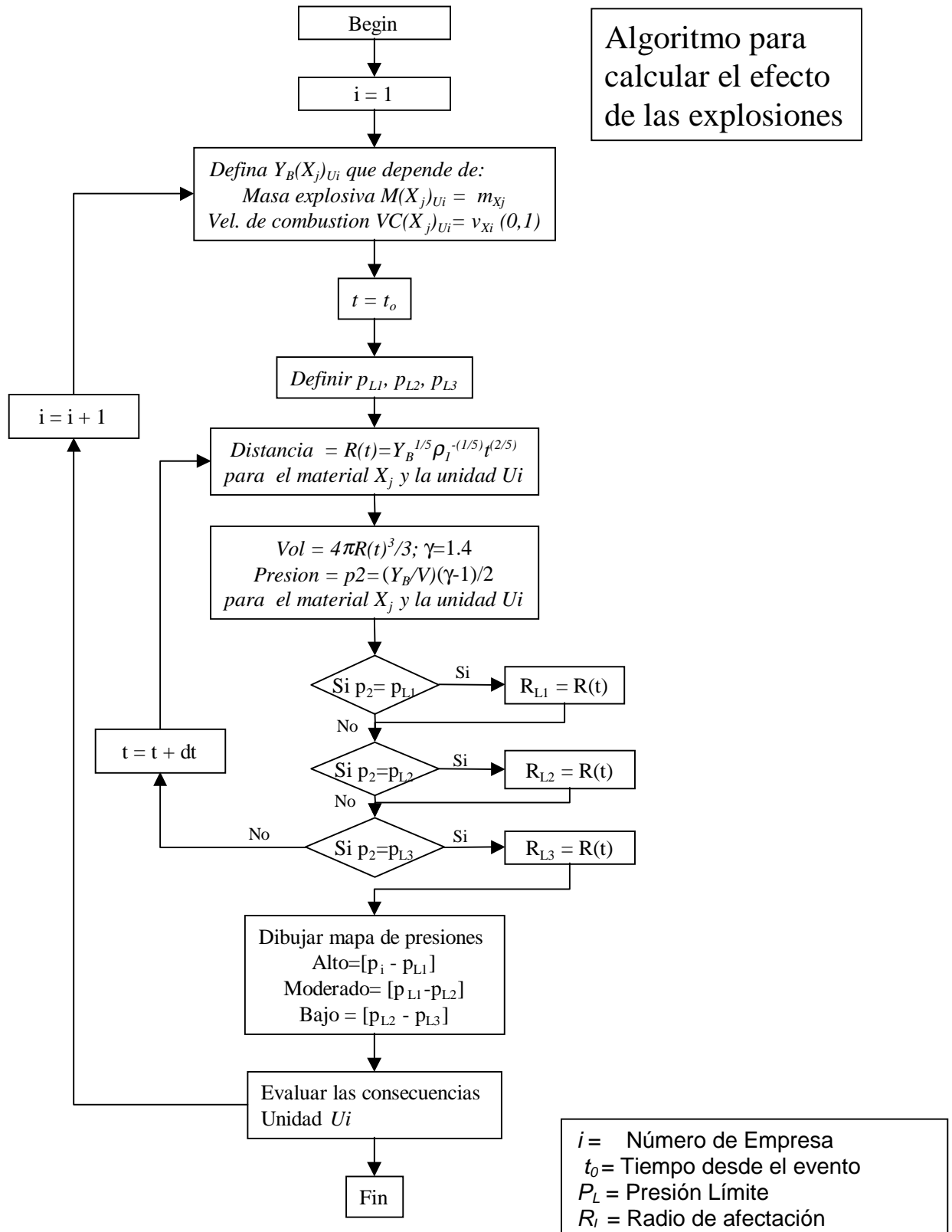
La posibilidad de que se presente una explosión no depende solamente de las características del material, sino también de las condiciones de disposición del material en el momento en que se inicia la reacción (ej.: nivel de concentración). Estas condiciones son específicas para cada situación y su representación está fuera del alcance de este estudio. La clasificación de las industrias con base en su potencial para generar una explosión se dividió en dos grupos de acuerdo con las características de las sustancias almacenadas. La clasificación de las sustancias con respecto a su explosividad permitió definir dos rangos, como se muestra en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9 Clasificación de industrias

Clasificación	CIU (Típico)	Sustancia/material	Potencial de explosión
Grupo 3	31** 35** 6119	Acetileno Uso de Calderas Comercio al por Mayor de Gasolina	Alto
Grupo 2	62**	Comercio al detal de Gasolina Almacenamiento de Combustibles	Moderado

Para cada industria se evaluó el alcance de la afectación con base en el modelo de incendios descrito en la sección 4.4.2. Los resultados del análisis para la localidad se muestran en los Mapas 5 y 6

Figura 4.14 Algoritmo para el cálculo de la afectación por explosión



4.4.4 Fugas

Una fuga hace referencia al escape de una sustancia gaseosa, ya sea de un sistema de almacenamiento o de una red de conducción. La fuga cambia las concentraciones del material que se ha escapado generando un peligro para la propiedad o la población debido a los potenciales daños ocasionados por un incendio o una explosión y a la toxicidad de la sustancia.

El estudio del impacto generado por una fuga de material gaseoso requiere llevar a cabo una modelación del transporte del material a través de la atmósfera. Existe una gran variedad de modelos computacionales que pueden ser utilizados para la estimación de la concentración de una determinada sustancia, a una distancia de la fuente emisora y a un tiempo después de presentarse la emisión. La complejidad del modelo es función de los objetivos de la modelación. En el caso de este estudio, en donde se pretende realizar una evaluación cualitativa de los riesgos generados por la fuga de una sustancia, los modelos gaussianos son los más apropiados. Estos modelos se basan en los fundamentos de la dispersión atmosférica y utilizan rutinas aproximadas y sencillas.

4.4.4.1 Modelo gaussiano de una columna de gas

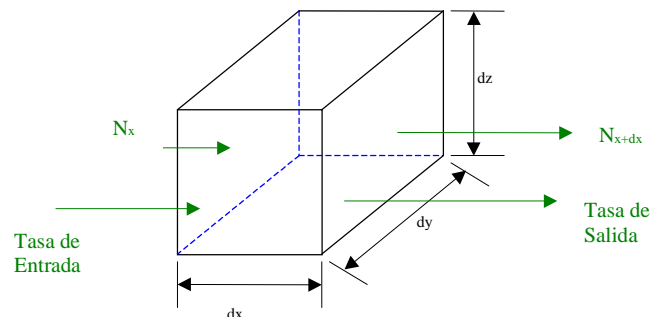
La columna de gas que se emite desde el punto de fuga, se considera como una fuente puntual (ej. la fuga en una tubería de gas). El origen se supone en la base de la emisión. La corriente de gas contaminado (denominado normalmente columna de humo), se eleva desde el sitio de la emisión y después se nivela para posteriormente dispersarse horizontalmente. La convención utilizada en estos modelos, indica que la dirección de propagación coincide con la dirección del viento. La velocidad del viento no depende del tiempo, lugar o elevación. Se supone que la columna emite un contaminante no sujeto a fuerza de empuje ascendente y tiene asociado un índice de emisiones Q (expresado en unidades de masa por unidad de tiempo). El objetivo final del cálculo es determinar la concentración en cualquier punto. El aspecto fundamental que considera un modelo gaussiano es el fenómeno de la dispersión. Esta se debe principalmente a la difusión molecular y al mezclado turbulento a gran escala, lo que de alguna forma involucra a la convección como agente acelerador de la dispersión.

4.4.4.2 Descripción de la columna de humo gaussiana

Considere un contaminante gaseoso, arrastrado por el viento en la dirección X , con una velocidad de viento u , que entra a un elemento fluido como se muestra en la Figura 4.15.

Figura 4.15 Modelo de transferencia de masa

ESQUEMA QUE RELACIONA LA TRANSFERENCIA DE MASA DEBIDO A LA DIFUSIÓN (N_x) Y EL MOVIMIENTO DEL VOLUMEN DENTRO Y FUERA DE UN ELEMENTO FLUIDO PARA EL CAMBIO DE UNA CONCENTRACIÓN INTERNA



Según la teoría de transferencia de masa, la tasa de Difusión, N_x , de una especie gaseosa en la dirección X , en cualquier área de sección transversal A , esta dada por:

$$N_x = A \times \frac{\partial(D_x \times C)}{\partial x} \quad (4.25)$$

donde:

D_x = Difusividad en unidades de área sobre unidades de tiempo.

C = Concentración en masa por unidad de volumen unitario.

A = Área de la sección transversal en la dirección $X = dydz$

De acuerdo al balance de materia para el elemento diferencial lo que ingresa debe ser igual a lo que sale. Además, se supone un sistema que no almacena ni entrega materia, por lo tanto, se tiene que:

$$N_x = N_{x=dx} = -dydz \times \frac{\partial(D_x \times C)}{\partial x} = -dydz \times \frac{\partial(D_x \times C)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial(D_x \times C)}{\partial x} dydz \right] dx \quad (4.26)$$

$$N_{x=dx} - N_x = \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial(D_x \times C)}{\partial x} dydz \right] dx \quad (4.27)$$

Expresiones similares son válidas para las direcciones Y y Z . La tasa de entrada del contaminante en la posición X a través del área $dydz$ es: $T(e) = C(u)dydz$ donde $T(e)$ es la tasa de entrada en unidades de masa por unidades de tiempo; C es la concentración en unidades de masa por unidades de volumen; y u es la velocidad del viento en unidades de longitud por unidad de tiempo. La tasa de salida del contaminante en la posición $X + dX$ a través del área $dydz$ está definida por:

$$T(e) = C(u)dydz + \frac{\partial}{\partial x} (Cudydz)dx \quad (4.28)$$

La tasa neta, que resulta de la diferencia de la salida y la entrada será por lo tanto:

$$T(n) = -\frac{\partial}{\partial x} (Cudydz)dx \quad (4.29)$$

Adicionalmente, el efecto neto de la difusión de masa resulta de cambiar la cantidad de masa dentro del volumen de control y está dado por:

$$T(c) = \frac{\partial C}{\partial t} dx dy dz \quad (4.30)$$

donde:

$T(c)$ = es la tasa de cambio en unidades de masa por unidades de tiempo.

C = es la concentración en unidades de masa por unidades de volumen.

$dx dy dz$ = es el volumen.

Por tanto, la expresión para la tasa de cambio de masa dentro del volumen diferencial, debido a los procesos de difusión como a la tasa de cambio, está dada por:

$$T(c) = \frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(Cu) + \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial(D_x \times C)}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{\partial(D_y \times C)}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{\partial(D_z \times C)}{\partial z} \right] \quad (4.31)$$

La ecuación anterior es la forma general del cambio de concentración en la columna de gas. Para resolverla, se suponen las siguientes condiciones:

- La concentración no cambia con el tiempo.
- A pesar de que la dirección del viento varía en las tres direcciones, la variación es relativamente pequeña. Se supone que la velocidad es constante.
- En la ausencia de suficiente información contraria, se supone que las difusividades de masa, D_x , D_y , D_z son constantes.
- La transferencia de masa debido al movimiento del volumen sobrepasa, con mucho, la contribución debida a la difusión. Esto es, el segundo término de la última ecuación es muy pequeño con respecto al primero y se convierte en cero.

Bajo las anteriores condiciones la ecuación 4.28 se puede reducir a:

$$u \frac{\partial C}{\partial x} = D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad (4.32)$$

La solución general de esta ecuación diferencial parcial de segundo orden es:

$$C = \frac{k}{x} \exp \left\{ - \left[\left(\frac{y^2}{D_y} \right) + \left(\frac{z^2}{D_z} \right) \right] \frac{u}{4x} \right\} \quad (4.33)$$

Donde K es una constante arbitraria cuyo valor se determina por las condiciones de frontera del problema atmosférico específico. Una condición de frontera que es necesario satisfacer es que la tasa de transferencia del contaminante a través de cualquier plano vertical situado en la dirección del viento con respecto a la fuente, es una constante durante el estado estacionario, y esta constante debe ser equivalente a la tasa de emisión Q de la fuente. Es importante tener en cuenta que no ocurre reacción química alguna en la dirección del viento que elimine parte del contaminante; y no se admite otro mecanismo como la absorción.

4.4.4.3 *Dispersión unidimensional, bidimensional y tridimensional*

La ecuación de la columna de humo gaussiana se aplica usualmente a la dispersión de los contaminantes en una, dos o tres dimensiones. Las concentraciones resultantes calculadas para las dispersiones unidimensional, bidimensional y tridimensional a partir de la ecuación general son:

Para una dimensión:

$$c = \frac{K}{2(\pi t)^{1/2} D_x^{1/2}} \exp \left[- \left(\frac{1}{4t} \right) \left(\frac{x^2}{D_x} \right) \right] \quad (4.34)$$

para dos dimensiones:

$$c = \frac{K}{4(\pi t)(D_x D_y)^{1/2}} \exp \left[- \left(\frac{1}{4t} \left(\frac{x^2}{D_x} + \frac{y^2}{D_y} \right) \right) \right] \quad (4.35)$$

Para tres dimensiones:

$$c = \frac{K}{8(\pi t)^{3/2} (D_x D_y D_z)^{1/2}} \exp \left[- \left(\frac{1}{4t} \left(\frac{x^2}{D_x} + \frac{y^2}{D_y} + \frac{z^2}{D_z} \right) \right) \right] \quad (4.36)$$

Para el caso del estudio se utilizó la ecuación para el modelo bidimensional. Lo primero que se debe asumir para obtener la solución particular general de esta ecuación, es el estado estacionario. Por lo tanto, la variación de la concentración con respecto al tiempo es cero. La suposición de que la transferencia neta de material en la dirección X es despreciable, hace que el problema dimensional sea más manejable. En este caso el tiempo que tarda la capa en pasar sobre la fuente puntual supuesta es $(\tau=x/u)$, de modo que la cantidad de contaminante que se inyecta originalmente en la capa que se está considerando es $X = Q/u$. Si se aplica esta hipótesis a la ecuación bidimensional se obtiene:

$$c = \frac{Q/u}{4(\pi t)(D_x D_y)^{1/2}} \exp \left[- \left(\frac{1}{4t} \left(\frac{(z-H)^2}{D_z} + \frac{y^2}{D_y} \right) \right) \right] \quad (4.37)$$

donde t es el tiempo de liberación, que se obtiene de la relación entre distancia en la dirección del viento del centro de la nube de contaminantes y la velocidad del viento. Adicionalmente se pueden hacer las siguientes consideraciones:

$$D_y = 0.5\sigma_y^2 \frac{u}{x} \quad (4.38)$$

$$D_z = 0.5\sigma_z^2 \frac{u}{x} \quad (4.39)$$

$$t = \frac{x}{u} \quad (4.40)$$

Donde D_y y D_z se llaman coeficientes de dispersión (tienen dimensiones de longitud). Estos coeficientes son función de la estabilidad atmosférica, es decir a menor velocidad, mayor estabilidad, menor dispersión y mayor tendencia a concentrar los contaminantes emitidos.

De acuerdo a esta análisis, suponer una velocidad de 2 o 1.5 m/s es una consideración conservadora, adicionalmente la estabilidad de Pasquill tipo B se obtiene a partir de los valores de velocidad del viento (3 m/s) y radiación solar (moderada). La suposición de radiación solar moderada es un criterio generalmente utilizado. Al reemplazar los valores anteriores en la ecuación de flujo bidimensional se tiene:

$$c = \frac{Q/u}{2\pi u(\sigma_y \sigma_z)} \exp \left[- \left(\frac{1}{4t} \right) \left(\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2} + \frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right) \right] \quad (4.41)$$

La ecuación anterior es la *ecuación básica de la columna de humo gaussiana*. Este nombre proviene del hecho de que los términos exponenciales tienen la misma forma que la función de distribución de Gauss.

4.4.4.4 El modelo gaussiano de dispersión

Un modelo matemático de la dispersión atmosférica simula el comportamiento en conjunto de las plumas emitidas desde fuentes a nivel del terreno o a una altura determinada. Además de las suposiciones mencionadas anteriormente, para establecer el modelo matemático no se tiene en cuenta la distancia desde la fuente equivalente o virtual hasta la posición actual de la emisión. Por lo tanto, la fuente puntual parece estar situada en $X = 0$ y a una altura H .

La mayoría de los métodos analíticos para pronosticar la concentración de los efluentes implican la localización de un origen virtual o equivalente. La elevación H del origen virtual se obtiene añadiendo un término Ah a la altura actual de la chimenea (h_s). Para el cálculo del Ah se deben tener en cuenta tres conjuntos de parámetros que controlan el fenómeno de una pluma gaseosa inyectada a la atmósfera desde la chimenea. Estas son: las características de la emisión, las condiciones meteorológicas, la naturaleza física y química del efluente.

La mayoría de las ecuaciones que predicen la elevación de la pluma contienen un término de cantidad de movimiento y un término de flotación térmica. El primer término tiene en cuenta la cantidad vertical de movimiento del gas de la chimenea debido a su propia velocidad (V_s); el segundo término tiene en cuenta de alguna manera la diferencia de temperatura del gas de la chimenea (T_s) y la temperatura ambiental (T_a). Numerosos autores consideran que la siguiente ecuación proporciona la mejor aproximación a la realidad sin importar la condición de estabilidad:

$$\Delta h = -0.029 * \frac{V_s * d}{u} + 2.62 * \frac{(Q_h)^{1/2}}{u} \quad (4.42)$$

Donde Ah es la elevación de la pluma (m), V_s es la velocidad de salida del gas (m/s), d es el diámetro de salida, u es la velocidad del viento Q es la tasa de emisión de calor (kJ/s).

4.4.4.5 Algoritmo de cálculo

Es necesario resaltar que se decidió utilizar la ecuación bidimensional con reflexión. Esta selección obedece a factores tanto conceptuales como operativos. No es razonable utilizar ecuaciones más complejas si no se cuenta con la información necesaria para determinar las condiciones de entrada del modelo. Las condiciones meteorológicas que se supusieron para la modelación de la dispersión, según datos típicos para Bogotá son las siguientes:

- Velocidad del viento: 3 m/s
- Estabilidad de Pasquill: Tipo B

Estos valores son representativos de la zona y se utilizarán para determinar la tendencia general de comportamiento de la atmósfera de las localidades en estudio. Debido a que el modelo supone que la dispersión se realiza en la misma dirección del viento y considerando que a pesar de existir una dirección predominante el viento puede en un momento dado estar

dirigido hacia cualquier lugar, la modelación se hace en torno a la fuente en todas direcciones. Es decir que al considerar una emisión en un lugar determinado, la estimación de la concentración se realizará suponiendo una velocidad de viento que se presenta en todas las direcciones posibles (360 grados).

De acuerdo a lo presentado anteriormente, la secuencia de cálculo es la siguiente (Figura 4.16):

- Determinación de la tasa de emisión Q . Se supondrá un valor para la fuga, expresado en términos de masa por unidad de tiempo.
- Determinación de la altura efectiva de la emisión. Se utiliza la ecuación correspondiente, considerando las características de la fuga.
- Suposición de los valores de estabilidad de Pasquill y velocidad del viento. Para todas las corridas se utilizarán los valores mencionados en el numeral anterior.
- Estimación de la concentración para diferentes distancias medidas a partir de la fuente y en todas las direcciones posibles. Se utiliza la ecuación de gauss para dispersión bidimensional y considerando el efecto de la reflexión de los gases en el suelo.
- Finalmente se realizan una serie de gráficas ilustrando los resultados encontrados

Una vez se conozcan las concentraciones “viento abajo” de una sustancia peligrosa que ha escapado, ya sea de un tanque de almacenamiento o de un sistema de transporte, se comparan estos valores con información acerca de los efectos tóxicos. De esta manera se puede calificar la situación en términos de amenaza en función de la distancia al punto de la emisión.

4.4.4.6 Evaluación cualitativa de riesgo

Con base en un análisis detallado de los tipos de sustancias que se encuentran en la localidad y de los volúmenes disponibles, se consideraron dentro del modelo cloro, amoniaco, gas propano e hidrogeno únicamente. La existencia de la sustancia no es condición suficiente para que se presente un incendio o una explosión, su concentración es fundamental. En general se puede afirmar que altas y bajas concentraciones no representan ningún peligro. El potencial de explosión o incendio solo se presenta en un rango determinado según se muestra en la Tabla 4.10.

En lo referente a toxicidad, se dice que una sustancia genera efectos adversos en la salud de una persona, cuando la concentración en el aira supera el límite TLV. Dado que existen varios niveles de este valor según el tiempo de exposición a determinada sustancia, en este estudio se analiza el nivel TLV-C (Concentración que bajo ningún motivo debe ser excedida en ningún momento), ya que en el caso de un accidente, las personas no serán expuestas por periodos prolongados de tiempo y solo sufrirá consecuencias irreversibles en el caso de soportar niveles de esta magnitud. Por lo tanto, la zona de influencia en el caso de sustancias toxicas es aquella en donde se superen los límites máximos a los que puede ser expuesta una persona.

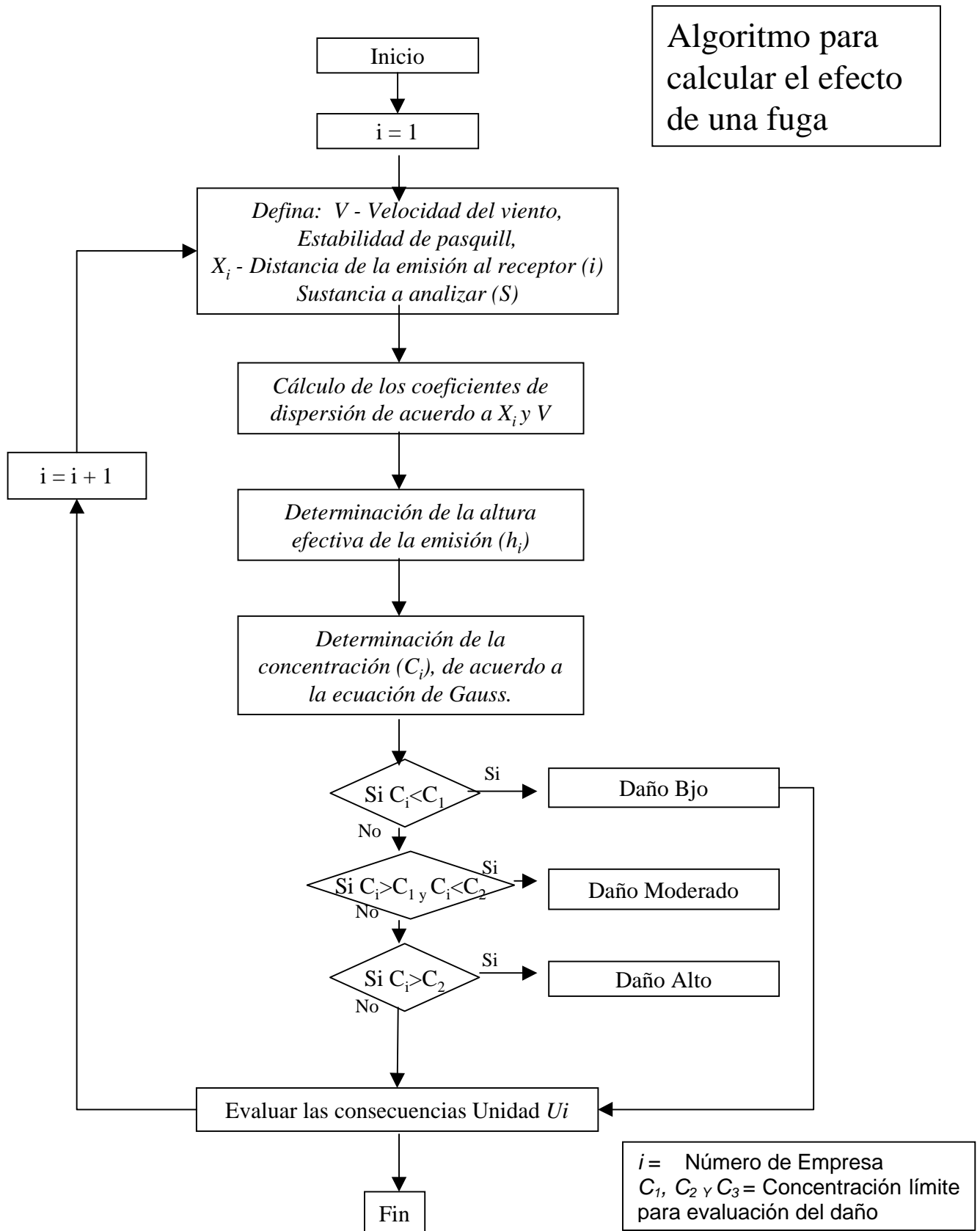
Tabla 4.10 Rango de concentración crítico por sustancia

Sustancia	CIU (Típico)	TLV ¹²	Concentración Máxima	Concentración Mínima
Cloro	3411	1		10.0 ppm
Amoniaco	3111,3112	50	27.0 ppm	15.5 ppm
Gases Inflamables (Propano)	4102	1000	9.5 ppm	2.1 ppm
Hidrógeno	3115		74.2 ppm	4.0 ppm

Fuente: A comprehensive Guide to the Hazardous Properties of Chemical Substances, Pradyot Patnaik, 1992.

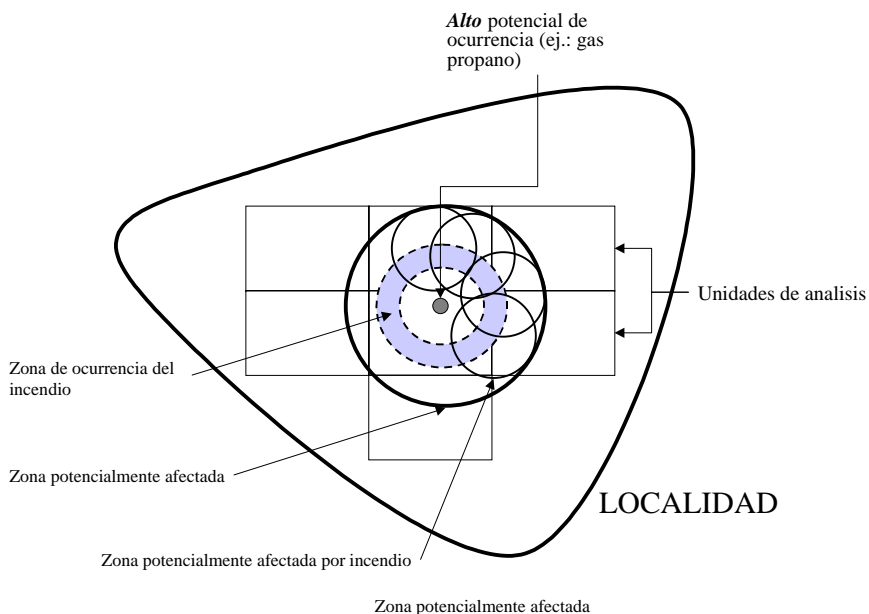
¹² TLV: Threshold Limit Value (Concentración máxima de una sustancia en el aira del ambiente de trabajo a cuya exposición diaria de los trabajadores, no se generarían efectos adversos a la salud).

Figura 4.16 Diagrama de flujo para el cálculo de afectación por fuga.



Como se discutió en la sección 4.4.3.9, el efecto de la explosión de las sustancias que se utilizan en el modelo de fugas no tienen consecuencias directas severas. Inclusive, se podría afirmar que su posibilidad de ocurrencia en espacios abiertos es casi inexistente. Sin embargo, la potencialidad de generar un incendio puede llegar a ser muy significativa. En consecuencia, el modelo de incendio se debe aplicar a cada punto sobre la zona en la cual la concentración del material es potencialmente inflamable.

Figura 4.17 Descripción del modelo de fugas



En la Tabla 4.11 se presenta la aplicación del modelo de incendio a la ocurrencia de una fuga y se muestra el área potencialmente afectada. El anillo sombreado representa la zona con niveles de concentración requeridos de la sustancia para que se presente un incendio. En cada punto sobre ese anillo se aplicó el modelo de incendio con el cual se definió una zona potencialmente afectada. Es importante destacar que el tiempo juega un papel determinante en los niveles de concentración. Concentraciones muy altas que pueden no ser peligrosas, pueden convertirse en muy peligrosas en la medida que su concentración se reduce con el paso del tiempo. Por tal motivo, se definió como zona de afectación la envolvente mostrada en la Figura 4.17.

En la Tabla 4.11 se presentan los radios máximo y mínimo obtenido a partir del modelo para diferentes tasas de fuga y las diferentes sustancias. Cabe anotar, que en el presente estudio se aplicó una tasa de fuga de 5 Kg por segundo, resultado del análisis del volumen de los tanque de almacenamiento del gas y los posibles escenarios de fuga.

Tabla 4.11 Radios de concentración crítico por sustancia

Sustancia	Fuga de 5 Kg/s		Fuga de 10 Kg/s	
	R Mínimo	R Máximo	R Mínimo	R Máximo
Cloro	35		56	
Amoniaco	2	4	5	9
Gases Inflamables (Propano)	0	18	1	30
Hidrogeno	8	74	15	110

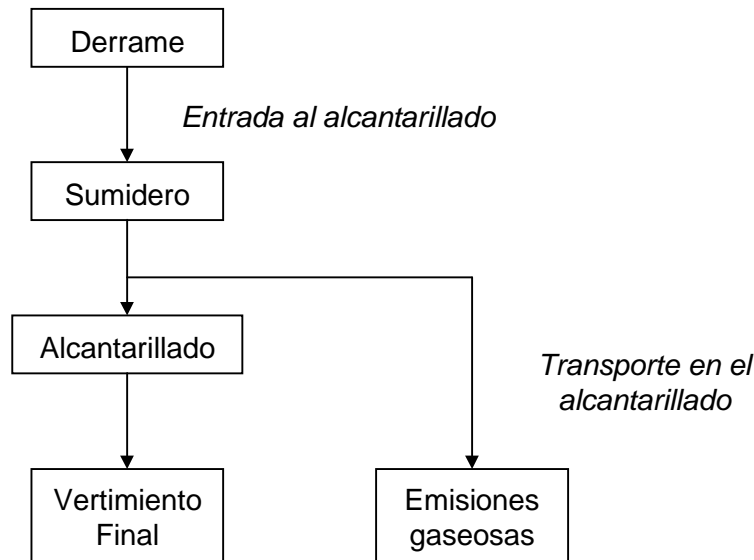
Los resultados del análisis de Fugas para la localidad se presentan en el Mapa 7 y 8.

4.4.5 Derrames

4.4.5.1 Descripción de eventos en el derrame de una sustancia líquida

El derrame de una sustancia líquida es un proceso en el cual la concentración en la fase líquida, y por consiguiente la presión de vapor y la concentración en la fase gaseosa, cambian en la medida que esta hace el tránsito por la red de alcantarillado. Las consecuencias de un derrame están determinadas por las propiedades fisicoquímicas de la sustancia (volatilidad, inflamabilidad, reactividad y toxicidad). En la Figura 4.18 se ilustra una representación esquemática de las etapas del derrame de una sustancia líquida. Una vez se presenta el derrame puede existir un tránsito a través de la vía pública, o puede alcanzar el alcantarillado sanitario cuando éste ocurre al interior de la industria. Posteriormente viajará por la red del alcantarillado hasta el vertimiento final.

Figura 4.18 Eventos producidos durante el derrame de una sustancia líquida



El modelo presentado en este estudio supone que el derrame se presenta dentro de la industria y el material se vierte directamente al sistema de alcantarillado. Por lo tanto, el tránsito superficial y por consiguiente el caudal de aguas lluvias se puede despreciar en el análisis.

4.4.5.2 Transito en el alcantarillado

Los parámetros que determinan el desplazamiento del fluido dentro de la tubería de alcantarillado incluyen:

- Caudal de aguas negras (q)
- Densidad de población (P)
- Pendiente de la tubería (s)
- Longitud de la tubería (L)
- Nodos que vierten el líquido aguas abajo, con sus correspondientes caudales (q_i)
- Caudal que conduce la tubería (Q_i)

- Concentración de la sustancia líquida derramada (C_i)

De acuerdo con la teoría del flujo en tuberías que no trabajan a presión, la velocidad del flujo se puede estimar utilizando la fórmula de Manning

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (4.45)$$

Donde:

- v : Velocidad del flujo
 R : Radio hidráulico (relación entre el área mojada y el perímetro mojado)
 S : Pendiente de la línea de energía o pérdida de carga por fricción

Adicionalmente se puede encontrar una expresión para el tiempo de viaje del fluido como:

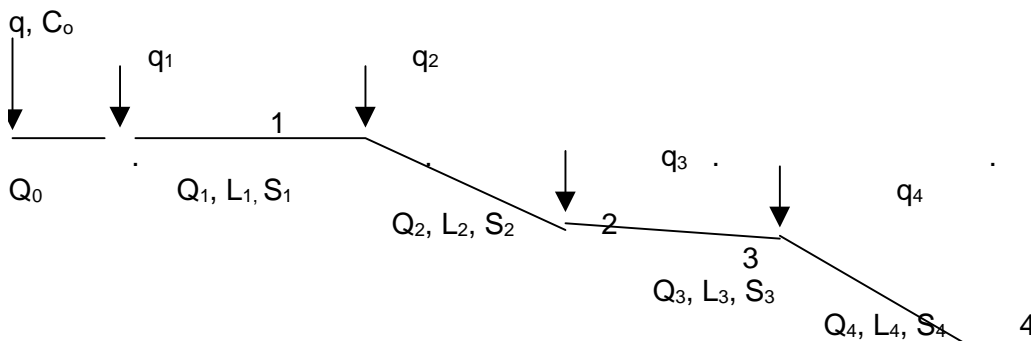
$$t = \frac{L}{v} \quad (4.46)$$

en donde v corresponde a la velocidad promedio y L es la longitud de la tubería.

En la Figura 4.23 se presenta un trayecto del alcantarillado en el que se muestran cuatro tramos de la tubería, en donde Q , L y S son las condiciones para cada uno de los tramos, de acuerdo a la convención indicada al principio de este numeral. Del mismo modo los caudales que aportan a la red en cada uno de los nodos se encuentran representados por la letra “ q ”.

Para cada tramo de la red se puede plantear un balance de masas a la entrada de la tubería (balance inicial) y otro en cada nodo o punto de vertimiento a lo largo de la tubería.

Figura 4.19 Transito de la sustancia líquida en el alcantarillado



Al realizar el balance de masas en el primer tramo de la red, el caudal que circula por la tubería es igual a la suma del caudal inicial y el aporte en el primer nodo.

$$Q_1 = Q_0 + q \quad (4.47)$$

La concentración en el primer tramo se determina calculando el efecto de la dilución que se genera con un nuevo aporte de fluido libre de la sustancia, por lo tanto, la concentración en el primer tramo C_1 se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$C_1 = \frac{q \cdot C_0}{Q_0 + q} \quad (4.48)$$

Generalizando para el resto de la red, se realiza el balance para cada nodo de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q_i = Q_{i-1} + q_i \quad (4.49)$$

De manera análoga, para el nodo "i" la concentración de sustancia líquida derramada es:

$$C_i = \frac{Q_{i-1} C_{i-1}}{Q_{i-1} + q_i} \quad (4.50)$$

La concentración de la sustancia en la fase gaseosa está determinada por la presión parcial que ejercen sus vapores sobre la solución líquida. Esta presión parcial se puede calcular aplicando la ley de Henry para cada una de las sustancias. Según esta ley, la presión parcial que ejerce el vapor de una sustancia en equilibrio con una solución es:

$$p = kC_i \quad (4.51)$$

En donde p es la presión parcial, k es la constante de Henry; la cual es diferente para cada tipo de solución y C_i es la concentración de la sustancia en la solución líquida.

4.4.5.3 Algoritmo para el análisis

El algoritmo para el cálculo de la presión de vapor y la concentración en la fase gaseosa se presenta en la [Figura 4.20](#) incluye las siguientes etapas:

- *Ingreso de características locales: Sustancia, Volumen y Localización*
- *Ingreso de valores locales*
- *Cálculo del tiempo de afectación superficial*
- *Definición de condiciones de la red de alcantarillado de acuerdo a la localización*
- *Cálculo del transito del derrame con el método de la onda cinemática, en el cual se emplean las ecuaciones:*

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$
$$t = \frac{L}{v}$$
$$Q_i = Q_{i-1} + q_i$$

Producción de información sobre:

- Áreas afectadas
- Tiempo de afectación, dado por la ecuación:

$$t = 1.007 \frac{nL [d^{-\frac{2}{3}} - d_0^{-\frac{2}{3}}]}{S^{\frac{1}{2}}}$$

- Concentración en áreas afectadas

En la [Figura 4.20](#) se presenta el diagrama de flujo del algoritmo utilizado para llevar a cabo el cálculo de la afectación debido a la ocurrencia de un derrame. El modelo permite cuantificar la variación de las concentraciones del agente que se ha derramado, a lo largo de su transporte por la red del alcantarillado. Una vez se conozcan estas concentraciones, se pueden comparar con valores preestablecidos de acuerdo a los efectos tóxicos y los rangos de inflamabilidad.

4.4.5.4 Evaluación cualitativa de riesgo

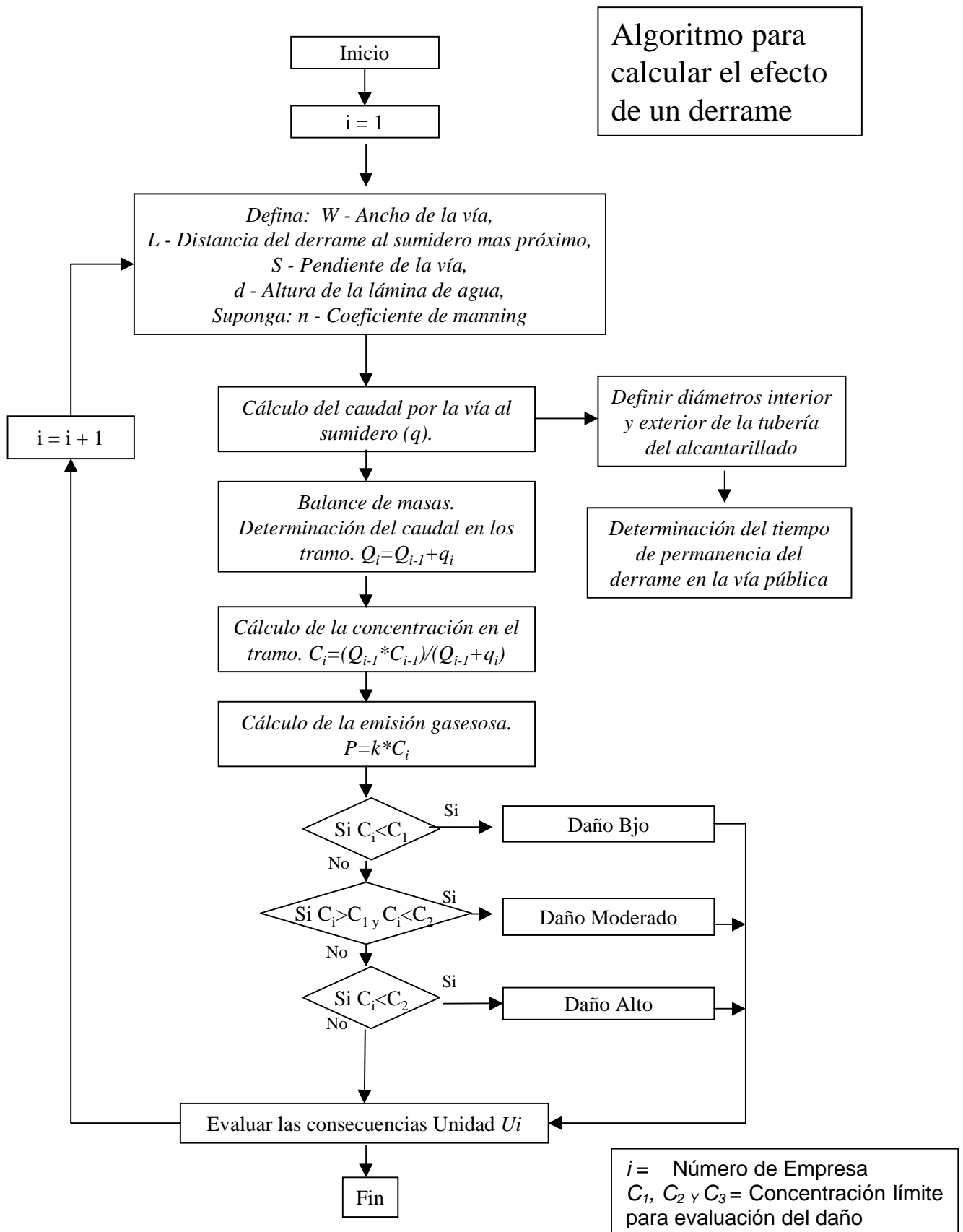
El modelo permite identificar en cada tramo de la red un valor de concentración de la sustancia derramada con base en un balance de masas. La concentración de la sustancia en cada tramo permite definir los rangos en los que se puede presentar un incendio o una explosión de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas.

Las sustancias consideradas en el modelo de derrames fueron gasolina, ACPM, alcohol etílico, thinner, varsol y disolventes en general (acetatos). Adicionalmente, para que se pueda presentar un derrame es necesario que exista un volumen mínimo de la sustancia; ese valor se tomó como 5,000 litros que es equivalente a la cantidad de combustible promedio almacenada en una estación de gasolina. Se consideró que para volúmenes inferiores el derrame se puede controlar fácilmente de manera local. Este argumento se basa en el hecho de que las industrias en las que se puede presentar un derrame, cuentan con buenas estrategias de atención para este tipo de emergencias.

Los efectos de un derrame considerados son dos: (1) la posibilidad de que se genere un incendio o una explosión; y (2) la toxicidad. La ocurrencia de cualquiera de estos fenómenos depende de que exista una concentración específica de la sustancia, que esa concentración se filtre a la superficie. Para que produzca un incendio se requiere que adicionalmente se produzca una situación que inicie el incendio.

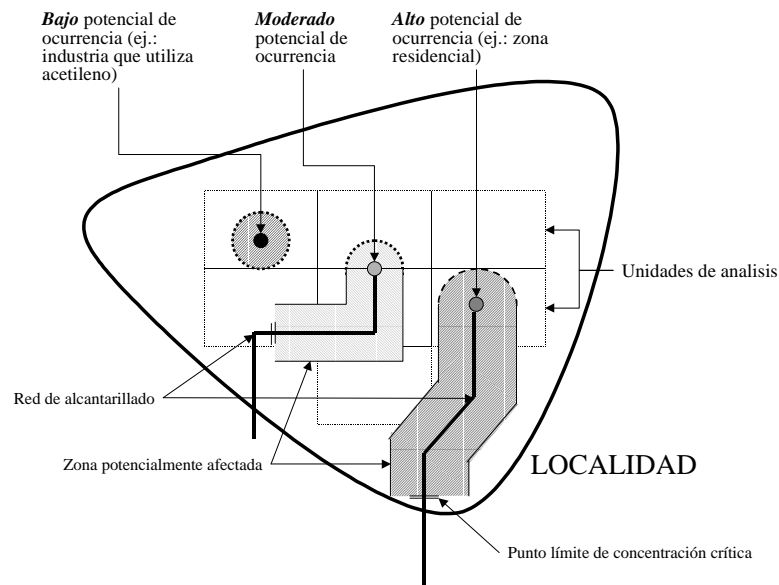
Después de ocurrido el derrame, la concentración de cada sustancia va decayendo en la medida en que va haciendo su tránsito por el sistema de alcantarillado. El decaimiento depende del caudal de material que aporte el sistema de alcantarillado a la zona por la cual transita. Aunque al inicio del derrame la concentración de las sustancias seleccionadas es muy alta para que se genere una situación de incendio o explosión, esta condición cambia con el tiempo y puede alcanzar niveles peligrosos muy rápidamente. Por lo tanto, el modelo de derrames solo considera dos situaciones, *alta* y *ninguna* posibilidad de incendio o explosión. La concentración límite inferior para definir la peligrosidad se estableció como 0.5% en volumen, en la mezcla de gases que se puede tener en un tramo de tubería. Finalmente, se consideró la variación en el aporte del sistema de alcantarillado durante el día. El análisis se realizó para tres condiciones: mañana, tarde y noche; y en cada caso se identificó la zona con un alto potencial de incendio y explosión.

Figura 4.20 Diagrama de flujo para el cálculo de afectación por derrame.



Si se considera el efecto directo del incendio generado en este proceso se puede aplicar el modelo presentado en el numeral 4.4.2. De esta manera se puede definir una zona en la que potencialmente puede presentarse un daño severo ocasionado inicialmente por el derrame, pero directamente por el incendio. La definición de esta zona sigue la línea del sistema de alcantarillado por el cual transita el material vertido y tiene un ancho igual al radio de afectación de un incendio en cada unidad de análisis. Un esquema general de los resultados del modelo se presenta en la Figura 4.11. Sin embargo, la aplicación del modelo de incendio puede sobrestimar las consecuencias de un derrame. La razón para ello es su dependencia del tiempo y la dificultad en el tránsito de los gases desde el sistema de alcantarillado hasta la superficie. Se decidió manejar el problema de los derrames a través de recomendaciones de emergencia y control dentro del plan de contingencia.

Figura 4.11 Descripción de la aplicación del modelo de afectación por derrame

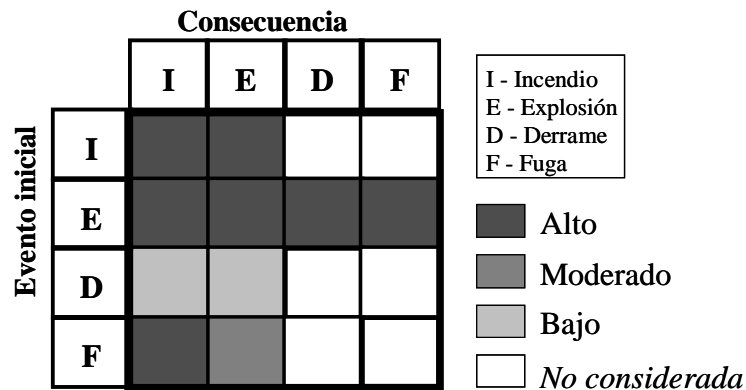


4.4.6 Ocurrencia de eventos en cadena

Para entender los resultados del modelo es muy importante conocer la relación entre los fenómenos considerados.

El evento principal que genera pérdidas es el fuego. Como se explicó en la sección 4.4.3 las pérdidas directas como consecuencia de una explosión son poco significativas. Sin embargo, en regiones urbanas se ha demostrado que es muy probable que el calor disipado durante la explosión y los daños que puedan presentarse disparen la ocurrencia de un incendio. En lo referente a los derrames existen dos fenómenos que dominan: la concentración de gases y su toxicidad. La concentración de gases en el recorrido por el sistema de alcantarillado puede generar un incendio o una explosión seguida por un incendio. En ambas situaciones el fenómeno dominante es nuevamente el incendio. Finalmente, para el caso de las fugas existen dos posibles efectos similares a los que se presentan en los derrames: la concentración de gases que pueda afectar la salud pública y la posibilidad de que se genere un incendio. En el segundo caso, el incendio es nuevamente el factor dominante para determinar las pérdidas económicas.

Figura 4.22 Relaciones de dependencia entre eventos utilizadas



Esto quiere decir que la probabilidad condicional de que se presente un incendio, o una explosión seguida por un incendio, dado que se presentó un incendio, una fuga y una explosión es siempre 1. En consecuencia, la probabilidad de que se presente un incendio depende directamente de la suma de las probabilidades de cada uno de los eventos en forma individual. Para las condiciones del modelo y las sustancias analizadas, una explosión estará necesariamente seguida de un incendio. Un derrame difícilmente generará una fuga, solo existe una baja posibilidad de que pueda causar una explosión o un incendio. Finalmente, una fuga no causará un derrame pero podrá ocasionar una explosión con una posibilidad moderada, o un incendio con una posibilidad alta (sección 4.3.4). Las relaciones de dependencia utilizadas en el modelo se presentan en la Figura 4.22.

Capítulo 5

Lineamientos generales del plan de emergencia y contingencia

5.1 Aspectos generales

A continuación se presenta la estructura y los lineamientos generales del plan de emergencia y contingencia por escenario para las localidades de Usaquén y Kennedy. La elaboración del plan de emergencia y contingencia definitivo no hace parte del alcance de este estudio. La estructura que se presenta en este capítulo servirá de base para la elaboración de un plan integral interinstitucional y coordinado por la DPAE para toda la localidad.

5.2 Estructura general del plan de emergencia y contingencia

La estructura del plan de emergencia y contingencia está definida por las siguientes líneas de acción:

- Organización interinstitucional
- Inventario de recursos
- Análisis de riesgos
- Planes de contingencia por escenario
- Capacitación e información
- Revisión y actualización

Las actividades y acciones requeridas dentro del plan se discuten con base en los resultados de los estudios realizados por el Consejo Colombiano de Seguridad (1999), ACOTOFA (2000) y el presente documento.

5.3 Organización interinstitucional

La organización interinstitucional tiene como objetivo desarrollar una estrategia para coordinar las actividades de las diferentes entidades involucradas en un plan de emergencia y contingencia. Dentro de la organización interinstitucional se destacan tres aspectos fundamentales:

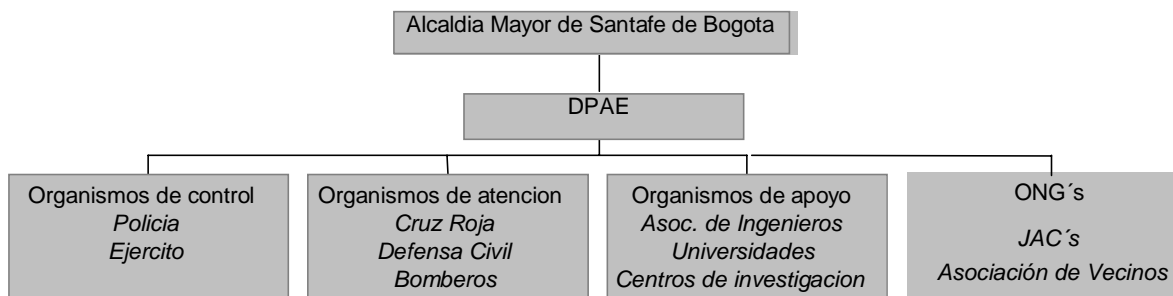
- Estructura y jerarquía
- Coordinación
- Funciones y responsabilidades

La única forma de garantizar el adecuado funcionamiento de la organización interinstitucional es a través de un programa de práctica y entrenamiento permanente. Esta es la parte más importante dentro de cualquier plan y ha demostrado en muchos eventos y en diferentes países, que es un elemento clave para mitigar las consecuencias post-accidente o post-desastre.

5.3.1 Estructura y jerarquía

Se refiere a la organización y distribución de responsabilidades entre las instituciones que participan. En la Figura 5.1 se presenta la estructura general propuesta. La DPAE debe ser la entidad directamente responsable del manejo de cualquier situación de emergencia. En caso de una emergencia, la DPAE tendrá autonomía para actuar y tomar las acciones que se consideren necesarias para manejar la situación. Cuando la situación de emergencia se convierta en un peligro para la comunidad, la DPAE tendrá autonomía para acceder y disponer de los recursos de las industrias o viviendas que generaron la emergencia.

Figura 5.1 Estructura y jerarquía del plan de emergencia y contingencia



La DPAE designará un equipo de personas responsables de coordinar las labores de control, atención y apoyo. Estas personas no necesariamente deben pertenecer a la DPAE, pueden ser miembros de las entidades públicas o privadas que participan en cada una de las actividades mencionadas. Por ejemplo, la persona encargada de las actividades de control puede ser miembro de la Policía Nacional. Estas personas deben reportar y seguir los lineamientos establecidos por la DPAE. El nombramiento debe realizarse antes de que se presente el evento. El plan se debe revisar periódicamente (ej.: cada 6 meses) incluyendo una evaluación de procedimientos y líneas generales de acción en caso de una situación de emergencia. Las actividades de cada uno de los coordinadores será la siguiente:

- *Organismos de control:* manejar procedimientos de control de la población y las actividades en la zona de influencia de la emergencia. Es una labor fundamentalmente policiva
- *Organismos de atención:* proporcionar los medios (equipos y personal) y definir las estrategias para atender a las personas afectadas por la emergencia. Son responsables de estas actividades entidades como la Cruz Roja colombiana y la Defensa Civil. Se debe establecer una línea de comunicación directa con estas entidades y definir conjuntamente disponibilidad, recursos y tiempos esperados de respuesta.
- *Organismos de apoyo:* proveer soporte técnico para la toma de decisiones y logístico para la atención de personas afectadas. Dentro de esta categoría se encuentran universidades, centros de investigación, compañías consultoras en el área de riesgos industriales, Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), los comités locales y entidades privadas como el consejo Colombiano de Seguridad. En la parte de atención a los posibles damnificados, es importante coordinar esta labor con las diferentes entidades militares del sector. La disponibilidad de espacio y su ubicación estratégica es muy importante para la atención de una emergencia en la localidad.

Dentro del plan de contingencia, cada industria debe incluir a la comunidad potencialmente afectada cuando ello lo amerite. Esta decisión es una responsabilidad compartida y requiere un consenso entre las partes. La relación entre la industria y la comunidad debe incluir planes de información, entrenamiento y actualización permanente. Las características específicas de la

participación de la comunidad están fuera del alcance de este estudio, pero debe quedar explícitas dentro del plan de contingencia.

En la [Figura 5.1](#) se presentan solamente algunas entidades que pertenecerían a cada uno de los organismos de control, atención y apoyo.

5.3.2 Coordinación

La coordinación general de las actividades debe incluir procedimientos claramente establecidos para el manejo del fenómeno causante del accidente (incendio, fuga y derrame) y para el manejo de las consecuencias (heridos, muertos, daños). Esta labor debe ser coordinada por la DPAE y en ella deben participar activamente cada uno de los directores locales de las entidades responsables (Bomberos, policía, Cruz Roja).

Todos los procedimientos deben estar escritos y deben incluir los nombres y datos básicos para la localización de cada una de las personas responsables de las actividades. Adicionalmente debe existir una estrategia de comunicación interna y un plan de divulgación permanente del estado de la situación. La estrategia de comunicación juega un papel fundamental y debe definirse de antemano y practicarse continuamente. Para ello se debe llevar un registro, en cada entidad, con los siguientes datos básicos de las principales personas involucradas en el manejo de una emergencia:

- Nombre completo
- Responsabilidad
- Dirección (Casa/Oficia)
- Teléfono (Casa/Oficina)
- Teléfono celular
- Nombre Reemplazo (En caso de que el encargado en propiedad no este disponible)
- Datos básicos (teléfono/Celular/Dirección) del reemplazo

La comunicación durante la emergencia debe incluir, entre otras, las siguientes características: rápida, veraz, confiable, permanente; y se debe llevar un registro con fecha y hora de todo documento que circule dentro de los diferentes organismos. Es indispensable producir reportes periódicos de las actividades de los miembros principales del equipo antes durante y después de la emergencia.

5.3.3 Funciones y responsabilidades

Un plan de emergencia y contingencia debe trabajar bajo un esquema de distribución de responsabilidades y no de asignación de actividades. Esto garantiza flexibilidad para manejar situaciones imprevistas y al mismo tiempo generar un compromiso de las personas involucradas. Las responsabilidades deben asignarse en forma jerárquica y a funcionarios idóneos para realizar las labores asignadas. El proceso de selección de dichos funcionarios debe ser transparente y es de entera responsabilidad de la DPAE. Se debe garantizar que la persona a la cual se le asigna una responsabilidad tenga los recursos y la autoridad para ejercerla.

Dentro de las principales funciones y responsabilidades que se deben incluir en el plan se encuentran:

- Coordinación general: Manejo de las líneas de acción generales.
- Coordinación actividades Control/Atención/Apoyo.

- Actividades de control: Aislamiento y seguridad
- Actividades de atención: Búsqueda y rescate
- Actividades de apoyo: Evaluación de daños, necesidades, remoción escombros
- Control y seguimiento: Registro y sistematización.
- Comunicación: Notificación y verificación, señalización, divulgación pública
- Logística de transporte: Tránsito y transportes, vías de acceso y evacuación.
- Apoyo personas afectadas: Alojamiento, suministro víveres, apoyo psicológico.
- Asistencia externa: Apoyo de entidades externas a la zona afectada
- Rehabilitación: Proceso de recuperación física y social
- Educación y capacitación: Información pública

Estas actividades deben estar articuladas con la estructura presentada en la figura 1 y deben contar con una persona responsable de su cumplimiento.

5.4 Inventario de recursos

El inventario de recursos incluye dos actividades: (1) recolección de información sobre la situación de la localidad; y (2) establecer un inventario de recursos para el manejo de la emergencia.

5.4.1 Información sobre la situación de la localidad

La recopilación de información no debe concentrarse únicamente en el registro de accidentes industriales, debe incluir también un registro del potencial de generación de riesgo de las industrias en un momento determinado. El éxito en los planes de prevención y manejo de emergencias depende sustancialmente de la calidad de esa información. La recolección de información debe estar orientada hacia: (1) inventario sobre la situación actual de la industria en la localidad (ej.: tipo y volúmenes de material que se manejan); (2) información sobre accidentes específicos (Registro de ocurrencia, causas y caracterización). La estrategia sugerida para alcanzar estos objetivos comprende tres actividades fundamentales:

- Recopilación de información
- Almacenamiento de la información
- Manejo de la información

A continuación se describe la estrategia propuesta en detalle.

5.4.1.1 Recopilación de información

La existencia de una base de datos es una herramienta muy poderosa de planeación y mitigación de riesgos. Por lo tanto, es importante que la DPAE lleve un registro confiable y actualizado de la información básica de la situación de las industrias en cada Localidad. Esta información puede ser muy valiosa como herramienta de prevención y como apoyo para la atención de emergencias. Adicionalmente, permitirá la evaluación permanente del riesgo en la zona de acuerdo con el modelo propuesto en este estudio. La información requerida por industria deberá incluir por lo menos lo siguiente:

- Razón social (NIT/RUT)
- Referencia de la industria
- Fecha y nombre del evaluador
- Clasificación de la actividad industrial (Código CIU)

- Localización
- Tipo de sustancias peligrosas utilizadas
- Volúmenes de sustancias peligrosas utilizadas (volúmenes mensuales almacenados)
- Consumo mensual de combustibles
- Descripción general del manejo de sustancias peligrosas (normativa utilizada)
- Fuentes fijas de emisión
- ARP a la cual se encuentra registrado
- Permisos para el manejo de sustancias peligrosas

En el Anexo H se presenta un formulario básico que puede ser utilizado como guía para la recopilación de esta información. Para que el sistema de recopilación de información sea eficiente y confiable se plantea la siguiente estrategia:

- Ninguna industria podrá ubicarse en la zona si no tiene una autorización de la DPAE. La emisión de este certificado depende, entre otros, de que exista un registro de información básico sobre la actividad de la industria.
- La información por empresa deberá actualizarse en su totalidad cada 5 años como mínimo. La DPAE debe establecer un procedimiento de acreditación que garantice que la industria cumple con una serie de requisitos mínimos de seguridad industrial.
- Se debe diseñar un mecanismo que permita la actualización permanente si existen cambios significativos en la actividad industrial.
- Se debe exigir a las Administradoras de Riesgos Profesionales (ARP) reportar la accidentalidad industrial de cada Localidad de la Ciudad a la DPAE.

Para que esto sea posible, la DPAE debe buscar los mecanismos jurídicos y legales para obligar a las industrias a reportar accidentes. En este proceso también deben estar involucradas las Administradoras de Riesgos Profesionales (ARP), la Policía, el cuerpo de Bomberos y la Defensa Civil.

El desarrollo de una sociedad más segura depende de su capacidad para aprender de situaciones pasadas. Solo el estudio detallado de las causas y consecuencias de un accidente permitirán tomar las medidas correctivas necesarias para garantizar la seguridad industrial. En Colombia no se realizan investigaciones detalladas sobre las causas directas de los accidentes industriales. Esta situación se debe en parte a la manera como se manejan los seguros de siniestros industriales y en parte a la indiferencia “cultural” hacia este tipo de actividades. En consecuencia, la adquisición de información sobre las características de un accidente es fundamental y debe contener como mínimo lo siguiente:

- Entidad responsable de la evaluación
- Fecha y hora de ocurrencia
- Duración del evento
- Localización
- Descripción del proceso generador de riesgo (incendio, derrame, fuga, explosión)
- Causa del accidente
- Sustancia peligrosa
- Zona afectada (extensión y tipo de daño).
- Tipo de afectación (Valor de las consecuencias)
- Afectación sobre la población (personas heridas/muertas).
- Características de la atención de la emergencia (descripción de procedimientos)

En el Anexo I se presenta un formulario para la adquisición y registro de información sobre accidentalidad.

5.4.1.2 Almacenamiento de información

Para el almacenamiento y manejo de información se debe desarrollar un software especial que se ajuste a las necesidades de la DPAE para la toma de decisiones en caso de una emergencia. Este software debe permitir consultas de información de diferente tipo y el análisis estadístico de la información sobre las industrias del sector y sobre la accidentalidad. Este software debe compatibilizarse con el Sistema Integrado para el Manejo de Emergencias de Santa Fe de Bogotá (SIRE) que se encuentra desarrollando INGEOMINAS para la DPAE

5.4.2 Recursos para el manejo de la emergencia

El inventario de recursos disponibles para manejar la emergencia y atender a las personas damnificadas es un elemento estratégico fundamental dentro de cualquier plan de emergencia y contingencia. Los recursos involucran los siguientes aspectos:

- Recurso humano
- Instituciones participantes
- Sitios de concentración
- Centros de servicios
- Equipamiento urbano
- Albergues y alojamientos temporales
- Hospitales y centros de salud
- Centros de reservas y suministros
- Sistemas de alerta
- Recursos económicos (sector público y privado).

Dentro de las responsabilidades de la DPAE se encuentra contar con un inventario actualizado de todos los recursos disponibles para manejar una emergencia en la localidad. Esta labor debe ser compartida con cada una de las entidades involucradas (bomberos, policía, Cruz Roja), pero es responsabilidad de la DPAE contar con esa información. La información debe revisarse y actualizarse por lo menos bimestralmente.

La DPAE debe coordinar con todas las instituciones involucradas el plan el inventario de recursos. Se deben tener en cuenta, por lo menos, los siguientes aspectos:

- Personal disponible
- Información básica disponible
- Vehículos y maquinaria
- Equipos especiales
- Volúmenes de combustible
- Sistemas de comunicación
- Alimentos y víveres en general
- Suministros médicos

Las instituciones que se deben involucrar en el plan de emergencia y contingencia son:

Instituciones de control:

- Policía
- Cuerpo de Bomberos

Instituciones de apoyo operativo:

- Cuerpo de Bomberos
- Defensa Civil
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB)
- CODENSA
- Empresa de Teléfonos de Bogotá (ETB)
- Secretaría de Tránsito
- Secretaría de Salud

Instituciones de apoyo técnico:

- DAMA
- Consejo Colombiano de Seguridad
- Universidades
- Sociedad Colombiana de Ingenieros
- Consejo Colombiano de Seguridad
- Asociación de Ingeniería Sísmica (AIS)
- Asociación de Empresarios (Locales)
- Juntas de Acción Comunal
- Organizaciones No Gubernamentales
- Población Civil
- Asociaciones de Vecinos

5.5 Análisis de riesgos

Parte esencial del plan de emergencia y contingencia es la elaboración de un estudio de riesgo que sirva como apoyo para la toma de decisiones. El estudio de riesgos está dirigido a evaluar el efecto combinado de la probabilidad de ocurrencia de una falla y sus consecuencias en un contexto determinado. Las características del estudio de riesgo realizado ya se discutieron en los capítulos anteriores. Sin embargo, a manera de resumen, a continuación se presenta un esquema general de los aspectos más importantes que debe incluir un estudio de este tipo:

Identificación de procesos generadores de riesgo:

- Fenómenos naturales
- Eventos tecnológicos
- Análisis histórico
- Definición de criterios de análisis (ej.: aceleración pico esperada, punto “*flash*”)
- Modelación probabilística de ocurrencia
- Zonificación

Evaluación de zonas de exposición:

- Definición del modelo de afectación
- Determinación de áreas de influencia
- Inventario de elementos expuestos

Definición de escenarios:

- Definición en términos del evento
- Definición en términos de las consecuencias
- Definición en términos de la respuesta

Estimación de pérdidas potenciales:

- Evaluación del potencial de daño
- Nivel de organización y capacidad de respuesta

Definición del riesgo:

- Definición del riesgo como función de los escenarios definidos
- Mapas de riesgo

Este estudio se concentró en la evaluación del riesgo y para tal efecto todo lo expuesto en los capítulos anteriores es una descripción detallada del proceso presentado en este numeral. Los resultados del modelo se describen en los planos que se anexan a este informe:

Tabla 5.1 Listado de Planos

Plano	Descripción
3-4	Amenaza por incendios
5-6	Amenaza por fugas
7-8	Amenaza por explosiones
9-10	Amenaza por derrames
11-12	Riesgo de Incendio
13-14	Riesgo de explosión
15-16	Riesgo de fuga
17-18	Riesgo total

5.6 Planes de contingencia por escenario

El plan de contingencia debe realizarse para cada uno de los escenarios considerados: explosión, incendio, fuga y derrame. Los escenarios de explosión, incendio y fuga se evaluaron en forma independiente, sin embargo, las consideraciones del efecto en cadena muestran que el efecto dominante es el incendio. Esto implica que el plan de emergencia debe estar dirigido fundamentalmente al adecuado manejo de incendios.

El plan de contingencia por escenario debe definir programas detallados para dos actividades fundamentales:

- Prevención (fase previa a la ocurrencia del accidente)
- Respuesta (fase de reacción)

5.6.1 Prevención

Cada una de estas actividades cuenta con una serie de tareas fundamentales para el éxito del plan. Para el caso de la prevención estas son:

- Fortalecimiento de la seguridad industrial
- Definición de sistemas de alerta
- Señalización
- Previsión de necesidades
- Dotación estratégica
- Entrenamiento de personal
- Educación, capacitación e información
- Definición de procedimiento de respuesta (institucional/comunitario)
- Simulacros

A continuación se presenta una breve descripción de las acciones que se deben tomar en la localidad para lograr estos objetivos:

Fortalecimiento de la seguridad industrial: De acuerdo con lo descrito en la sección 1.2.6 del informe, el fortalecimiento de la seguridad industrial es un pilar fundamental, como elemento de prevención, dentro del plan de emergencia y contingencia. Siguiendo los lineamientos propuestos por Greneweg (1992), la reducción de la accidentalidad se puede lograr a través de las siguientes acciones:

- Compromiso con el objetivo de alcanzar niveles de seguridad aceptables
- Competencia para alcanzar los objetivos de seguridad
- Conocimiento de la verdadera naturaleza de las amenazas y la seguridad
- Coordinación de esfuerzos
- Desarrollar programas para reducir y controlar la amenaza

Como consecuencia de estos lineamientos, es responsabilidad de la DPAE el desarrollo de programas de capacitación y entrenamiento a las industrias en la identificación y manejo de riesgos industriales de diferente naturaleza. Estos cursos deben ser auspiciados y financiados parcialmente por la DPAE. Deben organizarse en forma de taller y realizarse a manera de actualización cada dos años. En lo posible deben realizarse con la participación de las universidades, centros de investigación especializados en el tema y se debe contar con expertos nacionales y extranjeros.

Definición de sistemas de alerta: para fenómenos industriales no es fácil definir sistemas de alerta. Sin embargo, una vez identificadas todas las industrias en las que exista una alta probabilidad de que se presente alguno de los fenómenos considerados, se puede establecer una conexión directa con la DPAE y entidades como la Policía y el Cuerpo de Bomberos. Esta medida le permitiría a la industria informar rápidamente sobre una emergencia, reduciendo así el tiempo de respuesta. En la actualidad existen sistemas de este tipo a muy bajos precios. La DPAE debería incentivar la instalación de dichos sistemas, e incluso apoyar el proceso con un aporte económico. Este proceso debería incluir también otro tipo de amenazas como deslizamientos e inundaciones. Todo el sistema debería estar dirigido desde un sistema de control en la DPAE.

Señalización: la señalización debe llevarse a cabo en dos sentidos. Por una parte, se debe exigir un estricto programa de seguridad industrial a todas aquellas industrias cuyas características representen una amenaza potencial para la localidad (revisar los resultados de este estudio). Esta labor debe ser promovida y apoyada por las ARP. Adicionalmente, en zonas urbanas en donde exista un alto riesgo de que se presente alguno de los fenómenos mencionados, se debería pensar en una señalización pública de tal forma que exista una estrategia para evacuar una zona y de manejar los flujos de peatones. Se debe exigir a las industrias que generen mayores riesgos a establecer un plan de señalización pública informando sobre los peligros y las acciones que se deben tomar. La señalización debe cubrir el área potencial de afectación. Este debe ser uno de los requisitos fundamentales para otorgar la licencia de funcionamiento.

Previsión de necesidades: Los resultados de este estudio permitieron estimar del número de personas potencialmente afectadas en caso de una emergencia. Por lo tanto, la DPAE cuenta con la información necesaria para establecer, adquirir y manejar los recursos de atención que se necesiten en caso de una emergencia en la localidad. La divulgación de este material debe estar sometida a un estricto control y se debe establecer un plan de seguimiento y una actualización permanente.

Dotación estratégica: La ubicación y manejo de los recursos mencionados en el punto anterior deben distribuirse estratégicamente en las localidades. Como se mencionó anteriormente, los distritos militares deben jugar un papel fundamental en el albergue y la atención de damnificados en caso de una emergencia.

Entrenamiento de personal: El personal de la DPAE encargado del manejo de riesgos de origen tecnológico debe capacitarse adecuadamente para manejar este tipo de emergencias. Esta capacitación debe ser periódica y debe incluir su asistencia a situaciones similares y que se presenten en otras ciudades colombianas o del exterior. Compartir experiencias es fundamental dentro de la capacitación de los miembros del equipo. Esta labor debe complementarse con la descrita en la sección 5.3.

Educación, capacitación e información: la ciudadanía debe estar informada y educada para responder ante una emergencia. Es necesario desarrollar programas periódicos de capacitación en el conocimiento y los procedimientos de respuesta de las personas que trabajan o viven en las zonas de mayor riesgo en la localidad. La capacitación debe reforzarse con simulacros y programas informativos periódicos. Las comunidades ubicadas en zonas de alto riesgo deben conocer los riesgos, las consecuencias potenciales de un accidente y las acciones requeridas en caso de emergencia. Esto involucra no solo las personas que habitan en la zona, sino los trabajadores de las industrias.

Definición de procedimiento de respuesta (institucional/comunitario): los procedimientos de respuesta desde el punto de vista institucional o comunitario, deben consignarse en documentos abiertos al público y deben difundirse en la comunidad. Si existen labores específicas asignadas a una persona, la información sobre esa persona y su disponibilidad debe revisarse constantemente. Los procedimientos deben ser sencillos y concretos, pero a la vez deben permitir flexibilidad para adaptarse a circunstancias diferentes de las establecidas. Los procedimientos en el ámbito institucional deben ser el resultado de la cooperación y el trabajo conjunto de las entidades responsables (sección 5.2). El trabajo comunitario debe incluir: foros, reuniones con la comunidad a través de las Juntas Administradoras Locales (JAL), simulacros y cartillas informativas. La DPAE debe apoyar y fomentar ese proceso que debe ser liderado por las JAL.

Simulacros: como complemento a todo el proceso de capacitación e información es indispensable organizar simulacros periódicos. Dos por año en zonas de alto riesgo y un por año en zonas de bajo riesgo. Los simulacros son muy valiosos para fortalecer conceptos y reforzar la aplicación de procedimientos. Los simulacros deben organizarse conjuntamente entre la comunidad, las industrias y todas las entidades de respuesta.

5.6.2 Respuesta

La fase reacción (respuesta) incluye las siguientes tareas:

- Activación de alarmas
- Verificación y notificación
- Activación de procedimientos operativos
- Reacción de la comunidad
- Movilización institucional
- Asistencia externa
- Coordinación para rehabilitación

A continuación se presenta una breve descripción de las acciones que se deben tomar en la localidad para implementar estas tareas:

Activación de alarmas: El tiempo para la activación de alarmas es discrecional de la industria en donde se genera el accidente. Es importante establecer una estrategia conjuntamente con las industrias para que ese tiempo se reduzca al mínimo de tal forma que la respuesta pueda ser mucho más eficiente. Adicionalmente, se deben facilitar los medios para lograr esto a través de la implementación de un sistema de línea directa con la DPAE y los organismos de socorro y control. Es labor de la DPAE comprometer a las industrias en esta labor para lograr una mayor capacidad de respuesta. La estrategia de comunicación de una emergencia a la comunidad debe ser parte integral del plan y los procedimientos deben estar en material escrito y ser consistentes con la capacitación que se le ha entregado a la comunidad.

Verificación y notificación: Una vez ocurrido un accidente es primordial establecer un mecanismo que permita verificar su ocurrencia. La verificación es muy importante porque evita la manipulación de la información. La estrategia de verificación debe cumplir con estrictos procedimientos previamente acordados y debidamente registrados. Una vez verificado el accidente se debe notificar a las entidades responsables la activación del plan de emergencia, según la estructura presentada en la sección 5.3. Adicionalmente, es fundamental la estrategia de comunicación a la comunidad. La DPAE debe incluir dentro de la estructura institucional de respuesta, al comité local para que apoye las medidas de divulgación y apoyo en los procedimientos de respuesta.

Activación de procedimientos operativos: la DPAE debe ser la responsable de activar los procedimientos operativos de respuesta. Sin embargo, debe existir un mecanismo alternativo de activación en caso de que la respuesta de la DPAE no sea apropiada. En este último caso, se debe informar a la DPAE con la mayor brevedad para que retome el control de la situación. Es muy importante que la DPAE siempre esté coordinando la situación.

Reacción de la comunidad: dentro de la estructura para la atención de la emergencia debe existir una persona responsable por la respuesta de la comunidad únicamente. Debe existir dentro del plan una descripción detallada de la estrategia de divulgación de información durante la emergencia.

Movilización institucional: la movilización institucional debe ser coordinada por la DPAE una vez se haya verificado la emergencia. Dentro de la movilización institucional los aspectos operativos y de control deben ser los primeros en activarse. La estructura del plan debe establecerse de tal forma que se movilicen el menor número de recursos posibles. Es discrecional de la DPAE el procedimiento de acción una vez se tiene controlada la emergencia.

Asistencia externa: en caso de que se necesite asistencia externa para controlar la emergencia, la DPAE debe controlar todo ese apoyo. Ningún tipo de asistencia externa debe llegar directamente a la zona afectada, a no ser que haya sido verificada y aprobado el procedimiento por la DPAE. Este aspecto es muy importante porque garantiza el control sobre la zona afectada.

Coordinación para rehabilitación: una vez controlada la emergencia es necesario establecer un programa de recuperación y rehabilitación, conjuntamente con la comunidad afectada, la industria, Planeación Distrital y la DPAE.

5.6.3 Escenario de incendios

El estudio mostró la alta posibilidad que existe de que se presente un incendio. La zona con mayor posibilidad de un incendio tiene fundamentalmente una actividad industrial. Su propagación puede causar cuantiosas pérdidas económicas y puede extenderse muy rápidamente. En consecuencia, debe ser una prioridad de la DPAE tomar acciones urgentes destinadas a mejorar la capacidad de respuesta y control de este tipo de situaciones. Algunos de los aspectos principales que debe incluir el plan para la localidad son los siguientes:

- Es necesario que la DPAE cuente con un grupo de profesionales capacitados para manejar riesgos de origen tecnológico y en especial con experiencia en el área de incendios.
- Es necesario desarrollar y fortalecer los programas de seguridad industrial en cada una de las empresas ubicadas en la localidad. En el fortalecimiento de estos planes debe estar liderado por la DPAE y contar con el apoyo de las ARP.
- Es necesario establecer planes de cooperación y coordinación de las industrias por cuadra. Esto permitirá evaluar a nivel muy local el riesgo y mejorar la capacidad de respuesta en el control del incendio.
- Es fundamental trabajar en planes de evacuación de los trabajadores y de la comunidad en las zonas vecinas. Es urgente el desarrollo de simulacros y cartillas informativas en las zonas de mayor riesgo según se muestra en los resultados de este informe.
- Se debe llamar la atención de las entidades sobre el riesgo potencial en la localidad. Se les deben entregar planos informativos de rutas y disposición urbana (ej.: hidrantes).
- Las acciones de los organismos de socorro deben estar articulados con la policía y el ejército. En especial, se deben realizar los preparativos para disponer de las instalaciones militares en caso de una emergencia (albergue de damnificados). Esta labor debe articularse con hospitales y centros de salud para la atención de heridos. Estos planes deben estar listos de antemano y debidamente coordinados.
- Se debe hacer un inventario y una revisión de los recursos existentes en la localidad para hacer frente a una emergencia. Por ejemplo, debe existir un plano indicativo con la localización exacta de hidrantes y redes de servicios públicos.
- La prevención es uno de los aspectos más importantes en el control, por lo tanto se deben realizar un programa efectivo de educación pública y de investigación de accidentes para determinar las causas de ignición y los mecanismos de propagación.
- Se deben desarrollar planes de revisión por parte de una comisión técnica para construcciones nuevas, renovaciones importantes o instalaciones de sistema de protección contra incendio, y demás condiciones de seguridad al interior de las empresas.
- Se deben revisar cuidadosamente los medios de extinción para el manejo y control de incendios.

5.6.4 Escenario de explosiones

Aunque los daños generados como consecuencia de una explosión son bajos comparados con los producidos por el incendio, se deben realizar acciones encaminadas a la prevención de

situaciones peligrosas y al mejoramiento en la capacidad de reacción, para la mitigación del incendio, tal como se explicó en la sección anterior.

Para el caso de una explosión, el plan de contingencia se debe concentrar principalmente en el manejo y control de las siguientes actividades industriales:

- Operación de calderas: es el principal generador del riesgo de explosión y la mayoría de industrias en la localidad utilizan este proceso industrial. Se debe realizar un censo, con el fin de evaluar las condiciones de operación, ubicación en planta, combustible utilizado y los programas de mantenimiento.
- Almacenamiento y distribución de combustibles gaseosos: en las empresas que manejan grandes volúmenes de estos productos, se deben implementar sistemas de control, tales como alarmas y sensores remotos, los cuales permitan identificar rápidamente concentraciones peligrosas. Adicionalmente, se deben promover y practicar planes de evacuación al interior de la empresa y procedimientos para eliminar posibles generadores de llama, que puedan iniciar la explosión durante la emergencia.
- Almacenamiento de sustancias explosivas: en este caso se debe realizar un control estricto de las condiciones de almacenamiento en cada una de las empresas, exigir el cumplimiento de las normas técnicas sobre manejo para cada producto y se deben conocer y manejar perfectamente los procedimientos en caso de una emergencia para cada producto por parte de funcionarios de la empresa y de la DPAE.

5.6.5 Escenario de fugas

Para sustancias tóxicas o inflamables, la rápida propagación de la sustancia y sus características de toxicidad sugieren que las medidas más adecuadas para tratar una emergencia consisten en implementar un programa de información adecuado. La preparación de las personas potencialmente afectadas debe ser la actividad prioritaria. A continuación se presentan algunos ejemplos.

- Si se encuentra en un recinto cerrado, abrir las puertas y ventanas inmediatamente para dejar circular y dispersar la sustancia.
- Si se encuentra en el interior de la edificación donde se presentó la fuga, intentar cerrar todos los registros que hagan parte de las estructuras de almacenamiento y conducción de la sustancia gaseosa.
- Llamar al centro de atención de emergencias
- No es aconsejable utilizar teléfonos celulares en las cercanías del sitio de la fuga.

Si alguna persona alcanza a inhalar una sustancia tóxica en cantidades tales que le genere algún efecto nocivo, es necesario implementar una serie de acciones buscando minimizar el impacto sobre la salud de la víctima. Una persona que está enfrentando algún grado de envenenamiento por la ingestión de una sustancia tóxica presenta los siguientes síntomas.

- Presencia de quemaduras o brotes en los alrededores de la boca y en los labios.
- Aliento con olor a especies químicas.
- Presencia de quemaduras, manchas y olores en la piel de la persona, en su ropa o en los muebles cercanos, en el techo, en la alfombra o en algún elemento cercano a la víctima.
- Presencia de vómito, dificultad al respirar u otros síntomas extraños al comportamiento normal de la persona.

Adicionalmente, internamente dentro de cada industria, se debe contar con planes de manejo y control de recipientes que contengan sustancias tóxicas. La mayoría de estos procedimientos se encuentran en los manuales de seguridad industrial.

5.6.6 Escenario de derrames

El derrame de sustancias puede generar dos efectos: (1) la sustancia viaja por la superficie del terreno o por el alcantarillado; (2) se genera una emisión de sustancias tóxicas. En este último caso se deben tener en cuenta los aspectos mencionados para el caso de fugas. A continuación se describen los aspectos prioritarios para el manejo de emergencias por derrame.

- Definición de campo de acción
- Equipos de protección personal
- Reducción del contaminante
- El corredor de descontaminación
- Degradación
- Desinfección
- Descontaminación de emergencia
- Descontaminación gruesa

Definición de campo de acción

Es posible establecer tres zonas distintas de trabajo, alrededor del lugar donde se ha generado una emergencia:

- Zona caliente: define una región de exclusión o de impacto.
- Zona tibia: define una zona de descontaminación utilizada para el ingreso y salida de personal y recursos.
- Zona fría: también denominada zona limpia. Se utiliza para establecer los centros de operación de atención de la emergencia.

La definición de estas zonas depende del tamaño de la emergencia (extensión y tipo de sustancia), de la disponibilidad de recursos y de las decisiones políticas que tomen las entidades responsables del manejo de la emergencia.

Equipos de protección personal

El equipo de protección personal es vital cuando se trabaja en un incidente de materiales peligrosos. El personal de emergencia que vaya a ingresar al área tibia o al área caliente, necesita usar el equipo de protección adecuada. Existen cuatro niveles básicos de protección, siendo el más alto el A, y el más bajo nivel el D, que corresponde a la ropa de calle. El entrenamiento conjunto con expertos de materiales peligrosos es la mejor garantía para una respuesta apropiada y segura.

El personal del equipo de emergencia debe conocer los equipos disponibles para una respuesta con materiales peligrosos y su correcto uso. El personal del equipo de emergencia, cuyo papel esté limitado al transporte de pacientes desde la zona fría, debe estar igualmente preparado a ciertos niveles. Esto puede significar el uso de guantes, piezas faciales, mascarillas con visores, lentes de seguridad y sobrebotas.

Reducción del contaminante

El concepto de *reducción del contaminante* se refiere al proceso físico-químico de reducción y prevención de la propagación de la sustancia de personas y equipos que han estado o han sido utilizados en un incidente con materiales peligrosos.

La descontaminación incluye las medidas preventivas tomadas para protegerse contra la contaminación donde sea posible. Más específicamente, la descontaminación involucra la seguridad y la remoción física y efectiva del contaminante o el uso de tratamientos químicos (tales como espuma) para reducir la contaminación.

Los planes de contingencia deben incluir procedimientos para el uso apropiado de equipo de protección y el establecimiento de las zonas de control son los factores más importantes a ser considerados cuando nos encontramos con un incidente de esta naturaleza. La extensión de descontaminación está basada, directamente, en el grado del daño asociado al contaminante. Muchas fuentes de referencias contienen información sobre los procedimientos de descontaminación, sin embargo, éstos no deben ser utilizados sin que se haya identificado previamente el producto. Hasta que esta identificación se logre puede ser apropiada la descontaminación de emergencia o descontaminación gruesa.

El corredor de descontaminación

Este corredor se establece en la zona tibia, que es donde se debe proceder a la descontaminación; esta área también se conoce como área de descontaminación. El propósito del corredor de descontaminación, es prevenir que el contaminante se propague al área fría u otros sitios, siendo el área tibia, el área de transición entre el área caliente o de exclusión y la fría o de seguridad.

Desinfección

Es el proceso utilizado para destruir microorganismos patógenos. La desinfección apropiada resulta en la reducción del número de organismos viables a un nivel aceptable, que puede no ser el 100 % de los mismos.

Descontaminación de Emergencia

Es el proceso físico de reducción inmediata de un contaminante en los individuos, en una situación potencial de amenaza de la vida en la cual no se haya establecido el corredor de descontaminación formal.

Descontaminación Gruesa

Es la fase inicial del proceso de descontaminación en la cual se reduce grandemente el contaminante de superficie. Esta fase puede incluir la remoción mecánica y el enjuague inicial. El plan de descontaminación debe dirigirse a cumplir con los parámetros que a continuación se mencionan:

- El sitio donde se va a realizar.
- Métodos de descontaminación a utilizar y equipos necesarios
- Cantidad de personal necesario.
- Nivel de ropa protectora y equipo que será necesario procesar.
- Método de disposición.
- Control de las aguas contaminadas.
- Requerimiento de necesidades médicas de emergencia.
- Método de recolección y disposición final de ropa contaminada y equipo.

La responsabilidad de implementación del plan de descontaminación es del Comandante del Incidente, el oficial jefe de materiales peligrosos normalmente formulará e implementará los procedimientos de descontaminación. El personal de respuesta de emergencia debe estar familiarizado con las definiciones de las siguientes terminologías: Contaminante, Contaminación, Descontaminación (reducción de la contaminación), Corredor de descontaminación, Descontaminación de emergencia, Exposición, Descontaminación Gruesa, Contaminación secundaria.

5.6.6.1 Métodos de descontaminación físico-químicos

Los Métodos Físicos consisten en la remoción del contaminante de la persona u objeto a través de métodos físicos con estos métodos generalmente el contaminante mantiene sus propiedades químicas. Algunos ejemplos de los métodos físicos son: Absorción, Cepillado y raspado, Aislamiento y disposición, Aspiración, Lavado.

Los métodos químicos son usados en equipos y no en personas y generalmente involucran la descontaminación mediante el cambio del contaminante a través de una reacción química en un producto menos peligroso. En el caso de los contaminantes etiológicos o biológicos, el método químico es el matar el organismo, ejemplo de los métodos químicos: Adsorción, Degradación química, Desinfección o esterilización, Neutralización, Solidificación.

5.6.6.2 Manejo de la emergencia

Los incendios por derrame que involucran líquidos inflamables, generalmente se controlan aplicando una espuma contra incendios a la superficie del material en llamas. La selección final del agente y el método de extinción, dependen de muchos factores, tales como la ubicación del incidente, los peligros de exposición, el tamaño del incendio, las características ambientales, así como la disponibilidad de agentes extinguidores y equipo en la escena.

Algunas consideraciones especiales sobre el manejo de la emergencia son:

- Evitar la propagación del incendio por radiación, refrigerando las zonas y construcciones aledañas con agua, siempre y cuando las condiciones del combustible que se quema lo permitan.
- En caso del derrame e incendio de un líquido inflamable y la no existencia de los diques de protección, generar barreras que impidan la propagación del líquido.
- Retirar o aislar aquellas sustancias que puedan encenderse por la alta temperatura de las llamas.

Capítulo 6

Estrategia para la evaluación cuantitativa de riesgos tecnológicos

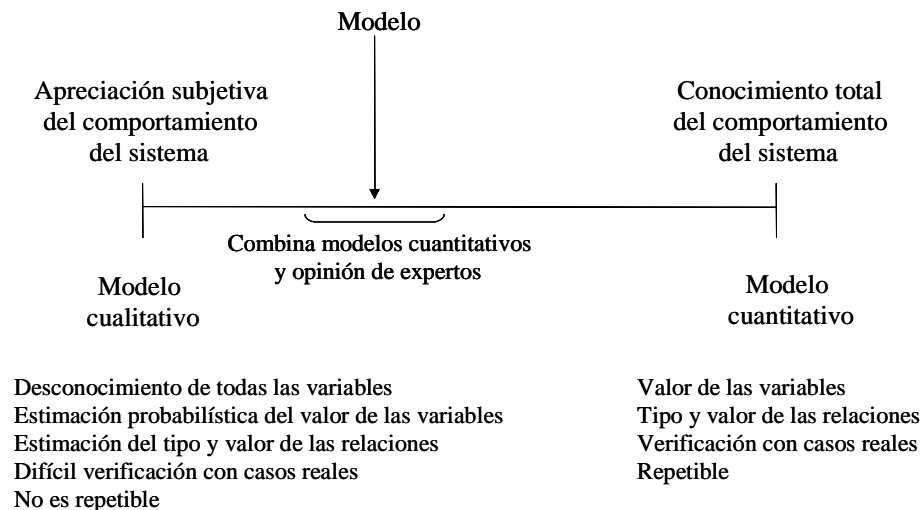
6.1 Aspectos generales

En este capítulo se presenta, de forma general, una estrategia para el análisis cuantitativo de riesgos de origen tecnológico. No se presentan modelos detallados sino requisitos mínimos necesarios.

6.2 Modelo cualitativo vs modelo cuantitativo

El modelo que representa el comportamiento de un sistema se encuentra siempre en un rango entre una evaluación puramente cualitativa o cuantitativa (Figura 6.1). Un modelo fundamentalmente cualitativo se basa en evaluaciones de expertos con base en la observación de eventos pasados. Un modelo completamente cuantitativo requiere el conocimiento exacto de todas las variables involucradas y de sus relaciones. Esta última situación es imposible de alcanzar dado que parte esencial de la incertidumbre es el desconocimiento de todos los posibles escenarios futuros.

Figura 6.1 Comparación entre un modelo cualitativo y uno cuantitativo



Los lineamientos generales del modelo cuantitativo propuesto incluye dos aspectos. En primer lugar, se presenta una lista de recomendaciones para mejorar la precisión del modelo utilizado en este estudio. En segundo lugar, se presentarán los requisitos mínimos que debe seguir una industria dentro de un estudio de riesgo para obtener resultados confiables. En las siguientes secciones se discuten estos dos aspectos en detalle.

6.2.1 Recomendaciones para mejorar la precisión del modelo

A continuación se presentan las recomendaciones generales para convertir el modelo utilizado en este estudio en un modelo más cuantitativo. Todas las recomendaciones sugeridas requieren una mejora significativa en la cantidad y calidad de información utilizada.

6.2.1.1 Incendios

Un análisis cuantitativo de incendios que complemente el modelo utilizado en este proyecto, debe considerar los siguientes aspectos:

- Se deben tener en cuenta las condiciones que propician la iniciación del fuego. Eventos como cortos eléctricos, fricción, electricidad estática y demás son importantes para definir la probabilidad de ocurrencia de un incendio.
- Es necesario conocer las condiciones particulares de almacenamiento de las sustancias peligrosas. Esto incluye principalmente el estado (líquido, sólido o gaseoso), la presión y la temperatura.
- La propagación de un incendio está estrechamente ligada a las condiciones particulares de cada sitio en el cual se genera. Para conocer la magnitud del impacto es necesario conocer cada sitio específico y sopesar aspectos como tipo de material almacenado, las condiciones de almacenamiento y seguridad, las barreras físicas y las características ambientales.
- El modelo supone que el material combustible no es homogéneo. Se debe considerar que existen materiales que acrecientan o disminuyen la velocidad de propagación del incendio.
- Las condiciones ambientales como intensidad y dirección del viento y la humedad son determinantes en la forma de propagación del incendio y deben incluirse en un modelo cuantitativo.
- Los efectos de transferencia de calor por radiación también deben tenerse en cuenta. En muchos casos la propagación de un incendio no se da por el contacto “físico” de las llamas desde el sitio en que se origina el incendio y un sitio adyacente, sino que interviene el efecto radiante de las llamas.
- Las barreras físicas se deben tener en cuenta en la modelación de la propagación e impacto de un incendio. Las barreras geográficas como calles, las características de las construcciones, distancias entre equipos generadores de calor y almacenamiento de combustibles, presencia de muros y pisos resistentes al fuego y muros corta-fuego, son fundamentales para un modelo de propagación de incendios

6.2.1.2 Explosiones

La elaboración de un modelo cuantitativo para la evaluación de la ocurrencia y propagación de una explosión requiere conocer en detalle características tanto de la sustancia peligrosa como de las condiciones de almacenamiento. A continuación se presentan algunos aspectos que complementan el modelo propuesto:

- *Propiedades de la sustancia:* la modelación de la probabilidad de ocurrencia de una explosión requiere modelar las propiedades físico químicas de cada sustancia peligrosa dentro de la industria.

- *Características del almacenamiento:* las características del recipiente que contiene la sustancia y el área en la que está ubicado, afectan significativamente los efectos producidos por una explosión. Por ejemplo, una explosión en una área cerrada generará daños mucho menores que en una zona abierta.
- *Equipos de detección:* la presencia de equipos de detección (ej: concentración de gases), aunque no están relacionados directamente con el grado de afectación por explosión, si disminuyen el riesgo que se presente una situación de emergencia, ya que con ellos se puede detectar a tiempo condiciones previas a la explosión.
- *Topografía de la zona:* El factor topográfico determina significativamente la extensión del daño y la afectación de una explosión. Barreras tanto naturales como canales de aguas lluvias y artificiales como muros de edificaciones, disminuyen significativamente el área afectada, y por consiguiente los daños.

6.2.1.3 Fugas

Para el caso del modelo de amenaza por fugas se deben seguir las siguientes recomendaciones.

- *Precisar la información meteorológica:* en el modelo utilizado se supuso un valor para la estabilidad de Pasquill (Tipo C) y un valor de velocidad de viento (3 m/s) uniformes para toda el área de la Localidad. Para una evaluación cuantitativa es necesario mejorar la calidad y cantidad de esta información, incluyendo rosas de viento de la zona y utilizando una metodología no cualitativa para la calificación de la estabilidad atmosférica.
- *Se deben incluir las transformación químicas de las sustancias modeladas:* en el modelo utilizado tan sólo se consideró el efecto de la dispersión de las sustancias gaseosas, sin tener en cuenta la tasa de desaparición del contaminante, debida esta a las reacciones químicas troposféricas.
- *Calibrar el modelo:* para aportar una mayor confiabilidad a los resultados, es necesario llevar a cabo una calibración y una validación del modelo, mediante mediciones en campo y comparando éstas con los resultados de la simulación.
- *Incluir el efecto de la altura efectiva:* Para la modelación de la dispersión debe encontrarse la altura real de emisión, la cual está determinada principalmente por la velocidad del escape. Por facilidad, este concepto no se tuvo en cuenta en el presente trabajo. Si se desea llegar a un modelo cuantitativo, esta simplificación no debe realizarse.
- *Precisar los valores para las tasas de fuga.* Para el modelo se consideraron valores aproximados para la tasa de la fuga, es necesario refinar esta información

6.2.1.4 Derrames

Para el caso del modelo de amenaza por derrames se deben seguir las siguientes recomendaciones.

- *Detallar la red de alcantarillado:* se podrían incluir ramales de la red domiciliaria que no se han tenido en cuenta actualmente.

- *Tránsito dinámico incluyendo degradación para algunos compuestos:* en la actualidad el modelo no incorpora reacciones de degradación de los compuestos en el alcantarillado, lo que para algunas sustancias puede ser relevante de considerar.
- *Mejorar la base de datos toxicológica:* se podría tener una mayor definición sobre los efectos toxicológicos de las sustancias para ayudar en el diseño de las acciones del plan de contingencia.
- *Mejorar la definición de la información de las sustancias:* en la actualidad se trabajó con la información de la base de datos de sustancia existentes, pero ésta no necesariamente incluye todos los datos relevantes para un estudio como el presente.
- *Incluir la generación automática de caudales base de manera dinámica en el tiempo:* se podría tener un módulo que calcule más detalladamente los caudales que irían en el alcantarillado a horas definidas durante el día.

Si el algoritmo propuesto en el presente trabajo, es mejorado de acuerdo a estas sugerencias, es posible afirmar, que el nuevo procedimiento se podrá considerar como una herramienta para evaluar de forma *cuantitativa* los procesos generadores de riesgo.

6.2.2 Recomendaciones para un estudio de riesgo industrial

Los resultados de este estudio mostraron que el análisis del riesgo y su manejo debe concentrarse en gran medida en el manejo del riesgo en la industria directamente. En esta sección se proponen una serie de requisitos que debe exigir la DPAE dentro de los planes evaluación y mitigación del riesgo industrial.

6.2.2.1 Estructura general de un plan de evaluación de riesgos

Se discutió en los primeros capítulos que el riesgo es ante todo una herramienta para la toma de decisiones. En consecuencia, un análisis de riesgo debe estar soportado en una necesidad que debe ser claramente establecida. Es claro que la industria y la DPAE tienen intereses diferentes y en consecuencia, actuando independientemente, desarrollarán estudios con objetivos diferentes. Por lo tanto, sí este proceso va a ser liderado por la DPAE, esta debe definir claramente sus objetivos que pueden estar relacionados con la afectación potencial sobre:

- la vida de los habitantes de la localidad
- la vida de los empleados de las industrias
- la infraestructura de servicios públicos
- el mobiliario urbano
- la actividad productiva de la zona para la ciudad
- las instituciones de apoyo social (escuelas)
- las instalaciones para la realización de eventos masivos
- los centros de salud, etc.

Aunque exista similitud, el análisis de riesgo para cada una de las situaciones anteriores difiere en criterios y partes específicas de los modelos. Por lo tanto se plantea en este documento los criterios básicos para la evaluación de riesgos a escala industrial. Estos criterios incluyen los siguientes elementos:

- Identificación y definición del sistema

- Tipo de decisión que se va a realizar
- Análisis de riesgo
- Modelación del sistema
- Definición de los criterios de evaluación
- Identificación de los eventos que pueden generar un riesgo
- Definición de escenarios de falla
- Análisis probabilístico de los escenarios de falla
- Análisis de las consecuencias
- Definición de criterios para la aceptabilidad
- Selección de la alternativa más eficiente

Esta estrategia garantiza consistencia y confiabilidad en los resultados; y al mismo tiempo es suficientemente flexible para enfrentar situaciones que difieren en su naturaleza. A continuación se describe cada uno de estos aspectos.

Identificación y definición del sistema: antes de iniciar cualquier estudio de riesgos es muy importante definir ¿qué es el sistema? y cuál es su función? Todo el análisis se concentra en identificar el cumplimiento seguro de la función. Por ello se deben definir los elementos que participarán en el análisis y las relaciones entre dichos elementos. Posteriormente se deben definir los límites, el contexto y el entorno del sistema. La visión sistémica juega un papel trascendental en este tipo de análisis. Para una industria, el análisis se puede realizar sobre un proceso específico, sobre un sector con un interés especial, o sobre toda la industria. Los parámetros mencionados cambian de acuerdo con el enfoque. De acuerdo con los intereses de la DPAE, el análisis también puede realizarse sobre un grupo de industrias ubicadas en un sector de la localidad.

Tipo de decisión que se va a realizar: la selección del sistema debe estar acompañada por la decisión que se va a realizar. La definición del objetivo concreto y cuantificable del estudio es prioritaria. Por ejemplo, si el objetivo es evaluar pérdidas económicas sobre la infraestructura física, el análisis se puede concentrar en la potencialidad de ocurrencia de un incendio y sus consecuencias. Si por otra parte, el estudio se enfoca hacia la salud pública, el estudio deberá concentrarse en las emisiones y en la posible ocurrencia de un derrame o una fuga de alguna sustancia tóxica. La decisión objetivo está acompañada de una serie de criterios de tipo político, económico y social que deben establecerse claramente antes de la contratación del estudio. Estos incluyen el análisis de los beneficios o los riesgos asociados a cualquier tipo de solución que se obtenga del estudio final.

Análisis de riesgo: terminada la etapa de estructuración del problema, se procede a la elaboración del estudio de riesgo. Este incluye los siguientes aspectos:

- Modelación del sistema
- Definición de los criterios de evaluación
- Identificación de los eventos que pueden generar un riesgo
- Definición de escenarios de falla
- Análisis probabilístico de los escenarios de falla
- Análisis de las consecuencias

A continuación se presenta una descripción de cada una de estas etapas.

Modelación del sistema: Una vez definido el sistema es necesario identificar los modelos que mejor se ajustan al problema objeto del estudio. La selección de un modelo adecuado debe velar por su aplicabilidad y su validez. El primer aspecto se refiere a la capacidad que tiene el

modelo para representar el sistema y la relevancia de los resultados esperados. Es importante aclarar que en algunos casos los modelos cualitativos son suficientes para obtener resultados confiables. La validez está relacionada con la veracidad de los resultados obtenidos del modelo en situaciones anteriores. Se recomienda realizar estudios de riesgos tecnológicos conjuntos entre industrias que compartan una o varias manzanas. Esto permitirá aumentar la confiabilidad en la evaluación de riesgos, diseñar estrategias conjuntas de mitigación, reducir costos y responder de manera más eficiente y segura ante una emergencia. La comunidad debe incluirse dentro de estos proyectos.

Definición de los criterios de evaluación: Los criterios de evaluación están relacionados con los objetivos del estudio y fueron descritos con detalle cuando se explicaron los requisitos para un estudio de vulnerabilidad. Los criterios definen la estrategia y el modelo que se debe utilizar para el análisis. Existen criterios como resistencia y forma que son los más comunes. También existen criterios como, por ejemplo, aplicabilidad, validez y tiempo de respuesta. La dirección en la cual se debe hacer el análisis es un criterio que debe establecerse con mucha claridad y debe ser entregado al consultor de antemano. Los criterios prioritarios para un estudio de riesgo tecnológico giran en torno a dos cosas: (1) las condiciones de operación y manejo de sustancias peligrosas; y (2) a la capacidad de respuesta ante una emergencia. El primer aspecto tiene que ver con todos los aspectos de seguridad industrial y el segundo con los planes de emergencia y contingencia internos de cada industria.

Identificación de los eventos que pueden generar un riesgo: los procesos generadores de riesgo se denominan usualmente amenazas. Su identificación depende del objetivo del estudio y del tipo de modelo que se utilice para el análisis. Por ejemplo, existen procesos que se pueden modelar como factores externos al sistema y otros como factores internos. También existen procesos que se van acumulando con el tiempo. Finalmente, cada proceso puede afectar diferentes partes de un sistema (aspectos físicos, organizacionales y sociales). La DPAAE deberá exigir al consultor (industria) que describa cada proceso en detalle, definiendo sus características de ocurrencia y el tipo de consecuencias que puede generar sobre el sistema. En esencia se puede trabajar con los fenómenos que se utilizaron en este estudio: incendio, explosión, fuga y derrame.

Definición de escenarios de falla: los escenarios de falla son parte esencial del análisis y definen en gran medida la extensión y los recursos necesarios. Cada proceso generador de riesgo puede definir varios escenarios de falla. Por ejemplo si se toma un sismo como proceso generador de riesgo, se pueden definir escenarios en términos del sismo más probable, el máximo sismo esperado, el sismo más probable, el sismo más frecuente, etc. Cada situación considera un sismo con características diferentes, que requiere una modelación de ocurrencia diferente y cuyas consecuencias son diferentes. El criterio para la toma de decisión, discutido anteriormente, define en buena medida el tipo de análisis que se quiere realizar. Por ejemplo, si se utiliza como criterio la afectación sobre la población, el análisis debe estar dirigido a modelar las consecuencias que puede tener la emisión de una sustancia tóxica de unas características determinadas, en los próximos 10 años. Todos los escenarios definidos se deben categorizar y clasificar de acuerdo con su aporte a la decisión que se debe tomar.

Análisis probabilístico de los escenarios de falla: sobre cada escenario de análisis se debe realizar un análisis para estimar su probabilidad de ocurrencia. El cálculo de la probabilidad de ocurrencia está determinado por el nivel de detalle que se requiera para la toma de decisiones relevantes; y por la cantidad y calidad de información disponible. La utilización de asignación de probabilidades subjetivas (*measure of belief*) con base en la opinión de expertos se utiliza en modelos muy complejos, o con baja calidad de información. Dentro de las técnicas utilizadas para la evaluación se encuentran la lógica difusa (Fuzzy Logic) y la matemática utilizada para el manejo de intervalos. Para eventos en donde la participación de las variables involucradas y

su variabilidad es ampliamente conocida, se utilizan herramientas como el análisis de primer orden y segundo momento, técnicas de Monte Carlo y análisis de segundo orden y segundo momento. Parte fundamental de este proceso consiste el llevar a cabo análisis de sensibilidad que permitan conocer con precisión la posible variabilidad de los resultados obtenidos. No se puede establecer cual es el mejor modelo sin conocer en detalle el sistema. La DPAE debe exigir al consultor la presentación de una estrategia clara y la definición de un modelo confiable y consistente para realizar esta parte del estudio.

Análisis de las consecuencias: el modelo discutido debe conducir a la definición de un cierto nivel de consecuencias por escenario considerado. Los resultados por escenario pueden representar diferentes niveles de evidencia, que es apoyo para la toma de la decisión final. En general se deben evaluar consecuencias en términos de vidas humanas, aspectos económicos y daños a la infraestructura física. Las consecuencias deben poderse cuantificar con base en un parámetro o índice que soporte la decisión.

Definición de criterios para la aceptabilidad: una vez concluido el análisis de riesgo, conjuntamente entre la DPAE y el consultor se deben definir los criterios para la definición de los diferentes niveles de riesgo. Esta es una decisión que debe involucrar no solo los aspectos técnicos o sociales, sino el contexto y las presiones políticas que se generen por la toma de esta decisión. En esta etapa se debe responder a la pregunta ¿qué tan seguro es suficientemente seguro? Los resultados deben analizarse a luz de los requerimientos y exigencias del POT.

Selección de la alternativa más eficiente: por último, como resultado del proceso es indispensable la toma de la decisión. En la mayoría de casi la DPAE será la responsable de esta parte del proceso. Por lo tanto, debe asegurarse de que un estudio siga todos los pasos antes mencionados de tal forma que la evidencia sea lo suficientemente confiable para la toma de la decisión. La decisión consiste en definir si la industria cumple con los niveles de seguridad mínimos exigidos para permanecer en la zona, o si se debe desarrollar un plan de actividades para alcanzar los objetivos mínimos de seguridad, o si definitivamente debe reubicarse.

Capítulo 7

Conclusiones

1. Este trabajo presenta una evaluación cualitativa de riesgos públicos de origen tecnológico para las localidades de Usaquén y Kennedy. La evaluación se realizó con el objeto de estimar la afectación potencial que puede ocasionar una explosión, un incendio, un derrame y una fuga, sobre las viviendas y la vida humana en la localidad.
2. El estudio se concentró en la modelación del comportamiento de cada uno de los fenómenos definidos. La información utilizada para el análisis se tomó principalmente de los estudios del Consejo Colombiano de Seguridad (CCS) y ACOTOFA. Para complementar la información se consultaron otras fuentes en las que se manejaba un inventario de industrias tal como ACERCAR. Finalmente se revisó información de la alcaldía Local y se realizaron algunas visitas de campo para corroborar dicha información. En el estudio quedó evidenciada la necesidad de realizar un inventario detallado y completo de industrias en la localidad. La revisión de información y las entrevistas realizadas mostraron que es claro que el número de industrias informales (aquellas no establecidas legalmente) es bastante grande. Solamente con información de calidad se puede pensar en desarrollar estudios más completos y confiables.
3. El estudio presenta una descripción y un análisis de la normatividad relacionada con riesgos de origen tecnológico y uso del suelo existente para la ciudad. Esta revisión muestra claramente que la normativa para el manejo de la seguridad al interior de las industrias está bien estructurada a través de la legislación que rige las Administradoras de Riesgos Profesionales (ARP). Es importante destacar que este sistema funciona adecuadamente para todas aquellas industrias legalmente establecidas únicamente. Es claro que falta una legislación mucho más rigurosa en cuanto al manejo de la seguridad hacia “afuera” de la industria. En ninguna parte de la legislación actual colombiana es claro el manejo de exteriores y de la relación entre las industrias. Dentro del plan de emergencia y contingencia se sugirió trabajar bastante en el fortalecimiento de la integración entre industrias vecinas para el manejo de la seguridad.
4. La situación actual de la localidad muestra una falta de información y de control muy importante. Se desconoce por completo la calidad y seguridad con que se manejan las sustancias peligrosas dentro de las industrias informales e ilegales. Entre las industrias legales, la responsabilidad de la seguridad recae sobre las medidas tomadas de forma individual para satisfacer las exigencias de las ARPs.
5. Las industrias de la localidad manejan un gran número de sustancias peligrosas como materia prima esencial para los procesos productivos, o como producto. El número de sustancias peligrosas utilizadas en el estudio se redujo sustancialmente con base en sus propiedades físico-químicas y en las condiciones en que se utilizan dentro de los diferentes procesos industriales. Para el caso de los incendios se utilizó como criterio fundamental para la selección el “*punto flash*”. Dentro de las sustancias consideradas como peligrosas para la ocurrencia de un incendio se definieron las siguientes: Gas Natural, Gas Propano, Alcohol Etilico, Thinner, Gasolina, ACPM y Varsol entre otros. Para el caso de explosiones se utilizaron las mismas sustancias que para los incendios dado que, aunque en algunos casos no son explosivas *per-se*, en condiciones especiales si pueden generar una explosión. Para el caso de fugas se manejaron sustancias en estado gaseoso tales como

cloro, gas propano, acetileno y amoníaco principalmente. Finalmente, para el caso de derrames se utilizó como criterio un factor de peligrosidad que combina el efecto tóxico, la volatilidad y la inflamabilidad de cada sustancia. Las sustancias consideradas en este último caso son gasolina, ACPM, alcohol etílico, thinner, varsol y disolventes en general (acetatos).

6. Adicionalmente, se realizó un análisis de las actividades industriales. Para las industrias sobre las cuales no existía información de sustancias peligrosas, se revisaron los procesos productivos principales y con base en ello se identificó el tipo de sustancia que se maneja y su volumen. La herramienta de apoyo principal para este análisis fue la clasificación CIU que clasifica las actividades industriales. Finalmente se estimó el tamaño de las industrias y se incluyeron en el análisis únicamente aquellas con volúmenes de almacenamiento de material suficientes para poder generar la ocurrencia del evento (ej.: 5000 Lts. para derrame). Los resultados obtenidos con base en estos criterios mostraron ser muy confiables para el propósito del estudio. Sin embargo, un análisis mucho más preciso requiere modelar en detalle cada uno de los procesos industriales.
7. El modelo desarrollado se planteó con base en tres criterios fundamentales: (1) la necesidad de estimar la afectación potencial de las viviendas y de la vida humana; (2) la calidad de la información disponible; y (3) la precisión de los modelos existentes. En primer lugar, el estudio se dirigió a apoyar a la DPAE para la toma de decisiones sobre las zonas en las que existe conflicto sobre el uso del suelo. Por otra parte, dada la calidad de la información disponible, en el estudio no se definen con precisión ni la ocurrencia de los fenómenos, ni la afectación. El modelo determina las zonas en las que se presentan los mayores conflictos de uso del suelo para cada uno de los eventos amenazantes principales. Por último, la revisión de la literatura mostró que no existen modelos adecuados para enfrentar un problema con las necesidades y condiciones previamente establecidas. En consecuencia, el modelo propuesto es novedoso en sus objetivos y su planteamiento.
8. El problema se modeló utilizando una visión sistémica. La alternativa más adecuada para representar un sistema es a través de una organización jerárquica. La visión sistémica del proceso de ocurrencia de un accidente que incluye la ocurrencia del incidente, la propagación y la afectación, es un modelo mucho más robusto para definir el riesgo que el análisis independiente de la amenaza y la vulnerabilidad. La localidad se modeló como un sistema con un nivel de definición (descripción dentro del sistema jerárquico) consistente para la obtención de resultados relevantes para la toma de decisiones. El modelo considera que la localidad se encuentra dividida en unidades fundamentales de análisis con un área promedio de 10,000 m². En total se definieron 107 unidades básicas de análisis para la localidad de Usaquén y 153 unidades para la localidad de Kennedy. Para cada unidad de análisis se calculó el número de viviendas y la población estimada para el año 2000. Los valores asignados a cada unidad de análisis son valores promedio estimados con base en información estadística del DANE. La aproximación sistémica permitió plantear el problema a un nivel de definición apropiado para el objetivo de la toma de decisiones por parte de la DPAE.
9. El modelo supone que el mecanismo de propagación de un incendio está definido únicamente por la cantidad de material combustible que se suministre y su distribución espacial. El material combustible que realmente aporta a la propagación del fuego no es el que lo origina sino el que se le inyecta en la medida que se propaga. El material combustible se estimó después de un análisis detallado del contenido típico por vivienda que está constituido principalmente por madera, textiles, papel y plásticos. La propagación del incendio depende de la geometría y la disposición de viviendas. El modelo propuesto para la zona afectada está elaborado a partir de un modelo de incendios en recintos cerrados y la

velocidad de propagación se calculó con base en los criterios propuestos por la NFPA. El área afectada se determina en función de la velocidad de propagación y el tiempo de respuesta (control de incendio). Este modelo considera una velocidad de propagación con base en la densidad de viviendas de la unidad de análisis. Se supuso que la afectación se presenta en forma radial.

10. La información recopilada y los modelos desarrollados mostraron que las consecuencias directas por explosión, para los tipos y volúmenes de material identificados en la zona, no son significativos dentro del nivel de detalle y precisión utilizado en el modelo. Esto quiere decir que una explosión tiene efectos directos muy locales sobre la infraestructura, pero poco significativos en términos de toda la localidad. Se ha demostrado que en regiones urbanas el calor disipado durante la explosión y los daños directos tienen como consecuencia principal la ocurrencia de un incendio. Por lo tanto, el modelo de explosiones tuvo en cuenta la potencialidad de que se presente y las consecuencias dominantes entre el fenómeno de explosión y de incendio. Para ello se realizaron varias pruebas en cada una de las localidades y se observó que en todos los casos las consecuencias del incendio dominan sobre la explosión. Por lo tanto, se tomó el incendio como el fenómeno que domina la afectación por explosión y en consecuencia el modelo es conservador.
11. El modelo de la dispersión atmosférica utilizado simula el comportamiento en conjunto de las plumas emitidas desde fuentes a nivel del terreno o a una altura determinada. Para el cálculo de la altura se tuvieron en cuenta tres conjuntos de parámetros que controlan el fenómeno de una pluma gaseosa inyectada a la atmósfera desde la chimenea: las características de la emisión, las condiciones meteorológicas, la naturaleza física y química del efluente. Para la modelación se utilizó la ecuación bidimensional con reflexión ya que es la alternativa que mejor se ajusta a las condiciones de calidad de información existente. El modelo supone que la dispersión se realiza en la misma dirección del viento y aunque existe una dirección predominante el viento, el modelo supone una velocidad de viento igual en todas las direcciones.
12. Una vez ocurrido el derrame, el modelo permite identificar en cada tramo de la red un valor de concentración de la sustancia derramada con base en un balance de masas. La concentración de la sustancia en cada tramo permite definir los rangos en los que se puede presentar un incendio o una explosión de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas. Después de ocurrido el derrame, la concentración de cada sustancia va decayendo en la medida en que va haciendo su tránsito por el sistema de alcantarillado. El decaimiento depende del caudal de material que aporte el sistema de alcantarillado a la zona por la cual transita. El modelo de derrames solo considera dos situaciones, *alta* y *ninguna* posibilidad de incendio o explosión. La concentración límite inferior para definir la peligrosidad se estableció como 0.5% en volumen, en la mezcla de gases que se puede tener en un tramo de tubería. Finalmente, se consideró la variación en el aporte del sistema de alcantarillado durante el día: mañana, tarde y noche; y en cada caso se identificó la zona con un alto potencial de incendio y explosión.
13. La posibilidad de que se registren eventos en cadena es un factor muy importante dentro del modelo. La ocurrencia de eventos en cadena puede incluir eventos del mismo tipo (explosión-explosión) o eventos diferentes (incendio-explosión-derrame). Estas situaciones se analizaron inicialmente en cada unidad individualmente. La modelación del efecto combinado de diferentes fenómenos se basó en la matriz de dependencia, la cual se define como la posibilidad de que un evento generador de riesgo pueda ocasionar otro (Derrame – Explosión). Estas probabilidades condicionales se evaluaron en términos cualitativos (alto, moderado y bajo). Las principales secuencias de eventos identificadas fueron explosión seguida de un incendio; y fuga seguida de explosión o incendio.

14. El riesgo se definió como el efecto combinado de la probabilidad de ocurrencia de una falla y sus consecuencias en un contexto determinado. Los análisis de riesgo son ante todo una herramienta para la toma de decisiones. Este modelo se basa en un proceso de acumulación de evidencia. Los procesos de acumulación de evidencia han sido tratados extensamente por la industria petroquímica, eléctrica y nuclear; y son la base para sus modelos de evaluación de riesgos. Este modelo sugiere que los accidentes y desastres no son el resultado de una causa única, sino el resultado de la acumulación de factores en el tiempo. Desde este punto de vista, el análisis de riesgo incluye tres etapas fundamentales: (1) modelación de procesos generadores de riesgo (amenazas); (2) identificación de elementos potencialmente afectados; y (3) evaluación de las consecuencias.
15. El cálculo de las pérdidas se realizó con base en los estimativos de costos de las viviendas por unidad. Se supuso que dentro de la zona afectada por el incendio las pérdidas correspondían al 100% del valor de la vivienda. El cálculo del número de viviendas se realizó proporcionalmente a la densidad por unidad. Aunque este valor no es exacto, si representa cualitativamente y en términos relativos el costo de los enceres y de la infraestructura de la unidad. El riesgo se obtiene en términos de la afectación relativa de cada unidad de análisis comparada con las otras unidades de la localidad. Esto quiere decir que los valores de pérdidas calculados son relativos, pero son consistentes y comparables con cualquier otro valor calculado en la localidad. Las pérdidas relativas están definidas en un rango entre 0 y 1, en donde 1 corresponde a las máximas pérdidas esperadas.
16. Se presentaron los lineamientos generales del plan de emergencia y contingencia para la localidad. Se destacan dentro de las prioridades del plan las siguientes: (1) establecer una estructura de control y manejo de emergencias en cabeza de la DPAAE; (2) mejorar de la calidad de la información disponible; (3) distribuir y divulgar de dicha información; (4) fortalecer de planes de emergencia y contingencia locales (a nivel de cuadra); (5) fortalecer de la calidad entre la industria y la comunidad en zonas de conflicto de uso del suelo; (6) establecer una normativa en la que se fortalezcan los aspectos fundamentales de la seguridad industrial.
17. El mapa de riesgo se concentró en la afectación sobre la zona residencial. Los resultados del estudio muestran zonas con conflictos importantes de uso del suelo se encuentran localizadas a lo largo del la avenida Boyacá entre avenida de las Américas y autopista Sur para la localidad de Kennedy. En cuanto a la localidad de Usaquén la mayor concentración de empresas de presenta en el sector de la autopista Norte con calle 172. El corto plazo es importante definir una reglamentación para el uso del suelo en la localidad que permita controlar la ubicación y el funcionamiento de las industrias.

Capítulo 8

Referencias Bibliográficas

1. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Estudio del plan para el control de la contaminación del aire en al área de la ciudad de Santa fe de Bogotá. 1992
2. Applied Technology Council (ATC-21) *Rapid visual screening of buildings foe potential seismic hazards*. Federal Emergency Management Agency (FEMA-154) 1988.
3. Behrentz, E., Khairoullina, D., Modelación de la polución fotoquímica por el ozono en la ciudad de Santa fe de Bogotá. 1999
4. Blockley D.I. (Editor) *Engineering safety*. McGraw-Hill, London 1992.
5. Blockley D.I. "Uncertain Ground: on Risk and Reliability on Geotechnical Engineering". Institution of Civil Engineers ICE, Conference on Risk and Reliability in Geotechnics. London November 1993.
6. Blockley D.I. *The Nature of Structural Design and Safety*. Ellis Horwood Chichester 1980.
7. Bond, John; Watson, Kenneth; Welch, Hasper "Atomic Theory of Gas Dynamics" Addison-Wesley 19:65
8. Ccambel, Ali Bulent; Jennings, Burgess "Gas Dynamics" McGraw-Hill Book, 1958
9. Chen H.M., Tsai K.H., Qi G.Z., Yang J.C.S. y Amini F. (1995), "Neural Network for Structure Control". Journal of Computing in Civil Engineering. pp 168-175, Vol 9 No.2, April.
10. Coburn A., Spence R. (1992), *Earthquake Protection*. John Wiley & Sons.
11. Consejo Colombiano de Seguridad (1999). *Identificación de amenazas tecnológicas para Santafé de Bogotá*. Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá, Dirección de Emergencias para y Prevención de Desastres (DPAE).
12. Corporación para el desarrollo industrial de la biotecnología (CORPODIB). Seguimiento a las fuentes fijas de emisión de contaminantes a la atmósfera de la ciudad de Santa Fe de Bogotá. 1998.
13. Covello V. and Merkhoffer M. (1993), *Risk Assessment methods: approaches for assessing health and environmental risks*. Plenum.
14. De Nevers N., Air Pollution Control Engineering. 1997
15. Dong W-M. Shah H.C. and Wong F. "Condensation of the Knowledge base in Expert Systems with Applications to Seismic Risk Evaluation". *Experts Systems in Construction and Structural Engineering*. Chapter 10, H Adeli (Editor). London, Chapman and Hall Ltd.
16. EERI Committee on seismic risk "Glossary of terms for probabilistic seismic-risk and hazard analysis". *Earthquake Spectra*, Vol. 1, No 1, November 1984 , 35-40.
17. Elifson K., Runyon R.P. and Haber A. (1990), *Fundamentals of social statistics*. McGraw Hill.
18. García C., Propuesta de norma de emisión de contaminantes del aire para procesos de combustión de hornos y calderas. 1999
19. GLASSMAN, Irvin, *Combustion*. Acedemic Press, 1987.
20. Groeneweg J. (1992). *Controlling the Controllable: the management of safety*. DSWO Press.
21. Haykin S. (1994), *Neural Networks: a comprehensive foundation*. Macmillan. New York.
22. Hood C., Jones D.K.C. (1996), Accident and Design. Contemporary debates in risk management. University Colleague London (UCL) Press.
23. INCROPERA, Frank, *Fundamentals of heat and mass transfer*, Wiley and sons, 1996.
24. Klir G.J., Folger T.A. *Fuzzy sets uncertainty and information*. Prentice Hall 1988.
25. Kottegoda N.T., Rosso R. (1997). *Probability, statistics and reliability for Civil and environmental engineers*. McGraw Hill.
26. NFPA, *Manual de protección contra incendios*. Mapfre, 1986.

27. Norris, Charles; Hansen, Robert; Holley, Myle; BIGGS, John; MANYET, Saul; MINAMI, John "Structural Design for Dynamic Loads" McGraw-Hill Book, 1959
28. Parker A., La contaminación del aire por la industria, Ed. Reverté. 1980
29. Real Academia de la Lengua Española (1956), *Diccionario de la Lengua Española*.
30. Rojahn C., Sharpe R.L., Scholl R.E., Kiremidjian A.S., Nutt R.V., Wilson R.R. "Earthquake damage and loss evaluation data for California". *Earthquake Spectra*. 1986, Vol. 2, No 4, 767-782.
31. Ross T. J. (1995), *Fuzzy logic with Engineering Applications*. McGraw Hill.
32. Sánchez-Silva M. (2000), "Basic concepts in risk analysis and the decision making process". *Journal Civil Engineering and Environmental Systems*. En revisión para publicación.
33. Sánchez-Silva M., Blockley D.I., Taylor C. A. (1996) "Uncertainty Modelling of Earthquake hazards". *Journal of Microcomputers in Civil Engineering*. Vol. 11, No 1, January.
34. Sánchez-Silva M., Blockley D.I., Taylor C. A. "A systems approach to earthquake vulnerability assessment. Part 2: Hospital Regional de Buenaventura: a case study". ICE.... 1996
35. Sánchez-Silva M., Taylor C. A., Blockley D.I. "Hazard management of projects in an earthquake". CERRA - ICASP 7, 7th. International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering. Paris, July 1995.
36. Sánchez-Silva M., Taylor C. A., Blockley D.I.(1995) "Towards an integrated model for seismic zonation". *Proceedings of the 5th. International Conference on Seismic Zonation*. Nice, Octobre.
37. Servicios tecnologicos MAPFRE (1999), Curso de análisis de riesgos. ITSEMAP COLOMBIA. Santafé de Bogotá.
38. Serway, Raymond "Physics for Scientists and Engineers: Tercera edición. Saunders College Publishing Filadelfia, 1990
39. Silva F., Londoño M., Ojeda E. Y Col. La contaminación del aire en Bogotá. 1983-1987. Publicación del servicio de salud de Bogotá. 1987.
40. Smith R. (1993). *Catastrophes and Disasters*. Chambers.
41. TRUJILLO, Raul, *Manejo seguro de hidrocarburos*, Consejo colombiano de seguridad, 1991.
42. Turner B., Pidgeon N. (1998). *Man Made Disasters*. Butterworth and Heinemann (BH), London.
43. Valencia A., Derecho Civil Tomo I, Temis 1989.
44. Wark, Kennet & Warner, Contaminación del aire, Origen y control. 1996
- Zadeh L.A. (1965); "Fuzzy Sets". *Information Control*, Vol 8, 338-353.

Sitios de Internet consultados:

1. [EUR-Lex: Legislación comunitaria vigente - Documento 394L0062](http://europa.eu.int/eur-lex/es/lif/dat/1994/es_394L0062.html)
http://europa.eu.int/eur-lex/es/lif/dat/1994/es_394L0062.html
2. [Hazardous Chemical Database](http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/)
<http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/>
3. [THOMAS -- U.S. Congress on the Internet](http://thomas.loc.gov/)
<http://thomas.loc.gov/>
4. [Continuación Galería de Legislación. Legislación Industrial](http://www.cyberseguridad.org/_private/anexo4_p15.htm)
http://www.cyberseguridad.org/_private/anexo4_p15.htm
5. [1999 Fire Publications - Global Model for Predicting the Burning Rates of Liquid Pool Fires.](http://www.fire.nist.gov/bfrlpubs/fire99/art067.html)
<http://www.fire.nist.gov/bfrlpubs/fire99/art067.html>
6. [Página de links de seguridad](http://www.cyberseguridad.org/pagina_n10.htm)
http://www.cyberseguridad.org/pagina_n10.htm
7. [PARQUES INDUSTRIALES](http://magic.santafe.gov.ar/magic/industria/parques.htm)
<http://magic.santafe.gov.ar/magic/industria/parques.htm>
8. [Reglamento de Zonificación del Estado de Jalisco](#)

- <http://www.jalisco.gob.mx/srias/prodeur/rgdurban.html>
9. [\[España\]: \[Legislación y Normas Técnicas\]: Sistema de la Unión Europea de Seguridad y Salud en el Trabajo](#)
<http://es.osha.eu.int/legislation/>
 10. [Actuaciones Publicas en Materia de Medio Ambiente](#)
<http://www.mma.es/INTERNET/GENERAL/vgt/areainfo/actuaciones.htm> \| "Normativa
 11. [Ministerio de Medio Ambiente - Documentación Ambiental](#)
http://www.mma.es/INTERNET/dos/documentacion_ambiental.htm
 12. [Reglamentacion y desarrollo normativo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo](#)
<http://www.mtas.es/insht/osha/legislation/LPRLreg.htm>
 13. [MALEGESP.HTM](#)
<http://biblioteca.mma.es/BIBLIOTECA/ma2spa.html>
 14. [STPS-DGHST-Normas Oficiales Mexicanas-Consulta por Tema-Higiene-Sustancias Químicas](#)
http://www.stps.gob.mx/312/312_0030.htm
 15. [Aspectos Fiscales del Diario Oficial de la Federación](#)
<http://www.cpware.com/dof/dof.html>
 16. [NORMA OFICIAL MEXICANA: NOM-010-STPS-1994](#)
http://www.stps.gob.mx/312/312_1010.htm
 17. [Secretaría del Trabajo y Previsión Social](#)
<http://www.stps.gob.mx/>
 18. [STPS-DGHST-Normas Oficiales Mexicanas-Consulta por Tema-Seguridad](#)
http://www.stps.gob.mx/312/312_0028.htm
 19. [Industrial Code Rules-Safety and Health](#)
<http://www.labor.state.ny.us/html/safety/coderule.htm>
 20. [ASTM Individual Standard Search Form](#)
<http://www.astm.org/cgi-bin/SoftCart.exe/STORE/standardsearch.htm?L+mystore+dlmu3761+936325829>
 21. [Search the U.S. EPA Internet Site](#)
<http://www.epa.gov/epahome/search.html>
 22. [CIENCIAS APLICADAS](#)
<http://www.icfes.gov.co/erl/caplic1.html>
 23. [EPA/OSW - Hazardous Waste](#)
<http://www.epa.gov/epaoswer/osw/hazwaste.htm>
 24. [Bienvenidos al DAMA, Departamento Técnico del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia.](#)
<http://www.DAMA.GOV.CO/>
 25. [EPA/OSW - Publications](#)
<http://www.epa.gov/epaoswer/osw/publicat.htm>
 26. [US EPA - Chemical Accident Prevention and RMP](#)
<http://www.epa.gov/swercepp/acc-pre.html>
 27. [Explosion Hazards Database for Energetic Materials](#)
<http://www.aist.go.jp/RIODB/hazard/>
 28. [Reglamentos Técnicos Oficiales](#)
<http://bdd.unizar.es/pag4/leyes.htm>
 29. [Hazardous Chemical Database](#)
<http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/>
 30. [ISO Studies and Analyses](#)
<http://www.iso.com/docs/studies.htm>
 31. [USDA Forest Service Nationwide Search Service](#)
<http://www.fs.fed.us/intro/search.shtml>
 32. [USDA Forest Service](#)
<http://www.fs.fed.us/>

33. [Riverside Fire Lab](http://www.rfl.psw.fs.fed.us/)
<http://www.rfl.psw.fs.fed.us/>
34. [Firewise Publications](http://www.firewise.org/www/pubs_win.htm)
http://www.firewise.org/www/pubs_win.htm
35. [USFA -- Industrial Plastics Fire: Major Triage Operation Flint Township, Michigan](http://www.usfa.fema.gov/techreps/tr025.htm)
<http://www.usfa.fema.gov/techreps/tr025.htm>
36. [USFA -- Major Propane Gas Explosion and Fire - Perryville, Maryland](http://www.usfa.fema.gov/techreps/tr053.htm)
<http://www.usfa.fema.gov/techreps/tr053.htm>
37. [Hexane](http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=hexane&Units=SI)
<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=hexane&Units=SI>
38. [Standard Reference Data Products Catalog](http://www.nist.gov/srd/)
<http://www.nist.gov/srd/>
39. [Physical Chemistry at Hood College](http://www.hood.edu/chemistry/courses/pchem/pchem.htm)
<http://www.hood.edu/chemistry/courses/pchem/pchem.htm>
40. [DCA No. 1 - Flame Spread Performance of Wood Products](http://www.awc.org/DCA_No1/)
http://www.awc.org/DCA_No1/
41. [Fire and Emergency Planning Directorate](http://www.homeoffice.gov.uk/dob/fepd.htm)
<http://www.homeoffice.gov.uk/dob/fepd.htm>
42. [Fire and Arson Investigation Resource Page Links](http://home.earthlink.net/~dliske/links.html)
<http://home.earthlink.net/~dliske/links.html>
43. [COMISION NACIONAL DE PREVENCION DE RIESGOS Y ATENCION DE EMERGENCIAS. Costa Rica](http://www.cne.go.cr/)
<http://www.cne.go.cr/>
44. [Clases de fuego y su extincion](http://members.tripod.com.ar/SEGUTECHSRL/Clases_de_fuego_y_su_extincion.html)
http://members.tripod.com.ar/SEGUTECHSRL/Clases_de_fuego_y_su_extincion.html
45. [Técnicas de Extinción de Incendios](http://www.amirme.com/sseasa/documentos/tecnicas.htm)
<http://www.amirme.com/sseasa/documentos/tecnicas.htm>

ANEXO A

Glosario de Términos

Glosario de términos

Tomado del CCS (1999)

ACCIDENTE: Todo suceso repentino sin causa aparente que produce lesiones orgánicas, perturbación funcional, invalidez, muerte, daños o pérdidas de la propiedad y el ambiente.

ACCIDENTE MAYOR: evento adverso cuyas características están relacionadas con actividades consideradas como altamente riesgosas, fundamentadas en la acción o conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radiactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas o bien una explosión con o sin incendio, ocasionaría una afectación sobre el ambiente, la población o sus bienes, en una magnitud tal que afecta la normalidad de una Localidad, ciudad o país.

ANSI (AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE): Instituto Nacional Americano de Normas. Organismo normalizador de los Estados Unidos.

APELL (AWARENESS AND PREPAREDNESS FOR EMERGENCIES AT LOCAL LEVEL): Concientización y Preparación para Emergencias a Nivel Local. Un proceso para responder a los accidentes tecnológicos involucrando al gobierno, la industria y la comunidad especialmente.

ARBOL DE FALLAS O DE DEFECTOS (FAULT TREE ANALYSIS): sistema de análisis de riesgos que pretende deducir de una manera razonada y ordenada las causas que pueden dar origen a que un riesgo se actualice. La aplicación del sistema ayuda a plantear las soluciones mejores que actuando sobre tales causas eviten los riesgos estudiados.

ARP (ADMINISTRADORA DE RIESGOS PROFESIONALES): entidad pública o privada del sector asegurador que tiene entre otros los siguientes objetivos: realizar actividades de prevención, asesoría y evaluación de riesgos profesionales; promover y divulgar programas de medicina laboral, higiene industrial, salud ocupacional y seguridad industrial.

ASME: (American Society Of Mechanical Engineering), Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS): Sociedad Americana de Pruebas y Materiales

BIDON: recipiente de plástico con agarraderas diseñado para contener líquidos.

CARCAMOS: tubería y/o canales que en la mayoría de veces conducen aguas residuales.

CATALIZADOR: cualquier sustancia que un porcentaje fraccionalmente pequeño afecta fuertemente al régimen de una reacción química. El catalizador por sí mismo no es sometido a ningún cambio químico, es alterado físicamente a menudo por moléculas de los reactivos absorbidas químicamente. La mayoría de los catalizadores aceleran el régimen de la reacción, pero pocos las retardan.

CEE: abreviatura de Comunidad Económica Europea

COMBUSTIBLE: cualquier sólido, líquido o gas que puede sufrir oxidación durante un incendio.

COMITE DE AYUDA MUTUA: equipo de trabajo integrado por diferentes empresas en el que se busca conformar un esquema de trabajo que ofrezca niveles óptimos de seguridad y preparación para emergencias a través de la realización de un plan de ayuda mutua.

COMITE LOCAL DE EMERGENCIAS (CLE): conjunto de representantes de las entidades públicas que realizan planes, programas, proyectos y acciones específicas para: prevenir, manejar, rehabilitar, reconstruir y desarrollar, las acciones a que dan lugar las situaciones de desastre o de calamidad. Integran los esfuerzos públicos y privados para la adecuada prevención y atención de desastres o de calamidades. Deben garantizar un manejo oportuno y eficiente de todos los recursos humanos, técnicos, administrativos y económicos que sean indispensables para la prevención y atención de las situaciones de desastre o calamidad. Todos los CLE están coordinados por el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de

CONDICIONES DE TRABAJO: características materiales y no materiales que pueden ser generadas por el ambiente, la organización y las personas, y que contribuyen a determinar el proceso salud - enfermedad.

CONDICIONES DE SALUD: características materiales y no materiales que pueden ser generadas por el ambiente, la organización y las personas, y que contribuyen a determinar el proceso salud - enfermedad.

CONSECUENCIAS: es la alteración en el estado de salud de las personas y los daños materiales que resultan de la exposición al factor de riesgo.
Desastres.

CONTENCION: procedimientos encaminados a conservar un líquido en su lugar de existencia o en su contenedor.

CONTROL: procedimientos, técnicas y métodos utilizados para mitigar un derrame de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas.

COORDINACION: proceso de analizar sistemáticamente una situación, obtener información relevante e informar a las autoridades pertinentes (para que decidan) las alternativas viables para elegir la combinación más efectiva de los recursos disponibles para lograr los objetivos específicos.

CRETIB: abreviatura de: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, irritante, biológico

CRISIS: cualquier situación que: a. ocasione fallecimiento, daños numerosos o daño importante en propiedades e instalaciones de la compañía; b. represente una amenaza importante para las vidas y/o salud de la gente y/o ambiente fuera de las instalaciones de la compañía; c. entorpece severamente la capacidad de la compañía para gestionar sus negocios, d. produce una atención adversa nacional del gobierno o de los medios; e. Compromete la positiva imagen alcanzada por la compañía nacionalmente y la de sus funcionarios

DERRAME: toda descarga súbita, intempestiva, impredecible, irresistible e imprevista de una sustancia líquida o semilíquida a un cuerpo exterior.

DESASTRE: perturbación parcial o total del sistema, por ocurrencia de un siniestro o posibilidad de que suceda, afrontada sin un plan adecuado para manejo de recursos y procedimientos pertinentes, que trae consigo pérdidas materiales y de vida .

DESCONTAMINACION (reducción de la contaminación): procesos físicos y/o químicos encaminados a reducir y prevenir que la contaminación se propague a través de las personas y del equipo utilizado en un incidente con materiales peligrosos.

DESTILACION: proceso en el cual se busca la separación de sustancias químicas en estado líquido basándose en la diferencia de los puntos de ebullición de los componentes.

DIAGNOSTICO DE CONDICIONES DE TRABAJO O PANORAMA DE FACTORES DE RIESGO: forma sistemática de identificar, localizar y valorar los factores de riesgo de manera que pueda actualizarse periódicamente y que permita el diseño de medidas de intervención.

DILUCION: operación mediante la cual se obtiene una mezcla final con características homogéneas.

EMAS: (Environmental Management Audit System), sistema de gestión ambiental de la Unión Europea, de acuerdo con su reglamentación.

EMERGENCIA: a. Cualquier suceso no rutinario o la situación que representa una amenaza importante para las vidas o la salud de la gente, el ambiente, operaciones de la planta y sus propiedades tangibles o intangibles; b. Ha recibido o es probable que reciba atención adversa de los medios o del público; c. Compromete la imagen positiva alcanzada por la compañía en la comunidad y consiguientemente requiere una acción urgente que establezca o minimice su impacto.

Perturbación parcial o total del sistema, por ocurrencia de un siniestro o posibilidad de que suceda, que pueda poner en peligro la estabilidad del sistema y pueda requerir para su manejo de recursos y procedimientos diferentes

EQUIPO DE RESPIRACIÓN AUTÓNOMO (SCBA): Equipo de respiración autocontenido. Aparato de respiración con máscara amplia y un sistema independiente de suministro de oxígeno o aire.

EQUIPO DE RESPUESTA DEL PLAN LOCAL DE CONTINGENCIA: grupo de personal entrenado de respuesta que actúa bajo un plan de respuesta de emergencia y procedimientos operativos estándar para controlar, minimizar o eliminar los peligros que pueda haber para las personas, las propiedades o el ambiente cuando un hidrocarburo, derivado o sustancia nociva se derrama.

ESPACIO CONFINADO: lugar o recinto que puede estar caracterizado por: disponibilidad de oxígeno limitado, temperaturas elevadas, escasa iluminación, estrecho para movilización, ej. trabajos en fosos.

ETIQUETA O ROTULO: elemento elaborado de diferentes materiales como papel, plástico, metal o madera que permita ser escrito, grabado, impreso o graficado con información básica o complementaria para un producto determinado y puede colocarse sobre el recipiente que lo contiene mediante cualquier sistema de fijación.

EVACUACION: conjunto de actividades y procedimientos tendientes a conservar la vida y al integridad física de las personas en el evento de encontrarse amenazadas por el desplazamiento a través y hasta lugares de menor riesgo.

EVENTO INDESEADO: se le da esta denominación genérica a los incidentes y accidentes.

EXPOSICIÓN: frecuencia con que las personas o la estructura entran en contacto con los factores de riesgo.

HAZOP: metodología para análisis de riesgos y operabilidad basada en un examen de un grupo de especialistas quienes cuestionan cada parte del proceso o sistema para descubrir como se desvían las intenciones del diseño original y se decide si estas desviaciones pueden dar lugar a riesgos.

HIGIENE OCUPACIONAL O INDUSTRIAL: conjunto de actividades destinadas a la identificación, evaluación y control de los factores de riesgo del ambiente de trabajo que puedan alterar la salud de los trabajadores, generando enfermedades profesionales.

HOJAS DE SEGURIDAD: una Hoja de datos de seguridad de los materiales ó MSDS (Material Safety Data Sheet), es un reporte estrictamente técnico que indica la forma segura de trabajar con las sustancias químicas que se manejan en cualquier actividad del ciclo de vida de estos materiales teniendo en cuenta sus características de peligrosidad. Contiene información acerca de la composición, propiedades físicas y químicas, peligros para la salud y la seguridad, respuesta de emergencia y disposición de los desechos del material en cuestión, entre otros.

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO: proceso para el reconocimiento de situaciones que generan riesgos, y la definición de sus características.

INCIDENTE: se trata de cualquier suceso no rutinario o situación que: a. No representa una amenaza significativa para las vidas o salud de la gente, propiedad u operaciones de la planta, b. No tiene y no es probable que reciba la atención adversa de los medios pero requiere de una evaluación especial con respecto a si es necesario tomar medidas adicionales.

INCINERACIÓN: proceso térmico aplicado a residuos en cualquier estado físico, también es una forma de disposición porque reduce los residuos sólidos a una pequeña fracción de la cantidad inicial. El proceso libera gases tóxicos y corrosivos que deben ser tratados inmediatamente

ISO (INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION): Organización Internacional de Normas

MAGNITUD DEL RIESGO: está determinado por la combinación de la probabilidad de que se presente una emergencia y las consecuencias de la misma; se clasifica en magnitud alta, media, baja.

MAPA DE AMENAZAS: representación gráfica de toda o parte de la Localidad, en la que se encuentran señalados los lugares donde se presentan los siniestros, sitios afectables, ubicación de recursos para atender la emergencia, vías más rápidas para evacuar y llegar a donde están ubicados los recursos.

MITIGACIÓN: instrucción y ejecución del conjunto de acciones básicas primarias que deben establecerse para atender las emergencias. Ejemplo: manejo de comunicaciones, protección de instalaciones claves, etc.

NFPA (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION): Asociación Nacional de Protección contra Incendios de los Estados Unidos

QS (QUALITY STANDARD): norma de calidad

PANORAMA DE FACTORES DE RIESGO: forma sistemática de identificar, localizar y valorar los riesgos de manera que se pueda actualizar periódicamente y que permita el diseño de medidas de intervención.

PELIGRO: fuente o situación con potencial de producir lesión a las personas, enfermedad profesional, daños a la propiedad, al medio ambiente o una combinación de éstos.

PLAN LOCAL DE CONTINGENCIA: programa de tipo predictivo, preventivo y reactivo para el control de eventos adversos como fugas, derrames, incendios y explosiones, con una estructura estratégica, operativa e informática desarrollado por la empresa o actividad que puede generar un estos eventos.

PLAN DE AYUDA MUTUA: es un medio por el cual se potencializa la seguridad brindada por las protecciones individuales disponibles por cada empresa en una comunidad industrial, revirtiendo en mayor capacidad para enfrentar con éxito una eventual emergencia y se fundamenta en el establecimiento de un acuerdo formal entre las empresas localizadas en un mismo sector geográfico para facilitarse ayuda técnica y humana en el evento de una emergencia que sobre pase o amenace con sobre pasar la capacidad de protección de la empresa.

PLAN DE EMERGENCIA: organización de los medios humanos y materiales disponibles para garantizar la intervención inmediata ante la existencia de una emergencia y garantizar una atención adecuada (bajo procedimientos establecidos) de los responsables de la emergencia.

PREPARACIÓN: comprende todos los proyectos y actividades cuyo objetivo es establecer las medidas para actuar en la emergencia .

PREVENCIÓN: comprende todos los planes, proyectos y actividades, que se realicen antes que se presente el evento, con el fin de reducir la frecuencia en la ocurrencia de las emergencias.

PROBABILIDAD: posibilidad de que los acontecimientos de la cadena se completen en el tiempo, originándose las consecuencias no queridas ni deseadas

PROGRAMA DE SALUD OCUPACIONAL, PSO: diagnóstico, planeación, organización, ejecución y evaluación de las actividades tendientes a preservar, mantener y mejorar la salud individual y colectiva de los trabajadores en sus ocupaciones y que deben ser desarrolladas en sus sitios de trabajo en forma integral e interdisciplinaria.

REACCION QUÍMICA: transformación o cambio químico; interacción entre dos o más sustancias para formar otras nuevas.

REACTIVO: cualquier sustancia empleada en una reacción con el objeto de detectar, medir examinar, o producir otras sustancias.

RECONSTRUCCIÓN: trabajos tendientes a subsanar los daños ocasionados por la emergencia en bienes materiales e infraestructura (redes de servicios públicos, edificaciones importantes como colegios, hospitales, sedes comunitarias, y vías).

RECUPERACIÓN: obras o actividades necesarias para llevar un sistema a su situación normal.

RECURSOS: toda la asistencia inmediata o de apoyo disponible para ayudar a controlar un incidente; incluye personal, equipo, agentes de control, instituciones y guías de emergencia impresas.

REHABILITACIÓN: trabajos tendientes a restablecer los servicios afectados por la emergencia (agua, luz, teléfono).

RESCATE: hace parte de la respuesta a la emergencia. Consiste en movilizar individuos que no pueden hacerlo por sus propios medios y llevarlos hacia un lugar de menor peligro.

RESPUESTA: parte de la dirección de un incidente, en la cual el personal se dedica a controlarlo.

RI (RESPONSABILIDAD INTEGRAL): es un programa permanente de mejoramiento continuo en los procesos y operaciones, que se apoya en la articulación de los programas existentes en la industria para cada uno de los campos de su misión: protección ambiental, salud y seguridad ocupacional. En Colombia es coordinado por Acoplásticos, Andi y el Consejo Colombiano de Seguridad.

SALVAMENTO: hace parte de la respuesta. Comprende acciones tendientes a proteger bienes materiales.

SALUD OCUPACIONAL: conjunto de disciplinas que tienen como finalidad la promoción de la salud en el trabajo a través del fomento y mantenimiento del más elevado nivel de bienestar en los trabajadores de todas las profesiones, previniendo alteraciones de la salud por las condiciones de trabajo, protegiéndolos contra los riesgos que resultan de la presencia de agentes nocivos y colocándolos en un cargo acorde con sus aptitudes físicas y psicológicas.

SEGURIDAD OCUPACIONAL O INDUSTRIAL: conjunto de actividades destinadas a la identificación, evaluación y control de los factores de riesgo o condiciones de trabajo que puedan producir accidentes de trabajo.

SIMULACRO: simulación que mide el comportamiento del personal comprometido y encargado de la ejecución de los procedimientos de derrames y probar su reacción ante situaciones especiales que son estructuradas lo más estrechamente posibles con las emergencias reales.

SINIESTRO: evento negativo que puede afectar un sistema. Ejemplo: inundación, deslizamiento, incendio, explosión, derrame de líquidos peligrosos, escape de gases tóxicos.

SISTEMA DE CONTROL: medidas implementadas con el fin de minimizar la ocurrencia de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

SISTEMA DE GESTIÓN: conjunto de cualquier nivel de complejidad, integrado por personas, recursos, políticas y procedimientos, cuyos componentes interactúan en forma organizada para lograr o mantener un resultado especificado.

SUSTANCIAS CRIOGÉNICAS: cualquier elemento o compuesto químico que se encuentra a temperaturas del orden de los -200° C.

SUSTANCIA QUÍMICA PELIGROSA: cualquier producto, sustancia o mezcla de sustancias que tiene propiedades capaces de producir efectos adversos sobre el ambiente, la comunidad y las propiedades físicas.

TRABAJO EN CALIENTE: operaciones en las cuales el trabajador está expuesto a condiciones extremas que pueden afectar tanto su salud como su seguridad en el desarrollo de las mismas, ej. trabajos en alto horno.

UN (NUMERO DE NACIONES UNIDAS): Son cuatro (4) dígitos (precedidos de la sigla UN) usados para identificar a los materiales peligrosos durante su transporte.

WHAT IF: metodología para análisis de riesgos de procesos industriales basado en la expresión ¿qué pasaría si?.

ANEXO B

Comparación de metodologías

Anexo B: ANÁLISIS RIESGOS

En los procesos industriales la pérdida de función de todo el sistema o de una parte puede producir graves daños tanto para la industria como para el entorno. Esta es una razón por la cual el análisis de riesgos es un elemento fundamental en la productividad y en la sociedad.

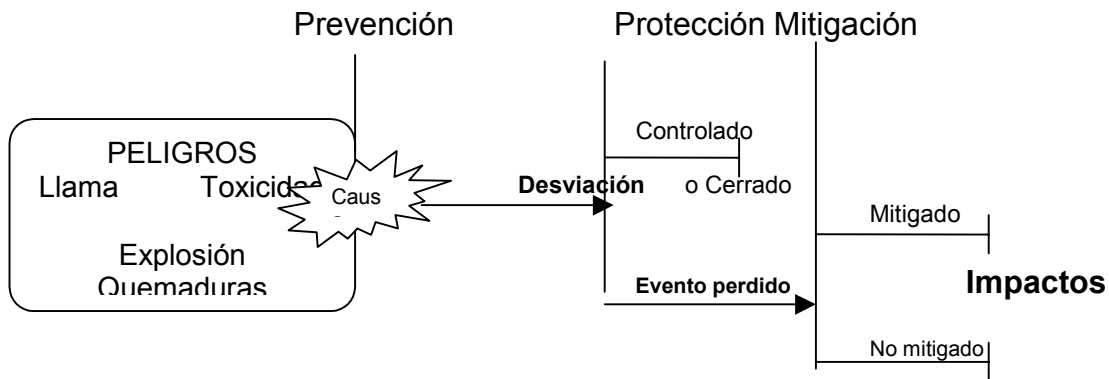
Análisis de riesgos se define como el estudio sobre los peligros y los riesgos asociados a un proceso. Por lo tanto, es necesario tener claro la diferencia entre riesgo y peligro. Varias organizaciones, han distinguido el peligro y el riesgo desde el punto de vista químico-industrial, algunas de estas distinciones se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

PELIGRO	RIESGO	REFERENCIA
Presencia de materiales o condiciones peligrosas, como el almacenamiento de gases tóxicos, donde la pérdida de control o de contención puede causar accidentes, dañar a la propiedad al proceso y/o al medio ambiente	Frecuencia de la causa en el tiempo y severidad de las consecuencias dividido por la efectividad del sistema de seguridad existente	AIChE Curso de educación continuada "Hazard y operabilidad (HAZOP) Studies for Process safety an risk Management"
Una Característica inherente física o química, con un gran potencial para causar daño a personas, propiedades o al medio ambiente	La combinación de frecuencias (eventos / año) y de consecuencias (efectos/evento) de un accidente o grupo de accidentes	Center for Chemical Process Safety "guidelines for hazard evaluation Procedures, Second Edition whit worked Examples" CCPS, AIChE, New York 1992
El objeto o situación que conduzca a la pérdida de vidas o propiedades	La probabilidad de frecuencias de que ocurra una pérdida de vida o propiedad	Lees, F. P., "Loss prevention in the process Industries" "nd ed., Oxford. UK. 1996
Presencia de un material o condición con un gran potencial para causar daño	Una combinación de la severidad de las consecuencias y la probabilidad de ocurrencia de fallos indeseados	Jhonson R.W., "Risk Management by risk Magnitudes" Chem. Health & Safety. 1998

En una situación normal de operación se involucran peligros como, flamabilidad, explosión, toxicidad entre otros; y el descontrol sobre estos implica un impacto sobre el entorno. En un sistema de seguridad no se busca necesariamente la eliminación del peligro, si no más bien la reducción del riesgo, que depende de los sistemas de prevención, protección y mitigación asociados con el peligro (Figura 1).

Figura 1



Los métodos utilizados para la evaluación de riesgos dependen del estado del proceso de ocurrencia del accidente: prevención, protección o mitigación. La elección del punto en donde se debe trabajar durante el proceso depende del tipo de peligro, la tecnología aplicable y los costos para la empresa.

Ejemplos de peligros y consecuencias por pérdidas de control, se relacionan en la Tabla 2.

Tabla 2

Peligro Asociado	Consecuencia por pérdida de control
Químico	
Inestabilidad Térmica	Explosión térmica, super calentamiento durante la reacción
Flamabilidad	Chispa Ignición de vapores
Combustibilidad	Explosión de polvo Chispa de vapores desde combustibles sólidos o líquidos calientes.
Acidez o basicidad	Gases ácidos o líquidos/sólidos corrosivos
Reducción de la reactividad química	Espacios cerrados con reducción de nivel de oxígeno
Térmico	
Elevadas temperaturas	Contactos con superficies calientes Explosión de vapor o equivalente
Reducida temperatura	Liberación de material criogénico Fractura del equipo
Presión /volumen	
Volumen compresible, alta presión	Ruptura de tanque
Material líquido a baja presión	Cambio rápido de fase

Dependiendo del tipo de proceso, cada uno de los peligros es más o menos importante, por eso es importante priorizar usando un método de análisis de riesgos apropiado a las necesidades de la empresa. Los tipos de análisis son:

De tipo Cualitativo: Identifica peligros su origen y sus posibles consecuencias

De tipo semi-cuantitativo: Identifica riesgos de manera comparativa en procesos similares.

De tipo cuantitativo: expresa una probabilidad de ocurrencia .

1.1 Análisis de riesgos cualitativos.

Se basan en herramientas lógicas y permiten la identificación de peligros, que son útiles en análisis cuantitativos y semi-cuantitativos posteriores, las técnicas usadas en este tipo de análisis se resume a continuación:

1.1.1 Análisis histórico de riesgosⁱ:

Se evalúa accidentes pasados, se estudia detalladamente cada paso y posteriormente se dan recomendaciones para disminuir el peligro asociado.

1.1.2 Análisis preliminar de riesgosⁱⁱ

Detectando posibles peligros se estudian de manera detallada y se proponen medidas para disminuir el riesgo asociado

1.1.3 Análisis QPS ¿Qué pasa sí?ⁱⁱⁱ

Se analizan las desviaciones asociadas a un sistema que dan lugar a sucesos indeseables, analizando también sus consecuencias adversas y medios para mitigar el riesgo asociado.

1.1.4 Análisis mediante listas de comprobación

Funciona como auditorias del sistema comprobando los reglamentos, procedimientos, normas y especificaciones de un equipo

En materiales altamente peligrosos se usan este tipo de análisis para determinar los peligros y el método de seguridad conveniente. El origen de este análisis proviene del Reino Unido y en resumen chequea en una operación de proceso cuatro categorías principales:

*Pérdida de contención hacia la atmósfera

*Falla de contención durante la operación de un equipo

*Falla de contención por causas externas

*Fallas de contención por condiciones de la planta

Este método a pesar de ser sistemático no promueve consideraciones de seguridad inherente al proceso.

1.1.5 Análisis de los modos de falla y sus efectos^{iv}

Establece posibles fallas en el equipo (del proceso y del control) y determina las consecuencias de las fallas establecidas. Finalmente se establecen medidas de protección para las fallas.

1.1.6 Análisis funcional de operabilidad,HAZOP (Hazard and operability)^v

Determina la operabilidad de un proceso y los peligros relacionados con ayuda de palabras claves (más, menos, falta, etc)que permiten detectar los peligros y sus orígenes, se buscan desviaciones en todo el proceso

Así es posible determinar las causas y planear los sistemas preventivos de manera documentada. Es común el uso de herramientas computacionales que permiten no solo la identificación de peligros si no también la evaluación del riesgo midiendo la variable costo beneficio en actividades seguras, para así determinar el tipo de acción a tomar (prevención, protección o mitigación).

"La calidad del análisis es inversamente proporcional a tamaño y la complejidad de la forma completada" (Ver anexo Análisis HAZOP).

1.1.7 Análisis cualitativo mediante árboles de falla^{vi, vii}

Permite análisis en elementos complejos por medio de una descomposición inductiva desde lo complejo hasta lo básico, permite análisis posteriores cuantitativos y semi-cuantitativos

1.1.8 Análisis cualitativo mediante árboles de eventos^{viii}

Partiendo de sucesos básicos se llega al sistema complejo por vía deductiva, representándose una relación causa y efecto, y dejando el marco para un análisis cuantitativo de riesgos

1.1.9 Análisis de causas y consecuencias

Es un proceso combinado de árboles de fallas y de sucesos, permitiendo así partir de los básico, intermedio o complejo y preparando el marco para un análisis cuantitativo de riesgos.

1.2 Métodos para la determinación de peligros.

Análisis preliminar de peligros: Es un método inductivo que parte de los peligros potenciales encontrados, su desventaja se encuentra en que no es un método que indica la magnitud del peligro y no involucra seguridad inherente. Es un buen método para determinar peligros. Usado especialmente en la implementación de nuevos procesos.

Hazard Barrier Target (Riesgo-barrera-blanco): El método permite la identificación de los peligros relacionados con el funcionamiento, y también con el personal, las

propiedades, y los recursos que pueden exponerse al peligro en la pérdida de contención o mando. Se usa principalmente como una herramienta de la investigación para identificar prevención / protección / mitigación en sistemas de seguridad.

Método de rastro de energía: Es un método más estructurado que permite la identificación de peligros por medio de las formas de transformación de la energía y determina así el posible impacto. Es muy usado en la identificación de peligros de manera sistemática. Un ejemplo de este método es la cantidad de energía mecánica y/o química liberada en una explosión.

Planes de gestión de riesgos (RPM- Risk management plans) Valoraciones de peligro: Considera los peligros relacionados con un proceso. Este método se inicia con el tipo y magnitud de peligro en un proceso y con almacenamiento y manejo de materiales altamente peligrosos y su impacto potencial al entorno. Las causas no son claramente identificadas por lo que el sistema de seguridad consiste en la mitigación. Los peligros no son identificados ni analizados sistemáticamente.

1.3 Análisis semi-cuantitativos de riesgos.

Permite tener conclusiones comparativas y globales de situaciones como: Distintas plantas de proceso, situación en una misma planta luego de modificaciones, procesos diferentes para un mismo fin, alternativas de diseño en el proceso.

Los tipos de análisis semi-cuantitativos de riesgos son:

1.3.1 Análisis de riesgo con evaluación del riesgo intrínseco^{ix}

Por medio de una guía evaluatoria de manera sistemática y semi-cuantitativa para el almacenamiento y el proceso, se realiza una auditoría interna, determinándose así donde se debe hacer un análisis más profundo y las mejoras correspondientes.

1.3.2 Análisis de los modos de fallas, efectos y criticidad^x

Se indica el grado de riesgo, por medio del análisis de probabilidad de falla en el equipo y las posibles consecuencias de estas, permitiendo la priorización de las medidas correctivas

1.3.3 Método de DOW®: índice de fuego y explosión^{xi}

Evalúa los riesgos de manera semicuantitativas comparando unidades y plantas entre sí y procesos antes y después de las modificaciones. Sirve de referencia para la promoción y el mejoramiento de seguridad inherente en el proceso.

1.3.4 Método de ICI: índices de Mond^{xii}

Se evalúan las plantas y procesos comparativamente, pero a diferencia del método de DOW, se tiene en cuenta más los detalles de riesgo a la salud e infraestructura. Proporciona índices en: peligro de incendio, peligro de explosión interna, peligro de explosión externa, peligro de fuego y explosión (equivalente al índice de DOW) e índice de riesgo global.

1.3.5 Método UCSIP^{xiii}

El análisis semi-cuantitativo esta con base en términos de probabilidad y nivel de gravedad integrados en un factor de seguridad. Se definen 12 parámetros probabilísticos y se determina el nivel de gravedad según la energía potencial, los accidentes y sus consecuencias, Se integran los valores obtenidos y se tiene el factor de seguridad evaluado en 5 parámetros.

1.4 Métodos cuantitativos

Son técnicas de análisis crítico, que con valores probabilísticos permite determinar la falla en algún elemento del sistema y sus consecuencias. Para que su análisis sea posible y completo es necesario conocer la estructura y secuencia de fallas y eventos; las probabilidades individuales de falla de elementos involucrados en el proceso con respaldo estadístico; y las relaciones causa y efecto. Las herramientas usadas en este tipo de métodos involucra lógica matemática, estadística, probabilidad y programas en ordenador que permita el manejo de muchos datos.

1.4.1 Análisis cuantitativo mediante árboles de falla

De la estructura de árboles de fallas donde se realiza la evaluación mediante método inductivo, es posible cuantificar las fallas en el sistema complejo estableciendo las relaciones causa y efecto. La documentación de la magnitud de cada uno de los peligros tiene en cuenta muchas de las consideraciones, lo que permite determinar si el peligro puede ser: eliminado; reducido (disminuir el almacenamiento de energía); o moderado, (reducir el potencial del peligro). Logrando de esta manera tomar las medidas de seguridad para la prevención, protección y/o mitigación del peligro relacionado. Para considerar estrategias adecuadas de seguridad, organismos como la OSHA y la EPA han considerado este método para la identificación de peligros, en donde se identifica el peligro asociado con un proceso y las de causas y consecuencias.

1.4.2 Análisis cuantitativo mediante árboles de sucesos

Aprovecha el marco obtenido por los árboles de suceso de manera deductiva usando valores estadísticos, aunque es un método deductivo su comportamiento es similar al árbol de fallas.

1.4.3 Análisis cuantitativo de causas y consecuencias

Del marco estructural del análisis causas y consecuencias es posible valorar el riesgo existente.

1.5 Comparación de métodos de análisis de riesgos.

Una matriz comparativa de estos métodos de evaluación de riesgos se presenta a continuación. En ella se compara cada método teniendo en cuenta:

- Desarrollo en los escenarios de: punto de inicio y después del punto de inicio
- Tipo de seguridad hacia la que induce (prevención, protección o mitigación)
- Tiempo de aplicación
- Costos
- Fuentes
- Ventajas
- Desventajas

REFERENCIAS

ⁱ Perry's chemical engineer's hand book. McGraw-Hill 1997

ⁱⁱ Métodos para la identificación de riesgos químicos. Seguritecnia. Abril de 1996

ⁱⁱⁱ Joller, L., y Esping, J.P: Use "what if" method for process hazard analysis. 1993

^{iv} Goyal, K: FMA, teh alternativeprocess hazard method . 1993

^v A guide to hazard and operability Studies. Chem. Ind. Safety and healt council of the chemical industries. 1981

^{vi} Jourun. Loss Prev in Chem. Ind Vol 5, n° 5, 1992

^{vii} Piccini , N y Levy G.: Ethylene oxide reactor: Safety according to operability analysis. 1984

^{viii} Dirección general de protección civil: Guía técnica. Métodos cualitativos para el análisis de riesgos. Madrid

^{ix} Índices de riesgos de procesos Químicos: Guía de autoevaluación. Instituto nacional de Higene y Trabajo, España

^x Du Pont safety and fire protection guidelines. Du Pont deNemourus Wilmintong. 1980

^{xi} Fire & explosion index: hazard classification guide. The Dow chemical Company. 1987

^{xii} Manual de los métodos de los índices de Mond. 1985

^{xiii} Manual del método UCSIP

ANÁLISIS DE RIESGOS

	Escenario de desarrollo		Tipo de seguridad	Fuentes	Recursos		Observaciones	
	Punto de inicio	Despues del inicio			Tiempo	Costo	Ventajas	Desventajas
Análisis de riesgos cualitativos.								
Análisis historico de riesgos	?	?	Preventiva, corectiva y mitigación	Accidentes internos, Banco de datos	Corto	Bajo	Depende del historial de la empresa	Puede existir falta de información
Análisis preliminar de riesgos	Causas (especialmente fallas del proceso)	Desviaciones	Protección	Descripción del proceso y equipo, entorno e ingeniería química, de seguridad y de materiales	Corto	Bajo	Método solo cualitativo, usado en procesos de desarrollo	
Análisis QPS ¿Qué pasa si?	Causas	Consecuencias (Desviaciones y evento de perdida	Prevención y mitigación	Proceso y equipos, propiedades físicas y químicas de los materiales.	Mediano	Bajo	Es creativo y depende de la experiencia del personal. Es flexible. Pued usarse en procesos por lote	Solo para procesos sencillos, depende mucho de la experiencia. Carece de estructura
Análisis mediante listas de comprobación	Causas	Consecuencias (Desviaciones y evento de perdida	Prevención y mitigación	Proceso y equipo, listas de chequeo de la compañía y/o asociaciones	Corto	Bajo	Depende de las listas de chequeo. Es usado como auditoria. Util para gente con poca experiencia	Necesita actualización constante. No es efectiva para riesgos complejos
Análisis de los modos de fallo y sus efectos	Causas y desviaciones	Evento de perdida	Prevención y protección	Listado de proceso y equipo	Mediano	Bajo	Permite posteriormente un analisis semi-cuantitativo.	No considera fallos combinados o en secuencia
Análisis funcional de operabilidad	Desviaciones	Evento de perdida	Prevención y mitigación	Diagrama del proceso, información del equipo, informes historicos, manual de seguridad, plano de la planta	Largo	Alto	El análisis usado es exhaustivo, y necesita de herramientas computacionales, aunque no es un análisis cualitativo permite un marco formal para este. Toma en cuenta el error humano	El éxito depende de la exactitud y actualización de la información. No indica las interacciones entre secciones del sistema
Análisis cualitativo mediante árboles de fallo	Evento de perdida	Desviaciones y causas	Protección y causas	Documentacion precisa y concreta del proceso, en todas las etapas. Información historica	Largo	Alto	Permite un analisis cuantitativo. Es vital las relaciones de lógica en el arbol. Necesita herramientas computacionales. Muestra efectos aditivos al accidente	Requiere un conocimiento muy completo. Puede ser difícil de interpretar
Análisis cualitativo mediante árboles de sucesos	Causas	Evento de perdida	Mitigación	Información sobre los equipos, de proceso y control	Largo	Medio	Prepara el análisis cuantitativo. Depende de la lógica del árbol	
Análisis de causas y consecuencias	Causas, desviación , evento de perdida	Causas, desviación , evento de perdida	Prevención, mitigación, protección	Proceso y equipos de manera muy detallada	Largo	Altos	Combina de manera interactiva procesos deductivos e inductivos. Pero es necesario usar medios informáticos. Permite el análisis cuantitativo	
Análisis semi-cuantitativos de riesgos.								
Análisis de riesgo con evaluación del riesgo intrínseco	Causas	Evento de perdida	Protección	Guía autoevaluativa, guía INSHT (instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, España)	Mediano	Bajos	Dirigido a causas importantes demostrando el cumplimiento de las reglas	
Análisis de los modos de fallos, efectos y criticidad	Causas y desviaciones	Evento de perdida	Protección y mitigación	Descripción del analisis de fallos realizado de manera cualitativa	Mediano	medio	permite la ponderación de fallos y poder encontrar medidas correctivas. Se calculan indices de criticidad , probabilidad y severidad	

ANÁLISIS DE RIESGOS

	Escenario de desarrollo		Tipo de seguridad	Fuentes	Recursos		Observaciones	
	Punto de inicio	Despues del inicio			Tiempo	Costo	Ventajas	Desventajas
Método de DOW: Índice de fuego y explosión	Causas	Desviación	Prevención y protección	Conocimiento de materias primas, sistema de almacenamiento y proceso	Bajo	Bajo	El uso de parametros globales permite medir la seguridad y dar modificaciones a la misma	No tiene en cuenta variables del proceso
Método de ICI: Índices de Mond	Causas	Desviación y evento de perdida	Prevención, protección, mitigación	Manual del método de Mond	Mediano	Bajo	Integra índice de riesgo global , con valores que cambian de acuerdo a cada índice.Estima el valor de las pérdidas en el área de estudio. Identifica las secciones con mayor riesgo.	Se debe seccionar con base en los materiales presentes. La toxicidad es considerada solo como un factor de compilación
Método UCSIP	Causas	Desviación	Protección	Manual del método	Bajo	Bajo	Es usado en petroleras y refinarias	Es complicado y necesita de un experto en el aplicación
Métodos cuantitativos								
Análisis cuantitativo mediante árboles de fallo	Evento de perdida	Desviaciones y causas	Protección y causas	Documentación precisa y concreta del proceso, en todas las etapas. Conocimiento de naturaleza, servicio que prestan complejidad y sistema de control relacionado	Largo	Alto	Determina puntos débiles en el proceso, lo que permite la comparación en varios sistemas. Es necesario el uso de medios informáticos	Puede no detectar fallos básicos
Análisis cuantitativo mediante árboles de sucesos	Causas	Evento de perdida	Mitigación	Información sobre los equipos de proceso y control de manera muy detallada.Estadísticas de mantenimiento	Largo	Medio	Son más fáciles de elaborar que los árboles de fallos. Puede ser necesario el uso de programas de computadores	
Análisis cuantitativo de causas y consecuencias	Causas, desviación , evento de perdida	Causas, desviación , evento de perdida	Prevención, mitigación, protección	Proceso y equipos. Datos históricos y de mantenimiento	Largo	Alto	El proceso combinado inductivo y deductivo produce información muy confiable. Es necesario el uso de medios informáticos	

ANEXO C

Sistema normativo Colombiano

Anexo C: Sistema normativo colombiano

Antes de entrar a revisar los antecedentes y la información de la situación actual de la calidad del aire en las localidades de Usaquen y Kennedy, es necesario realizar un análisis crítico de la legislación colombiana referente al tema, se explica la estructura del sistema normativo colombiano y las distintas definiciones relacionadas con la normatividad jurídica.

1.1 Principios Jurídicos

Por razones metodológicas y entendiendo que este trabajo no es un ensayo jurídico, se abordará de manera general el concepto de Norma Jurídica, así como la definición de la jerarquía interna en el sistema jurídico colombiano, considerando la razón de ser de cada nivel de norma.

1.2 Norma Jurídica

El derecho nace para regular la vida en sociedad y se revela mediante normas jurídicas o reglas de derecho. Estas son proporciones jurídicas en las que por vía general, se distinguen dos partes o momentos internos: (1) un hecho, conducta o modo de ser o actuar; y (2) una consecuencia lógica, resultado o efecto atribuible a la conducta. A la primera parte se le conoce como *hecho jurídico*, mientras que a la segunda se le conoce como *consecuencia jurídica* en un cuerpo legislativo, además de normas sujetas a la estructura expuesta se encuentran elementos de simple interpretación, es decir artículos que hacen posible al intérprete de la norma (juez, funcionario o usuario), entender el contenido de la misma, bien sea con definiciones, explicaciones o fórmulas técnicas, o con cualquier otro tipo de aclaraciones que permitan la adecuada lectura posterior de las normas jurídicas entendidas en estricto sentido.

Para que se produzca un hecho jurídico, se debe tratar de un acto efectuado por una persona. El derecho pretende encausar la conducta de las personas y por tanto excluye los hechos de la naturaleza, No tiene sentido regular bajo preceptos jurídicos un hecho de la naturaleza tal como el recorrido de un huracán o la intensidad de un terremoto.

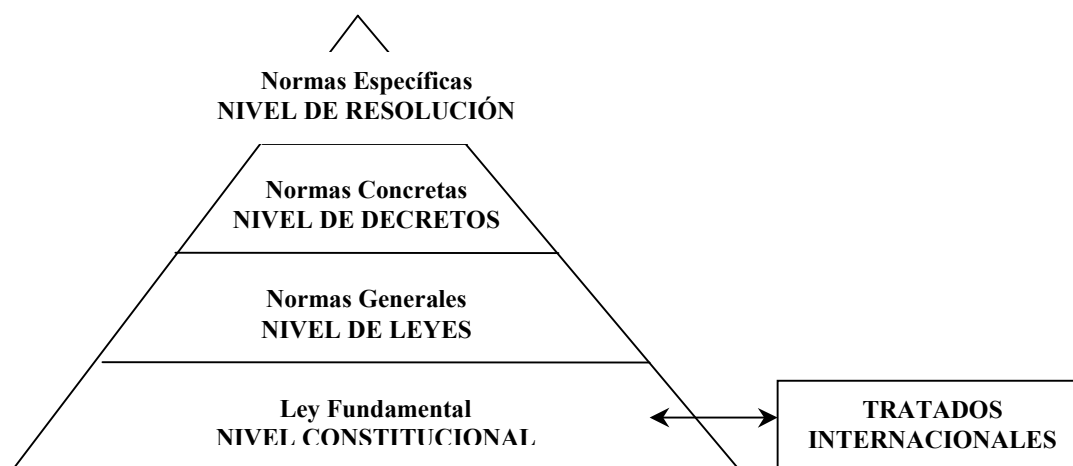
Producido el hecho jurídico se producirá la consecuencia jurídica, que consistirá en una pena, en un derecho, en una obligación o en una situación o estado. Así si el hecho es reprobado en el mas alto grado por la sociedad, será un “hecho ilícito” cuya consecuencia es una pena. Si se trata de un hecho que sólo afecta al estado de una persona frente a la sociedad la consecuencia será el cambio de situación o estado. Finalmente si el hecho es uno de los que cotidianamente realizamos que tenga influencia sobre el universo jurídico estaremos frente a la generación de derechos y obligaciones. Por lo tanto, la norma jurídica se define como: “Proposición que enuncia un hecho de la vida imputado a una persona para atribuirle coactivamente una consecuencia jurídica” (Valencia, 1989. El derecho es un sistema normativo en el cual cada subsistema de normas debe obedecer una finalidad concreta y armónica con todo el sistema normativo vigente en un determinado momento.

1.3 Niveles jerárquicos en el sistema jurídico de Colombia

El sistema jerárquico de las normas en Colombia responde a la teoría clásica del Derecho que se explica mediante la pirámide de Kelsen (Figura 1). En dicha pirámide la base la aporta la ley fundamental (ej. Carta Magna, Constitución Política, Ley Originaria). Sin excepción, todo el

universo jurídico se encuentra supeditado a este nivel, que deberá ser desarrollado por el segundo nivel de la pirámide. En el segundo nivel se ubican las leyes, conjuntos normativos emanados del poder legislativo que dentro de los lineamientos de la Constitución, dicta normas generales y abstractas, tales como normas genéricas de conducta. El tercer nivel está constituido por normas que llevan este tipo de ideas generales y abstractas a un objetivo mucho más determinado, acercándose a la realidad específica de un actor o grupo de actores que se ven genéricamente afectados por la expedición de la ley. En el caso colombiano este papel lo realizan los decretos, definidos como conjunto normativos emanados del poder ejecutivo (presidencia, ministerios). Estos derechos requieren de normas mucho más concretas que entren a dar explicaciones detalladas de las conductas deseables o indeseables de las personas sujetas a su cumplimiento. Es decir las resoluciones emanadas de las entidades estatales de control (ej. DAMA¹, CAR²).

Figura 1 Representación del sistema jerárquico de las normas colombianas



Este esquema piramidal se reproduce en los ámbitos departamental y municipal partiendo siempre de la Constitución Nacional. Para el caso colombiano es bueno aclarar que los tratados internacionales ratificados por el país se asimilan a las leyes colombianas, por ello uno de los pasos para que se dé la ratificación de un tratado, es la revisión del mismo por la corte constitucional.

Un ejemplo del sistema piramidal de una manera esquemática, puede plantearse citando la siguiente línea:

- Nivel Constitucional: Derecho a un ambiente sano y obligatoriedad de planeación.
- Nivel Legal: Ley 99 de 1993, Obligatoriedad de la licencia ambiental para algunos proyectos.
- Nivel de Decreto: Decreto 1753 de 1994. Requisitos para la obtención de una licencia ambiental.
- Nivel de Resolución: Resolución 898 de 1995. Requisitos de calidad de los combustibles

Vale la pena puntualizar que en la política es común encontrar confusiones en el universo normativo colombiano (García, 1999). Existe una tendencia a confundir política general y norma jurídica. La política se debe plasmar en documentos de índole informativa y debe ser difundida y tenida en cuenta como el espíritu de la ley. Sin embargo, no debe hacer parte del cuerpo mismo

¹ DAMA: Departamento Administrativo del Medio Ambiente.

² CAR: Corporación Autónoma Regional.

de las normas, salvo en su parte motiva, debido a que la política representa una aspiración futura pero ni dice, ni puede decir cómo conseguir esa aspiración. Las políticas siempre son anhelos, nunca se pueden implementar de forma inmediata y siempre tendrán diversos elementos para efectuar su búsqueda. En otras palabras incluir la política en el cuerpo de la norma resta eficacia a su implementación de acuerdo al principio de lógica jurídica, según el cual a lo imposible nadie está obligado.

Finalmente se deba mencionar que los cambios en cada nivel normativo se hacen de manera diversa. Una resolución se puede cambiar siguiendo parámetros técnicos, dados por avances científicos o por cualquier otra razón de manera muy expedita, un cambio a nivel constitucional requiere de un acto legislativo que sólo se probará con cuatro debates en dos legislaturas consecutivas.

1.4 Estado actual de la implementación normativa

La Constitución Política de Colombia, adoptada en el año de 1991, responde a la moderna teoría constitucional. Posee una primera parte perteneciente a las tradiciones dogmático-jurídicas y a una segunda que pertenece a los planteamientos programáticos. Esto quiere decir que trae una normas imperativas y de ejecución inmediata mientras trae otras de proyección y de consecución en el tiempo. Enfocando el punto en relación con las materias ambientales, se encuentra el derecho al medio ambiente sano dentro de las primeras, así como varias normas que lo enriquecen y complementan concretando la respuesta al interrogante ¿Adónde debemos ir en esta materia?

La implementación de las leyes que desarrollan la materia se ha iniciado desde 1993, dos años después de expedida la Constitución con la ley 99, la cual constituyó un acertado intento de regulación de nivel legal, aun cuando introdujo algunos elementos de política general. Esta ley ha tenido varios desarrollos, desgraciadamente desarticulados. Se han implementado algunos acuerdos y convenios internacionales sin consultar las políticas nacionales. Por otro lado, se han producido algunas normas, que han respondido mas al afán protagónico de sus ponentes, que a las necesidades reales del sector y muchas otras que se han llevado a carácter de ley sin ninguna necesidad (García, 1999). A este problema se ha sumado el tratar de mantener normas que vienen de tiempo atrás respondiendo a una concepción diferente de Estado y de ambiente, que si bien podrías ser muy buenas no se aplicaron, y esto genera un vicio sobre su real eficacia, siendo elementos de distracción frente a los nuevos desarrollos de la normatividad ambiental.

Los Decretos se han caracterizado, con algunas excepciones, por su fragilidad en el universo jurídico, debido a que en su gran mayoría o al menos los de mayor relevancia, no han resistido las revisiones de carácter Constitucional. Igualmente han sufrido el problema de los Decretos que respondían a otro tipo de conceptos y han tratado de ser omnicomprensivos recogiendo en el cuerpo de los mismos políticas, imperativos legales e incluso llegan hasta los procedimientos mas detallados de orden técnico, haciéndolos en muchas ocasiones ininteligibles.

Las Resoluciones han sufrido un proceso de desprestigio, ya que no se han utilizado por su función de normas dinámicas y dinamizadoras sino como último recurso cuando no ha sido posible implementar otro tipo de normas, además se ha tratado de modificar normas de mayor jerarquía lo cual no procede en el ámbito jurídico.

1.5 Implementación de una norma técnica en el universo jurídico

Una vez revisada la concepción de “Norma Jurídica”, los niveles jerárquicos que ésta debe manejar y su implementación en Colombia, se deberían proponer una serie de métodos para realizar adecuadamente la implementación de las normas técnicas en Colombia.

Primero se debe analizar la Constitución en el sentido de revisar que rumbo quiere el pueblo colombiano en esta materia. Como es de público conocimiento, la Constitución pretendió ser una “carta ecológica”, por ello cualquier norma en relación con el mejoramiento de la calidad de vida, saneamiento básico y temas relacionados no tendrá ningún problema de implementación, a menos que se oponga o vaya en contravía de otro derecho fundamental consagrado en la misma Constitución. Una vez revisadas las normas constitucionales, debe hacerse uso de la política nacional en cuestión ¿Existe política nacional general que abarque el tema de estudio? ¿Existe política nacional específica sobre el tema de estudio? Sí existen ambas políticas, la ley se desarrollará persiguiendo los objetivos de la política, sin no existe una política específica, ésta se debe formular dentro de la parte motiva de la ley. Sí no existe una política general, se debe formular para poder desarrollarla adecuadamente. Sí no es posible impulsar la acción oficial al respecto debe tomarse como política las normas programáticas de la Constitución. Por ejemplo, para el caso de emisiones o descargas de contaminantes, la ley 99/93 constituye la Política Nacional que cubre el tema de estudio que nos ocupa. El Decreto 948/95 que por su naturaleza se asemeja más a una ley marco, constituye la política específica de carácter nacional sobre el tema.

Teniendo en cuenta estos marcos de referencia, se debería formular una completa norma técnica que responda a las aspiraciones contenidas en la política específica, y la haga razonablemente alcanzable. Una vez concebida la norma técnica dentro de este contexto, se debería formular la cadena normativa. En primer lugar, La ley debe identificar los temas que dentro de la norma técnica posean tal entidad que tengan vocación de permanencia, es decir aquellos lineamientos que deben mantenerse inamovibles o sujetos a actualización automática y que aun bajo cambios técnicos se pueden mantener por un largo periodo. Una vez identificados, es necesario sistematizarlos y finalmente llevarlos a la categoría de ley. Como se mencionó anteriormente, la ley debe mantener una parte inicial que incluya las definiciones y explicaciones científicas y técnicas obligatorias o sugeridas (en tal caso diferenciadas claramente las obligatorias de las simplemente sugeridas)

Después de que la ley ha sido implementada, se deberán identificar aquellos temas que deben ser implementados desde ella, pero que estén sujetos al avance de la tecnología y por tanto requieren de una particular actualización en el país, dada a partir de una revisión periódica. Este sería el caso concreto de una norma de emisión de contaminantes al aire y su promulgación, que se debería dar mediante la figura de resolución por parte del ministerio del medio ambiente. El uso de la figura de la resolución, haría más fácil su revisión periódica (ej. cada cinco años), con el fin de ajustarla a cambios tecnológicos que puedan llegar a ser de uso común.

ANEXO D

Sistema general de riesgos industriales y profesionales

Anexo D: Sistema general de riesgos industriales y profesionales

1.1 Filosofía y fundamento de la norma

La Constitución política de 1991, estructuró la Seguridad Social en Colombia y a través de la ley 100 de 1993 le dio una estructura general. La reglamentación del Sistema General de Riesgos profesionales creado mediante el Decreto Ley 1295 de 1994, tiene como objeto principal mejorar las condiciones de trabajo y de salud de los trabajadores y la prevención de accidentes de trabajo y de las enfermedades profesionales.

A pesar de que la organización del sistema se da solo en la década de los 90's, desde 1979 se ha desarrollado una normativa que da sustento a todo el sistema de riesgos profesionales:

- *Código Sanitario Nacional*: Ley novena de enero 24 de 1979
- *Estatuto de seguridad industrial*: Resolución 2400 de Mayo 22 de 1979
- *Reglamento de higiene y seguridad para la industria de la construcción*: Resolución 2413 de Mayo 22 de 1979.
- *Normas sobre protección y conservación de la audición de la salud y bienestar del personal*: Resolución 8321 de Agosto 4 de 1983.
- *Determinación de las bases para la organización y administración de salud ocupacional en el país*: Decreto 614 de Marzo 14 de 1984.
- *Reglamento para la organización y funcionamiento de los comités de medicina, higiene y seguridad industrial en lugares de trabajo*: Resolución 2013 de Junio de 1986.
- *Reglamento de Seguridad en las labores subterráneas*: Decreto 1335 de Julio 15 de 1987.
- *Reglamento de organización, funcionamiento y forma de los programas de salud ocupacional*: Resolución 1016 de Marzo 31 de 1989.
- *Mediadas para la protección de la salud*: Resolución 13824 de Octubre 2 de 1989.
- *Valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido*: Resolución 1792 de Mayo 3 de 1990.
- *Normas de procedimientos relacionados con el funcionamiento y operación de equipos de rayos X*: Resolución 9031 de Diciembre 20 de 1991.
- *Procedimiento en materia de salud ocupacional*: Resolución 6398 de Diciembre 29 1991.
- *Reglamento de actividades en materia de salud ocupacional*: Resolución 1075 de 1992.
- *Reglamento de higiene y seguridad en las labores mineras a cielo abierto*: Decreto 2222 de Noviembre 5 de 1993.
- *Disposiciones en materia de seguridad minera*: Decreto 35 Enero de 1994.
- *Reglamento de actividades de alto riesgo*: Decreto 1281 de Junio 22 de 1994.
- *Normas para la autorización de las sociedades sin ánimo de lucro que pueden asumir riesgos derivados de enfermedad profesional y accidente de trabajo*: Decreto 1294 de junio de 1994.
- *Organización y administración del sistema general de riesgos profesionales*: Decreto 1295 de Junio 22 de 1994.
- *Reglamento para la integración, financiación y funcionamiento de las juntas de calificación de invalidez*: Decreto 1346 de Junio 27 de 1994.
- *Reglamento parcial del Decreto 1295*: Decreto 1771 de Agosto 3 de 1994.
- *Reglamento de afiliación y cotizaciones al sistema general de riesgos profesionales*: Decreto 1772 de Agosto 3 de 1994.

- *Tabla de enfermedades Profesionales: Decreto 1832 de Agosto 3 de 1994.*
- *Administración y funcionamiento del fondo de riesgos profesionales: Decreto 1833 de Agosto 3 de 1994.*
- *Integración y funcionamiento del consejo nacional de riesgos profesionales: Decreto 1834 de Agosto de 1994.*
- *Reglamento de actividades peligrosas de los servidores públicos: Decreto 1835 de Agosto de 1994.*
- *Tabla única para indemnizaciones por pérdida de la capacidad laboral entre 5% y el 49.99% y la prestación económica correspondiente: Decreto 2644 de Noviembre 29 de 1994.*
- *Vigencia de juntas de calificación: Decreto 303 de Febrero 10 de 1995.*
- *Reglamento parcial del artículo 25 de la Ley 100 de 1995: Decreto 305 de Febrero 10 de 1995.*
- *Reglamento parcial del Decreto 1295 de 1994 y se modifican y aclaran artículos del Decreto 1833 de 1994: Decreto 676 de Abril 26 de 1995.*
- *Reglamento de la integración y funcionamiento de la junta especial de calificación de invalidez: Decreto 1557 de Septiembre de 1995.*
- *Reglamento parcial de inversiones del fondo de riesgos profesionales: Decreto 1859 de Octubre 26 de 1995.*
- *Tabla de clasificación de actividades económicas para el sistema general de riesgos profesionales: Decreto 2100 de Noviembre 29 de 1995.*
- *Normas en relación con las reservas técnicas especiales para el ramo de seguros previsionales de invalidez y sobrevivencia: Decreto 2345 de Diciembre 29 de 1995.*
- *Normas en relación con la constitución de reservas técnicas especiales para el ramo de riesgos profesionales: Decreto 2347 de Diciembre de 1995.*
- *Normas que reglamentan la relación Docente –Asistencial en el sistema general de seguridad social en salud.*
- *Reglamentación parcial de la Ley 100 de 1993 y Decreto 1295 de 1994: Decreto 1530 de Agosto 26 de 1996.*
- *Adopción del formulario único para la solicitud de reembolso de la EPS a la ARP por concepto de la atención de Riesgos profesionales: Resolución 681 de Junio 18 de 1996.*
- *Reglamentación de la integración, funcionamiento de la red de comités nacional, seccionales y locales de salud ocupacional: Decreto 16 de Enero 9 de 1997.*
- *Reglamentación parcial del Decreto Ley 1281 de 1994 y modificación del Decreto 1388 de 1995: Decreto 1548 de Agosto 4 de 1998.*

A continuación se presentan algunos aspectos del Estatuto de Seguridad Industrial (Resolución 2400 de 1979) que son relevantes en el tema de los riesgos públicos de origen tecnológico.

1.2 Estatuto de seguridad industrial Resolución 2400 de 1979

Las disposiciones de este estatuto se aplican a todos los establecimientos de trabajo, sin perjuicio de las reglamentaciones especiales que se dicten para cada centro de trabajo en particular, con el fin de preservar y mantener la salud física y mental, prevenir accidentes y enfermedades profesionales, para lograr las mejores condiciones de higiene y bienestar de los trabajadores en sus diferentes actividades.

Este estatuto contempla en principio como parte fundamental una serie de obligaciones de los patrones y trabajadores que configuran los fundamentos de este documento. Es claro que la responsabilidad está compartida por las dos partes y con un correcto funcionamiento y entendimiento se garantiza la seguridad para todos. De ellas se pueden destacar:

Obligaciones de los patrones:

- Organizar y desarrollar programas permanentes de medicina preventiva, de higiene y seguridad industrial y crear los comités paritarios (patronos y trabajadores) de Higiene y seguridad industrial, los cuales deben tener un funcionamiento permanente.
- El comité de Higiene y seguridad industrial deberá intervenir en la elaboración del reglamento de higiene y seguridad industrial.
- Aplicar y mantener en forma eficiente los sistemas de control necesarios para la protección de los trabajadores y de la colectividad contra riesgos profesionales y condiciones o contaminantes ambientales originados en las operaciones y procesos de trabajo.
- Suministrar instrucción adecuada a los trabajadores antes de que inicie cualquier ocupación, sobre los riesgos y peligros que puedan afectarles, y sobre la forma, métodos y sistemas que deben observarse para prevenirlos o evitarlos.

Obligaciones de los trabajadores:

- Utilizar y mantener adecuadamente las instalaciones de la empresa, los elementos de trabajo, los dispositivos para control de riesgos y los equipos de protección personal que el patrono suministre, y conserve el orden y aseo en los lugares de trabajo.
- Abstenerse de operar sin la debida autorización vehículos, maquinaria o equipos distintos a los que les ha sido asignados.
- Dar aviso inmediato a sus superiores sobre la existencia de condiciones defectuosas, o fallas en las instalaciones, maquinarias, procesos y operaciones de trabajo y sistema de control de riesgo.

A continuación se presentan las disposiciones más importantes relacionadas con la seguridad industrial y relevantes para este estudio.

Edificios y locales

Este aspecto de la legislación considera los inmuebles destinados a establecimientos de trabajo, condiciones de extensión superficial, higiene, condiciones de construcción como lo son que las estructuras serán seguras y firmes y deberán soportar los efectos del viento, propia carga, y se establecen factores de seguridad para acero estructural; 4 para cargas estáticas y 6 para cargas dinámicas o vivas. Dentro de las disposiciones concretas en cuanto los establecimientos de trabajo se pueden resaltar:

- Superficie libre de Pavimento por trabajador: 2 metros cuadrados con un volumen de aire suficiente de 11,5 metros cúbicos.
- Altura mínima de del techo: 3 metros para zona de trabajo y 1,80 metros para zona de tránsito.
- Hornos y operaciones con fuego: El piso de 1 metro a la redonda debe ser de material incombustible y la superficie libre debe ser de 1,50 metros.
- Ancho de pasillos en locales de trabajo: 1,20 metros.
- Distancia entre maquinas y equipos: 0,80 metros. Para equipos con partes móviles la distancia se cuenta desde el punto más saliente.

De la higiene en los lugares de trabajo. Orden y limpieza

Se evitará la acumulación de materias susceptibles de descomposición, de producir infección o en general, nocivas o peligrosas, y se evacuarán o eliminarán por procedimientos adecuados.

Evacuación de residuos o desechos

- Cuando se manipulen materias orgánicas susceptibles de descomposición o de contener gérmenes infecciosos, se extremarán las medidas higiénicas de limpieza y protección del personal y si es factible someter dichas materias a desinfecciones previas.
- Las aguas de desechos industriales, y demás residuos líquidos o sólidos procedentes de establecimientos industriales, comerciales y de servicios no podrán ser descargadas en fuentes o cursos de agua (ríos), alcantarillados, lagos, represas, a menos que las personas responsables adopten medidas necesarias para evitar perjuicios, molestias o daños a la fauna o flora acuática con destrucción de los procesos bioquímicos naturales.
- Los recipientes empleados para depositar residuos líquidos o que sufran descomposición, deberán construirse de material impermeable, y de acuerdo a modelos que no permitan escapes, y que puedan limpiarse fácilmente.

En este punto, el reglamento es bastante superficial al hacer solo una presentación de principios sin entrar en detalles del tipo de tratamientos que deben hacerse para los vertimientos, las cantidades etc. En los últimos años se han hecho mayores esfuerzos en este tema, primero por la necesidad y segundo por la creciente ola de la protección ambiental.

Electricidad alterna, continua y estática

- Todas las instalaciones, máquinas, aparatos y equipos eléctricos, serán construidos, instalados, protegidos, aislados y conservados, de tal manera que se eviten los riesgos de contacto accidental con los elementos bajo tensión y los peligros de incendio.
- Para evitar el peligro de explosión en atmósferas inflamables, los cuerpos susceptibles a acumular electricidad estática deberán neutralizarse a fin de impedir la generación de chispas, mediante una conexión a tierra o por cualquier otro dispositivo aprobado por las autoridades de trabajo.
- Para evitar peligros por la electricidad estática, y en caso de que se produzcan chispas en ambientes inflamables, se adoptarán las siguientes precauciones:
 - La humedad relativa del aire se mantendrá sobre 50%.
 - Las cargas de electricidad estática que puedan acumularse en los cuerpos metálicos serán neutralizadas por medio de conductores a tierra en los siguientes casos:
 - Ejes y chumaceras de transmisiones a correas y poleas.
 - En el lugar más próximo en ambos lados de las correas y en el punto donde salgan las poleas, mediante pines metálicos, situados a 6mm de distancia.
 - En los objetos metálicos que se pinten o barnicen con pistolas de pulverización.
 - Cuando se transvasen fluidos volátiles de un tanque de depósito a un carro-tanque, la estructura metálica del primero será conectada a la del segundo y también a tierra si el vehículo tiene llantas de caucho.
 - Cuando se movilen materias finamente pulverizadas por medio de transportadores neumáticos con secciones metálicas, estas secciones se conectarán eléctricamente entre sí sin soluciones de continuidad y en toda la superficie del recorrido del polvo inflamable.

Concentraciones máximas permisibles

En todos los establecimientos de trabajo donde se lleven a cabo operaciones y procesos con sustancias nocivas o peligrosas que desprendan gases, humos, neblinas, polvos, etc. y vapores fácilmente inflamables, se fijaran los niveles máximos permisibles de exposición a sustancias tóxicas, inflamables o contaminantes atmosféricos.

La Disposición hace referencia a la conferencia americana de higienistas industriales gubernamentales y al ministerio de salud para fijar esas concentraciones.

Contaminación ambiental

Se establecen disposiciones generales en cuanto al peligro para la salud de los trabajadores, caracterizando como medio ambiente solo el entorno en que se desempeña el trabajador, esto se puede ver en:

Para obtener en los establecimientos de trabajo un medio ambiente que no perjudique la salud de los trabajadores, por los riesgos químicos a que están expuestos, se deberán adoptar todas las medidas necesarias para controlar en forma efectiva los agentes nocivos preferentemente en su origen, pudiéndose aplicar uno o varios de los siguientes métodos: sustitución de sustancias, cambio o modificación del proceso, encerramiento o aislamiento de procesos, ventilación general; ventilación local exhaustiva y mantenimiento, limitación del tiempo de exposición y protección personal.

De las sustancias infecciosas y tóxicas

Para empresas en donde se presenten riesgos biológicos, los patrones estarán obligados a ejercer un control de higiene, sanidad y asepsia en los lugares de trabajo para evitar que los trabajadores se contaminen y, se establecen criterios de almacenamiento de las sustancias peligrosas, indicando el nombre y los ingredientes activos de las sustancias peligrosas, el uso o empleo de la sustancia, y las advertencias de su manejo.

De las sustancias inflamables y explosivas

Se establecen medidas de prevención para evitar que se produzcan incendios y explosiones en los sitios de trabajo:

- En los establecimientos de trabajo se tomarán medidas de prevención contra las explosiones o incendios producidos por gases o vapores inflamables, por medio de los siguientes procedimientos:
 - Evitando la elevación de la temperatura
 - Almacenándolos en tanques subterráneos en recipientes de seguridad
 - Eliminando las fuentes de ignición por medio del arreglo de procesos, lámparas con cubierta a prueba de vapor, equipo eléctrico a prueba de chispas, controlando la electricidad estática.
 - Evitando en los métodos de manejo los derrames y fugas.
 - Empleando en algunos procesos especiales, gases fuertes como el bióxido de carbono o el nitrógeno, para producir una atmósfera incombustible.
- En los establecimientos de trabajo en donde se produzcan grandes cantidades de polvos minerales, metálicos y orgánicos, como grafito, azufre, aluminio, magnesio, zinc, etc. resinas, almidón, se tomarán las siguientes precauciones para evitar que esas materias se inflamen y en mezcla con el aire en las proporciones produzcan una explosión.
 - Controlar los procesos que producen polvo en espacios cerrados, y los sistemas de escapes que atraigan y junten el polvo.
 - Retirar el polvo por medio de sistemas de aspiración o de barrido húmedo.
 - Ventilar el ambiente para evitar la concentración de polvo en el piso.
 - Diseñar y construir sistemas físicos para evitar que en resquicios y otros sitios se acumule el polvo.
 - Usar gas inerte en equipos de esmerilado

- Eliminar todas las fuentes posibles de ignición.
- Instalar claraboyas, ventanas de bisagras, tragaluces o muros ligeros, para disminuir la presión de una posible explosión y evitar daños en la estructura de los edificios, ya que las presiones producidas por las explosiones de polvo son de 50 psi aproximadamente.

De los colores de seguridad

En esta sección del documento se establece el código de colores para diversos usos y aplicaciones industriales, además de identificar elementos, materiales, con el fin de determinar y prever los riesgos que puedan causar accidentes o enfermedades profesionales.

Esta es un herramienta muy importante en la prevención siempre y cuando halla una correcta asimilación por parte del personal de esta codificación

De la prevención de incendios

Se dictan disposiciones generales tendientes a minimizar el riesgo de incendio, haciendo énfasis en las instalaciones físicas, sistemas de extinción, almacenamiento de sustancias peligrosas, entrenamiento del personal y se entra en detalle respecto a prohibiciones de almacenamiento conjunto de sustancias químicas.

- Las materias primas y productos que ofrezcan peligro de incendio, deberán ser mantenidos en depósitos incombustibles, si es posible fuera de los lugares de trabajo, disponiéndose en éstos solo las cantidades estrictamente necesarias para la elaboración de productos. Los depósitos de sustancias que puedan dar lugar a explosiones, desprendimiento de gases o líquidos inflamables, deberán ser instalados a nivel del suelo y en lugares especiales a prueba de fuego. No deberán estar situados debajo de locales de trabajo o habitaciones.
- El almacenamiento de grandes cantidades de líquidos inflamables se hará en edificios aislados, de construcción resistente al fuego o en tanques depósitos preferentemente subterráneos situados a una distancia prudencial de los edificios, y su distribución a los distintos lugares del establecimiento se hará por medio de tuberías.

De la extinción de incendios

Se presentan una serie de disposiciones y medidas para la extinción de los incendios haciendo énfasis en los sistemas de prevención, extinción (extinguidores y rociadores), salidas de emergencia y entrenamiento del personal (Brigadas de Incendio).

- El número total de extinguidores no será inferior a uno por cada 200 metros cuadrados de local o fracción. Los extinguidores se colocarán en las proximidades de los lugares de mayor riesgo o peligro y en sitios que se encuentren libres de todo obstáculo que permita actuar rápidamente y sin dificultad. El personal deberá ser instruido sobre el manejo de los extinguidores según el tipo, de acuerdo a la clase de fuego que se pueda presentar.
- En las industrias o lugares de trabajo que ofrezcan peligro de incendio o explosión deberán tomarse las medidas necesarias para que todo incendio en sus comienzos, pueda ser rápidamente combatido, para salvar el personal y los bienes materiales, según las siguientes normas:
 - Si en los locales existe agua a presión, se dispondrá de suficiente número de tomas o bocas de agua y de las correspondientes mangueras; o se tendrá un depósito para agua con la presión y cantidad suficiente para combatir el incendio.
 - Siempre que sea posible, se dispondrá de una instalación avisadora y extintora automática de “sprinklers”.

- Se dispondrá además de recipientes llenos de arena, de cubos, palas y picos, de algunas cubiertas de lona ignífuga.
- Todos los equipos, aparatos y materiales de que se dispongan para combatir el incendio se deberán mantener en perfecto estado de conservación y funcionamiento.
- Se instruirá al personal sobre los métodos de salvamento y actuación, en caso de incendio, y se les proporcionarán todos los medios y elementos necesarios para el cumplimiento de su función.

De los equipos-tanques y recipientes de almacenamiento

- Todo tanque o recipiente donde se almacenen líquidos combustibles o inflamables deberá ser conectado eléctricamente a tierra. Dicha conexión deberá tener una resistencia no mayor a 5 ohms. Si el tanque se llena desde arriba, deberá utilizarse un tubo de alimentación que llegue hasta el fondo del mismo o por lo menos hasta el mínimo nivel del producto que pueda contener.
- Los tanques no subterráneos utilizados para almacenar productos de petróleo combustibles o inflamables, que tengan instalando un sistema de extinción de incendios o un techo flotante, no deberán estar cerca de propiedades de terceros sino a una distancia no menor que la mayor dimensión del tanque (ya sea diámetro o altura), hasta 40 metros
- Los tanques no subterráneos utilizados para almacenar líquidos combustibles inflamables estarán rodeados por muros contra fuego, los cuales deberán estar provistos de sistemas de drenaje y tener una capacidad no menor a 1,5 veces la capacidad del tanque o tanques.
- Los tanques subterráneos para el almacenamiento de líquidos inflamables estarán colocados en posición firme y rígida, bien anclados, protegidos contra la corrosión y daños externos, sin otro contacto con la atmósfera que el tubo de ventilación, el cual se mantendrá siempre abierto, y el tubo de control para medir el líquido que deberá mantenerse cerrado cuando no se utilice. El tubo de ventilación se prolongará hasta la atmósfera a una altura de 2,5 metros.
- La concentración máxima permitida de valor de petróleo en el aire es de 500 ppm (equivalente a 4 % del límite inferior de explosividad para vapores de petróleo que están presentes ordinariamente durante una jornada de trabajo de ocho horas).

De los generadores de vapor

- Al rededor de una caldera habrá un espacio libre mínimo de un metro para facilitar las inspecciones de control y el mantenimiento de todas sus partes.
- Cuando existan riesgos de propagación de incendios entre la sala de calderas y locales adjuntos donde se fabriquen, empleen, manipulen o desprendan polvos explosivos o materiales inflamables, la separación será completa y no existirán salidas u otras aberturas en las paredes.

De los cilindros para gases comprimidos

Los cilindros que contengan gases combustibles no deberán estar en locales donde se efectúen trabajos de soldadura y oxicorte, y los cilindros de oxígeno deberán guardarse separados de todos los demás.

El sistema general de riesgos profesionales cuenta con un sustento legal que le da la organización con que hoy cuenta, pero en el tema específico de riesgos tecnológicos, el documento fundamental es la resolución 2400.

Esta Resolución fue comparada con la legislación Española, específicamente la Ordenanza General De Seguridad e Higiene en el Trabajo, Orden de 9 de marzo de 1971 de 16 y 17 de marzo. De la comparación entre ambos documentos se encuentra amplia similitud. Los detalles técnicos, mas las disposiciones generales, hacen de este documento una herramienta importante para la prevención de riesgos pues toca temas y dicta disposiciones determinantes para la seguridad industrial.

ANEXO E

Aspectos Destacables de la legislación Colombiana sobre riesgos

Anexo E: ASPECTOS DESTACABLES DE LA LEGISLACIÓN COLOMBIANA SOBRE RIESGOS

DECRETO 948 DEL 05 DE JUNIO DE 1995

El presente decreto tiene por objeto definir el marco de las acciones y los mecanismos administrativos de que disponen las autoridades ambientales para mejorar y preservar la calidad del aire, y evitar y reducir el deterioro del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana ocasionados por la emisión de contaminantes químicos y físicos al aire; a fin de mejorar la calidad de vida de la población y procurar su bienestar bajo el principio del desarrollo sostenible.

Artículo 33: Prohibición de emisiones riesgosas para la salud humana. El Ministerio del Medio Ambiente, en coordinación con el Ministerio de Salud, regulará, controlará o prohibirá, según sea el caso, la emisión de contaminantes que ocasionen altos riesgos para la salud humana, y exigirá la ejecución inmediata de los planes de contingencia y de control de emisiones que se requieran.

Artículo 37: Sustancias de emisión controlada en fuentes móviles terrestres. Se prohíbe la descarga al aire, por parte de cualquier fuente móvil, en concentraciones superiores a las previstas en las normas de emisión, de contaminantes tales como monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOX), partículas, y otros que el Ministerio del Medio Ambiente determine, cuando las circunstancias así lo ameriten.

Artículo 40: (Modificado por el Decreto 1697 de 1997, artículo 2). Prohibición del plomo y restricción del azufre y otros contaminantes en la gasolina. Prohíbense la importación, producción, distribución y uso de gasolina que contenga tetraetilo de plomo.

LEY 9 DEL 24 DE ENERO DE 1979

RESIDUOS LIQUIDOS

Artículo 10: Todo vertimiento de residuos líquidos deberá someterse a los requisitos y condiciones que establezca el Ministerio de Salud, teniendo en cuenta las características del sistema de alcantarillado y la fuente receptora correspondiente.

Artículo 11: Antes de instalar cualquier establecimiento industrial, la persona interesada deberá solicitar y obtener del Ministerio de Salud o de la entidad en quien éste delegue autorización para verter los residuos líquidos.

Artículo 12: Toda edificación, concentración de edificaciones o desarrollo urbanístico, localizado fuera del radio de acción del sistema de alcantarillado público, deberá dotarse de un sistema de alcantarillado particular o de otro sistema adecuado de disposiciones de residuos.

Artículo 13: Cuando por almacenamiento de materias primas o procesadas exista la posibilidad de que éstas alcancen los sistemas de alcantarillado o las aguas, las personas responsables del establecimiento deberán tomar las medidas específicas necesarias para el cumplimiento de la presente Ley y sus reglamentaciones.

Artículo 14: Se prohíbe la descarga de residuos líquidos en las calles, calzadas, canales o sistemas de alcantarillado de aguas lluvias.

Artículo 16: En la realización de planes de ordenamiento urbano deberán tenerse en cuenta, para la ubicación de las zonas industriales, los siguientes aspectos:

- a. Incidencias de las descargas de residuos industriales líquidos en los sistemas de alcantarillado municipal;
- b. Grado de tratamiento requerido de acuerdo con las características de los residuos industriales líquidos y con la clasificación de las fuentes receptoras y su incidencia en los sistemas municipales de tratamiento;
- c. Posibles efectos sobre la utilización actual o futura de las aguas;
- d. Posibilidad de construcción de sistemas de tratamiento y de alcantarillado para aguas residuales y aguas lluvias;
- e. Conveniencia de zonificar el área industrial de acuerdo con las características de los residuos producidos en los diferentes establecimientos, con el objeto de facilitar o complementar los procesos de tratamiento requeridos;
- f. Régimen de caudales de la fuente receptora.

Artículo 21: Para efectos de la preservación y conservación de la calidad de las aguas el Ministerio de Salud tendrá en cuenta, además de las normas establecidas en esta Ley, los artículos 134 a 145 del Decreto-Ley 2811 en lo que se refiere a la protección de aguas para consumo humano.

RESIDUOS SOLIDOS

Artículo 22: Las actividades económicas que ocasionen arrastre de residuos sólidos a las aguas o sistemas de alcantarillado existentes o previstos para el futuro serán reglamentadas por el Ministerio de Salud.

Artículo 24: Ningún establecimiento podrá almacenar a campo abierto o sin protección las basuras provenientes de sus instalaciones, sin previa autorización del Ministerio de Salud o la entidad delegada.

Artículo 25: Solamente se podrán utilizar como sitios de disposición de basuras los predios autorizados expresamente por el Ministerio de Salud o la entidad delegada.

Artículo 26: Cualquier recipiente colocado en la vía pública para la recolección de basuras, deberá utilizarse y mantenerse en forma tal que impida la proliferación de insectos, la producción de olores, el arrastre de desechos y cualquier otro fenómeno que atente contra la salud de los moradores o la estética del lugar.

Artículo 27: Las empresas de aseo deberán ejecutar la recolección de las basuras con una frecuencia tal que impida la acumulación o descomposición en el lugar.

Artículo 28: El almacenamiento de basuras deberá hacerse en recipientes o por períodos que impida la proliferación de insectos o roedores y se evite la aparición de condiciones que afecten la estética del lugar. Para este efecto, deberán seguirse las regulaciones indicadas en el Título IV de la presente Ley.

Artículo 29: Cuando por la ubicación o el volumen de las basuras producidas, la entidad responsable del aseo no pueda efectuar la recolección, corresponderá a la persona o establecimiento productores su recolección, transporte y disposición final.

Artículo 30: Las basuras o residuos sólidos con características infecto-contagiosas deberán incinerarse en el establecimiento donde se originen.

Artículo 34: Queda prohibido utilizar el sistema de quemas al aire libre como método de eliminación de basuras, sin previa autorización del Ministerio de Salud.

DE LAS EMISIONES ATMOSFERICAS

Artículo 41: El Ministerio de Salud fijará las normas sobre calidad del aire teniendo en cuenta los postulados en la presente Ley y en los artículos 73 a 76 del Decreto-Ley 2811 de 1974.

Artículo 42: El Ministerio de Salud fijará de acuerdo a lo establecido en el artículo 41, las normas de emisión de sustancias contaminantes, ya sea para fuentes individuales o para un conjunto de fuentes.

Artículo 43: Las normas de emisión de sustancias contaminantes de la atmósfera se refieren a la tasa de descarga permitida de los agentes contaminantes, teniendo en cuenta los factores topográficos, meteorológicos y demás características de la región.

Artículo 44: Se prohíbe descargar en el aire contaminantes en concentraciones y cantidades superiores a las establecidas en las normas que se establezcan al respecto.

Artículo 45: Cuando las emisiones a la atmósfera de una fuente sobrepasen o puedan sobrepasar los límites establecidos en las normas, se procederá a aplicar los sistemas de tratamiento que le permitan cumplirlos.

Artículo 46: Para el funcionamiento, ampliación o modificación de toda instalación, que por sus características constituya o pueda constituir una fuente de emisión fija, se deberá solicitar la autorización del Ministerio de Salud o la entidad en que éste delegue. Dicha autorización no exime de responsabilidad por los efectos de contaminación producidos con la operación del sistema.

Artículo 47: En el caso de incumplimiento de los requisitos establecidos en la autorización, el Ministerio de Salud aplicará las sanciones previstas en este Código y en la Ley 23 de 1973.

Artículo 48: En cumplimiento de las normas sobre emisiones atmosféricas el Ministerio de Salud podrá:

- a) Exigir el cambio, modificación o adición de los elementos que a su juicio contribuyan a mejorar la calidad de las descargas provenientes de fuentes móviles;
- b) Impedir la circulación de fuentes móviles, cuando por las características del modelo, combustible o cualquier factor, exista la posibilidad de ser inoperante cualquier medida correctiva;
- c) Condicionar la circulación de fuentes móviles, cuando ello sea necesario, en atención a las características atmosféricas y urbanísticas de las zonas de tránsito;
- d) Impedir el tránsito de fuentes móviles cuyas características de funcionamiento produzcan ruidos, en forma directa o por remoción de alguna parte mecánica.

Artículo 49: No se permitirá el uso en el territorio nacional de combustibles que contengan sustancias o aditivos en un grado de concentración tal que las emisiones atmosféricas resultantes sobrepasen los límites fijados al respecto por el Ministerio de Salud.

El Ministerio de Salud queda facultado para confiscar el combustible violatorio de lo establecido en este artículo cuando por razones de contaminación potencial o considere necesario.

DE LOS AGENTES QUIMICOS Y BIOLOGICOS

Artículo 101: En todos los lugares de trabajo se adoptarán las medidas necesarias para evitar la presencia de agentes químicos y biológicos en el aire con concentraciones, cantidades o niveles tales que representen riesgos para la salud y el bienestar de los trabajadores o de la población en general.

Artículo 102: Los riesgos que se deriven de la producción, manejo o almacenamiento de sustancias peligrosas serán objeto de divulgación entre el personal potencialmente expuesto, incluyendo una clara titulación de los productos y demarcación de las áreas donde se opere con ellos, con la información sobre las medidas preventivas y de emergencia para casos de contaminación del ambiente o de intoxicación.

Artículo 103: Cuando se procesen, manejen o investiguen agentes biológicos o materiales que habitualmente los contengan, se adoptarán todas las medidas de control necesarias para prevenir alteraciones de la salud derivadas de éstos.

Artículo 104: El control de agentes químicos y biológicos y, en particular, su disposición, deberá efectuarse en tal forma que no cause contaminación ambiental aun fuera de los lugares de trabajo, en concordancia con lo establecido en el Título I de la presente Ley.

Artículo 106: El Ministerio de Salud determinará los niveles ruido, vibración y cambios de presión a que puedan estar expuestos los trabajadores.

Artículo 107: Se prohíben métodos o condiciones de trabajo con sobrecarga o pérdida excesiva de calor que puedan causar efectos nocivos a la salud de los trabajadores.

Artículo 108: En los lugares de trabajo donde existan condiciones o métodos que puedan afectar la salud de los trabajadores por frío o calor, deberán adoptarse todas las medidas necesarias para controlar y mantener los factores de intercambio calórico entre el ambiente y el organismo del trabajador, dentro de límites que establezca la reglamentación de la presente Ley.

Artículo 109: En todos los lugares de trabajo deberán tener ventilación para garantizar el suministro de aire limpio y fresco, en forma permanente y en cantidad suficiente.

SUSTANCIAS PELIGROSAS

Artículo 130: En la importación, fabricación, almacenamiento, transporte, comercio, manejo o disposición de sustancias peligrosas deberán tomarse todas las medidas y precauciones necesarias para prevenir daños a la salud humana, animal o al ambiente, de acuerdo con la reglamentación del Ministerio de Salud.

DECRETO 2 DEL 11 DE ENERO DE 1982

Por el cual se reglamentan parcialmente el título i de la ley 09 de 1979 y el decreto ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas de partículas para algunas fuentes fijas artificiales.

Artículo 48 - 53: Normas de emisión para calderas a base de carbón. Las calderas a base de carbón no podrán emitir al aire ambiente, partículas en cantidades superiores a las señaladas en la figura No. 1 (véase anexo) de este Decreto y en las siguientes Normas de Emisión:

Consumo de calor por hora. Millones de Kilocalorías (mts).	Zona rural Kilos/10 ⁶ Kilocal	Zona urbana Kilos/10 ⁶ Kilocal	Altura de referencia del punto de descarga.
10 o menos	3.00	2.00	15
25	2.24	1.45	20
50	1.79	1.14	25
75	1.57	0.99	30
100	1.43	0.90	40
200	1.15	0.71	45
300	1.01	0.61	50
400	0.92	0.55	55
500	0.86	0.51	60
750	0.75	0.45	100
1.000	0.68	0.40	115
1.500 o más	0.60	0.35	120

Artículo 54 - 61: Normas de emisión para fábricas de cemento. Los hornos de Clinker de las fábricas de cemento no podrán emitir al aire ambiente partículas en cantidades superiores a las señaladas en la

Artículo 62: Normas de emisión para industrias metalúrgicas. Las industrias metalúrgicas que operen hornos de inducción o arco eléctricos, no podrá emitir al aire ambiente, partículas en cantidades superiores a las señaladas en la figura No. 3 (véase anexo) de este Decreto y en las siguientes normas de emisión:

PLANTAS PRODUCTORAS DE ACIDO SULFURICO

Artículo 76: Normas de emisión para plantas de ácido sulfúrico. Las plantas productoras de ácido sulfúrico no podrán emitir al aire Dióxido de Azufre (SO₂) y neblina ácida (SO₃ Y H₂SO₄) en cantidades superiores a las señaladas en las siguientes normas de emisión:

Capacidad instalada de del punto producción de H ₂ SO ₄ (98%) (Toneladas/día)	Emisión permisible en cualquier región (Kilos/Ton.)		Altura mínima de descarga (Mts.)
	SO ₂	Neblina ácida	
50 o menos	10.0	0.10	25
75	7.0	0.10	25
100	5.0	0.10	30
150	4.0	0.06	35
200 o más	3.5	0.06	40

PLANTAS DE ACIDO NITRICO

Artículo 84: Normas de emisión para plantas de ácido nítrico. Las plantas de ácido nítrico no podrán emitir al aire ambiente óxidos de nitrógeno, expresados como NO₂ (Dióxido de nitrógeno), en cantidades superiores a 4.5 kilos, por tonelada producida de ácido nítrico.

INCINERADORES

Artículo 87: Normas de emisión para incineradores. Los incineradores cuya capacidad sea mayor de una (1) tonelada diaria, no podrán emitir al aire ambiente partículas:

- a. En concentraciones superiores a cinco (5) gramos de partículas por metro cúbico seco de gas efluente, medido a condiciones de referencia.
- b. Que produzcan un oscurecimiento superior al patrón No. 2 de la escala de Ringelmann o una opacidad superior al 40%.

QUEMAS ABIERTAS

Artículo 127: Derogado por el Decreto 948 de 1995, artículo 138. Prohibición de efectuar quemas abiertas y excepciones. Ninguna persona, pública o privada, podrá efectuar quemas abiertas de ningún tipo de material, dentro del área del territorio nacional, excepto en los siguientes casos:

- a. Fuegos utilizados para cocinar alimentos o con fines recreacionales.
- b. Fuegos utilizados para control de incendios.
- c. Fuegos utilizados para quemas con fines agrícolas y silviculturales o cuando se requieran para la prevención y control de enfermedades y plagas, previo permiso del Ministerio de Salud o de la Autoridad Sanitaria en quien éste delegue, así como de los bomberos de la localidad.

DECRETO 2107 DEL 30 DE NOVIEMBRE DE 1995.

Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.

Artículo 1: Modifícase el artículo 25 del Decreto 948 de 1995, de la siguiente manera:

“Artículo 25: Prohibición del uso de crudos pesados. Se prohíbe el uso de crudos pesados con contenidos de azufre superiores a 1.7% en peso, como combustibles en calderas u hornos de establecimientos de carácter comercial, industrial o de servicios, a partir del 1 de enero del año 2001.

DECRETO 1594 DEL 26 DE JUNIO DE 1984

Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

Este decreto contiene todo lo referente a sustancias de interés sanitario y en especial del agua, su ordenamiento por parte del EMAR, destinación genérica y todo lo referente a las normas para los vertimientos de residuos líquidos. Incluye además la normatividad para la realización de estudios del impacto ambiental

Artículo 19: Denomínase CL_{50}^{96} a la concentración de una sustancia, elemento o compuesto, solos o en combinación, que produce la muerte al cincuenta por ciento (50%) de los organismos sometidos a bioensayos en un período de noventa y seis (96) horas.

Artículo 20: Considéranse sustancias de interés sanitario las siguientes:

Arsénico	Plomo
Bario	Selenio
Cadmio	Acenafteno
Cianuro	Acroleína
Cobre	Acrilonitrilo
Cromo	Benceno
Mercurio	Bencidina
Níquel	
Tetracloruro de Carbono (Tetraclorometano)	
Bencenos clorados diferentes a los diclorobencenos	
Clorobenceno	
1,2,4 - Triclorobenceno	
Hexaclorobenceno	
Etanos clorados	
1,2 - Dicloroetano	
1,1,1 - Tricloroetano	
Hexacloroetano	
1,1 - Dicloroetano	
1,1,2 - Tricloroetano	
1,1,2,2 - Tetracloroetano	
Cloroetano	
Cloroalkil éteres	
Bis (clorometil) éter	
Bis (2-cloroetil) éter	
2 - cloroetil vinil éter (mezclado)	
Nafatalenos clorados	
2 - Cloronaftaleno	

Fenoles clorados diferentes a otros de la lista, incluye cresoles clorados

2,4,6 - Triclorofenol
Paracloromecresol
Cloroformo (Triclorometano)
2 - Clorfenol

Disclorobencenos
1,2 - Diclorobenceno
1,3 - Diclorobenceno
1,4 - Diclorobenceno

Diclorobencidina
3,3'- Diclorobencidina

Dicloroetilenos
1,1 - Dicloroetileno
1,2 - Trans-dicloroetileno
2,4 - Diclorofenol

Dicloropropano y Dicloropropeno
1,2 - Dicloropropano
1,2 - Dicloropropileno (1, 3 - Dicloropropeno)
2,4 - Dimetilfenol
Dinitrotolueno
2,4 - Dinitrotolueno
2,6 - Dinitrotolueno
1,2 - Difenilhidracina
Etilbenceno
Fluoranteno
Haloéteres (diferentes a otro en la lista)
4 - Clorofenil fenil éter
4 - Bromofenil fenil éter
Bis (2 - Cloroisopropil) éter
Bis (2 - Cloroetoxi) metano
Halometanso (diferentes a otro en la lista)
Metilen cloruro (Diclorometano)
Metil cloruro (Clorometano)
Metil Bromuro (Bromometano)
Bromoformo (Tribromometano)
Diclorobrometano
Triclorofluorometano
Diclorodibfluorometano
Clorodibromometano
Hexaclorociclopentadieno
Isoforón Naftaleno
Nitrobenceno
Nitrofenoles
2 - Nitrofenol
4 - Nitrofenol
2,4 - Dinitrofenol
4,6 - Dinitro - o - Cresol
Nitrosaminas
N - Nitrosodifenilamina
N - Nitrosodi - n - Propilamina
Pentaclorfenol
Fenol
N - Nitrosodimetilamina
Ftalato esterres
Bis (2 - etilhexil) Ftalato
Butil benzil ftalato
Di - n - butil ftalato
Di - n - octil ftalato
Dietil ftalato
Dimetil ftalato
Hidrocarburos aromáticos polinucleares
Benzo (a) antraceno (1,2 - benzantraceno)
Benzo (a) pireno (3, 4 - benzopireno)
3,4 - benzofluoranteno
Benzo (k) fluoranteno (11, 12 - benzofluoranteno)
Criseno
Acenaftileno
Antraceno

Benzo (ghi) perileno (1,12 - benzoperileno)
Fluoreno
Fenantreno
Dibenzo (a, h) Antraceno (1,2,5,5 - dibenzoantraceno)
Indeno (1,2,3 - de) pireno (2,3 - o -fenil enepireno)
Pireno Tetracloroetileno
Tolueno
Tricloroetileno
Vinil Cloruro (Cloroetileno)

Pesticidas y metabolitos

Aldrín
Dieldrín
Clordano

DDT y metabolitos

4,4'- DDT
4,4'- DDE (p,p'- DDX)
4,4'- DDD (p,p'- TDE)

Endosulfan y metabolitos

Endrín
Endrán aldehido

Heptacloroepóxido

Hexaclorociclohexano (todos los isómeros)

a - BHC - Alpha
b - BHC - Beta
r - BHC (lindano) - Gamma
g - BHC Delta

Bifenil policlorados

PCB - 1242 (Arocloro 1242)
PCB - 1254 (Arocloro 1254)
PCB - 1221 (Arocloro 1221)
PCB - 1232 (Arocloro 1232)
PCB - 1260 (Arocloro 1260)
PCB - 1016 (Arocloro 1016)

Toxafeno
Antimonio
(total)
Asbesto (fibras)
Berilio
Cinc
2,3,7,8 - Tetraclorodibenzo - p - dioxin (TCDD)

Compuestos adicionales

Acido abiético
 Acido dehidroabiético
 Acido isopimárico
 Acido pimárico
 Acido oleico
 Acido linoleico
 Acido linolénico
 9, 10 - Acido epoxisteárico
 9, 10 - Acido dicloroesteárico
 Acido monoclorodehidroabiético
 Acido diclorohidroabiético
 3,4,5 - Tricloroguayacol
 Tetraclorguayacol
 Carbamatos
 Compuestos fenólicos
 Difenil policlorados
 Sustancias de carácter explosivo, radiactivo, patógeno.

DEL VERTIMIENTO DE LOS RESIDUOS LIQUIDOS

Artículo 60: Se prohíbe todo vertimiento de residuos líquidos a las calles, calzadas y canales o sistemas de alcantarillado para aguas lluvias, cuando quiera que existan en forma separada o tengan esta única destinación.

Artículo 61: Se prohíbe la inyección de residuos líquidos a un acuífero, salvo que se trate de la reinyección de las aguas provenientes de la exploración y explotación petrolífera y de gas natural, siempre y cuando no se impida el uso actual o potencial del acuífero.

Artículo 73: Todo vertimiento a un alcantarillado público deberá cumplir, por lo menos, con las siguientes normas:

Referencia	Valor
pH	5 a 9 unidades
Temperatura	< 40°C

Acidos, bases o soluciones ácidas o básicas que puedan causar contaminación; sustancias explosivas o inflamables. Ausentes
 Sólidos sedimentables 10 ml/l
 Sustancias solubles en hexano 100 mg/l

Referencia	Usuario Existente	Usuario Nuevo
Sólidos suspendidos para desechos domésticos e industriales	Remoción > 50% en carga	Remoción > 80% en carga
Demanda bioquímica de oxígeno:		
Para desechos domésticos	Remoción > 30% en carga	Remoción > 80% en carga
Para desechos industriales	Remoción > 20% en carga	Remoción > 80% en carga

Caudal máximo

1.5 veces el caudal

promedio horario

Artículo 84: Los residuos líquidos provenientes de usuarios tales como hospitales, lavanderías, laboratorios, clínicas, mataderos, así como los provenientes de preparación y utilización de agroquímicos, garrapaticidas y similares, deberán ser sometidos a tratamiento especial de acuerdo con las disposiciones del presente Decreto y aquellas que en desarrollo del mismo o con fundamento en la ley establezcan el mismo y la EMAR.

Artículo 95: Se prohíbe el vertimiento de residuos líquidos sin tratar, provenientes del lavado de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

RESOLUCION 2309 DEL 24 DE FEBRERO DE 1986

Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la Parte 4 del Libro 1 del Decreto -Ley número 2811 de 1974 y de los Títulos I, III y XI de la Ley 9 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales, criterios de identificación, almacenamiento, transporte y requerimiento de exclusividad en el transporte de residuos especiales, tratamiento, disposición sanitaria y situaciones de emergencia

Este decreto se puede resumir de la siguiente forma:

Residuos especiales: Los objetos, elementos o sustancias que se abandonan, botan desechan, descartan o rechazan y que sean patógenos, tóxicos, combustibles, inflamables, explosivos, radiactivos o volatilizables y los empaques y envases que los hayan contenido, como también los lodos, cenizas y similares.

Residuo patógeno o infectocontagioso: Aquel que por sus características físicas, químicas o biológicas puede causar daño a la salud humana o animal por ser reservorio o vehículo de infección.

Residuo tóxico: Es aquel que por sus características físicas o químicas, dependiendo de su concentración y tiempo de exposición, puede causar daño a la salud humana o al medio ambiente.

Residuos combustibles: son aquellos que puede arder por acción de un agente exterior, como chispa o cualquier fuente de ignición.

Residuo inflamable: Aquel que puede arder espontáneamente bajo ciertas condiciones de presión y temperatura.

Residuo explosivo: Aquel que genera grandes presiones en su descomposición instantánea.

Residuo radiactivo: Aquel que admite radiaciones en niveles superiores a las radiaciones naturales de fondo.

Residuo volatilizable: Aquel que por su presión de vapor se evapora o volatiliza a temperatura ambiente.

Residuos incompatibles: Aquellos que, cuando se mezclan o entran en contacto, pueden reaccionar produciendo efectos dañinos que atentan contra la salud humana, contra el medio ambiente o contra ambos.

Artículo 11: Manejo de residuos especiales. En el manejo de residuos especiales quedan comprendidas las siguientes actividades: generación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, separación y disposición final.

Artículo 13: Manejo de residuos incompatibles. En el manejo de residuos sólidos se prohíbe expresamente la mezcla de los residuos que se describen en la siguiente tabla (tabla número 1) entendiéndose que no se podrán mezclar los correspondientes a la primera columna con los de la segunda, a menos que:

1. Se garantice que la mezcla sea realizada en condiciones que eviten o no provoquen reacciones con los efectos anotados en la tabla, y
2. El propósito de la mezcla sea el de neutralización o dilución para impedir los efectos previstos.

Tabla 1

RESIDUOS ESPECIALES INCOMPATIBLES

GRUPO 1-A

Lodos de acetileno
Líquidos alcalinos y cáusticos
Limpiadores alcalinos
Líquidos alcalinos corrosivos
Fluidos de baterías, corrosivos, alcalinos
Agua cáustica de desecho
Lodos de cal y otros álcalis corrosivos
Lechada de cal de desecho y agua
Cáusticos de desecho

GRUPO 1-B

Lodos ácidos
Ácidos y Agua
Acido de batería.
Limpiadores químicos
Electrolitos ácidos
Líquidos y solventes de agua fuerte
Licor de salmuera y otros ácidos corrosivos
Acido de desecho
Mezcla ácida de desecho
Acido sulfúrico de desecho

Consecuencias potenciales: generación de calor; reacción violenta.

GRUPO 2-A

Aluminio
Berilio
Calcio
Litio
Magnesio
Potasio
Sodio
Polvo de cinc

GRUPO 2-B

Cualquier desecho de los grupos 1-A o 1-B

Otros metales reactivos e hidruros metálicos.

Consecuencias potenciales: fuego explosión; generación de gas hidrogeno o inflamable.

GRUPO 3-A

Alcoholes
Agua

GRUPO 3-B

Cualquier desecho concentrado de los grupos 1-a o 1-b

Calcio

Litio

Hidruros metálicos

Potasio

SO₂C₁₂, SOC₁₂, PC₁₃, SIC₁₃

Otros desechos que reaccionan con agua

Consecuencias potenciales; fuego, explosión o generación de calor, generación de gases tóxicos o inflamables.

GRUPO 4-A

Alcoholes

Aldehidos

Hidrocarburos halogenados

Hidrocarburos nitrados

Hidrocarburos no saturados

Otros compuestos orgánicos reactivos y solventes

GRUPO 4-B

Desechos concentrados de los grupos 1-A o 1-B, desechos del grupo 2-A.

Consecuencias potenciales: fuego, explosión o reacción violenta.

GRUPO 5-A

Cianuro de desecho y soluciones de sulfuros

GRUPO 5-B

Desecho del Grupo 1-B

Consecuencias potenciales: generación de cianuro tóxico de hidrógeno o gas de sulfuro de hidrógeno.

GRUPO 6-A

Cloratos

Cloro

Clorito

Acido crómico

Hipocloritos

Nitratos

Percloratos

Permanganatos

Peróxidos

GRUPO 6-B

Acido acético y otros ácidos orgánicos

Acidos minerales concentrados
Desechos del grupo 2-A
Desechos del grupo 4-A
Otros desechos inflamables y combustibles
Consecuencias potenciales: fuego, explosión o reacción violenta.

CRITERIO PARA IDENTIFICAR RESIDUOS ESPECIALES

Artículo 25: Criterio para identificar un residuo inflamable. Se considera que un residuo es inflamable cuando:

- a. Siendo líquido, cumpla las tres condiciones siguientes:
 1. Contiene más de 24% de alcohol en volumen
 2. Su punto de ignición esta por debajo de 60°C,
 3. No contiene agua
- b. No siendo líquido:
A presión y temperatura normales -1 atmósfera y 25°C produce fuego por fricción contacto con agua o cambio químico espontáneos.
- c. Es un gas y cumple una de las dos condiciones siguientes:
 1. Su mezcla del 13% o menos, en volumen , con aire, es inflamable.
 2. Su rango de inflamación con aire es mayor que el 12% independiente del límite inferior.

Artículo 26: Criterio para identificar un residuo volatilizable. Se considera que es un residuo volatilizable cuando:

Tiene una presión de vapor absoluta mayor de 78 mm de mercurio a 25°C

Artículo 27: Criterios para identificar un residuo tóxico. Se considera que un residuo es tóxico cuando:

Utilizado el proceso de extracción el residuo contiene uno o varios de los contaminantes de la siguiente tabla (tabla numero 2), a una concentración igual o mayor que el valor respectivo dado en ella.

Tabla 2

Concentración máxima de contaminantes para la característica de extracción

CONTAMINACION	EXPRESADO COMO	CONCENTRACION MAXIMA mg/l
Arsénico	As	5.0
Bario	Ba	100.0
Cadmio	Cd	0.5
Cromo hexavalente	Cr+6	5.0
Plomo	Pb	5.0
Mercurio	H g	0.1
Selenio	Se	1.0
Plata	Ag	5.0
Endrin Agente	Activo	0.05
Lindano	Agente Activo	0.5
Metoxicloro	Agente activo	10.0
Toxafeno	Agente Activo	0.5
2-4D	Agente Activo	10.0
2-4-5 TP	Agente Activo	3.0
Aldrin	Agente Activo	0.1
Clordano	Agente Activo	0.3
Carbaril	Agente Activo	10.0
DDT	Agente Activo	5.0
Diazinom	Agente Activo	1.0
Dieldrin	Agente Activo	0.1
Heptacloro	Agente Activo	3.0
Metilparation	Agente Activo	0.7
Paration	Agente Activo	3.5
2-4-5-T	Agente Activo	0.2

**DECRETO 2104 DEL 26 DE JULIO DE 1983
(Derogado por el Decreto 605 de 1996, artículo 123).**

Por el cual se reglamenta parcialmente el Título III de la Parte IV del Libro I del Decreto - Ley 2811 de 1974 y los Títulos I y XI de la Ley 9 de 1979 en cuanto a residuos sólidos, Todo lo relacionado a servicios de aseo: contratación, manejo, transporte, almacenamiento, recuperación de basuras y registro autorizaciones sanitarias correspondientes.

Este decreto se puede resumir de la siguiente forma:

Basura: Se entiende por basura todo residuo sólido o semisólido, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano o animal. Se comprende en la misma definición los desperdicios, desechos, cenizas, elementos del barrido de calles, residuos industriales, de establecimientos hospitalarios y de plazas de mercado, entre otros.

Residuo sólido: Se entiende por residuo sólido todo objeto, sustancia o elemento en estado sólido, que se abandona, bota o rechaza.

Desperdicio: Se entiende por desperdicio todo residuo sólido o semisólido de origen animal o vegetal, sujeto a putrefacción, proveniente de la manipulación, preparación y consumo de alimentos.

Desecho: Se entiende por desecho cualquier producto deficiente, inservible o inutilizado que su poseedor destina al abandono o del cual quiere desprenderse.

Residuo sólido domiciliario: Se entiende por residuo sólido domiciliario el que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a éstas.

Residuo sólido comercial: Se entiende por residuo sólido comercial aquel que es generado en establecimientos comerciales y mercantiles tales como almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de mercado.

Residuo sólido institucional: Se entiende por residuo sólido institucional aquel que es generado en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos, terrestres, fluviales o marítimos y edificaciones destinadas a oficinas, entre otros.

Residuo sólido industrial: Se entiende por residuo sólido industrial aquella que es generado en actividades propias de este sector, como resultado de los procesos de producción.

Residuo sólido patógeno: Se entiende por residuo sólido patógeno aquel que por sus características y composición puede ser reservorio o vehículo de infección.

Residuo sólido tóxico: Se entiende por residuo sólido tóxico aquel que por sus características físicas o químicas, dependiendo de su concentración y tiempo de exposición, puede causar daño a los seres vivos y aún la muerte, o provocar contaminación ambiental.

Residuo sólido combustible: Se entiende por residuo sólido combustible aquel que arde en presencia de oxígeno, por acción de una chispa o de cualquiera otra fuente de ignición.

Residuo sólido inflamable: Se entiende por residuo sólido inflamable aquella que puede arder espontáneamente en condiciones normales.

Residuo sólido explosivo: Se entiende por residuo sólido explosivo aquel que genera grandes presiones en su descomposición instantánea.

Residuo sólido radiactivo: Se entiende por residuo sólido radiactivo aquel que emite radiaciones electromagnéticas en niveles superiores a las radiaciones naturales del fondo.

Residuo sólido volatilizable: Se entiende por residuo sólido volatilizable aquel que por su presión de vapor, a temperatura ambiente se evapora o volatiliza.

Residuo sólido con características especiales: Se entiende por residuo sólido con características especiales al patógeno, al tóxico, al combustible, al inflamable, al explosivo, al radiactivo y al volatilizable. Se incluyen en esta definición los objetos o elementos que por su tamaño, volumen o peso requieran un manejo especial.

Lodo: Se entiende por lodo la suspensión de sólidos en un líquido, provenientes de tratamiento de agua, de residuos líquidos o de otros procesos similares.

Tratamiento: Se entiende por tratamiento el proceso de transformación física, química o biológica de los residuos sólidos para modificar sus características o aprovechar su potencial, y en el cual se puede generar un nuevo residuo sólido, de características diferentes.

Disposición sanitaria de basuras: Se entiende por disposición sanitaria de basuras el proceso mediante el cual las basuras son colocadas en forma definitiva, sea en el agua o en el suelo, siguiendo, entre otras, las técnicas de enterramiento, relleno sanitario y de disposición al mar.

Enterramiento de basuras: Se entiende por enterramiento de basuras la técnica que consiste en colocarlas en una excavación, aislándolas posteriormente con tierra u otro material de cobertura.

Relleno sanitario de basuras: Se entiende por relleno sanitario de basuras la técnica que consiste en esparcirlas, acomodarlas y compactarlas al volumen más práctico posible, cubriéndolas diariamente con tierra u otro material de relleno y ejercer los controles requeridos al efecto.

Disposición sanitaria al mar: Se entiende por disposición sanitaria al mar la técnica utilizada para descargar las basuras al mar en condiciones tales que se evite al máximo su esparcimiento por efecto de corrientes y animales marinos.

Entidad de aseo: Se entiende por entidad de aseo la persona natural o jurídica, pública o privada, encargada o responsable en un Municipio de la prestación del servicio de aseo, como empresas, organismos, asociaciones, o Municipios directamente.

Artículo 2: De las actividades que se regulan. El almacenamiento, recolección, transporte, disposición sanitaria y demás aspectos relacionados con las basuras, cualquiera sea la actividad o el lugar de generación, se regirán por lo dispuesto en este Decreto.

Artículo 3: Del servicio de aseo. El servicio de aseo comprende las siguientes actividades:

- . Almacenamiento.
- . Presentación.
- . Recolección.
- . Transporte.
- . Transferencia.
- . Tratamiento.
- . Disposición sanitaria.

- Barrido y limpieza de vías y áreas públicas.
- Recuperación.

Artículo 4: De las clases de servicio de aseo. Para efectos de carácter sanitario, la prestación del servicio de aseo se clasifica en dos modalidades:

- a. Servicio ordinario, y
- b. Servicio especial.

Artículo 92: Del almacenamiento especial de residuos sólidos con características especiales. El almacenamiento de residuos sólidos con características especiales deberá efectuarse en recipientes distintos a los destinados para el servicio ordinario, claramente identificados y observando medidas especiales de carácter sanitario y de seguridad para protección de la salud humana y del medio ambiente.

Artículo 93: Del manejo de materiales no biológicos. Los materiales no biológicos desechables considerados como residuos sólidos patógenos, tales como agujas hipotérmicas y otro tipo de instrumental, sólo podrán ser mezclados con éstos cuando cumplan las medidas tendientes a evitar riegos en el manejo del conjunto; de no ser así, deberán ser almacenados en forma separada.

Artículo 94: De los recipientes para almacenamiento de residuos sólidos con características especiales. Los recipientes para almacenamiento de residuos sólidos con características especiales deberán ser de cierre hermético y estar debidamente marcados con las medidas a seguir en caso de emergencia.

Artículo 95: De los requisitos que deben cumplir las áreas para almacenamiento de residuos sólidos patógenos. Las áreas de almacenamiento temporal de residuos sólidos patógenos en las edificaciones donde se generen deberán cumplir por lo menos, con los siguientes requisitos:

- a. Disponer de extractos de aire con filtro biológico;
- b. Estar marcadas en forma tal que puedan ser identificadas fácilmente y bajo la prohibición expresa de permitir la entrada de personas ajenas a las comprometidas con esta actividad;
- c. Ser desinfectadas y desodorizadas con la frecuencia que garantice condiciones sanitarias, y
- d. Contar con los dispositivos de seguridad necesarios para prevención y control de accidentes e incendios.