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 LA LOCALIDAD DE FONTIBON

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 la localidad de Fontibón

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

Santa Fe de Bogotá, Junio 27, 2000

Tabla de Contenido

CAPÍTULO 1 ..... **12**

MARCO TEÓRICO **12**

1.1 CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS 12
1.1.1 Aspectos Generales *12*
1.1.2 Definiciones básicas *12*
1.1.2.1 Amenaza: 12
1.1.2.2 Vulnerabilidad 13
1.1.2.3 Riesgo 14
1.1.2.4 Confiabilidad y seguridad 15
1.1.3 Enfoque metodológico del estudio *15*
1.1.3.1 Caracterización de las pérdidas esperadas 16
1.1.3.2 Modelos existentes 17
1.1.3.3 Manejo de la Incertidumbre 17
1.1.4 Teoría de sistemas *18*
1.1.4.1 Características de un sistema 18
1.1.4.2 Modelación jerárquica 20
1.2 METODOLOGÍAS EXISTENTES PARA LA MODELACIÓN DE ACCIDENTES TECNOLÓGICOS 21
1.2.1 Falla de un sistema *21*
1.2.2 Definición de Accidentes *21*
1.2.3 Clasificación de fallas *22*
1.2.3.1 Hardware 22
1.2.3.2 Error humano 23
1.2.3.3 Operacional 23
1.2.4 Metodologías para la modelación de accidentes *23*
1.2.4.1 Evaluación de situaciones peligrosas 23
1.2.4.2 Modelos de propagación de fallas 25
1.2.4.3 Acumulación de factores en el tiempo 29
1.2.4.4 Manejo de accidentes 31
1.3 ANÁLISIS DE EVENTOS HISTÓRICOS 32
1.3.1 Aspectos generales *32*
1.3.2 Revisión bibliográfica *33*
1.3.3 Información histórica existente *33*
1.3.4 Registro de accidentes tecnológicos en Santa Fe de Bogotá *34*
1.3.4.1 Aspectos generales 34
1.3.4.2 Accidentalidad en Santa Fe de Bogotá 35
1.3.4.3 Distribución de accidentes por tipo de evento 35
1.3.4.4 Distribución de accidentes por actividad industrial 36
1.3.4.5 Causas de la accidentalidad 37
1.3.4.6 Efectos de la atención de emergencias sobre la accidentalidad 38
1.3.5 Información de la localidad de Fontibón *38*
1.3.5.1 Causas de la accidentalidad 38
1.3.5.2 Accidentalidad por sectores industriales 39
1.3.5.3 Consecuencias sociales 40

CAPÍTULO 2 ..... **42**

ANÁLISIS DE NORMATIVIDAD **42**

2.1 ASPECTOS GENERALES 42
2.2 SISTEMA NORMATIVO COLOMBIANO 42
2.2.1 Principios Jurídicos *42*
2.2.2 Norma Jurídica *42*
2.2.3 Niveles jerárquicos en el sistema jurídico de Colombia *43*
2.2.4 Estado actual de la implementación normativa *44*
2.2.5 Implementación de una norma técnica en el universo jurídico *45*
2.3 SISTEMA GENERAL DE RIESGOS INDUSTRIALES Y PROFESIONALES 46
2.3.1 Filosofía y fundamento de la norma *46*

2.3.2 Estatuto de seguridad industrial Resolución 2400 de 1979 ... *47*
2.4 NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS ... 53
2.4.1 Filosofía y fundamento de las normas de emisión de contaminantes ... *53*
2.4.2 Normativa sobre emisión de contaminantes ... *54*
2.4.2.1 Ley 09 del 14 de enero de 1979 ... 54
2.4.2.2 Decreto 02 de 1982 ... 55
2.4.2.3 Decreto 948 del 5 de junio de 1995. ... 56
2.4.2.4 Decreto 2107 del 30 de Noviembre de 1995 ... 56
2.4.2.5 Resolución 05 del 20 de agosto de 1996. ... 57
2.4.2.6 Principales actos legislativos: ... 57
2.4.3 Manejo de los residuos peligrosos en Santa fe de Bogotá. ... *58*
2.4.3.1 Legislación existente y expectativas futuras sobre residuos peligrosos ... 58
2.4.3.2 Marco regulatorio para el manejo y administración de los residuos peligrosos ... 58
2.4.3.3 Proyectos de reglamentación en marcha ... 58
2.4.3.4 Aspectos relevantes del marco normativo y de política ... 62
2.4.4 Legislación y normatividad en el uso del suelo en el Distrito. ... *62*
2.4.4.1 Acuerdo 6 de 1990 ... 63
2.4.4.2 Plan de ordenamiento territorial (POT) ... 64
2.4.4.3 Marco internacional ... 65
2.4.4.4 Clasificación de sustancias peligrosas ... 67
2.4.4.5 Almacenamiento de sustancias peligrosas ... 68
2.4.4.6 Aspectos finales sobre legislación del uso del suelo ... 71
2.5 NORMA DE CALIDAD INTERNACIONAL ISO 9000 ... 72
2.6 NORMA DE CALIDAD INTERNACIONAL ISO 14000 ... 72

CAPÍTULO 3 ... 73

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA ... 73

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIDAD DE FONTIBÓN ... 73
3.1.1 Aspectos generales ... *73*
3.1.2 Demografía ... *73*
3.1.3 Aspectos socioeconómicos ... *74*
3.1.3.1 Uso del suelo ... 74
3.1.3.2 Actividad industrial ... 77
3.1.3.3 Actividad económica ... 77
3.1.3.4 Patrón social ... 78
3.1.4 Servicios vitales ... *78*
3.1.4.1 Sistema de Acueducto ... 78
3.1.4.2 Alcantarillado ... 81
3.1.4.3 Sistema de distribución de energía ... 81
3.1.4.4 Sistema de teléfonos ... 81
3.1.4.5 Sistema de gas domiciliario ... 81
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL MANEJO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN ... 83
3.2.1 Aspectos generales ... *83*
3.2.2 Análisis estadístico de accidentes tecnológicos ... *83*
3.3 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE RIESGO ... 84
3.3.1 Agentes generadores de riesgo ... *84*
3.3.1.1 Definición ... 84
3.3.1.2 Clasificación de industrias ... 84
3.3.1.3 Clasificación de sustancias peligrosas ... 85
3.3.1.4 Clasificación de accidentes ... 85
3.3.2 Riesgos asociados a los procesos industriales ... *86*
3.3.3 Procesos generadores de riesgos tecnológicos ... *88*
3.4 DEFINICIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE RIESGO EN FONTIBÓN ... 90
3.4.1 Aspectos generales de la localidad ... *90*
3.4.2 Residuos peligrosos ... *91*
3.4.2.1 Residuos Peligrosos en Santa Fe de Bogotá. ... 91
3.4.2.2 Generación de Residuos Peligrosos en Santa Fe de Bogotá. ... 91
3.4.2.3 Manejo de los Residuos Peligrosos en Bogotá ... 93
3.4.3 Contaminación atmosférica por emisiones de gases y partículas ... *94*
3.4.3.1 Situación de la Calidad del Aire en la localidad ... 94
3.4.3.2 Diagnóstico de la calidad del aire en la localidad ... 98
3.4.4 Contaminación acuífera. ... *104*
3.4.4.1 Descripción general de la cuenca ... 104
3.4.4.2 Descripción hidráulica ... 105
3.4.4.3 Descripción de la calidad del agua ... 106

CAPÍTULO 4..... 108

PRODUCTOS ESPECÍFICOS..... 108

4.1 ASPECTOS GENERALES 108
4.2 INFORMACIÓN BÁSICA POR UNIDAD 108
4.2.1 Aspectos generales 108
4.2.2 Cálculo del número de habitantes y viviendas por sector 108
4.2.3 Estimación de la población para el año 2000 109
4.2.4 Estimación del número de viviendas para el año 2000 110
4.2.5 Cálculo del costo de las viviendas para cada sector 111
4.3 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO 112
4.3.1 Aspectos generales 112
4.3.2 Descripción de la metodología 113
4.3.2.1 Aspectos generales 113
4.3.2.2 Modelación del sistema 113
4.3.2.3 Modelación del riesgo 116
4.3.3 Modelación de los procesos generadores de riesgo 117
4.3.3.1 Mecanismo de ocurrencia del accidente 117
4.3.3.2 Incertidumbre y manejo de la información 118
4.3.4 Modelación de la ocurrencia y la afectación del fenómeno 118
4.3.4.1 Aspectos generales 118
4.3.4.2 Modelo de ocurrencia 119
4.3.4.3 Extensión del daño 119
4.3.4.4 Ocurrencia de eventos en cadena 119
4.3.5 modelación de las consecuencias 121
4.3.5.1 Extensión de la zona de afectación 121
4.3.5.2 Evaluación de las pérdidas 121
4.3.6 Evaluación general del riesgo 121
4.3.6.1 Calculo de los eventos generadores de riesgo 121
4.3.6.2 Evaluación del riesgo 122
4.3.6.3 Determinación del riesgo relativo 122
4.3.6.4 Caracterización del riesgo 122
4.4 EVALUACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE RIESGO 123
4.4.1 Aspectos generales 123
4.4.2 Incendios 123
4.4.2.1 Proceso de combustión 123
4.4.2.2 Proceso de ignición 123
4.4.2.3 Manifestación del incendio 125
4.4.2.4 Proceso químico 125
4.4.2.5 Fuentes de energía calórica 125
4.4.2.6 Calor generado 126
4.4.2.7 Patrón de comportamiento 127
4.4.2.8 Clasificación de incendios 129
4.4.2.9 Modelo para evaluar la severidad del incendio 129
4.4.2.10 Evaluación cualitativa del riesgo 134
4.4.3 Explosiones 135
4.4.3.1 Aspectos generales 135
4.4.3.2 Características de las explosiones 136
4.4.3.3 Descripción del fenómeno 136
4.4.3.4 La perturbación a cierta distancia de la explosión 137
4.4.3.5 Bases para la modelación de la propagación de la perturbación 138
4.4.3.6 Movimiento del frente de onda desde la explosión 139
4.4.3.7 Energía térmica radiada 141
4.4.3.8 Consideraciones finales 141
4.4.3.9 Evaluación cualitativa del riesgo 142
4.4.4 Fugas 144
4.4.4.1 Modelo gaussiano de una columna de gas 144
4.4.4.2 Descripción de la columna de humo gaussiana 144
4.4.4.3 Dispersión unidimensional, bidimensional y tridimensional 146
4.4.4.4 El modelo gaussiano de dispersión 148
4.4.4.5 Algoritmo de cálculo 148
4.4.4.6 Evaluación cualitativa de riesgo 149
4.4.5 Derrames 152
4.4.5.1 Descripción de eventos en el derrame de una sustancia líquida 152
4.4.5.2 Transito en el alcantarillado 152
4.4.5.3 Algoritmo para el análisis 154
4.4.5.4 Evaluación cualitativa de riesgo 155
4.4.6 Ocurrencia de eventos en cadena 157

CAPÍTULO 5..... 159

LINEAMIENTOS GENERALES DEL PLAN DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA..... 159

5.1 ASPECTOS GENERALES..... 159
5.2 ESTRUCTURA GENERAL DEL PLAN DE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA..... 159
5.3 ORGANIZACIÓN INTERINSTITUCIONAL..... 159
5.3.1 Estructura y jerarquía..... 160
5.3.2 Coordinación..... 161
5.3.3 Funciones y responsabilidades..... 161
5.4 INVENTARIO DE RECURSOS..... 162
5.4.1 Información sobre la situación de la localidad..... 162
5.4.1.1 Recopilación de información..... 162
5.4.1.2 Almacenamiento de información..... 163
5.4.2 Recursos para el manejo de la emergencia..... 164
5.5 ANÁLISIS DE RIESGOS..... 165
5.6 PLANES DE CONTINGENCIA POR ESCENARIO..... 166
5.6.1 Prevención..... 166
5.6.2 Respuesta..... 168
5.6.3 Escenario de incendios..... 169
5.6.4 Escenario de explosiones..... 170
5.6.5 Escenario de fugas..... 171
5.6.6 Escenario de derrames..... 171
5.6.6.1 Métodos de descontaminación físico-químicos..... 173
5.6.6.2 Manejo de la emergencia..... 174

CAPÍTULO 6..... 175

ESTRATEGIA PARA LE EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE RIESGOS TECNOLÓGICOS..... 175

6.1 ASPECTOS GENERALES..... 175
6.2 MODELO CUALITATIVO VS MODELO CUANTITATIVO..... 175
6.2.1 Recomendaciones para mejorar la precisión del modelo..... 176
6.2.1.1 Incendios..... 176
6.2.1.2 Explosiones..... 176
6.2.1.3 Fugas..... 177
6.2.1.4 Derrames..... 177
6.2.2 Recomendaciones para un estudio de riesgo industrial..... 178
6.2.2.1 Estructura general de un plan de evaluación de riesgos..... 178

CAPÍTULO 7..... 182

CONCLUSIONES..... 182

CAPÍTULO 8..... 186

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 186

Índice de figuras

Figura 1.1. Evaluación del riesgo con base en la amenaza y la vulnerabilidad 15
Figura 1.2. Proceso para la evaluación del riesgo 16
Figura 1.3 Alternativas para el manejo de la Incertidumbre 18
Figura 1.4 Características de un sistema 19
Figura 1.5 Descripción de la trayectoria de estado de un sistema 19
Figura 1.6 Manejo de un sistema a través de subsistemas 20
Figura 1.7 Características de una representación jerárquica 20
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 Factores que contribuyen a la reducción de la accidentalidad 32
Figura 1.17 Causa de la accidentalidad registrada en la Localidad de Fontibón entre 1943 y 1993 (ODIC) 39
Figura 1.18 Accidentalidad en la Localidad de Fontibón, por sector industrial, entre 1943 y 1993 (ODIC). 40
Figura 1.19Número de personas damnificadas por la accidentalidad en la Localidad de Fontibón entre 1943 y 1993 (ODIC). 41
Figura 2.1 Representación del sistema jerárquico de las normas colombianas 43
Figura 3.1 Crecimiento histórico de la localidad 75
Figura 3.2 Mapa de la localidad 76
Figura 3.3 Líneas vitales 79
Figura 3.4 Microzonificación sísmica 80
Figura 3.5 Red principal de gas 82
Figura 3.6 Cambios horarios de la velocidad del viento registrados en Puente Aranda 95
Figura 3.7 Cambios en los promedios de velocidad de viento 96
Figura 3.8 Concentración promedio anual de partículas de < de 10 micras 100
Figura 3.9 Concentración promedio anual de partículas totales 101
Figura 3.10 Concentración promedio anual de Ozono 102
Figura 3.11 Concentración promedio anual de Óxidos de Nitrógeno 103
Figura 3.12 Concentración promedio anual de Óxidos de Azufre 104
Figura 3.13 Modelación de la cuenca del río Fucha 106
Figura 3.14 Modelación de la cuenca del río Fucha 107
Figura 4.1 Identificación de las unidades fundamentales de análisis 109
Figura 4.2 Representación de la situación actual de la localidad 113
Figura 4.3 Selección de unidades fundamentales para el estudio 114
Figura 4.4 Descripción jerárquica de las unidades componentes del sistema 115
Figura 4.5 Descripción del sistema en un nivel de detalle menor al real (Figura 4.2) 116
Figura 4.6 Proceso para la evaluación del riesgo 117
Figura 4.7 Proceso generador de riesgo (i.e. ocurrencia de un accidente) 117
Figura 4.8 Descripción de la intensidad del evento 119
Figura 4.9 Posibilidad de ocurrencia de eventos en cadena 120
Figura 4.10 Conjuntos difusos que representan la dependencia para la ocurrencia de eventos en serie. 120

Figura 4.11 Condiciones necesarias para la ocurrencia del Fuego 124
Figura 4.12 Caso de oxidación del Benceno 126
Figura 4.13 Desarrollo de las fases del fuego 128
Figura 4.14 Geometría típica de un cuarto de habitación 130
Figura 4.15 Modelo de propagación del incendio 131
Figura 4.16: Algoritmo para el cálculo de la afectación por incendio 132
Figura 4.17 Descripción de los resultados del modelo de afectación por incendio 133
Figura 4.18 Algoritmo para el cálculo de la afectación por explosión..... 143
Figura 4.19 Modelo de transferencia de masa 144
Figura 4.20 Diagrama de flujo para el cálculo de afectación por fuga..... 150
Figura 4.21 Descripción del modelo de fugas..... 151
Figura 4.22 Eventos producidos durante el derrame de una sustancia líquida 152
Figura 4.23 Transito de la sustancia líquida en el alcantarillado..... 153
Figura 4.24 Diagrama de flujo para el cálculo de afectación por derrame. 156
Figura 4.25 Descripción de la aplicación del modelo de afectación por derrame..... 157
Figura 4.26 Relaciones de dependencia entre eventos utilizadas 158
Figura 5.1 Estructura y jerarquía del plan de emergencia y contingencia..... 160
Figura 6.1 Comparación entre un modelo cualitativo y uno cuantitativo 175

Índice de tablas

Tabla 1.1 Modelos existentes para la evaluación de las diferentes etapas del riesgo 17
Tabla 1.2 Estados de Markov para un sistema de dos componentes 28
Tabla 1.3 Descripción de agencias internacionales consultadas 33
Tabla 1.4 Resultados de la búsqueda complementaria de información histórica sobre accidentes industriales en la Localidad de Fontibón. 34
Tabla 1.5 Distribución de eventos tecnológicos ocurridos entre 1979 y 1998. 35
Tabla 1.6 Distribución de eventos en Santa Fe de Bogotá (CCS,1999) 36
Tabla 1.7 Actividades o sistemas involucrados en los eventos tecnológicos (CCS,1999) 36
Tabla 1.8 Frecuencia de la accidentalidad por origen 39
Tabla 1.9 Frecuencia de la accidentalidad sector industrial 40
Tabla 2.1 Resumen de los valores establecidos en el decreto 02/82 55
Tabla 2.2 Marco normativo de aplicación nacional 59
Tabla 2.3 Marco normativo de aplicación distrital 61
Tabla 2.4 Zonas y usos industriales de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial de Santa Fe de Bogotá 2000. 64
Tabla 2.5 Compatibilidades para los usos industriales contemplados en el reglamento de zonificación del Estado de Jalisco - Méjico. 66
Tabla 2.6 Restricciones relativas a la densidad de edificación en zonas industriales según el reglamento de zonificación del Estado de Jalisco – Méjico 67
Tabla 2.7 Clasificación de materiales para fines almacenamiento y de control de incendio según el Reglamento de zonificación del Estado de Jalisco - Méjico 68
Tabla 2.8 Distancias mínimas en función de la capacidad de almacenamiento 71
Tabla 3.1 Proyección de población 73
Tabla 3.2 Principales actividades económicas 77
Tabla 3.3 Distribuciones de probabilidad fundamentales 83
Tabla 3.4 Clasificación de industrias 84
Tabla 3.5 Clasificación industrial con base en el ISS 85
Tabla 3.6 Tipos de desastres de origen tecnológico 86
Tabla 3.7 Distribución de actividades por variedad de amenazas 89
Tabla 3.8 Composición de los sistemas con potencial de amenazas tecnológicas por tamaño según activos brutos (CCS, 1999). 90
Tabla 3.9 Residuos Industriales Peligrosos (RIP) generados por el sector formal de la industria en Santa Fe de Bogotá 92
Tabla 3.10 Cálculo de las cantidades de residuo peligroso 92
Tabla 3.11 Significado del sector informal en la industria y la manufactura 93
Tabla 3.12 Rosa de vientos para Puente Aranda 95
Tabla 3.13 Resultados del monitoreo de aire en Puente Aranda (JICA) 96
Tabla 3.14 Monitoreo de calidad del aire en Puente Aranda (1997) 97
Tabla 3.15 Resultados de la estación (CADE-Energía) (1998) 98
Tabla 3.16 Valores determinados por la legislación colombiana 99
Tabla 3.17 Estándares de calidad de aire exigidos por la EPA 99
Tabla 3.18 Condiciones de descarga de diferentes tramos del Río Fucha 106
Tabla 4.1 Características de la localidad de Fontibón 109
Tabla 4.2: Estadísticas de Población y Vivienda Fontibón 109
Tabla 4.3: Índice de Precios al Consumidor (IPC), variaciones porcentuales 111
Tabla 4.4 Costo promedio de vivienda por estrato en pesos de marzo del 2000 112
Tabla 4.5 Atributos de las unidades componentes y las conexiones 115

Tabla 4.6 Clasificación del riesgo con base en las pérdidas relativas de cada unidad. 123
Tabla 4.7 Reporte estadístico de las principales causas de incendio 124
Tabla 4.8 Valores empleados en el modelo 131
Tabla 4.9 Clasificación de sustancias peligrosas por inflamabilidad 133
Tabla 4.10 Caracterización de la potencialidad de incendio 134
Tabla 4.11 Clasificación de industrias 142
Tabla 4.12 Rango de concentración crítico por sustancia 149
Tabla 4.13 Radios de concentración crítico por sustancia 151

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 Sismica
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 Oxigeno
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DPAE	Dirección de Prevención y Atención de Emergencias
DQO	Demanda Química de Oxigeno
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	Oxigeno 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 la localidad de Fontibón

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

REF: Este documento presenta el informe final del estudio titulado "*Análisis cualitativo de riesgos públicos de origen tecnológico en la localidad de Fontibón*", correspondiente a la invitación pública No. 141-02-99 del 1 de diciembre de 1999 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 especifica”. (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 especifico 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" (EERI[2], 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 especifico en un sitio, varios lugares, o un área durante un periodo de tiempo de exposición determinado" (EERI, 1984).

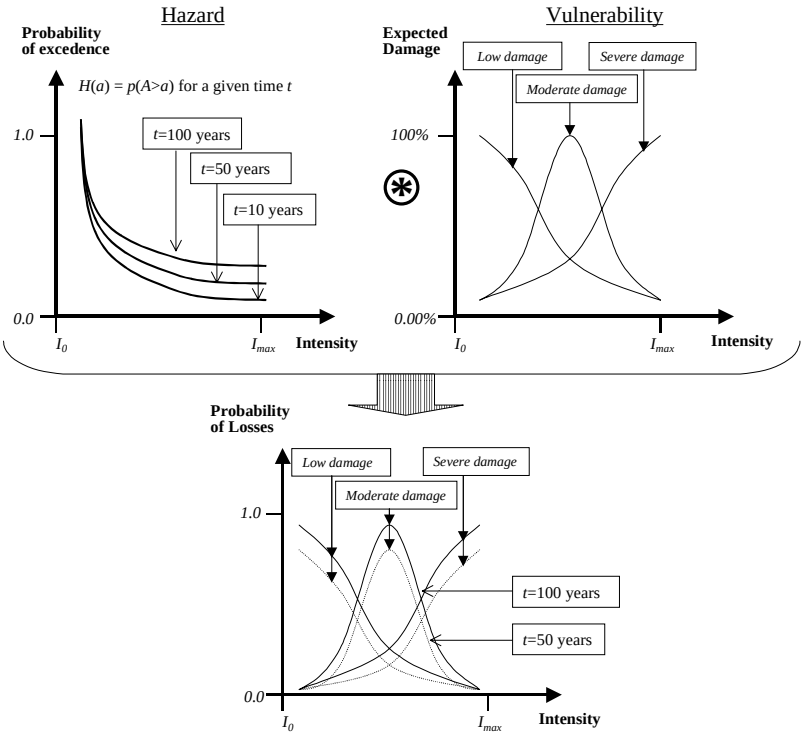
"Medida matemática o probabilidad que un evento negativo o siniestro pueda presentarse. Desvío que puede causar daños, lesiones u otras formas de pérdida". (CCS, 1999).

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
(Sánchez-Silva, 2000)



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.

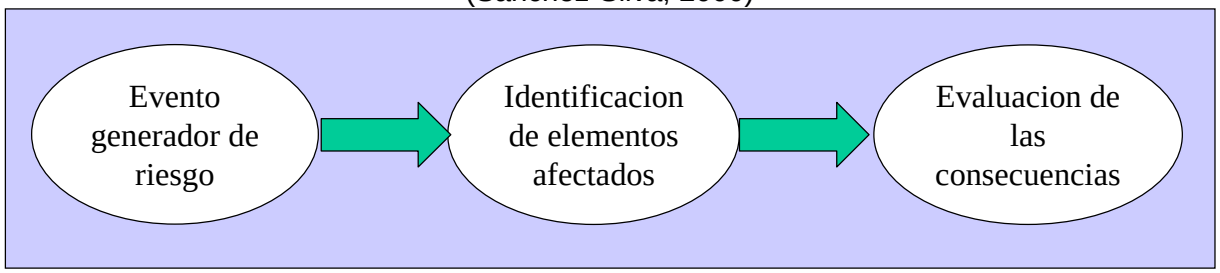
Se argumenta que la visión sistémica del proceso de ocurrencia de un accidente que incluye la ocurrencia del incidente, la propagación y la afectación (Figura 1.2), es un modelo mucho más robusto para definir el riesgo. La palabra proceso describe no solo el evento disparador (ej., "trigger") sino todas 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 Fontibón. 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 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 heridos y muertos. Los mapas de riesgo se elaborarán en términos relativos par ala localidad. La definición del riesgo se realizará utilizando las variables lingüísticas como: "Alto", "Moderado" y "Bajo".

1.1.3.2 Modelos existentes

Con base en el modelo de evaluación del riesgo mostrado en la Figura 1.2 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: • Análisis clásico • Falla de componentes • Eventos iniciadores • Eventos de magnitud variable Árboles de falla Árboles d eventos Modelos de descarga	Modelos evaluación exposición: • Contaminación atmosférica • Contaminación agua superficial • Contaminación de aguas subterráneas • Transporte en diferentes medios • Ruta de exposición • Exposición de la población	Consecuencias sobre la salud: • Dosis – respuesta simple • Distribución de la tolerancia • Métodos Mecanísticos • Tiempo de respuesta Consecuencias ambientales: • Dosis – respuesta ambiental • Modelos Dinámicos • Métodos matriciales • Procesos estocásticos • Modelos de Markov • Contaminación - respuesta

1.1.3.3 Manejo de la Incertidumbre

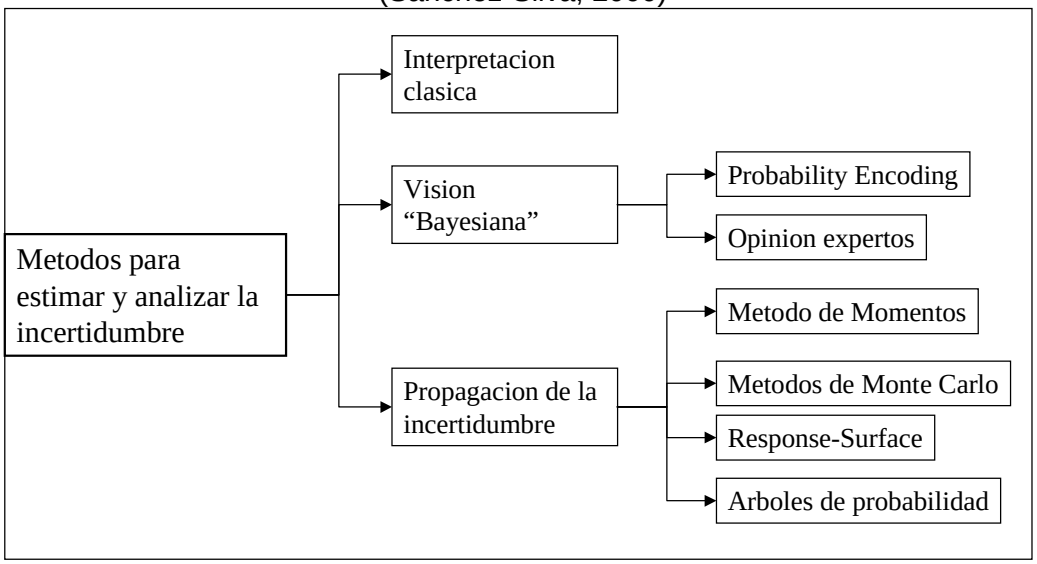
Como se discutió en la sección 1.1.3.2, el riesgo es ante todo una herramienta para la toma de decisiones bajo incertidumbre. En consecuencia, la modelación de la incertidumbre es fundamental para obtener resultados confiables. En la Figura 1.3 se presentan las principales alternativas para el manejo 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
(Sánchez-Silva, 2000)



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.

1.1.4 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.

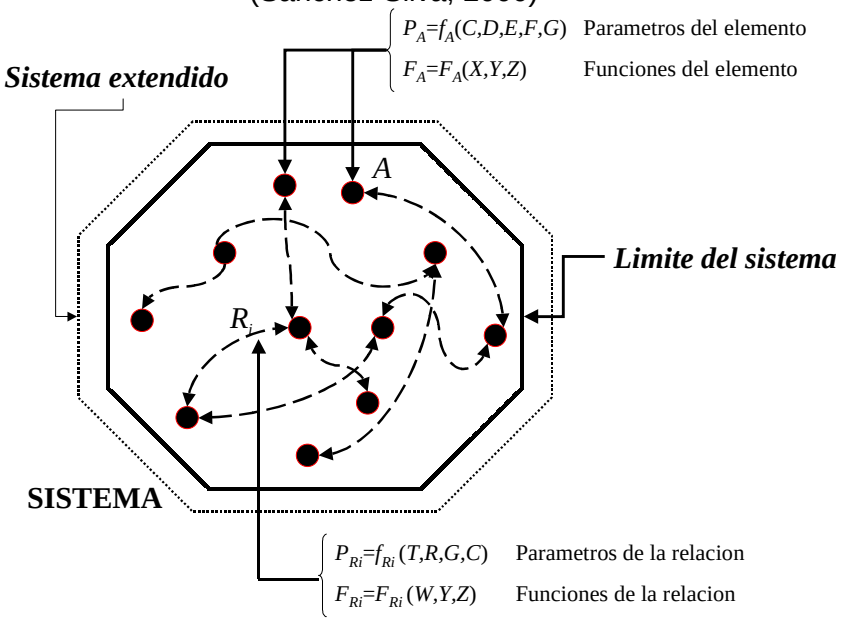
Los componentes de un sistema se pueden definir de la siguiente forma:

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)

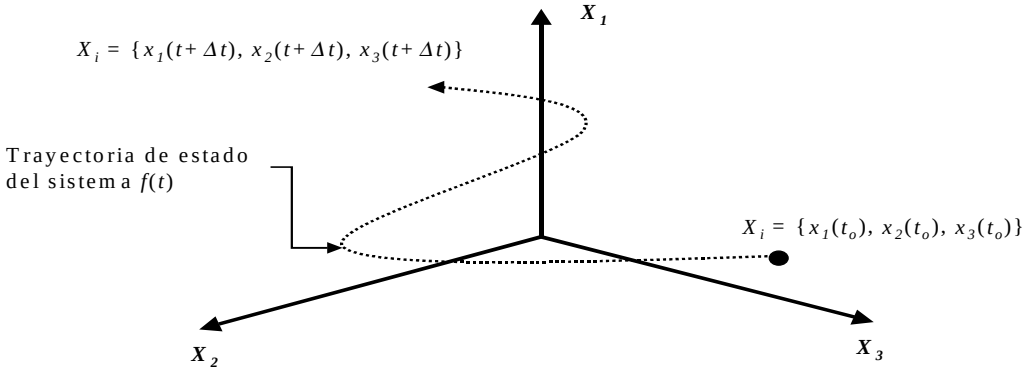


Limites del sistema: Los límites son las condiciones reales o imaginarias (resultado de un modelo mental) que definen el alcance (qué incluye y qué no incluye) del sistema. De acuerdo con la definición de los límites del sistema se pueden definir sistemas adicionales (Flood,1992).

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 $X = (x_1, x_2, x_3, \ldots)$. 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*.

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*.

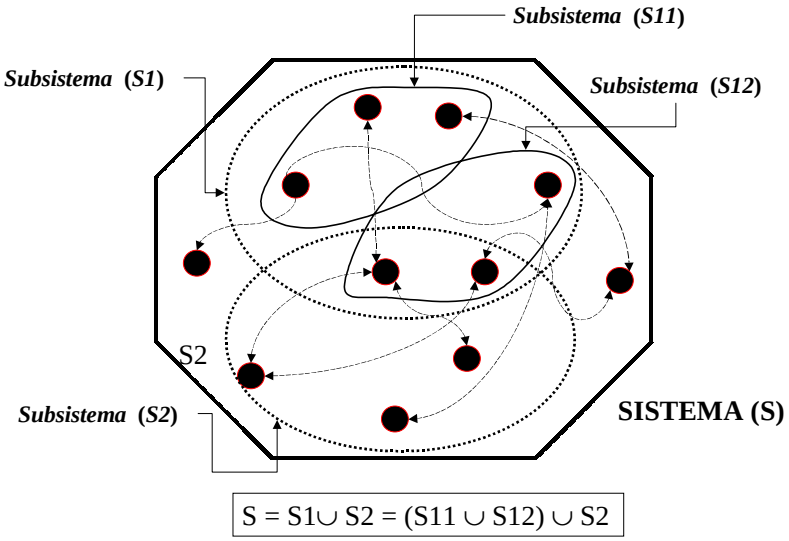
Figura 1.5 Descripción de la trayectoria de estado de un sistema
(Sánchez-Silva, 2000)



1.1.4.2 Modelación jerárquica

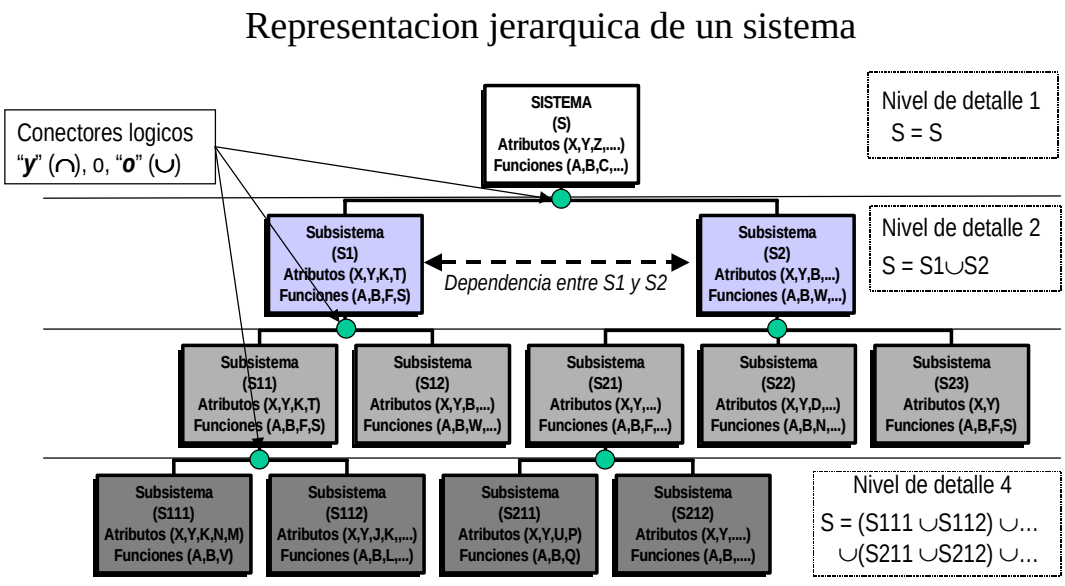
El problema de la clasificación, que Aristóteles reconoció como fundamental, ha demostrado ser uno de las herramientas más importantes para el desarrollo de la ciencia y un elemento clave para la modelación.

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)



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 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:

- La función del sistema
- 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.

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.

1.2.2 Definición de Accidentes

Accidente viene del latín *accidere* que significar 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).

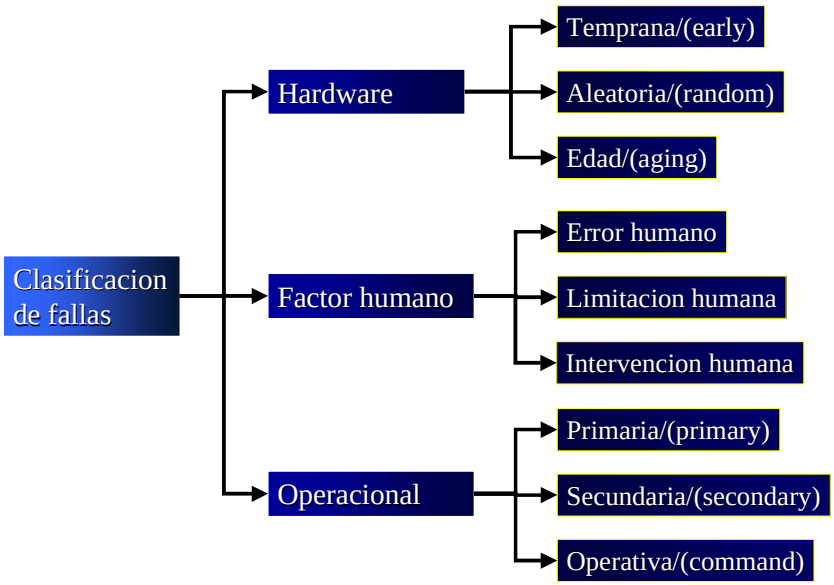
"…. Es un contacto indeseable con energía o con una sustancia que sobrepasa el límite aceptable (umbral) del cuerpo o la estructura y que produce afectos adversos" (La Bar, 1990).

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.

1.2.3 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 diferente tipos de fallas.

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



1.2.3.1 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.

1.2.3.2 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 (Greneweg, 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 (Greneweg, 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.

1.2.3.3 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).

1.2.4 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.

1.2.4.1 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 todos 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.

1.2.4.2 Modelos de propagación de fallas

Las metodologías descritas en la sección 1.2.4.1. 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.

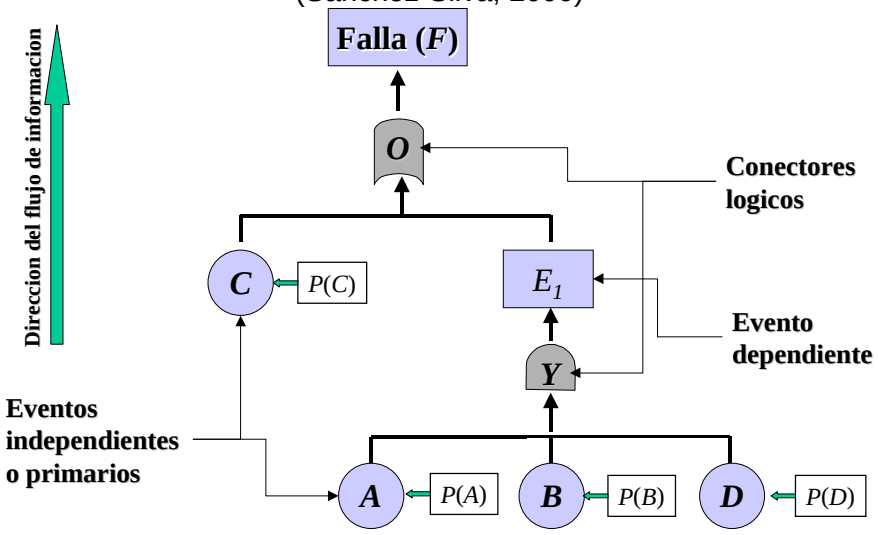
Usualmente los accidentes son el resultado de una secuencia de eventos indeseables que conducen a la ocurrencia de la falla. Entonces, la modelación requiere la identificación de los eventos que pueden ocasionar la falla, la secuencia en que se presentan y la definición de las relaciones entre dichos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

- 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): Eventos independientes o primarios, Eventos dependientes y 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)

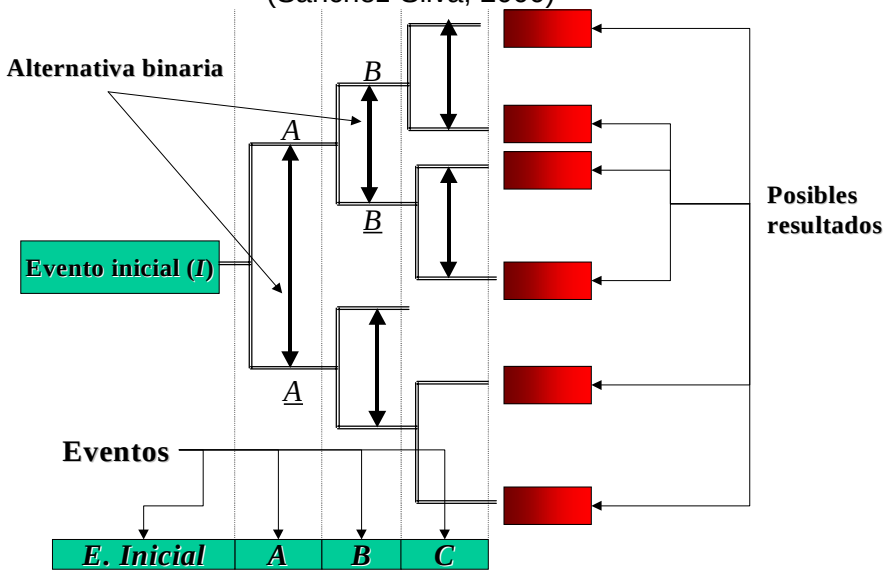


existen una serie de funciones adicionales que permiten que la organización de eventos se ajuste mejor al comportamiento del sistema.

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)

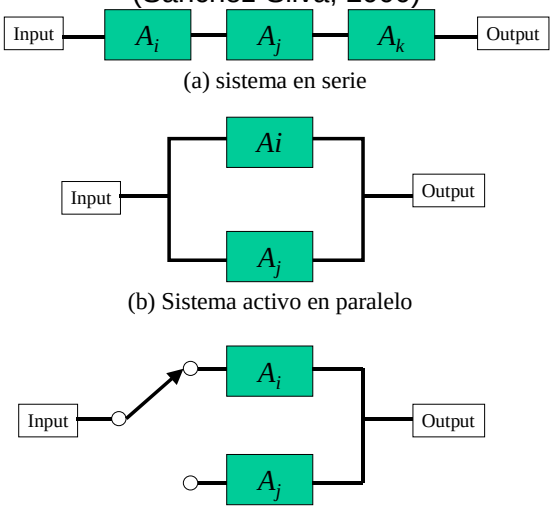


En la parte inferior de la Figura 1.10 se aprecian una serie de eventos *A*, *B* y *C* que ocurren secuencialmente. La estructura de un árbol de eventos es fundamentalmente binaria, es decir, que cada evento solo tiene dos posibilidades, *ocurre* o *no ocurre*. No se pueden presentar alternativas intermedias como: ocurre parcialmente. Entonces, sí *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*.

Es importante destacar que no es necesario plantear un árbol de eventos utilizando una estructura rígida de falla (ej. falla y no-falla) como la discutida anteriormente. Se puede también plantear en términos de un árbol de decisión en el cual existen múltiples alternativas para cada decisión. El modelo, la forma de evaluación y los resultados bajo este esquema no varían fundamentalmente con respecto a los expuestos anteriormente.

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 *stanby* 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)



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 1.2 se muestran todos los posibles escenarios que se pueden definir para un sistema de dos componentes *A* y *B*.

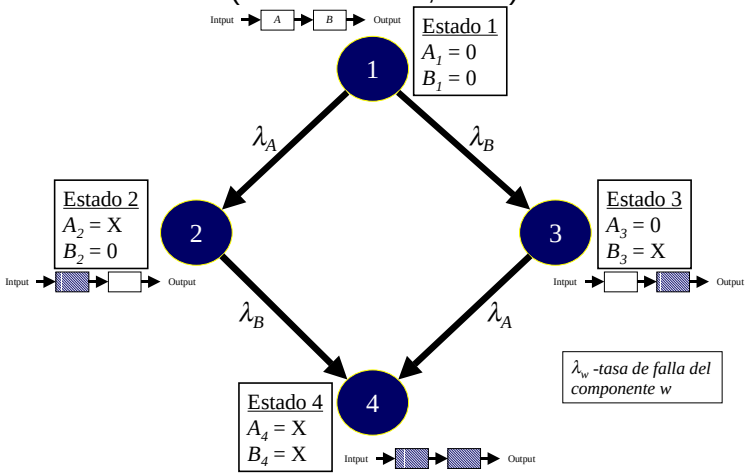
Tabla 1.2 Estados de Markov para un sistema de dos componentes

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

0 = Operación; X = Falla

En la Tabla 1.2 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 1.2) 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.

1.2.4.3 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:

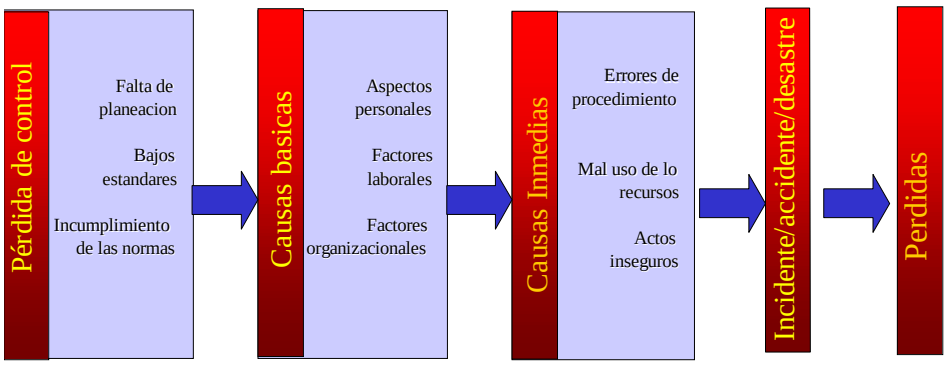
- Loss Causation Model
- Modelo de presión y liberación
- Modelo de incubación de los Desastres

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 lideres 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"

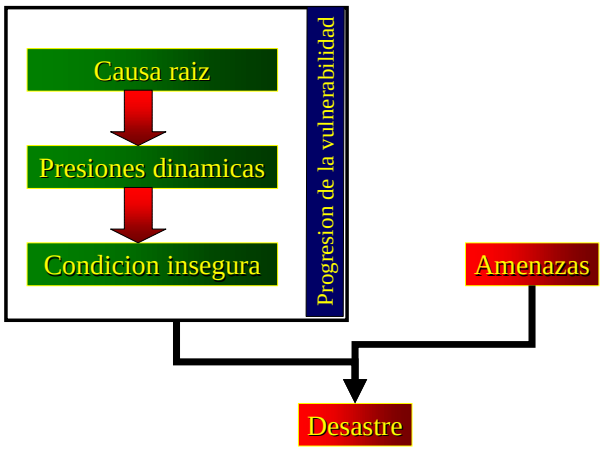
Figura 1.13 Loss Causation Model (ILCI)



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 sicólogos 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

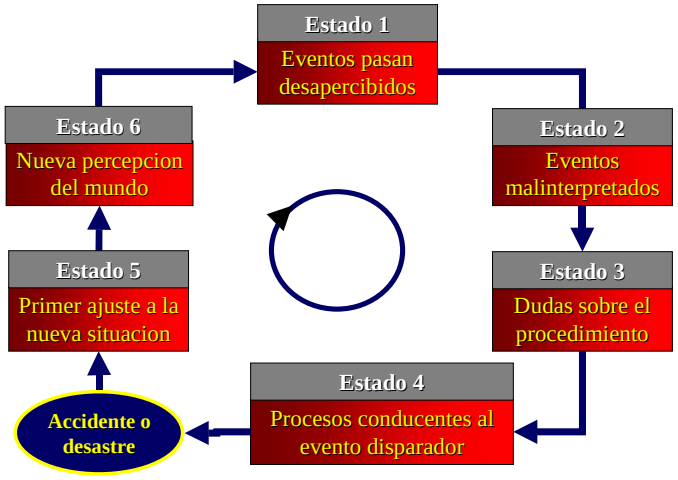
Estos tres estados del sistema se pueden relacionar con los propuestos por el modelo del ILCI. La *causa raíz* es un conjunto normas preestablecidas dentro del cual opera el sistema. Define el contexto. Por ejemplo, factores económicos, sociales y políticos de una región. Las *presiones dinámicas* son 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 especificas 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 valida 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, precondiciones 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 como 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 importante de este modelo es su naturaleza cíclica. El proceso nunca termina y permanentemente el sistema se encuentra en alguno de los estados descritos.

1.2.4.4 Manejo de accidentes

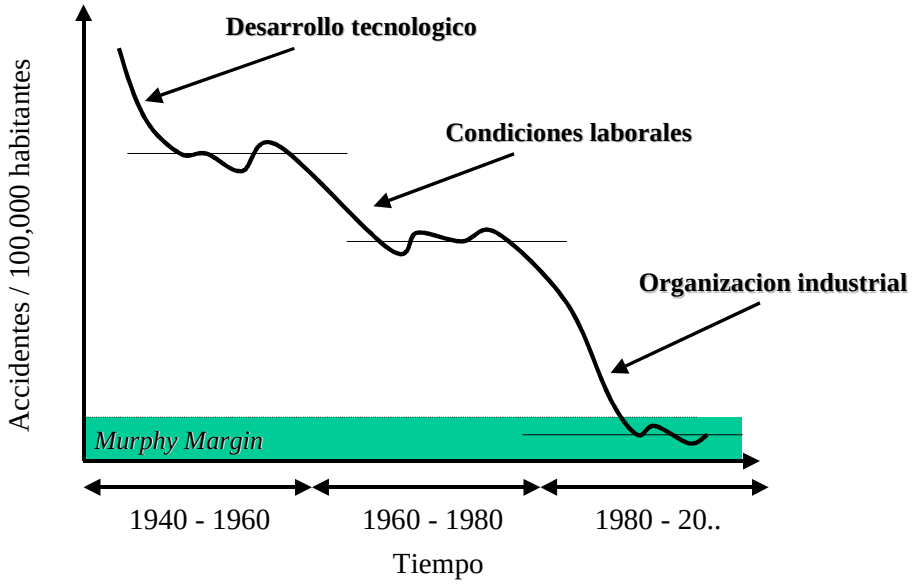
Desarrollo de la seguridad industrial: La industria de los países desarrollados y especialmente la industria petrolera, ha jugado un papel muy importante en la definición de alternativas para la reducción de accidentes. Groeneweg (1992) argumenta que a través del tiempo han existido tres factores que han contribuido significativamente a la reducción de accidentes: 1) el desarrollo tecnológico; 2) mejora de las condiciones laborales; y 3) mejoras en la organización industrial. En la Figura 1.16 se presenta una gráfica que describe la influencia de estos factores en la reducción de la accidentalidad industrial a través del tiempo.

Las pérdidas económicas en la industria Norteamericana entre 1940 y 1960 fueron muy importantes; por ejemplo, en 1956 alcanzaron US$11,2 billones[3]. Como resultado de ello, la ingeniería se involucró activamente y se diseñaron un gran número de soluciones tecnológicas al problema de la seguridad. La ergonomía y la medicina industrial se convirtieron en pilares fundamentales de desarrollo y en los cuales se invirtieron muchos recursos económicos. Entre los años 60s y 70s la accidentalidad se estabilizó y se observó que los avances tecnológicos no eran suficientes para reducir la accidentalidad. Se decidió cambiar entonces el enfoque y se dirigió hacia mejorar las condiciones laborales de los empleados. Se invirtieron enormes cantidades de dinero en la capacitación y el bienestar de la fuerza laboral. Como resultado de

[3] Groeneweg, 1992. Billones medidos en miles de millones.

los anterior, se observó una nueva reducción en la accidentalidad. Al principio de los 80s se produjo una nueva reducción de la accidentalidad. La mayoría de compañías la atribuyeron a mejoras en su organización interna. Los procesos administrativos y operativos se optimizaron. Los llamados procesos de re - ingeniería son en buena parte, el resultado de estos métodos de reducción de la accidentalidad.

Figura 1.16 Factores que contribuyen a la reducción de la accidentalidad
(Groeneweg, 1992)



A pesar de los esfuerzos realizados por la industria, que efectivamente han contribuido a reducir la accidentalidad, existe un consenso sobre el hecho de que no es posible eliminarla. Siempre habrá algo que no funcione correctamente. Solo algunas cosas del proceso de ocurrencia de los accidentes son controlables (Greneweg, 1992).

1.3 Análisis de eventos históricos

1.3.1 Aspectos generales

En este capítulo se presenta una revisión de la información existente sobre accidentalidad industrial en la localidad de Fontibón. 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.

En este capítulo se tratarán los siguientes aspectos:

- Revisión bibliográfica
- Revisión de información histórica existente
- Análisis de información recolectada.
- Características básicas para realizar un análisis estadístico.

1.3.2 Revisión bibliográfica

Como parte del proceso de recopilación de información se revisaron las políticas y metodologías utilizadas por las agencias internacionales presentadas en la Tabla 1.3. Las direcciones electrónicas de estas agencias se detallan en el complemento de la Bibliografía.

Tabla 1.3 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 Saftey and Health (NIOSH)	Entidad gubernamental responsable de desarrolla y promover investigación para la prevención de accidentes e incidentes de trabajo.
Nuclear Regulatory Comission (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

1.3.3 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 - CISPROQUIM®.
- Artículos de periódicos.

En el estudio solo se reportan 8 eventos históricos ocurridos en la Localidad Fontibón entre 1984 y 1995. Adicionalmente B&C reporta la ocurrencia de 8 eventos adicionales entre 1995 y 1998. Esta información es 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 la Localidad
- Bomberos
- Policía
- Hospital San Pablo
- Secretaría de Distrital de Salud
- ARP del ISS
- FASECOLDA
- CIART

Los resultados de este trabajo no permitieron complementar significativamente la información suministrada por la DPAE. Los resultados de esta búsqueda de información se resumen en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4 Resultados de la búsqueda complementaria de información histórica sobre accidentes industriales en la Localidad de Fontibón.

Entidad	Información disponible
Representante de emergencias de la Localidad	Apoyo logístico
Junta de acción comunal (CIART)	Inventario general de industrias de la Localidad. Información histórica. Información de los reportes del cuerpo de Bomberos. Información estadística parcial. (A la fecha no se ha recibido toda la información.
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 Santafé de Bogotá. Agendas Ambientales.
JICA	Reportes de mediciones de calidad del aire.
Planeación Distrital	Revisión de normatividad sobre uso del suelo. Plan formar ciudad.
Hospital San Pablo	No cuenta con estadísticas.
Alcaldía Local	No cuenta con estadísticas.
CORPODIB-DAMA	Evaluación de emisiones en fuentes fijas de Santafé de Bogotá
DAMA	Datos de la Red de Calidad del Aire, DAMAIRE

A pesar de las deficiencias de información, en la secciones 1.3.4 y 1.3.5 se presentan algunos resultados que son relevantes para comprender la situación actual y para el análisis que se realizará en la segunda fase del proyecto.

1.3.4 Registro de accidentes tecnológicos en Santa Fe de Bogotá

1.3.4.1 Aspectos generales

Se incluyen en esta sección los resultados más relevantes de la recopilación de información sobre accidentalidad histórica reportados por el CCS (1999) para la ciudad. Estos serán utilizados como complemento para el análisis que se presenta en la sección 1.3.5. En general se puede observar que el número de eventos reportado es muy bajo para una ciudad como

Bogotá. Es muy posible que esta situación sea el resultado de eventos no reportados, o de que no se lleve un control y registro completo de accidentes.

1.3.4.2 Accidentalidad en Santa Fe de Bogotá

El estudio del CCS (1999) se concentró en accidentes ocurridos durante los últimos 20 años en la localidad como consecuencia de fugas, derrames, incendios y explosiones únicamente. Los resultados del estudio mostraron la distribución de eventos por localidad (Tabla 1.5)

Tabla 1.5 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 Kennedy y Puente Aranda aparecen como las de mayor nivel de accidentalidad con un 11% y 9% del total de accidentes en la ciudad respectivamente. Es importante resaltar que según el CCS (1999) el 7% de accidentes registrados no corresponde a ninguna localidad. Este valor sumado a la cantidad y calidad de los datos presentados en la Tabla 1.5 permiten concluir que la ciudad nunca ha considerado el valor de la recolección y utilización de este tipo de información.

1.3.4.3 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 1.6.

Tabla 1.6 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. De esta información se puede concluir que los incendios son el tipo de accidente más frecuente, situación que es consistente con la observada en otros países. Sin embargo, las causas de incendio reportadas por el CCS (1999) sugieren 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 únicamente. 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 en un 25 a 39% la accidentalidad industrial.

1.3.4.4 Distribución de accidentes por actividad industrial

En la Tabla 1.7 se presenta un resumen del número de eventos tecnológicos registrados durante los años 1979 y 1998 y la mayor magnitud observada en Santa Fe de Bogotá de acuerdo con la actividad industrial.

Tabla 1.7 Actividades o sistemas involucrados en los eventos tecnológicos (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
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

Actividad Industrial	N° Eventos	Mayor magnitud observada
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

De acuerdo con el alcance del proyecto y las definiciones de magnitud de accidentes presentada en la sección 3.3.1, solo se han presentado 3 accidentes con características que involucran significativamente a la comunidad (clasificación 3); y 12 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. Esta circunstancia es muy importante para la modelación del riesgo en la localidad porque sugieren que las posibilidades de un efecto en cadena son bastante bajas.

1.3.4.5 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 amoniaco) 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.

Es importante mencionar que estas afirmaciones sobre las causas de la accidentalidad no provienen de análisis detallados de los siniestros (investigación *ex-post-facto*). Por lo tanto, es importante trabajar en estrategias y programas para estudiar detalladamente las causas de los accidentes.

1.3.4.6 Efectos de la atención de emergencias sobre la accidentalidad

La magnitud y las características de la propagación de un accidente 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 lo siguientes puntos (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.

1.3.5 Información de la localidad de Fontibón

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.

1.3.5.1 Causas de la accidentalidad

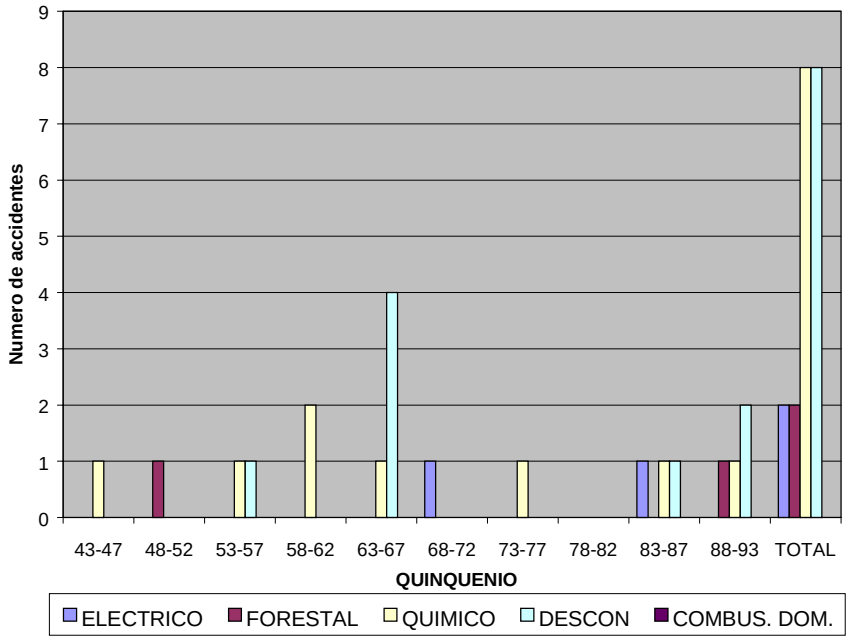
En la Tabla 1.8 se presenta el número de accidentes ocurridos en la localidad organizados por origen. Los accidentes de origen Químico (44%) han demostrado ser los más frecuentes en la Localidad, otro gran porcentaje de accidentes tienen origen desconocido (44%), lo cual afecta los análisis, ya que no se tiene en cuenta un gran porcentaje de los eventos. Por otro lado, los accidentes de origen eléctrico representan el 11% del número total de accidentes registrados. Otras causas de accidentes se han registrado en cuantías poco significativas. En la Tabla 1.8 se presenta el tiempo promedio de ocurrencia de accidentes clasificados por origen.

Tabla 1.8 Frecuencia de la accidentalidad por origen

Origen	No. Eventos	Tiempo promedio de ocurrencia (años)
Eléctrico	2	25.0
Químico	8	6.35
Combustible domiciliario	0	-
Desconocido	8	6.25

En la Figura 1.17 se presenta una gráfica describiendo la evolución del accidentalidad desde 1943 hasta 1993 y el total de eventos registrados durante este periodo.

Figura 1.17 Causa de la accidentalidad registrada en la Localidad de Fontibón entre 1943 y 1993 (ODIC)



Es importante resaltar que el 44% de los accidentes son de origen desconocido, 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 no han existido estudios serios dirigidos a investigar las causas. Esta es sin duda una labor urgente por realizar.

1.3.5.2 Accidentalidad por sectores industriales

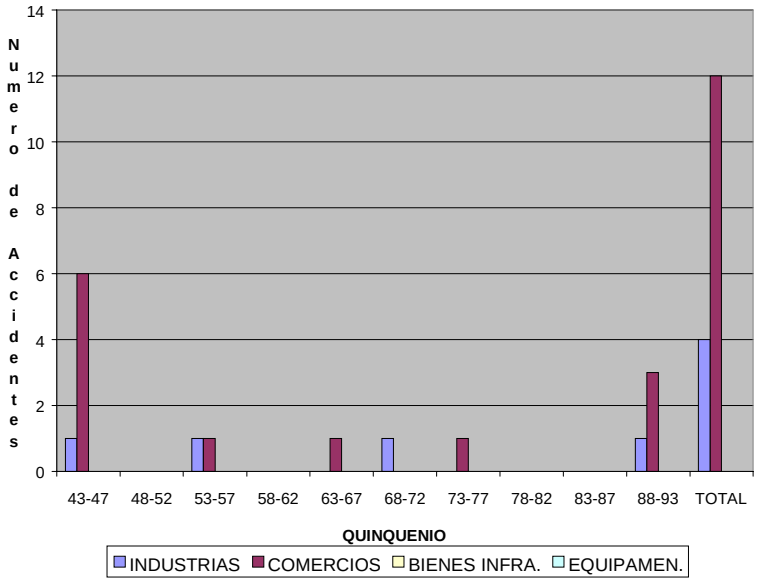
La clasificación de la industria por sector que será utilizada como base para este estudio incluye siete categorías de industria, sin embargo, la información recolectada sobre accidentalidad solo considera cuatro: industria, comercio, bienes de infraestructura y equipamiento urbano (Figura 1.18). La frecuencia de ocurrencia de accidentes por sectores se presenta en la Tabla 1.9.

Tabla 1.9 Frecuencia de la accidentalidad sector industrial

Origen	No. Eventos	Tiempo promedio de ocurrencia (años)
Industria	4	12.5
Comercio	12	4.6
Bienes infraestructura	0	-
Equipamiento urbano	0	-

De la Tabla 1.9 se puede concluir que la mayor frecuencia de accidentalidad por sector industrial corresponde a la comercio, seguido por el industrial; otras actividades presentan frecuencia de ocurrencia de eventos muy bajas para la ventana de tiempo utilizada. En otras palabras, el 75% de la accidentalidad está asociado al sector comercial y el 25% al sector industrial. Sin embargo, no se encontró información más específica sobre los diferentes tipos de industria. En la Figura 1.18 se presenta esta información discriminada por año.

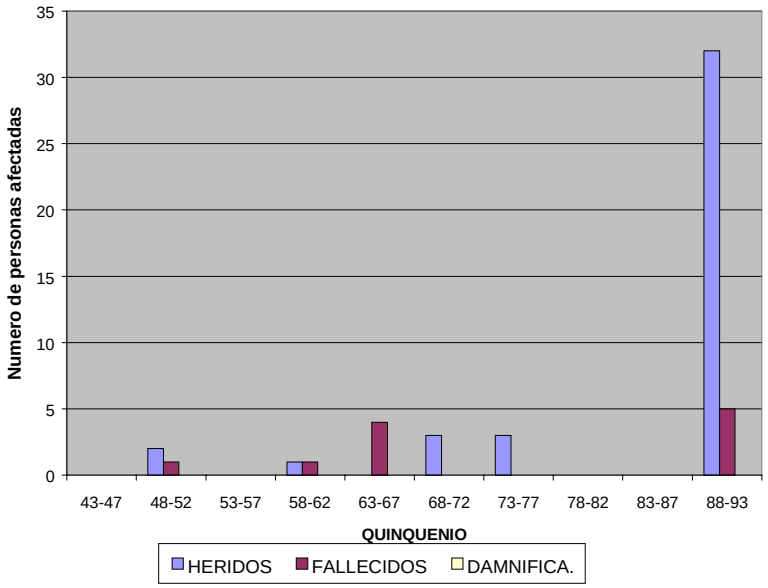
Figura 1.18 Accidentalidad en la Localidad de Fontibón, por sector industrial, entre 1943 y 1993 (ODIC).



1.3.5.3 Consecuencias sociales

En la Figura 1.19 se presentan las consecuencias sociales de la accidentalidad (ej: heridos, muertos, damnificados). De acuerdo con esta información, el promedio anual de personas heridas es de 0.64, de fallecidas de 0.10. Las personas damnificadas por los eventos históricos que se tienen en cuenta en el estudio de ODIC, no son reportados. Como se ve en la Figura 1.19. no se reportó ningún evento de gran magnitud que afecte significativamente a la zona.

Figura 1.19 Número de personas damnificadas por la accidentalidad en la Localidad de Fontibón entre 1943 y 1993 (ODIC).



Estos valores son supremamente bajos si se considera la actividad industrial de la zona. Sin embargo, es importante destacar que los valores presentados en la Tabla 1.6 no incluyen personas afectadas por accidentes laborales. Esto es responsabilidad de las Administradoras de Riesgos Profesionales (ARP).

Capítulo 2

Análisis de normatividad

2.1 Aspectos generales

En este capítulo se discute la normatividad existente en el Distrito y el país sobre manejo de riesgos industriales y tecnológicos. Se presenta una descripción de algunos conceptos legales fundamentales y posteriormente una revisión de las normas técnicas colombianas. El análisis se concentra fundamentalmente en la emisión de contaminantes, el manejo de residuos peligrosos y todo lo relacionado con el uso del suelo. Adicionalmente, se realizan comparaciones con la normativa norteamericana y mejicana.

2.2 Sistema normativo colombiano

Antes de entrar a revisar los antecedentes y la información de la situación actual de la calidad del aire en la localidad de Fontibón, 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.

2.2.1 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.

2.2.2 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.

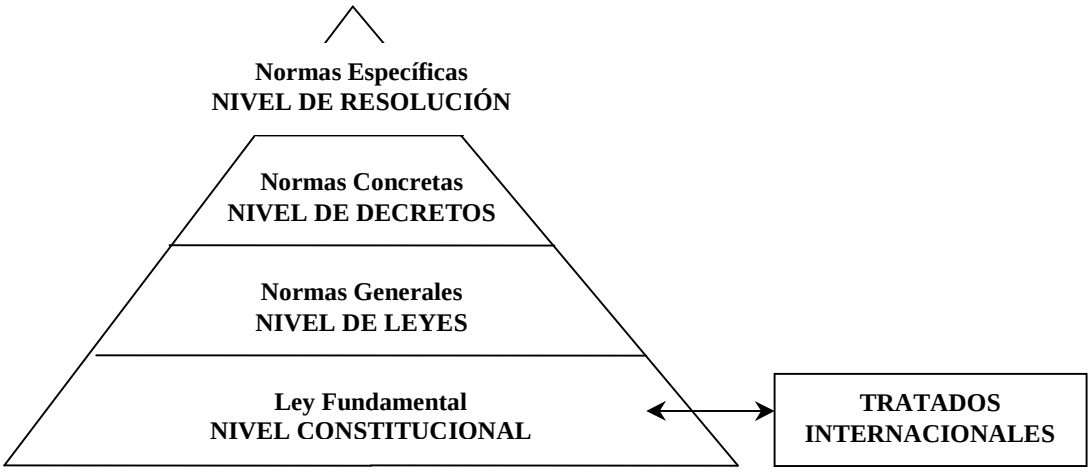
Para que se produzca un hecho jurídico, se debe tratar de un acto efectuado por una persona. El derecho pretende encausar la conducta de las personas y por tanto excluye los hechos de la naturaleza, No tiene sentido regular bajo preceptos jurídicos un hecho de la naturaleza tal como el recorrido de un 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.

2.2.3 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 (ver Figura 2.1). 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 mas 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. DAMA[4], CAR[5]).

Figura 2.1 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

[4] DAMA: Departamento Administrativo del Medio Ambiente.
[5] CAR: Corporación Autónoma Regional.

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 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.

2.2.4 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.

2.2.5 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 especifica, 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.

2.3 Sistema general de riesgos industriales y profesionales

2.3.1 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 de1979.
- *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 le 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.

2.3.2 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 pro 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 movilicen materias finamente pulverizadas por medio de transportadores neumáticos con secciones metálicas, estas secciones se conectarán eléctricamente entre si 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 tomaran 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 le 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 especifico 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.

2.4 Normas Técnicas Colombianas

2.4.1 Filosofía y fundamento de las normas de emisión de contaminantes

El fundamento y la filosofía de una norma de emisión de contaminantes del aire, son factores que se encuentran ligados a conceptos como manejo y preservación ambiental. En este sentido se podría decir que en aras de la protección ambiental, todos coincidimos en que es necesario que exista algún tipo de control sobre las emisiones atmosféricas.

Esta idea inicial llevó a desarrollar un segundo concepto; el de que existe algún grado máximo posible o alguno práctico de control de emisiones para fuentes de emisión de una misma clase. "Control al final del tubo" (De Nevers, 1997). Con este fundamento, y con el objetivo de preservar el medio ambiente, resultaba práctico imponer este grado de control a todas las fuentes de emisión de una misma clase. Esta filosofía, fue la base de la mayoría de las actividades de control industrial en Inglaterra entre 1863 y 1970 (Parker, 1980). Con este objetivo de imponer *El máximo control posible,* se lograba *La mínima emisión posible,* y por ende se esperaba conseguir *El aire más limpio posible.* (De Nevers, 1997).

Este fundamento básico del máximo control posible, se ha venido desarrollando en varios sentidos y se le han introducido otras variables especialmente de costos, que lo han modificado e incorporado a otros aspectos de control ambiental. Hoy en día se habla de 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 más bajo razonable LAER, *Lowest Achievable Emission Rate*. Estos 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 al aire, incluyendo incluso las materias primas. Esto también es válido para el medio, que incluye entre otras consideraciones, el efecto acumulado y la capacidad de autodepuración o resilencia del aire, que debe permitir establecer la necesidad de definir de manera específica, zonas industriales, y áreas de amortiguación, en función de las condiciones de dirección y velocidad del viento que transporta y dispersa los contaminantes.

Estos análisis han llevado a establecer en la mayoría de reglamentaciones, como las de la USEPA[6] 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.

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

Como resultado de este desarrollo, muchos autores coinciden en considerar este tipo de normas como buenas y necesarias, ya que han sido un factor que ha impulsado el desarrollo permanente de la tecnología de control, como en el caso concreto del sector automotriz, donde se ha obtenido un alto grado de reducción de las emisiones de los vehículos en el mundo en los últimos 15 años. 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 la vayan haciendo más flexible en el tiempo, acorde con los cambios tecnológicos que se presenten. Por esta razón es común encontrar en algunos países revisiones periódicas, algunas veces cada 10 años (De Nevers, 1997).

Con estos fundamentos, se podría afirmar que las normas en Colombia deberían basarse en la mejor tecnología de control disponible (BACT), y en la tecnología de control razonablemente disponible (RACT).

2.4.2 Normativa sobre emisión de contaminantes

Las normas colombianas sobre emisiones de contaminantes del aire que se encuentran vigentes en la actualidad, fueron establecidas por el Ministerio de salud, a través del Decreto 02 del 11 de Enero de 1982, sin que hasta el momento hayan sido modificadas o actualizadas.

Con la expedición de la ley 99 de 1993 que dio lugar a la creación del Ministerio del Medio Ambiente en ese mismo año. Se unificaron las funciones de control ambiental, que se encontraban dispersas en diferentes entidades del estado, para pasar a ser competencia bien sea, de las corporaciones autónomas regionales CAR, o bien de entidades del orden local creadas para tal fin, en el caso de núcleos poblaciones de mas de un millón de habitantes (ej. DAMA en Bogotá, DAGMA en Cali, DADIMA en Barranquilla). La parte normativa, de programas y de políticas, continua siendo función del Ministerio aunque las corporaciones autónomas y los entes municipales están facultados para establecer normas de carácter local.

Desde 1993 hasta la fecha, el Ministerio del Medio Ambiente, ha expedido algunos decretos y resoluciones inherentes al control y preservación del recurso aire. La más difundida de estas normas ha sido el Decreto 948 de Junio de 1995, que contiene el reglamento o la ley marco de la protección del aire. En el se consideran los diferentes factores que afectan la calidad del aire, como son las emisiones de contaminantes por fuentes móviles y fijas, la calidad ambiental de los combustibles y otros factores como el ruido, los olores ofensivos, las quemas abiertas y otras disposiciones. Este reglamento de la protección del aire, no establece sin embargo normas de emisión de contaminantes, sino que mantiene en régimen de transitoriedad, las establecidas en el decreto 02 de 1982.

Es conocido que una reglamentación cualquiera que sea su área de aplicación, no constituye por si misma la solución de un problema específico. Una norma de emisión de contaminantes del aire para procesos industriales, acorde con la realidad de las industrias y que permita con la información que existe actualmente trazar objetivos serios de reducción de la contaminación del aire en el corto tiempo por parte de las industrias, permitirá el fortalecimiento de los programas de control, ayudando a la optimización de los procesos lo que redunda en el mejoramiento del desempeño ambiental de las empresas.

2.4.2.1 Ley 09 del 14 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 (Artículos 41 al 49). En cuanto a emisiones atmosféricas, se encuentran especificadas las tasas de descargas permitidas de acuerdo a los diversos tipos de contaminantes.

Esta ley estableció las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo que se relaciona con la salud humana, así como con los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización, control y disposición de las descargas de residuos (sólidos y líquidos), emisiones y materiales que afecten o puedan afectar las condiciones del ambiente colocando como ente regulador al Ministerio de Salud. Adicionalmente, condicionó el uso de las aguas, los químicos, las medicinas, los alimentos perecederos. Estableció normas de salud ocupacional, saneamiento de diferentes tipos de edificaciones, manejo de desastres y cadáveres, así como la vigilancia y el control de la salud y seguridad por parte del Estado.

2.4.2.2 Decreto 02 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. En el segundo capítulo se pueden encontrar normas de calidad del aire, así como métodos para la medición de las concentraciones de los parámetros considerados (Ver Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Resumen de los valores establecidos en el decreto 02/82

NORMAS DE CALIDAD DE AIRE EN COLOMBIA		
Sustancia	**Concentración (µg/m3)**	**Tiempo de muestreo (horas)**
Partículas	100 (1); 400 (2)	24
SO2	100 (1); 400 (2); 1500 (2)	24; 24; 3
CO (mg/m3)	15 (2); 50 (2)	8; 1
O3	170 (2)	1
NO2	100 (2)	24

(*) Concentraciones referidas a condiciones estándar (T=25 C, P=760mmHg).

(1) El promedio aritmético de los resultados de todas las muestras diarias recolectadas en forma continua durante el intervalo de tiempo indicado, durante un periodo de 12 meses.

(2) Máxima concentración de una muestra recolectada en forma continua durante el intervalo de tiempo indicado, por una sola vez en un período de 12 meses.

Fuente: Decreto 02 del 11 de enero de 1982. Ministerio de Salud.

Este decreto se puede resumir de la siguiente forma:

- *Partículas en suspensión*. el promedio geométrico en los resultados de todas las muestras diarias, recolectadas en forma continua durante 24 horas en un intervalo de 12 meses, no deberá exceder de 100 microgramos por metro cúbico.
- *Dióxido de Azufre*. el promedio aritmético de los resultados de las muestras diarias en forma continua tomadas en 24 horas durante 12 meses, no deberá exceder los 100 microgramos por metro cúbico. La máxima concentración en 3 horas que se puede sobrepasar por una vez de 12 meses es de 1500 microgramos por metro cúbico.
- *Monóxido de Carbono.* la máxima concentración permisible de una muestra recolectada en 8 horas es de 15 microgramos por metro cúbico, y en una hora es de 50 microgramos por metro cúbico.

- *Oxidantes fotoquímicos* expresados en términos de la concentración de ozono. la máxima concentración permisible en una muestra tomada durante una hora, que se puede sobrepasar una sola vez en 12 meses es de 170 microgramos por metro cúbico.
- *Óxidos de nitrógeno*. la concentración en una muestra continua, tomada durante 24 horas en 12 meses debe ser inferior a 100 microgramos por metro cúbico.

En el capítulo 3 se tratan las fuentes fijas de contaminación atmosférica y aspectos como altura mínima de descarga sobre el suelo (15 metros). En el capítulo 4 se encuentran las normas para fuentes fijas artificiales como calderas a base de carbón, estas normas están señaladas en función del consumo calorífico, en kilos de partículas por millón de kilocalorías consumidas por hora.

Dentro de los diferentes tipos de industrias, algunas tienen regulaciones especiales debido a su alto nivel de contaminación, como las industrias de cemento, metalurgia y asfaltos cuyo valor de emisiones permisibles están dados en kilos de partículas por tonelada producida. Otras industrias como la química tiene sus valores de emisiones atmosféricas, reguladas en términos de emisiones en kilos por partículas por hora.

2.4.2.3 Decreto 948 del 5 de junio de 1995.

Contiene el reglamento de protección y control de la calidad del aire de alcance general y aplicables en todo territorio nacional, Establece las normas y principios generales para la protección atmosférica, los mecanismos de prevención, control y atención de episodios por contaminación del aire generada por fuentes contaminantes fijas y móviles. Adicionalmente, incluye las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire o niveles de inmisión, las normas básicas para la fijación de los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera, las de emisión e ruido y olores ofensivos. Se regulan el otorgamiento de permisos de emisión, los instrumentos y medios de control y vigilancia, el régimen de sanciones por la comisión de infracciones y la participación ciudadana en el control de la contaminación atmosférica.

El 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 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. Para la interpretación de las normas contenidas en este decreto y en las regulaciones y estándares que en su desarrollo se dicten, define lo que es atmósfera, aire, concentración de una sustancia, contaminación atmosférica, contaminante, fuente fija, fuente móvil y otros. Es de destacar que este decreto no dicta los valores máximos permitidos en cuento a emisiones se refiere, pero si provee normas básicas para la fijación de los estándares de emisiones y descarga de contaminantes a la atmósfera. Este Decreto reglamenta a: parcialmente, la ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 de Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la ley 9 de 1979; y la ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. Este Decreto fue modificado por el decreto 2107 de noviembre de 1995

2.4.2.4 Decreto 2107 del 30 de Noviembre de 1995

Este Decreto modificó parcialmente al decreto 948 de 1995. Entre las disposiciones más importantes de este decreto se puede destacar el hecho de que prohíbe el uso de crudos pesados con contenidos de azufre superiores al 1.7% en peso, como combustibles en calderas u hornos de establecimientos de carácter comercial, industrial o de servicios, a partir de enero del año 2001. Prohíbe las emisiones visibles de contaminantes en vehículos activados por ACPM, que presenten una opacidad superior a la establecida en las normas de emisión. A partir

del modelo año 1997 no podrán ingresar al parque automotor vehículos con capacidad de carga superior a tres toneladas o diseñados para transportar más de 19 pasajeros, activados por ACPM, cuyo motor no sea turbocargado o que operen con cualquier otra tecnología homologada por el Ministerio del Medio Ambiente (Este inciso fue modificado por el Decreto 1228 de 1997). Adicionalmente se dictan disposiciones en cuanto a quemas abiertas, solicitud de permisos y ordena la rendición del informe de estado de emisiones en el país.

2.4.2.5 Resolución 05 del 20 de agosto de 1996.

Por media 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.

2.4.2.6 Principales actos legislativos:

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.

2.4.3 Manejo de los residuos peligrosos en Santa fe de Bogotá.

2.4.3.1 Legislación existente y expectativas futuras sobre residuos peligrosos

En el presente capítulo se presenta una síntesis de las principales disposiciones legales aplicables al tema de 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 en 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 de las de jurisdicción local.

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

En las Tablas 2.2 y 2.3 se presenta una síntesis del marco normativo aplicado o relacionado con el manejo y administración de los residuos peligrosos.

2.4.3.3 Proyectos de reglamentación en marcha

En términos de la reglamentación futura relacionada con el tema de los residuos peligrosos y aplicable en todo el territorio nacional, exiasten los siguientes proyectos:

En primer lugar esta 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.

Tabla 2.2 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 2.2 (*Continuación*) Marco normativo de aplicación nacional

Norma	Descripción
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 tramite 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[7], los cuales pueden ser utilizados como combustible único o mezclado con otro tipo de combustibles en hornos o calderas

[7] 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 2.3 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.

Por otra parte, el proyecto incluye las sanciones aplicables para cada uno de los responsables, en términos de SMMLV[8]. 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.

En segundo lugar, se tiene la reglamentación sobre residuos peligrosos del Ministerio de Medio Ambiente. Desde 1994 el Ministerio de Medio Ambiente, inicialmente a través de una unidad de soporte y posteriormente a través de sus dependencias, ha venido desarrollando proyectos reglamentarios sobre el tema de residuos sólidos. En el caso específico de residuos peligrosos se ha desarrollado un trabajo poco coordinado y sin claridad sobre los resultados deseados. El continuo cambio de responsables en las diferentes instituciones y el interés de protagonismo ha impedido el logro de resultados efectivos a pesar de que existen documentos y diagnósticos que contienen importante información.

En los dos últimos años, el Ministerio de Medio Ambiente en coordinación con el DNP formularon un plan para desarrollar 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 el estudio anterior con miras a generar guías de manejo de residuos peligrosos. Sin embargo, a pesar de haberse realizado el estudio de diagnóstico, la fase del proyecto piloto posiblemente no se realice por cuanto no se encuentra asegurada su financiación. En este sentido, es poco probable que en el corto plazo el Ministerio de Medio Ambiente promulgue una reglamentación[9] sobre el manejo integral de los residuos peligrosos.

En lo que tiene que ver con la reglamentación Distrital relacionada con el tema de los residuos peligrosos, se revisó el proyecto de Acuerdo Distrital sobre el Plan de Ordenamiento Territorial. En la actualidad el proyecto del plan de ordenamiento territorial del Distrito Capital se encuentra en proceso de evaluación y aprobación por parte de las autoridades ambientales. Con esta aprobación el proyecto pasaría al Consejo Distrital para protocolizarlo a través de un acuerdo del consejo. 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

[8] SMMLV = Salario Mínimo Mensual Legal Vigente

[9] Una reglamentación que considere a los sectores regulados y la viabilidad técnica, económica y social de su aplicación.

trata superficialmente el tema de relleno sanitario indicando algunas áreas con posibilidad de desarrollar proyectos de este tipo. Sin embargo, a pesar de encontrarse en el plan, este tipo de proyectos requieren del cumplimiento del proceso de licenciamiento ambiental. El plan incluye la consolidación de la zona industrial de Santa Fe 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.

2.4.3.4 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, la ratificación de la convención de Basilea y la prohibición de la introducción de residuos peligrosos en el país.
- La reglamentación 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.
- Como resultado de la falta de coordinación interinstitucional, los desarrollos normativos no han sido adecuadamente formulados por deficiencias técnicas o por la dificultad de analizar integralmente el problema.
- 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.

Si bien en el conjunto de normas analizadas están definidas las responsabilidades sobre la gestión de los residuos peligrosos, el no presentarse estas responsabilidades de una manera clara en un solo documento normativo, se abre la posibilidad de que se dilate la responsabilidad.

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

El marco legislativo y normativo en el tema del uso del suelo y disposiciones acerca de los usos industriales es muy limitado en el distrito Capital y más en el país. Existen términos legales que no han sido desarrollados para su correcta aplicación. Un ejemplo de esta situación está en el acuerdo 6 de 1990, para el caso de Santa Fe de Bogotá.

El Departamento de Planeación Distrital es el órgano encargado de determinar la ubicación de las zonas industriales y de entrar a establecer parámetros que permitan el adecuado

desempeño de dichas zonas. En la actualidad sólo cuenta con las herramientas que le brinda el Acuerdo 6 de 1990. 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 se presentará 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.

2.4.4.1 Acuerdo 6 de 1990

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 de la siguiente forma:

Clase I. Industria compatible con otros usos debido a su bajo impacto ambiental y urbanístico. Se ubica en espacios que forman parte de edificaciones comerciales, de vivienda unifamiliar o en locales o bodegas independientes. Algunas de las características principales son:

- Manufactura artesanal de productos, generalmente manual o con equipos caseros.
- Abastecimiento de materias primas y transporte de productos terminados mediante vehículos livianos.
- Poca generación de empleo.
- Funcionamiento en horarios laborales preferiblemente diurnos.
- No requiere servicios de infraestructura especiales ni produce ruidos, olores ni efluentes contaminantes.

Clase II. Industria compatible con otros usos pero con restricciones de localización debido a su magnitud y alto impacto urbanístico. Algunas de las características principales son:

- Se ubica en bodegas o edificaciones especializadas dentro de zonas y complejos industriales.
- Manufactura, producción o transformación de productos, mediante técnicas, equipos y laboratorios especializados, que pueden requerir formas específicas de prestación de servicios públicos e infraestructura.
- Abastecimiento de materias primas y transporte de productos terminados mediante vehículos medianos o pesados por lo cual requiere zonas de cargue y descargue y un sistema vial adecuado.
- Generación de empleo masivo y mano de obra especializada, por lo cual requiere zonas de estacionamiento para trabajadores y posibilidad de acceso por transporte público.
- Fomenta la aparición de establecimientos destinados a usos comerciales complementarios de la industria, como " puntos de venta", restaurantes, establecimientos bancarios, etc.

Clase III. Industria con restricciones de localización debido a su alto impacto ambiental y urbanístico. Requiere para su funcionamiento edificaciones especializadas, elementos o equipos para el control de la contaminación por ruido, olores, vapores o efluentes líquidos. También necesita un espacio público con características especiales que permita la accesibilidad de vehículos pesados y prevea franjas de control ambiental o aislamiento apropiadas. Algunas de las características principales son:

- Requiere formas específicas de prestación de servicios públicos e infraestructura de los mismos, tanto para el funcionamiento de la actividad industrial, como para el control de efluentes contaminantes.

- Debido a su alto impacto se trata de un uso compatible en zonas industriales y prohibido en las demás áreas de actividad.

Las disposiciones en este Acuerdo son de carácter general y se centran en la clasificación del tipo de industria y su compatibilidad con los demás usos: residencial, comercial, institucional. El máximo nivel de especificación que se aprecia en el acuerdo, está dictado para los establecimientos industriales Clase III, donde el suelo correspondiente es de exclusiva ubicación y el uso residencial y complementarios del mismo, son usos prohibidos a menos de un kilómetro a al redonda.

2.4.4.2 Plan de ordenamiento territorial (POT)

El Plan de Ordenamiento territorial se encarga de establecer las zonas de uso industrial y desarrolla el concepto de "Parques Industriales Eco-eficientes", Estas son áreas que permitirán la transformación paulatina de la actividad industrial en el Distrito Capital, hacia una actividad limpia y eco-eficiente. En Tabla 2.4 se describen las zonas y usos industriales del suelo.

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

Las demás disposiciones respecto a la industria, se concentran en dos aspectos: (1) el uso sólo se dará en las zonas estipuladas y (2) el desarrollo de programas de gestión ambiental deberá ser coordinado entre el DAMA y DAPD.

En cuanto a la consideración de los riesgos presentes en el Distrito, el POT solo considera aquellos riesgos asociados con fenómenos naturales (inundaciones, deslizamientos, etc.) y no riesgos de origen tecnológico. Es muy importante realizar las gestiones para la inclusión de este tipo de riesgos en el POT para que posteriormente puedan desarrollarse los términos de reglamentación técnica.

2.4.4.3 Marco internacional

- La revisión en el marco internacional se enfocó a los reglamentos de zonificación y particularmente al uso del suelo de tipo industrial. Se ha realizado un análisis comparativo entre las disposiciones existentes para el Distrito y las existentes en otros países. Se presenta el caso del reglamento de zonificación del Estado de Jalisco - Méjico, reglamento que presenta elementos no existentes en el ámbito Distrital.

Este reglamento presenta de manera detallada los diferentes usos del suelo y los lineamientos que se deben seguir. Para el caso de la Industria, el capítulo 10 de dicho reglamento, presenta los criterios para las zonas industriales, entre los que se pueden destacar los siguientes:

- Dotar al centro de población del espacio suficiente y en la localización adecuada de todos los tipos de actividades industriales propios del área y necesarios para el desarrollo económico de la comunidad.
- Asegurar que los espacios destinados para estas actividades reúnan las condiciones para los usos industriales y actividades relacionadas, así como proteger las áreas habitacionales separándolas de las zonas industriales y prohibiendo la ubicación de zonas habitacionales en estas zonas.
- Proteger las características del contexto urbano, de manera que las actividades industriales que involucran potencialmente peligros de fuego, explosión, emanaciones tóxicas, humos y polvos, ruidos excesivos y cualquier otro tipo de contaminación del medio ambiente, se ubiquen en áreas limitadas adecuadas para su actividad y bajo lineamientos contenidos en este reglamento y *Normas Oficiales Mexicanas* específicas de control, considerando la eficiencia de la producción.
- Permitir que las actividades que no representen algún tipo de efecto potencialmente negativo al medio ambiente y que sean importantes para la economía familiar de la población puedan ubicarse cercanas a zonas habitacionales, en zonas de usos mixtos, comerciales y de servicios.

Esta reglamentación hace una clasificación del tipo de industrias similar al acuerdo 6 de 1990, pero se concentra en las compatibilidades de los tres tipos de zonas (Tabla 2.5). Adicionalmente, presenta disposiciones en cuanto a la construcción de los diferentes tipos de industria, superficie mínima, y coeficiente de ocupación del suelo. A manera de ejemplo, los predios o terrenos y las edificaciones e instalaciones ubicadas en las zonas de industria ligera y riesgo bajo, tipo I-1, deberán cumplir con los siguientes lineamientos relativos a la densidad de la edificación:

- La superficie mínima del lote será de 600 metros cuadrados, sin que pueda dividirse en fracciones menores.
- El frente mínimo del lote será de 15 metros lineales. El coeficiente de ocupación del suelo no será mayor de 0.8 y consecuentemente, la superficie edificable no deberá ocupar más del 80 por ciento de la superficie total del lote.

- El coeficiente de utilización del suelo no deberá ser superior a 8 metros cúbicos. La altura máxima de las edificaciones será la que resulte de aplicar los coeficientes de ocupación y utilización del suelo, exceptuando aquellas zonas que, en razón de su fisonomía urbana, deban señalarse límites máximos y mínimos.
- Se deberá tener dentro del lote un área de estacionamiento con la capacidad mínima especificada en la Tabla 2.5, según el tipo de actividades a desempeñar. La restricción frontal será de cinco metros, en esta superficie se deberá tener un mínimo del 20 por ciento como área ajardinada.

Tabla 2.5 Compatibilidades para los usos industriales contemplados en el reglamento de zonificación del Estado de Jalisco - Méjico.

Zona	Categoría	Grupos Permitidos
I-1 Industria ligera y de riesgo bajo	Predominante	Industria de bajo impacto, cumpliendo lineamientos de riesgo bajo.
	Compatible	Manufacturas menores
	Compatible	Almacenes, bodegas y Mayoreos
	Compatible	Talleres de servicios y ventas especializadas
	Compatible	Oficinas en general
	Compatible	Venta de vehículos y maquinaria
	Compatible	Comercio y servicios de impacto mayor
	Compatible	Comercio y serv. Especial
	Compatible	Comercio y serv. Básicos
	Compatible	Instal. de Infraestructura
	Compatible	Espacios abiertos
	Condicionado	Equipamiento urbano general, sólo servicios urbanos.
I-2 Industria mediana y de riesgo medio	Predominante	Industria de bajo impacto, cumpliendo lineamientos de riesgo medio.
	Compatible	Manufacturas menores
	Compatible	Almacenes, bodegas y Mayoreos
	Compatible	Talleres de servicios y ventas especializadas
	Compatible	Venta de vehículos y maquinaria
	Compatible	Comercio y servicios de impacto mayor
	Compatible	Instal. de Infraestructura
	Compatible	Espacios abiertos
	Condicionado	Equipamiento urbano general, sólo servicios urbanos.
I-3 Industria pesada y de riesgo alto	Predominante	Industria de alto impacto, cumpliendo lineamientos de riesgo alto.
	Compatible	Industria de bajo impacto
	Condicionado	Almacenes y bodegas, excluye mayoreos
	Compatible	Talleres de servicios y ventas especializadas
	Compatible	Espacios abiertos
	Condicionado	Infraestructura, sólo de servicio a la propia zona
	Condicionado	Equipamiento urbano general, sólo servicios urbanos de vigilancia, emergencias y bomberos.

- Los predios o terrenos y las edificaciones e instalaciones ubicadas en las zonas de industria mediana y riesgo medio, tipo I-2, deberán cumplir con los siguientes lineamientos relativos a la densidad de la edificación.
- La superficie mínima del lote será de 1,200 metros cuadrados, sin que pueda dividirse en fracciones menores. El frente mínimo del lote será de 20 metros lineales.
- El coeficiente de ocupación del suelo no será mayor de 0.7 y, consecuentemente, la superficie edificable no deberá ocupar más del 70 por ciento de la superficie total del lote. El coeficiente de utilización del suelo no deberá ser superior a 10.5 metros cúbicos.

- La altura máxima de las edificaciones será la que resulte de aplicar los coeficientes de ocupación y utilización del suelo, exceptuando aquellas zonas que, en razón de su fisonomía urbana deban señalar límites máximos y mínimos.
- Se deberá tener dentro del lote un área de estacionamiento con la capacidad mínima especificada en la Tabla 2.5, según el tipo de actividades a desempeñar; y
- La restricción frontal será de cinco metros, en esta superficie se deberá tener un mínimo del 20 por ciento como área ajardinada.
- Los predios o terrenos y las edificaciones e instalaciones ubicadas en las zonas de industria pesada y riesgo alto, tipo I-3, deberán cumplir con los siguientes lineamientos relativos a la densidad de la edificación: La superficie mínima del lote será de 1,500 metros cuadrados, sin que pueda dividirse en fracciones menores.
- El frente mínimo del lote será de 30 metros lineales.
- El coeficiente de ocupación del suelo no será mayor de 0.7 y, consecuentemente, la superficie de la edificación no deberá ocupar más del 70 por ciento de la superficie total del lote.
- El coeficiente de utilización del suelo no deberá ser superior a 10.5 metros cúbicos;
- La altura máxima de las edificaciones será la que resulte de aplicar los coeficientes de ocupación y utilización del suelo, exceptuando aquellas zonas que, en razón de su fisonomía urbana, deban señalarse límites máximos y mínimos;
- Se deberá tener dentro del lote un área de estacionamiento con la capacidad mínima especificada en la Tabla 2.6, según el tipo de actividades a desempeñar; y
- La restricción frontal será de cinco metros, en esta superficie se deberá tener un mínimo del 20 por ciento como área ajardinada.

Tabla 2.6 Restricciones relativas a la densidad de edificación en zonas industriales según el reglamento de zonificación del Estado de Jalisco – Méjico

Tipo de Industria	Superficie mínima	Frente mínimo	Coeficiente de ocupación del suelo	Coeficiente de utilización del suelo	Restricción Frontal
Industria ligera y de bajo riesgo	600 m^2	15 m	0.8	8 m^3	5 m 20% jardín
Industria mediana y de riesgo medio	1200 m^2	20 m	0.7	10.5 m^3	5 m 20% jardín
Industria pesada y de riesgo alto	1500 m^2	30 m	0.7	10.5 m^3	5 m 20% jardín

2.4.4.4 Clasificación de sustancias peligrosas

La reglamentación Mexicana sobre uso del suelo define las actividades según el riesgo asociado y hace una clasificación de materiales para fines de control de incendio y explosión de la siguiente manera:

- *Clase I:* materiales que van de incineración lenta a incineración moderada, incluidos los líquidos con un punto de inflamación de 83º C ó superior.
- *Clase II:* materiales que van de incineración libre a incineración intensa, incluidos los líquidos con punto de inflamación entre 38º C y 83ºC.
- *Clase III:* materiales que son o producen vapores o gases inflamables y explosivos bajo la temperatura normal del medio ambiente, incluidos los líquidos con punto de inflamación menor de 38ºC, temperatura de ebullición mayor a 21ºC y presión de vapor menor que 760 mmHg.

- *Clase IV:* materiales que se descomponen por detonación, incluidos los explosivos primarios como fulminantes o tetraceno; los altos explosivos como TNT, RDX, HMX, PETN y el ácido pícrico, así como los propelentes y componentes de los mismos, tales como la nitrocelulosa, polvo negro y sus derivados; los pirotécnicos y cohetes como polvo de magnesio, clorato de potasio o nitrato de potasio; los explosivos detonantes como dinamita o nitroglicerina; los compuestos orgánicos inestables como acetílidos, tetrasoles u ozónidos; y , los agentes oxidantes fuertes como ácido perclórico, percloratos, cloratos, cloritos o peróxido de hidrógeno en concentraciones mayores del 35 por ciento.

2.4.4.5 Almacenamiento de sustancias peligrosas

A continuación se presentan los criterios para el almacenamiento de sustancias peligrosas. Las definiciones que se deberán tomar en cuenta a fin de ubicar los materiales dentro de una de las clases a que se refiere el artículo anterior, son las siguientes (Ver Tabla 2.7):

- *Incineración lenta:* la que se da en materiales que no se encienden o soportan una combustión activa durante 5 minutos ó una temperatura de 650 grados Celsius, es decir, no constituyen un combustible activo;
- *Incineración moderada:* la que se da en materiales que se consumen lentamente y pueden contener pequeñas cantidades de algún producto con un mayor grado de combustibilidad;
- *Incineración libre:* la que se da en materiales que por sí mismos constituyen combustibles activos;
- *Incineración intensa:* la que se da en materiales que se consumen con gran intensidad, encendiéndose a temperaturas de bajo nivel y generando una alta producción de calor;
- *Inflamación o explosión:* la que se da en materiales que producen vapores o gases inflamables o explosivos bajo temperaturas normales del medio ambiente, y
- *Punto de inflamación:* la temperatura bajo la que un líquido expide vapores en concentración suficiente para formar una mezcla susceptible de inflamarse.

Tabla 2.7 Clasificación de materiales para fines almacenamiento y de control de incendio según el Reglamento de zonificación del Estado de Jalisco - Méjico

Clasificación de Materiales	Características
Clase I	Materiales que van de incineración lenta a incineración moderada, incluidos los líquidos con un punto de inflamación de 83º C ó superior
Clase II	Materiales que van de incineración libre a incineración intensa, incluidos los líquidos con punto de inflamación entre 38º C y 83ºC
Clase III	Materiales que son o producen vapores o gases inflamables y explosivos bajo la temperatura normal del medio ambiente, incluidos los líquidos con punto de inflamación menor de 38ºC, temperatura de ebullición mayor a 21ºC y presión de vapor menor que 760 mmHg
Clase IV	Materiales que se descomponen por detonación, incluidos los explosivos primarios así como los propelentes y componentes de los mismos, tales como la nitrocelulosa, polvo negro y sus derivados; los pirotécnicos y cohetes como polvo de magnesio, clorato de potasio o nitrato de potasio; los explosivos detonantes como dinamita o nitroglicerina; los compuestos orgánicos inestables como acetílidos, tetrasoles u ozónidos; y, los agentes oxidantes fuertes como ácido perclórico, percloratos, cloratos, cloritos o peróxido de hidrógeno en concentraciones mayores del 35 por ciento.

En términos de materiales o productos se deben considerar los siguientes aspectos: Los materiales o productos que clasifiquen para la Clase I, pueden ser almacenados, manufacturados o utilizados en todos los tipos de zonas industriales. Los materiales o productos que clasifiquen para la Clase II, pueden ser almacenados, manufacturados o utilizados, sujetos a las siguientes restricciones:

En las zonas tipo I-1:

- Su utilización o manejo deberá realizarse únicamente dentro de edificaciones completamente cerradas, construidas con muros exteriores incombustibles.
- Las edificaciones deberán estar alejadas a una distancia de 12 metros de cualquiera de los límites de la propiedad, ó en su defecto, tales edificaciones y tanques de almacenamiento, deberán contar con un sistema automático de extinción de incendios.
- La cantidad de manejo de estos materiales estará limitada a lo establecido para las actividades de riesgo bajo del presente reglamento;
- El almacenamiento de estos materiales en contenedores superficiales estará limitado a 12,500 litros de capacidad total y la capacidad máxima individual de cada contenedor será de 5,000 litros.

En las zonas tipo I-2:

- Pueden ser manufacturados o utilizados con las limitaciones establecidas para las actividades de riesgo medio, y su almacenamiento estará limitado a 757,000 litros, exceptuando el que se dé en tanques subterráneos o en contenedores originalmente sellados.
- Si las instalaciones se encuentran a una distancia de 30 metros o menos de los límites de una zona habitacional, de uso mixto, comercial y de servicios, ó del tipo I-1, se aplicarán las restricciones establecidas en la fracción anterior para las zonas I-1.

En las zonas tipo I-3:

- Estos materiales o productos pueden ser manufacturados, utilizados y almacenados sin ninguna limitación.
- Si las instalaciones se encuentran a una distancia de 30 metros o menos de los límites de una zona habitacional, de uso mixto, comercial y de servicios, ó del tipo I-1, se aplicarán las restricciones establecidas en la fracción I. para las zonas I-1.

Los materiales o productos que clasifiquen para la *Clase III,* pueden ser almacenados, manufacturados o utilizados, sujetos a las siguientes restricciones:

En las zonas tipo I-1:

- No estará permitida su manufactura, solamente se permitirá su almacenamiento y utilización necesaria para la elaboración de otro tipo de productos, este manejo deberá realizarse únicamente dentro de edificaciones completamente cerradas, construidas con muros exteriores incombustibles.
- Las edificaciones deberán estar alejadas a una distancia de 12 metros de cualquiera de los límites de la propiedad, ó en su defecto, tales edificaciones y tanques de

almacenamiento, deberán contar con un sistema automático de extinción de incendios.
- El almacenamiento de estos materiales o productos estará limitado a lo establecido para las actividades de riesgo bajo de este reglamento.
- Los productos finales manufacturados o elaborados deberán ser clasificados como Clase I.

En las zonas tipo I-2:

- No estará permitida su manufactura, solamente se permitirá su almacenamiento y utilización necesaria para la elaboración de otro tipo de productos.
- Su almacenamiento estará limitado a establecido para las actividades de riesgo medio en este reglamento, exceptuando el que se dé en tanques subterráneos o en contenedores originalmente sellados.
- Los productos finales manufacturados o elaborados deberán ser clasificados como Clase II.
- Si las instalaciones se encuentran a una distancia de 30 metros o menos de los límites de una zona habitacional, de uso mixto, comercial y de servicios, o del tipo I-1, se aplicarán las restricciones establecidas en la fracción anterior para las zonas I-1.

En las zonas tipo I-3:

- Estos materiales o productos pueden ser manufacturados, utilizados y almacenados sin ninguna limitación, exceptuando las siguientes previsiones:
- Si las instalaciones se encuentran a una distancia de 120 metros o menos de los límites de una zona habitacional, de uso mixto, comercial y de servicios, ó del tipo I-1, se aplicarán las restricciones establecidas en el inciso I. de este artículo para las zonas I-1.
- Estos materiales o productos pueden ser manufacturados, utilizados y almacenados sin ninguna limitación.
- Si las instalaciones se encuentran a una distancia de 90 metros o menos de los límites de una zona industrial tipo I-2, el almacenamiento estará limitado a 250,000 litros, exceptuando el que se dé en tanques subterráneos ó en contenedores originalmente sellados.

Los materiales o productos que clasifiquen para la *Clase IV,* no podrán ser manufacturados o elaborados en ningún tipo de zona industrial y, solamente pueden ser utilizados en la elaboración de otro tipo de productos cuando cuenten con un permiso especial expedido por las *Secretarías de Gobernación y Desarrollo Social*, así como de las autoridades estatales y municipales competentes. Por ejemplo, los lineamientos para las plantas distribuidoras de gas son los siguientes:

- Se deberán localizar únicamente en las zonas industriales, sujetándose a los límites de capacidad de almacenamiento establecidos en este reglamento para productos de la *Clase III*;
- Los tanques contenedores no deberán tener una capacidad individual mayor de 114 mil litros de agua y, el grupo de contenedores no tendrán una capacidad volumétrica acumulada que exceda 757 mil litros por planta;
- Cuando una instalación cuente con más de seis contenedores o cuando la capacidad total de almacenamiento exceda de 757 mil litros, previo permiso de las *Secretarias de Comercio y Fomento Industrial, de Salud y de Desarrollo Social*, así

como de la *Comisión Estatal de Ecología*, los contenedores deberán agruparse. En este caso, cada grupo deberá contar con no más de seis contenedores, cuya capacidad acumulada no excederá de 757 mil litros, separado de otro grupo o contenedor aislado por una distancia mínima de 7.50 metros; y

- Los contenedores, ya sean únicos o en grupos, que tengan una capacidad acumulada no superior de 757 mil litros, deberán estar separados de los límites de las propiedades adyacentes donde existan o puedan existir edificios. Las distancias determinadas en función de su capacidad de almacenamiento se indican en la Tabla 2.8.
- Para el caso de todas las plantas distribuidoras y de almacenamiento de gas L.P. deberán cumplir con los requerimientos de diseño y construcción establecidos en las *Normas Oficiales Mexicanas* NOM-EM-001-SCFI-1993, NOM-021/2-SCFI, NOM-021/3-SCFI y NOM-025-SCFI en vigor, las correspondientes a la fecha de fabricación y las que se expidan al respecto por la *Secretaría de Comercio y Fomento Industrial*

Tabla 2.8 Distancias mínimas en función de la capacidad de almacenamiento

Zonas	Capacidad (litros)	Distancia 1 (metros)	Distancia 2 (metros)
I-1	menor de 7,600	15	15
I-1	7,600 a 114,000	15	25
I-1 e I-2	114,000 a 265,000	15	30
I-2	265,000 a 341,000	25	45
I-2 e I-3	341,000 a 757,000	30	60
I-3	más de 757,000	40	120

Distancia 1: la distancia a edificios donde labora personal permanente dentro del mismo predio. *Distancia 2*: la distancia a los límites de propiedad y al límite opuesto de vías públicas colindantes.

Adicional a lo anterior, este reglamento toca los temas de control de ruido, control de contaminación atmosférica, control de vibración, control de residuos peligrosos, y aguas residuales, definiendo parámetros de control muy claros.

2.4.4.6 Aspectos finales sobre legislación del uso del suelo

- Es fundamental el desarrollo del acuerdo 6 de 1990 respecto a las zonas industriales, a través de un reglamento de zonificación en el que se detallen las ideas generales y se desarrollen lineamientos específicos en cuanto a superficie mínima, frente mínimo, coeficiente de ocupación del suelo, coeficiente de utilización, restricciones frontales y parqueadero, como son señalados en el reglamento de zonificación de Jalisco Méjico, presentado en este capítulo.
- El POT para Santa Fe de Bogotá, no presenta consideraciones en cuanto a los riesgos públicos de origen tecnológico; es importante, a pesar de que el POT cuenta con una zonificación en la que son tenidos en cuenta los conceptos de ecoeficiencia que involucra de alguna forma la prevención, incluir dichas consideraciones como complemento de los riesgos de tipo natural (inundaciones, deslizamientos, terremotos), ya que los riesgos de origen tecnológico constituyen una potencial amenaza para sectores importantes del distrito con importantes consecuencias para la población en general.
- Para el desarrollo de reglamentos en los cuales se tenga en cuenta el uso del suelo y la prevención de incendios, explosiones, derrames y fugas, se debe contar con el apoyo de normas técnicas oficiales específicas. Las Normas Técnicas Colombianas no tienen disposiciones en el tema de prevención de riesgos de origen tecnológico, como pueden ser

encontradas en las normas oficiales mejicanas (NOM) y el código de la NFPA (National Fire Prevention Agency). Estas normas y códigos serán tratados en la siguiente etapa de este proyecto.

- Para el caso de las industrias ya constituidas en las diferentes zonas del distrito, se requieren acciones que permitan la adecuación y mejoramiento, basados en parámetros que surjan de una evaluación de riesgos de estas industrias. Se deben determinar mediadas como la reubicación de aquellas que presenten alto riesgo, adecuaciones para aquellas con riesgo moderado y pequeñas modificaciones para las que presenten bajo riesgo.

2.5 Norma de calidad internacional ISO 9000

Las normas de calidad internacionales son ISO 9000-9004. Estándares o Normas de la Administración de la Calidad y Aseguramiento de la Calidad, producidas por la International Standars Organitation (ISO). En un número creciente, las empresas cliente y las autoridades nacionales exigen que el trabajo de análisis de riesgos se realice de acuerdo con la norma ISO 9000. SI bien puede reconocerse que ISO 9000 se queda muy corta en cuanto a los requerimientos de la Administración de Calidad Total, si es debidamente aplicada, atiende a muchas de las deficiencias de estudios QRA (Inconsistencia, falta de procedimientos , falta de documentación de suposiciones , subjetividad excesiva, etc.).

ISO 9001 (1994) es la norma importante para las actividades de análisis de riesgos. Esta norma define 20 áreas de procedimientos de calidad detallados a desarrollar. Sin embargo, básicamente todos los sistemas de calidad se reducen a:

Di lo que haces
Haz lo que dices
Registra lo que haz hecho
Aprende de tus errores

La norma ISO no atiende controles financieros o asuntos técnicos detallados. Es necesario desarrollar instrucciones de trabajo para el análisis de riesgos y complementar las áreas de administración de calidad. Los títulos pueden parecer dirigidos a la manufactura, pero tienen buena aplicación en las tareas de análisis de riesgos. Así, compras se referiría a evaluación y aprobación de contratistas de riesgos a los contratistas, la inspección y prueba de resultados de riesgos y herramientas de computo. Sólo la última categoría, las técnicas estadísticas, como se establecen en la norma, parecen difíciles de aplicar al análisis de riesgos y la mayoría de los analistas de riesgos que buscan la certificación ISO solicitan una exención en esta área.

2.6 Norma de calidad internacional ISO 14000

La serie ISO 14000 esta definida como una aproximación sistemática cuyo propósito es el de promover el adecuado manejo ambiental. Las principales metas son: Promover el aprovechamiento general de los recursos, incrementar la productividad de las empresas y medir su comportamiento ambiental, facilitar el comercio y eliminar barreras aduaneras

Este estándar esta diseñado para asistir a las empresas en el manejo y evaluación del impacto ambiental de sus actividades, operaciones, productos y servicios. La norma ISO 14000 incluye 6 áreas principales de análisis.(1) Sistema de manejo ambiental, (2) Evaluación del desempeño ambiental, (3) Auditoria ambiental,(4) Aseguramiento del ciclo de vida, (5) Aspectos ambientales de los productos y (6) Clasificación ambiental.

Capítulo 3

Análisis de información secundaria

3.1 Descripción de la localidad de Fontibón

3.1.1 Aspectos generales

En este capítulo se presenta una descripción general de los aspectos físicos y socioeconómicos de la Localidad de Fontibón. La descripción no pretende ser exhaustiva sino describir el contexto dentro del cual se realizará el estudio. Se tratarán los siguientes aspectos:

- Demografía
- Aspectos socioeconómicos
- Servicios vitales

3.1.2 Demografía

En 1997, la población de la Localidad fue estimada en 241.372 habitantes (CCRP 1997)[10], cifra que difiere de la reportada por el DANE en 100.527. El dato de población de la Corporación Centro Regional de Población (CCRP, 1997), es la que oficialmente maneja la Secretaria Distrital de Salud. Es importante tener en cuenta estas diferencias y discrepancias sobre la población total, ya que ocasionan dificultades tanto en la planificación como en la evaluación de los programas e intervenciones realizadas.

Los cálculos de crecimiento de la población hechos entre cada censo muestran que para la Localidad de Fontibón el crecimiento es del 2.51% (Ver Tabla 2.1), en tanto que el crecimiento que presenta la ciudad capital es de 3.25%. La comparación entre el crecimiento poblacional de la Localidad con otras sugiere que la población crece con el promedio de la ciudad[11].

Tabla 3.1 Proyección de población

AÑOS	PROYECCIÓN
1993censada	186.509
1993proyectada	201.610
1997	241.372
2000	278.755
2005	335.218
2010	384.053
Tasa de crecimiento: 2.51	

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación Distrital[12]

[10] CCRP: Corporación Centro Regional de Población
[11] Diagnosticos Locales con Participación Social, Julio 1998, Secretaría de Salud
[12] Departamento Administrativo de Planeación Distrital. Sudirección Económica, de competitividad e innovación

La densidad de población para la Localidad de Fontibón es de 72,5 habitantes por hectárea, siendo mayor que la densidad de Santa Fe de Bogotá, que tiene en promedio 67.19 habitantes por hectárea; las áreas donde existe mayor concentración de personas son el complejo urbanístico de Ciudad Salitre y la zona centro de la Localidad, ubicada sobre la calle 13. La distribución de la población es urbana con participación de una población flotante del sector industrial y comercial.

La transición demográfica de la Localidad es resultante de los mismos aspectos demográficos del Distrito Capital como (Ver Figura 3.1):

- Un cambio muy profundo en la composición por grupo de edad, reflejada en el crecimiento del peso relativo del grupo de edad entre 20 y 59 años y la relación de tasas de fecundidad.
- La transformación en los patrones de distribución geográfica, debido a la redistribución de la población desde el perímetro de la capital hasta los municipios periféricos; para el caso de Fontibón, las áreas de expansión son precisamente las marginales, esto es, las que rodean los ríos y las zonas de actividad agrícola.

3.1.3 Aspectos socioeconómicos

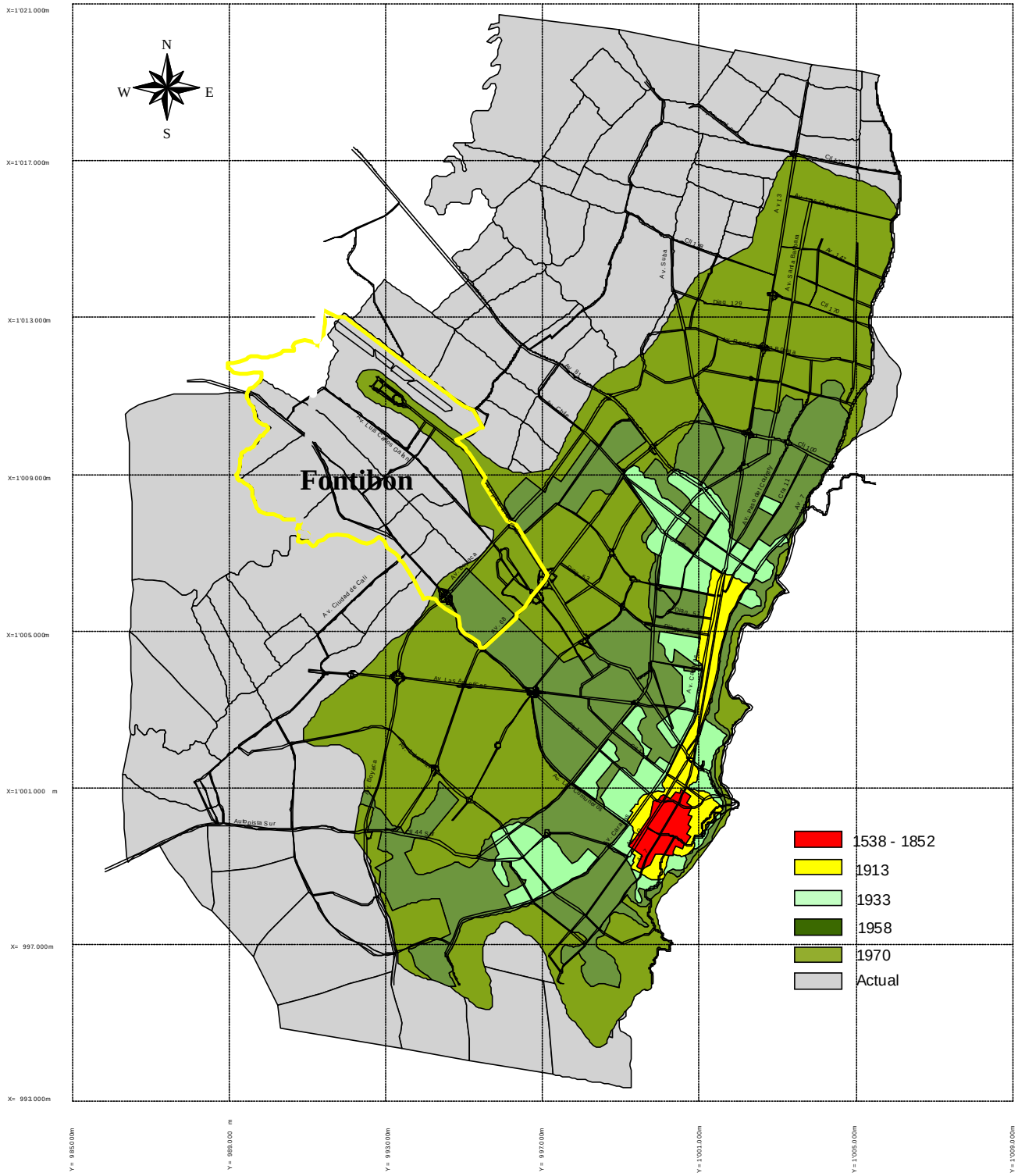
3.1.3.1 Uso del suelo

La Localidad de Fontibón esta catalogada en los estratos 2, 3, y 4 exclusivamente. De acuerdo con el Departamento de Planeación Nacional la Localidad no registró zonas con estratos 1, 5 y 6; sin embargo, en 1993 se presenta el 12% de la población con necesidades básicas insatisfechas. La población estrato 4 se ubica en Modelia, Ciudad Salitre y Sauzalito; la población de más bajos ingresos (estratos 2 y 3) se concentra en el centro de Fontibón, Versalles, Belen, Atahualpa, La Cabaña y los barrios ubicados en las rondas de los ríos Bogotá y Fucha[13].

La Localidad esta rodeada por las localidades de Bosa, Puente Aranda, Teusaquillo y Engativá (Ver figura 3.2) y se divide geográficamente en cuatro sectores[14]:

- El sector uno; se halla localizado entre la avenida 68 y la carrera 100, y entre la avenida El Dorado y la avenida el Ferrocarril, y se caracteriza por núcleos poblacionales estrato 4 (como Ciudad Salitre, Sauzalito, Capellania y Modelia) y estrato 3 (barrios como Rincon Santo y el Rubí).
- El sector dos, esta localizado entre la avenida 68 y la carrera 100, y por la calle 22 hacia la carrera 105, entre la avenida el ferrocarril hasta la rivera del río Fucha; es un sector popular donde se ubican barrios estrato 2 y 3 como Villemas, centro de Fontibón, Belen, La Laguna y el Proveedor.
- El sector tres, se localiza entre la carrera 100 y la avenida 129 y entre la avenida el Ferrocarril y la avenida Eldorado, donde se ubican barrios estrato 2 y 3 como Atahualpa, El Refugio, Santander y La Giralda.
- El sector cuatro, va desde la carrera 105 hasta la rivera del río Bogotá, y desde la avenida ferrocarril hasta el río Fucha, donde se encuentran barrios estrato 2 y 3 como Kassandra, Puente Grande y El Chircal, entre otros.

[13] Población, Estratificación y Aspectos socioeconómicos de Santafé de Bogotá, Número 5,1997,Departamento Administrativo de Planeación Distrital.
[14] Entrevista a César Parra, Coordinador Planeación Territorial de Fontibón, 1998



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

FUENTE:
Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.

ELABORÓ:

INTERVENTORÍA: Margarita Borda Avila
Consultores
Proyectos civiles
Hidráulicas y sanitarias

SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

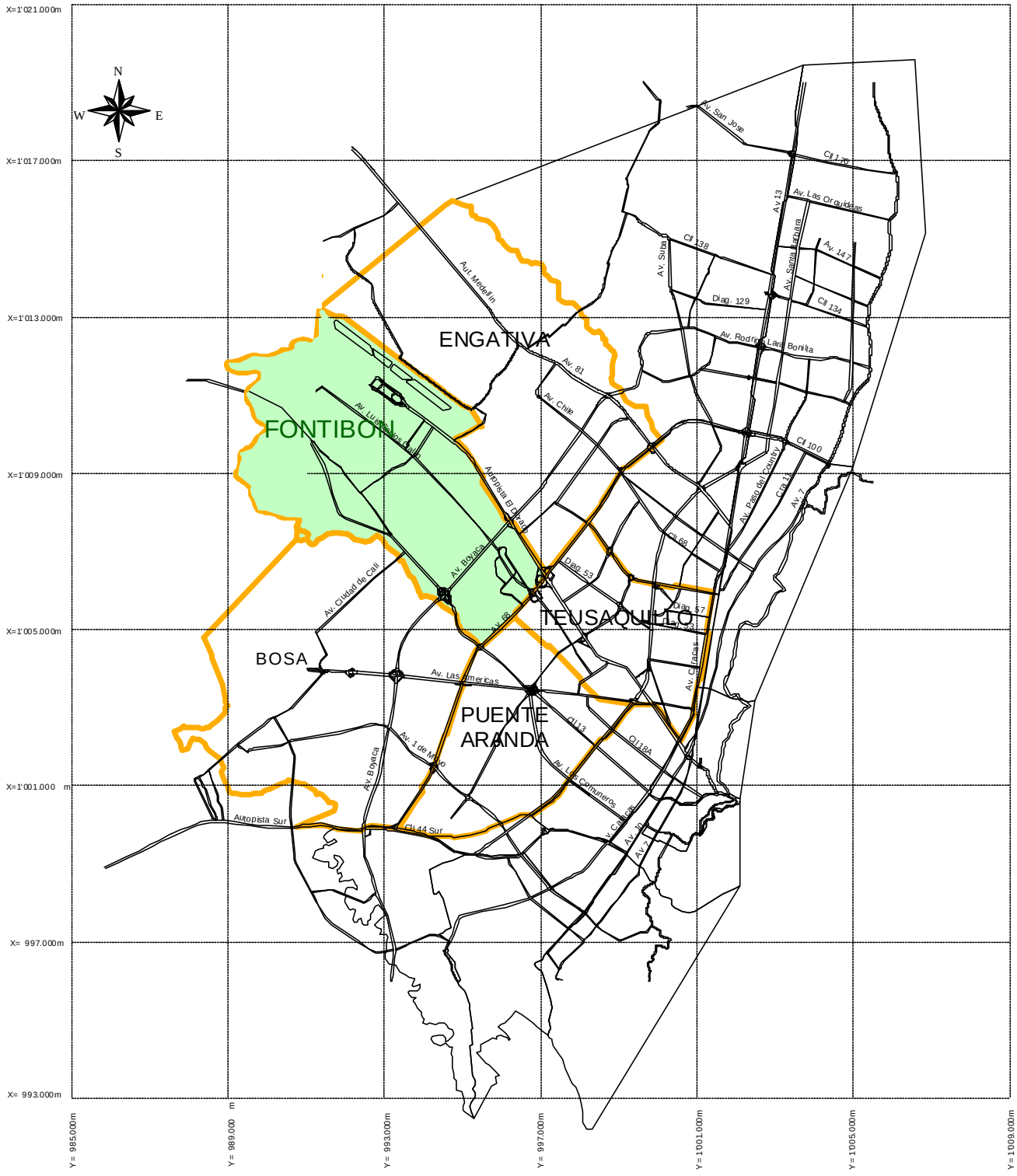
APROBÓ: FECHA: Junio de 2000

VO B INTERVENTORIA: FECHA: Junio de 2000

Análisis cualitativo de riesgos públicos de origen tecnológico en la localidad de Fontibón
Contrato No CCS-610/99

Crecimiento histórico

Figura 3.1



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.	FUENTE: Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996. ELABORÓ: INTERVENTORÍA:	SIN ESCALA	**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES** **FACULTAD DE INGENIERIA** **Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental** APROBÓ: FECHA: Junio de 2000 VO B INTERVENTORIA: FECHA: Junio de 2000	Análisis cualitativo de riesgos públicos de origen tecnológico en la localidad de Fontibón **Contrato No CCS-610/99** **Localidad de Fontibón** **Figura 3.2**

3.1.3.2 Actividad industrial

En la Localidad de Fontibón, las zonas industrial, residencial y comercial no se diferencian territorialmente. Los espacios de la industria son compartidos con el comercio, por ejemplo, entre los talleres de mecánica y los almacenes de venta de repuestos, o entre las industrias y os pequeños locales comerciales dedicados a la venta de comidas. Al no existir la especialización de territorios, las zonas de desarrollo, como la del aeropuerto Eldorado y la Terminal de Transporte, limitan con importantes zonas residenciales, afectando su calidad de vida.

En la Localidad existen mas de quinientas fabricas ubicadas en el sector sur y occidental, donde el uso actual del terreno es principalmente industrial. El área residencial esta compuesta en su gran mayoría por los estratos 2 y 3, En los últimos veinte años, la zona residencial se ha expandido de manera ilegal en zonas criticas, como son las rondas de los ríos y las denominadas áreas de actividad agrícola II o áreas rurales, fuera del perímetro de servicios[15]. En un estudio realizado por la E.A.A.B., en el periodo de 1984-1986, se registro una expansión de 3% del total de la ciudad, y un 20% en las zonas de actividad agrícola II. De 114 barrios, veintitrés son subnormales. La Localidad cuenta con una plaza de mercado, sin condiciones higienico-sanitarias adecuadas; además, algunas áreas despobladas y zonas verdes, así como las orillas de las carreteras y de los ríos Bogotá y Fucha, se han convertido en botaderos de basura creándose focos de infección y proliferación de insectos y roedores.

El aeropuerto El Dorado, principal aeropuerto del país, se encuentra ubicado en el sector uno; genera contaminación por ruido (sobrepasa los 120 decibeles) y contaminación hídrica ya que vierte las aguas al río Bogotá, afectando los sectores residenciales aledaños. Estos problemas que afectan a la Localidad, son tratados por entidades de orden nacional sin respuesta adecuada y sin el compromiso que se requiere de la comunidad[16].

3.1.3.3 Actividad económica

La actividad económica más importante de Fontibón es la industria (Ver Tabla 3.2), ya que genera 52% de empleo de la Localidad y tiene una participación de 13% en el empleo industrial de Bogotá. El sector comercio representa el 25.6%, y se destaca por tener el mayor numero de establecimientos. Respecto al sector de servicios genera 16.53% de empleo.

Tabla 3.2 Principales actividades económicas

ACTIVIDAD	ESTABLECIMIENTOS	EMPLEOS
Industria	1.244	337.148
Comercio	3.741	20.420
Servicios	2.765	13.192
Otros	510	9.020
Total	8.260	379.780

Fuente: Encuesta pobreza y calidad de vida, 1991

La economía formal de Fontibón representa 6% del empleo de Bogotá con 75.851 empleados. El 37% de la población mayor de 12 años, labora como obreros; 9.2 trabaja por su propia cuenta y 1.6% (2.252 personas) trabajan como empleados domésticos. Respecto a los datos

[15] Diagnósticos Locales con Participación Social, Julio 1998, Secretaría de Salud
[16] Centro de Estudios para la Prevención de Desastres- CEPREVE, Identificación de Riesgos Antropicos de las Localidades de Santafé de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia, 1997.

anteriores, es importante destacar que el 47.4% no suministro información, lo que puede afectar los resultados al sesgar las tendencias de empleo de la Localidad[17].

3.1.3.4 Patrón social

Según información obtenida en visitas del departamento de atención al medio ambiente y la experiencia de salud ocupacional del programa protección social del trabajador informal, en 1997 se realizaron 528 visitas, detectándose que aproximadamente 72% de los trabajadores no están afiliados a ningún tipo de seguridad social. La población de trabajador informal en la Localidad es de aproximadamente 6.000 trabajadores, distribuidos en actividades como el comercio, la separación de residuos sólidos, los talleres de magancia, latonería y pintura, depósitos de materiales, fundiciones, distribuidora de derivados del petróleo, fabricación de baterías, galvanoplastia, industria hotelera, muebles de madera y metal.

La población de la Localidad de Fontibón se encuentra expuesta a factores de riego como ruido, gases y vapores tóxicos, partículas, radiación no ionizante, iluminación, incendio, ergonómicos, biológicos, enfermedades ocupacionales y accidentes de trabajo. Se generaliza el alto grado de exposición a gases y vapores derivados del petróleo, que afectan el sistema respiratorio y otras partes del cuerpo; obsérvese que toda la población esta expuesta a factores de riesgo que pueden generar incendio.

Debido a los problemas generados de la situación económica, social y cultural, el sector informal desarrolla sus actividades en condiciones de infraestructura física y de recursos técnicos o tecnológicos que no garantizan las condiciones de trabajo adecuadas, lo que lleva a la alteración del proceso salud-enfermedad y al impacto negativo en la calidad del ambiente, fundamentales en la salud publica. La experiencia ha demostrado que los programas encaminados al mejoramiento de las condiciones de trabajo, deben realizarse en el sitio donde se encuentran los trabajadores[18].

3.1.4 Servicios vitales

A continuación se presenta una descripción de los principales servicios vitales en la zona. Los servicios vitales cumplen un papel muy importante en la zona porque hacen parte de la infraestructura básica para evaluar riesgos públicos.

3.1.4.1 Sistema de Acueducto

La red matriz que hace parte de esta Localidad está conformada por diámetros que varían entre 12 - 24” y 42 plg. Gran parte de ellas fueron instaladas entre 1960 y 1970, aunque existen otras como la que atraviesa la Av 68 (24”) que fue instalada en 1990 (Ver figura 3.3).

El estudio de Microzonificación sísmica de Santa Fe de Bogotá indica que (Ver figura 3.4):

- Para un sismo lejano (de aproximadamente 0.038g en el basamento rocoso de la ciudad) se estarían presentando entre 0 y 0.001 rupturas/Km,
- Para un sismo cercano moderado (en la falla Frontal de la Cordillera Oriental que causaría una aceleración de 0.12g en la roca subyacente) se estarían presentando entre 0 y 0.693 rupturas/Km
- Para un sismo cercano fuerte (en la falla Frontal de la Cordillera Oriental que causaría una aceleración de 0.2g en la roca subyacente)) se estarían presentando entre 0 y 1.56 rupturas/Km

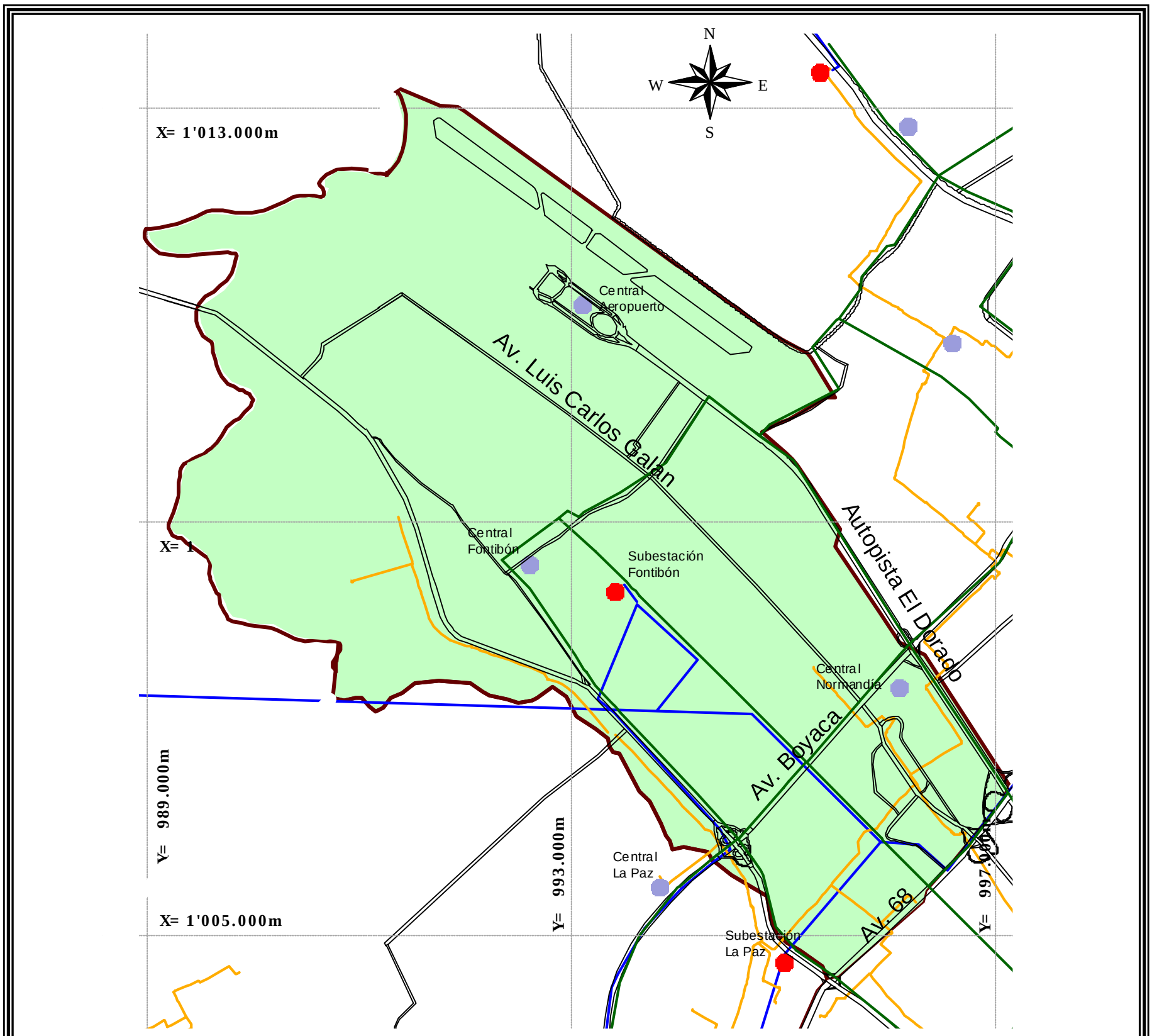
[17] SISE, Población de más de 12 años según ocupación, 1993
[18] Estadisticas Departamento Atención al Medio Ambiente, Hospital San Pablo, fontibón, 1997.



Convenciones

- Líneas eléctricas
- Red de gas
- Red de acueducto
- Centrales telefónicas
- Subestaciones eléctricas

Ref : Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Subproyecto No 15 y 16: Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones y Líneas Vitales. Universidad de los Andes. Noviembre de 1996.



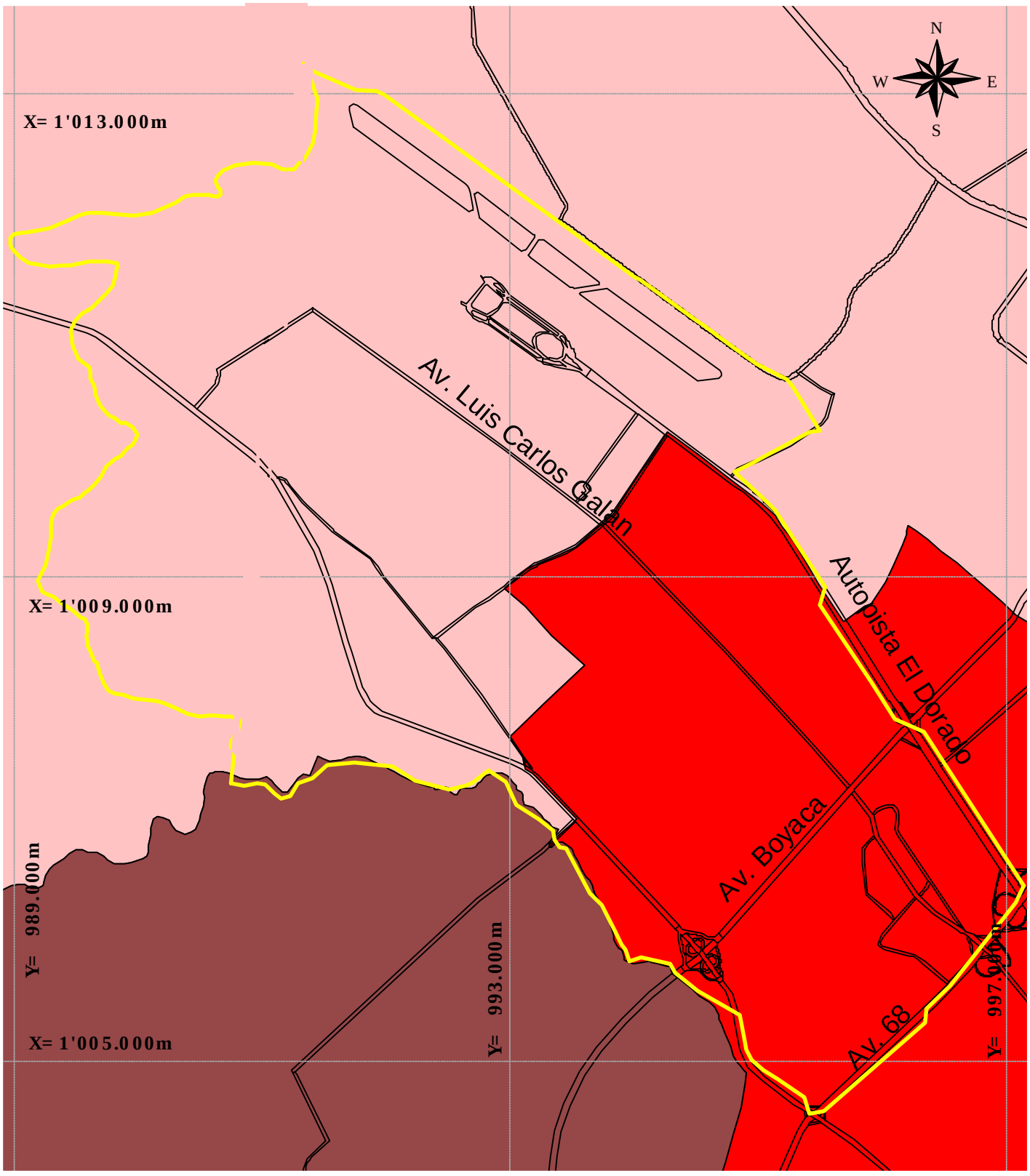
DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.	FUENTE: Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996. ELABORÓ: INTERVENTORÍA: Margarita Borda Avila, Consultores, Proyectos civiles, Hidráulicas y sanitarias	SIN ESCALA	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental APROBÓ: FECHA: Junio de 2000 VO B INTERVENTORIA: FECHA: Junio de 2000	Análisis cualitativo de riesgos públicos de origen tecnológico en la localidad de Fontibón **Líneas vitales** **Figura 3.3**



Convenciones

- Zona 1: Cerros
- Zona 2: Piedemonte
- Zona 3: Lacustre A
- Zona 4: Lacustre B
- Zona 5: Terrazas y Conos
- Zona 5A: Terrazas y conos potencialmente licuables

Ref : Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. . Subproyecto No 11: Zonificación Sísmica . Universidad de los Andes. Noviembre de 1996.



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

FUENTE:
Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.

ELABORÓ:

INTERVENTORÍA: Margarita Borda Avila
Consultores
Proyectos civiles
Hidráulicas y sanitarias

SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

APROBÓ:

FECHA: Junio de 2000

VO B INTERVENTORIA:

FECHA: Junio de 2000

Análisis cualitativo de riesgos públicos de origen tecnológico en la localidad de Fontibón

Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá
Figura 3.4

3.1.4.2 Alcantarillado

Buena parte de la localidad de Fontibón, el límite sur y el occidente, esta bordeada por los ríos Bogotá y Fucha; este último es el resultado de la confluencia de los ríos San Francisco y San Cristóbal y drena el centro de Bogotá y su principal zona industrial. Así mismo, forma parte de la red hidrográfica del canal San Francisco que se extiende sobre la Avenida El Espectador y se une con el caño Boyacá; éste, desde el Fucha, pasa por la autopista El Dorado y desemboca en el río Bogotá.

La parte inferior del río Fucha es una alcantarilla destapada que drena tanto aguas lluvias como aguas negras, a lo largo de su cauce irregular. El río discurre a través de un paisaje muy plano con baja velocidad, y por ende, baja capacidad de autopurificación; a ello se suma el nivel alto de contaminación de origen domestico e industrial, que se presenta a lo largo de la cuenca del río Fucha.

3.1.4.3 Sistema de distribución de energía

Está conformada por líneas de transmisión115 Kv. Las subestaciones eléctricas que tienen influencia en esta Localidad son: Fontibón y La Paz. Cabe anotar que existe una alta redundancia en el sistema ya que las subestaciones pueden ser abastecidas mínimo por dos subestaciones (Ver figura 3.3).

La subestación de Fontibón, transforma de 115 KV a 34.5KV (capacidad instalada de 60 MVA) y 115 KV a 11.4 KV (capacidad instalada de 90 MVA) y fue puesta en servicio aproximadamente en 1976. En general tanto la edificación como los equipos se encuentran en buen estado.

La subestación La Paz, transforma de 115 KV a 34.5KV 5KV (capacidad instalada de 30 MVA) y 115 KV a 11.4 KV (capacidad instalada de 90 MVA)y fue puesta en servicio aproximadamente en 1978. En general ,la edificación y los equipos se encuentran en regular estado .

3.1.4.4 Sistema de teléfonos

Las Centrales Telefónicas que tienen influencia en esta Localidad son: Aeropuerto, Fontibón, Normandía y San José (Ver figura 3.3).

La central Aeropuerto consta de un sótano y fue construida en 1989
La central Fontibón fue construida en 2 etapas. La primera es una edificación de 2 pisos; fue construida en 1967. La segunda es de 3 pisos y fue construida en 1980.
La central Normandía es una construcción de dos pisos construida en 1974.
La central San José consta de un sótano y dos pisos construida en 1979.

3.1.4.5 Sistema de gas domiciliario

Tuberías de 4, 6, 8 , 10 y 14” de Acero hacen parte de esta Localidad así como luna red domiciliaria en polietileno. La instalación de la red matriz en esta zona es reciente(data de 1991 aproximadamente). La procedencia de estas tuberías es de Brasil y tubocaribe y soportan esfuerzos hasta de 42000 psi (ver Figura 3.5).



Convenciones

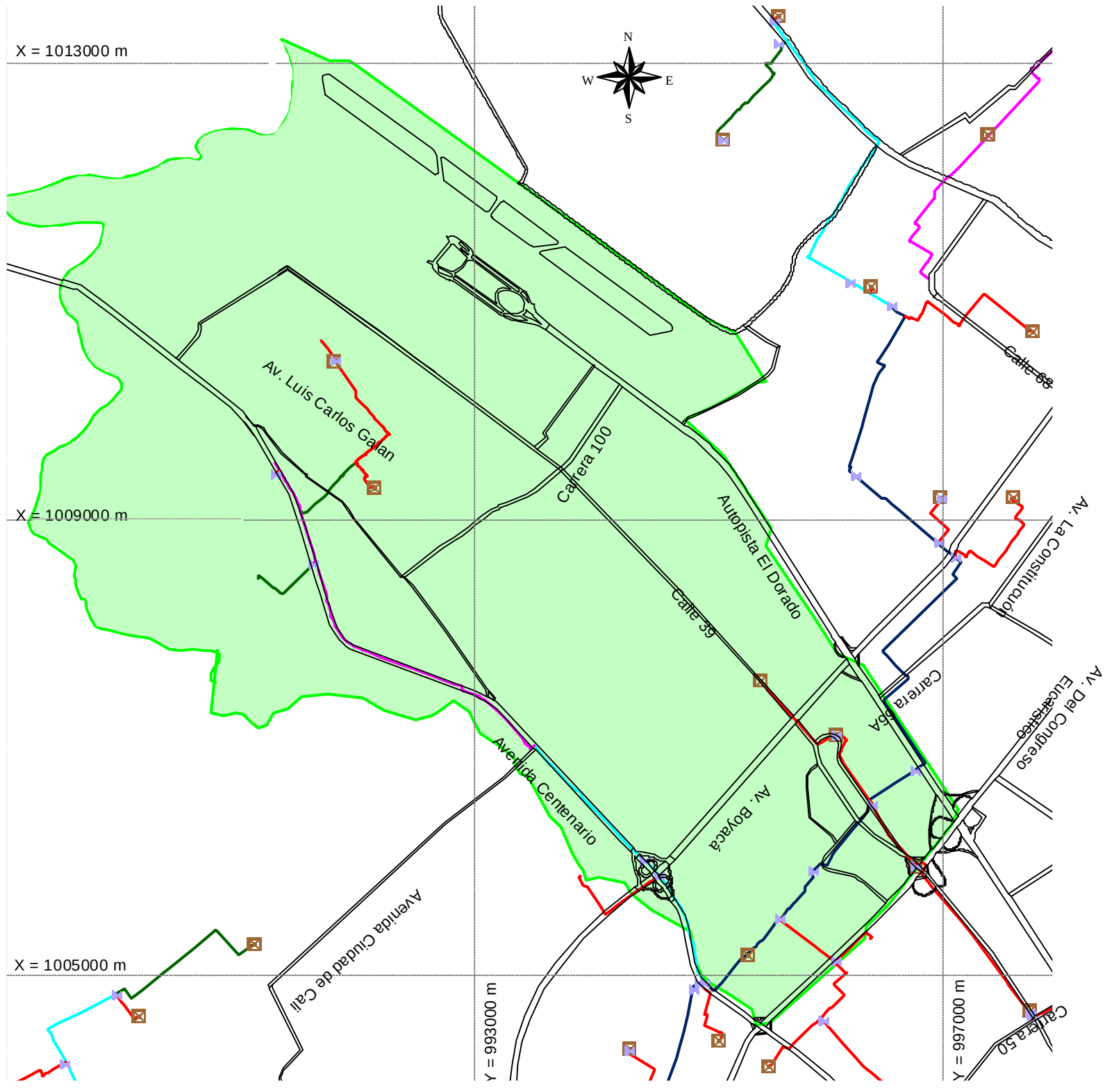
Red de Gas

- Acero 14”
- Acero 10”
- Acero 8”
- Acero 6”
- Acero 4”

Válvula de acero

Estación de regulación

Ref : Vulnerabilidad Sismica Del Sistema de Distribucion y Suministro de Gas Natural de Santa Fe de Bogotá, Universidad de Los Andes.1999



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.	FUENTE: *Universidad de Los Andes.1999* ELABORÓ: INTERVENTORÍA: Margarita Borda Avila Consultores Proyectos civiles Hidráulicas y sanitarias	SIN ESCALA	UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental APROBÓ: FECHA: Junio de 2000 VO B INTERVENTORIA: FECHA: Junio de 2000	Análisis cualitativo de riesgos públicos de origen tecnológico en la localidad de Fontibón **Red Principal de Gas** **Figura 3.5**

3.2 Características del manejo estadístico de la información

3.2.1 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 3.3 se presenta una descripción de las principales distribuciones de probabilidad y las características del modelo que describen.

Tabla 3.3 Distribuciones de probabilidad fundamentales

Distribución	Descripción
Normal, LogNormal	Expresan la incertidumbre en la magnitud de un parámetro especifico. 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 especifico 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.

3.2.2 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 la localidad de Fontibón no permite realizar un análisis estadístico confiable.

La localidad de Fontibón es un sector que ha 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.

3.3 Identificación de procesos generadores de riesgo

3.3.1 Agentes generadores de riesgo

3.3.1.1 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 en el Capitulo 2. 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 1.1.2.3) 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).

3.3.1.2 Clasificación de industrias

En las Tablas 3.4 y 3.5 se presentan las diferentes clasificaciones industriales realizadas por el Consejo Colombiano de Seguridad (1999) y por el Instituto de Seguros Sociales (ISS).

Tabla 3.4 Clasificación de industrias

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
8. Depósitos y almacenamiento de mercancías	CIIU que inicia con 71

El Instituto del Seguro Social sugiere la siguiente división.

Tabla 3.5 Clasificación industrial con base en el ISS

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 mas detallada y específica. En consecuencia en este estudio se toma como base para el análisis la clasificación de CIIU.

3.3.1.3 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 B 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.

3.3.1.4 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 Capitulo 2 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 3.6 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

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).

3.3.2 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 C)

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.

3.3.3 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 3.7 muestra la actividad industrial representada través de la clasificación del CIIU agrupada con base en la amenaza que pueda generar (Fuga, Derrame, Incendio o Explosión)

Tabla 3.7 Distribución de actividades por variedad de amenazas

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 (01,02,03)		3528		3522			3117	3530*
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 F se presenta en detalle la descripción de cada código junto a su fuente de amenaza.

Se aprecia que las industrias del grupo CIIU 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 (CIIU 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 cobija 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 3.8.

Tabla 3.8 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.

3.4 Definición de procesos generadores de riesgo en Fontibón

3.4.1 Aspectos generales de la localidad

Con excepción del barrio Modelia, la distribución de industrias en la localidad es uniforme. Sin embargo se puede apreciar una tendencia a la concentración de industrias en las siguientes zonas:

- En la esquina suroriental de la Localidad, comprendida entre las Avenidas Carrera 68 y Boyacá, entre la calle 13 y la diagonal 22, barrios Granjas de Techo, Montevideo y Franco, en la que se encuentran industrias de los grupos de CIIUs 31 (alimentos), 32 (textiles) y 35 (industria manufacturera y química). Cabe resaltar que en esta zona también se encuentra una proporción alta de los almacenes de depósito.

- En la zona ubicada entre la Avenida Dorado y la Línea del Ferrocarril de Occidente, entre la Avenida Cundinamarca y la carrera 116, barrios Guadual, Villenar, El Carmen y el centro de Fontibón. En ella se encuentran almacenes de depósito, distribuciones de materias primas, y sistemas de los grupos de CIIUs 31 (alimentos), 32 (textiles) y 35 (industria manufacturera y química).

En el área comprendida entre la Avenida Cundinamarca, la calle 39 y la Avenida Dorado, correspondiente al bario San José de Fontibón, en donde se encuentra principalmente industrias del grupo CIIU 35 de industria química, dentro de las que se destacan laboratorios farmacéuticos, comercio al por mayor de productos químicos y materias primas para industria química y distribución al detal de combustibles y lubricantes. En esta zona también se concentra la cuarta parte de los almacenes del grupo 71 considerados dentro de la muestra.

3.4.2 Residuos peligrosos

3.4.2.1 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 la localidad de Fontibón. 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.

3.4.2.2 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 3.9 se presentan algunos resultados que resumen los principales aspectos de dicho estudio:

Tabla 3.9 Residuos Industriales Peligrosos (RIP) generados por el sector formal de la industria en Santa Fe de Bogotá

CIIU	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 3.10.

Tabla 3.10 Cálculo de las cantidades de residuo peligroso

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)	***42.735**	**11.500**	**32.000**

La Tabla 3.11 presenta las características para el sector informal de la industria:

Tabla 3.11 Significado del sector informal en la industria y la manufactura

CIIU	Sector Industrial	Sector Informal Significativo Si/No	Comentario
31	Productos alimenticios, bebidas, tabaco	Tal vez	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	Probable	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. galvanotécnia, 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.

3.4.2.3 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 el 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.

3.4.3 Contaminación atmosférica por emisiones de gases y partículas

La información presentada en esta sección se refiere a mediciones realizadas en la localidad de Puente Aranda debido a que la localidad de Fontibón no existen puntos de medición específicos. Por lo tanto, dada la cercanía de Puente Aranda se supuso que estos valores son la mejor aproximación a la situación de Fontibón.

3.4.3.1 Situación de la Calidad del Aire en la localidad

Para llegar al diagnóstico presentado en este documento, fue necesario acceder a diversas fuentes de información, como los resultados obtenidos de la red de monitoreo de la calidad del aire en Santa Fe de Bogotá, (DAMAIRE), y a los monitoreos realizados en el Centro de innovación y desarrollo tecnológico (CITEC), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes. Del mismo modo se consultaron algunos trabajos realizados previamente en la zona de interés.

En Colombia se han realizado estudios puntuales que evalúan niveles de contaminación. En Santa Fe de Bogotá en 1987 se publicó por parte del servicio de salud del Distrito, un informe que relacionaba la contaminación del aire registrada en Bogotá entre 1983 y 1986. Se obtuvieron datos de 13 estaciones, que para esa fecha estaban funcionando en la ciudad. Tan sólo se reportaron datos sobre el total de partículas en suspensión (TSP), ya que según el criterio establecido en el estudio mencionado, este parámetro era el que se encontraba en niveles que ameritaban el análisis. En dicho estudio, la zona equivalente a Puente Aranda se encontraba representada por una estación ubicada en la carrera 62 # 12 – 61, donde se registraron valores entre 50 y 350 μg/m3 con una media de 150 μg/m3 (La norma anual colombiana en condiciones estándar es de 100 μg/m3.

En el periodo comprendido entre agosto de 1990 y febrero de 1992, la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), realizó un estudio sobre calidad de aire en la ciudad de Santa Fe de Bogotá. Durante el desarrollo del proyecto se tomaron registros de 5 estaciones automáticas de calidad de aire y meteorología, una de ellas ubicada en el sector de Puente Aranda. En la localidad de Fontibón no se ubicó ninguna estación. Se recolectaron datos de partículas suspendidas totales, concentraciones de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos (ozono), hidrocarburos no metálicos, e hidrocarburos totales. En la Tabla 3.12 se presentan los resultados de rosa de vientos para la estación que fue ubicada en la localidad de Puente Aranda.

Tabla 3.12 Rosa de vientos para Puente Aranda

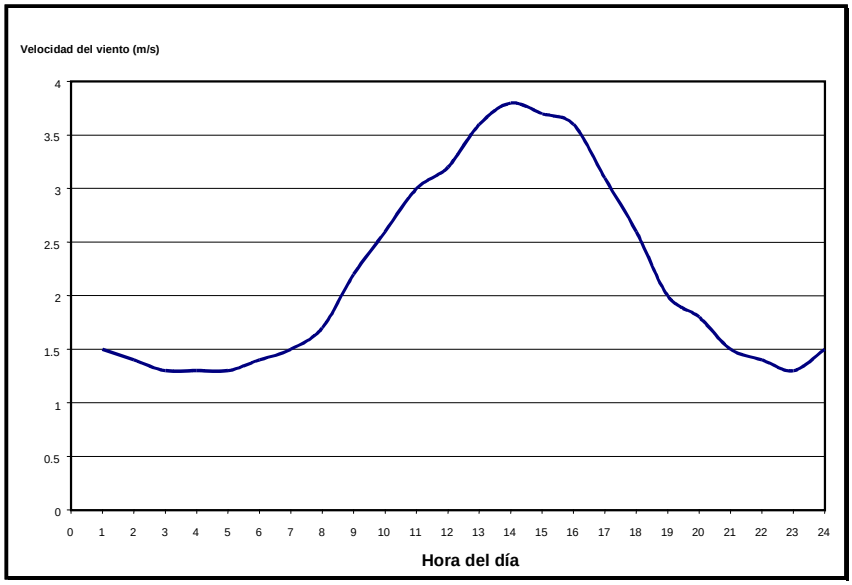
ROSA DE VIENTOS	
Número de mediciones	6875
Dirección predominante del viento (1)	SSE
Procentaje de calma	1,90%
Velocidad promedio del viento (m/s)	2,2

Fuente: Estudio del plan para el control de la contaminación del aire en el área de la ciudad de Santa Fe de Bogotá. (JICA, 1992)

(1) Según la convención internacional, la dirección indicada es de donde sopla el viento.

En la Figura 3.6, se presentan los cambios horarios en la velocidad del viento registrados en los monitoreos realizados en 1992, en la zona de Puente Aranda. En la Figura 3.7 se puede apreciar esta misma variación en términos de velocidades promedio en los diferentes meses registrados en el estudio.

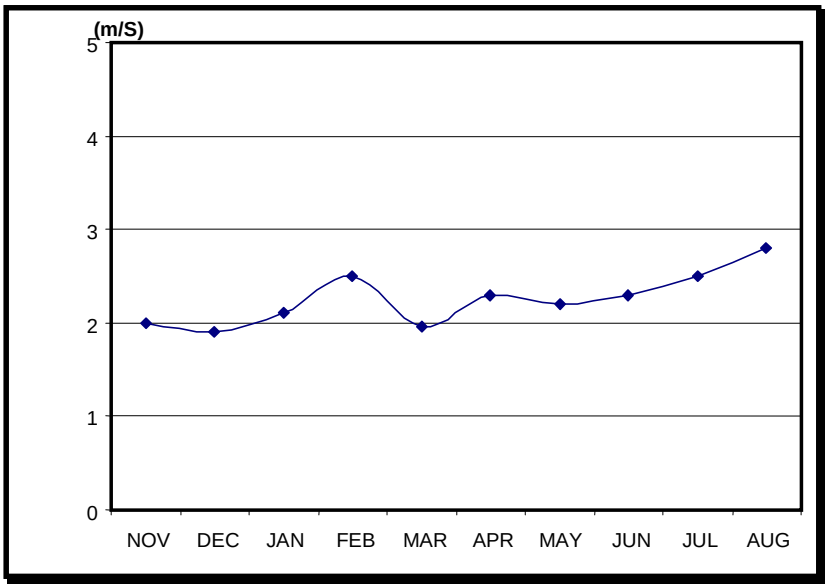
Figura 3.6 Cambios horarios de la velocidad del viento registrados en Puente Aranda



Fuente: Estudio del plan para el control de la contaminación del aire en el área de la ciudad de Santa Fe de Bogotá. (JICA, 1992).

En la Tabla 3.13 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la estación de monitoreo de calidad del aire (ubicada en Puente Aranda), operada por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) entre agosto de 1990 y febrero de 1992.

Figura 3.7 Cambios en los promedios de velocidad de viento



Fuente: Estudio del plan para el control de la contaminación del aire en el área de la ciudad de Santa Fe de Bogotá. (JICA, 1992).

Tabla 3.13 Resultados del monitoreo de aire en Puente Aranda (JICA)

RESULTADOS SEGÚN JICA	
Parámetro	**Valor**
SO2 (Promedio Anual - ppb) (1)	22,9
SO2 (Promedio Máximo Diario - ppb)	57,9
SO2 (Promedio Máximo de 3 horas - ppb)	81,3
SO2 (Valor Máximo Horario - ppb)	89
NO2 (Promedio Anual - ppb) (2)	23,2
NO2 (Valor Máximo Horario - ppb)	132
Partículas Totales (Promedio Anual - µg/m3) (3)	70,2
Partículas Totales (Prom. Max. Diario - µg/m3)	147,5
Partículas Totales (Valor Max. Horario - µg/m3)	322
CO (Promedio Anual - ppm) (4)	2
CO (Promedio Máximo en 3 horas - ppm)	10,2
CO (Valor Máximo Horario - ppm)	19,3
NMHC (Promedio anual - ppmC) (5)	1,9
NMHC (Promedio Max. De 6 - 9 horas - ppmC)	2,6
THC (Promedio anual - ppmC) (6)	3,9
THC (Valor Máximo Horario - ppmC)	15,3
O3 (Promedio Anual - ppb) (7)	10,7
O3 (Valor Máximo Horario - ppb)	123

Fuente: Estudio del plan para el control de la contaminación del aire en el área de la ciudad de Santa Fe de Bogotá.

(1) SO2: Dióxido de azufre expresado en partes por billón. Se analizaron 6419 muestras.

(2) NO2: Dióxido de nitrógeno expresado en partes por billón, sin incluir otros óxidos de nitrógeno (NOx). Se analizaron 6488 muestras.

(3) Partículas totales expresadas en microgramos por metro cúbico. Se analizaron 5415 muestras.

(4) CO: Monóxido de carbono expresado en partes por millón. Se analizaron 5755 muestras.

(5) NMHC: Hidrocarburos no metánicos expresados en partes por millón de Carbono. Se analizaron 4164 muestras.

(6) THC: Hidrocarburos totales expresados en partes por millón de Carbono. Se analizaron 4164 muestras.

(7) O3: Ozono expresado en partes por millón. Se analizaron 6153 muestras.

La corporación para el desarrollo de la biotecnología, CORPODIB y el DAMA, dentro del programa de seguimiento y monitoreo de fuentes fijas de la ciudad de Santa Fe de Bogotá, realizó el muestreo isocinético de las 267 industrias más contaminantes del parque industrial de la ciudad capital. Se llevaron a cabo un total de 350 mediciones de las empresas, en el periodo comprendido entre el 5 de mayo de 1997 y el 1 de agosto de 1998. Dicho programa fue orientado a la valoración del impacto ambiental de las fuentes fijas del sector industrial.

Dentro de las industrias analizadas, se encontró que aquellas que corresponden a fábricas de alimentos son las que incumplen la norma de manera mas frecuente, seguidas de los procesos de metalurgia, las ladrilleras o fábricas de tubos y finalmente el sector textil. En el estudio realizado en 1997 por el centro de investigaciones del programa de investigación y desarrollo tecnológico en ambiente, salud y comunidad de la Universidad del bosque, se realizaron una serie de mediciones de calidad del aire, para los parámetros de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, ozono y partículas de diámetro inferior a 10 micras. Los resultados relevantes de este estudio se resumen en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14 Monitoreo de calidad del aire en Puente Aranda (1997)

		Concentración (1)		
Parámetro	Número de mediciones	Media	Mediana	Máximo
SO2	76	10,9	7,3	40,8
NO2	76	29,0	28,0	66,5
O3	44	5,6	4,7	22,7
PM-10 (2)	48	98,6	87,2	456,7

Fuente: Contaminación del aire y enfermedades respiratorias en la población infantil de Puente Aranda, Universidad del Bosque,1997

(1) La concentración de partículas PM-10 se encuentra expresada en mg/m3, los otros valores corresponden a concentraciones expresadas en partes por billón (ppb)

(2) Existe evidencia de que la concentración de partículas totales es aproximadamente el doble de la concentración de partículas PM-10

Con relación a los niveles de contaminación para el dióxido de azufre, el promedio obtenido (10.9 ppb) y la mediana (7.3 ppb), están por debajo del promedio anual encontrado en el estudio de JICA (22.9 ppb). E l valor máximo (40.2 ppb) está por debajo del promedio máximo diario observado en el estudio de JICA (57.9 ppb). Se puede destacar que estos valores se encuentran dentro de los rangos permitidos por la EPA y la OMS (15 – 22.5 ppb). Para el caso del dióxido de nitrógeno los datos obtenidos para el promedio (29.0 ppb) y la mediana (28.0 ppb) están ligeramente por encima a los observados por JICA (23.2 ppb), pero el valor máximo observado (66.5 ppb) está por debajo del observado por JICA (132 ppb), este valor se encuentra por debajo de los niveles permitidos por la EPA (50 ppb como promedio anual). En cuanto al ozono, los niveles obtenidos para el promedio (5.62), y para la mediana (4.75 ppb) están por debajo de los obtenidos por JICA (10.7 ppb) y el valor máximo (22.78 ppb) también se encuentra por debajo del valor máximo horario reportado por JICA (123 ppb).

Para el caso de las partículas con diámetro inferior a 10 micras, el promedio (98.9 mg/m3) y la mediana (87.25 mg/m3), estarían muy por encima de lo observado en el estudio de JICA, si se considera válido que la relación entre partículas PM-10 (JICA no realizó este monitoreo) y partículas totales es de 1 a 2 respectivamente. De esta manera el promedio anual para partículas totales reportado por JICA (70.2 mg/m3) determinaría una concentración de partículas PM-10 de 35.1 mg/m3. Estos valores están por encima de la norma internacional de la OMS y la EPA para el promedio en 24 horas (50 mg/m3), más dramático es el caso del valor máximo diario, en el que en el estudio de la Universidad del Bosque, este valor alcanza a ser de 456.7 mg/m3, mientras que la norma indica que no se debe exceder de 150 mg/m3.

Desde agosto de 1997 a través del Departamento técnico Administrativo del Medio Ambiente, DAMA, autoridad ambiental distrital, se vienen realizando esfuerzos en la ciudad de santa Fe de Bogotá, con el fin de vigilar la calidad del aire de la capital, de donde se ha desprendido la instalación de la red de monitoreo de la calidad del aire de Santa Fe de Bogotá – DAMAIRE, la cual detecta en forma continua la concentración de los principales contaminantes en la ciudad y envía los datos a una estación central, en donde profesionales del área prestan su apoyo para evaluar la calidad de la información, depurarla, procesarla y preparar informes de manera periódica.

La red cuenta con dos estaciones meteorológicas (la número 8 y la número 9), así como con 10 estaciones de calidad de aire distribuidas por toda la ciudad. La estación número 12, conocida como estación CADE-Energía, se encuentra ubicada en el corazón de la localidad de Puente Aranda, catalogada como una estación que registra datos de una zona industrial con alto tráfico y vehicular y con uso residencial. En la Tabla 3.15 se presentan algunos resultados relevantes, correspondientes a mediciones realizadas en esta estación.

Tabla 3.15 Resultados de la estación (CADE-Energía) (1998)

RESULTADOS ESTACIÓN DE PUENTE ARANDA	
Parámetro	**Valor**
Precipitación (mm)	1200
Partículas PM-10 - Promedio Anual (µg/m3)	62
Partículas PM-10 - Máximo Horario (µg/m3)	136
Partículas Totales - Máximo (µg/m3) (1)	151,7
Partículas Totales - Promedio (µg/m3)	118,7
Dióxido de azufre - Max. En 3 horas (µg/m3)	335,7
Dióxido de azufre - Max. En 24 horas (µg/m3)	167,9
Dióxido de azufre - Promedio anual (µg/m3)	76,1
Dióxido de nitrógeno - Máximo Horario (µg/m3)	288,4
Dióxido de nitrógeno - Promedio Anual (µg/m3)	34

La estación de monitoreo sólo mide partículas PM-10, por esta razón se tomó como referencia el monitoreo ambiental de partículas totales en suspensión de central de mezclas planta sur, el cual hace parte integral del expediente # 361 de 1995 - Aire del DAMA.

3.4.3.2 Diagnóstico de la calidad del aire en la localidad

Para establecer un diagnóstico, se estableció un marco de referencia con base enlas normas de calidad de aire. En la Tabla 3.18 se presentan los valores determinados por la legislación colombiana (decreto 02 de 1982), y en la Tabla 3.16 se presentan los valores determinados por la legislación de los estados Unidos.

Tabla 3.16 Valores determinados por la legislación colombiana

NORMAS DE CALIDAD DE AIRE EN COLOMBIA		
Sustancia	**Concentración (µg/m3)**	**Tiempo de muestreo (horas)**
Partículas	100 (1); 400 (2)	24
SO2	100 (1); 400 (2); 1500 (2)	24; 24; 3
CO (mg/m3)	15 (2); 50 (2)	8; 1
O3	170 (2)	1
NO2	100 (2)	24

(1) Norma Anual
(2) Norma Horaria

En este punto es conveniente realizar un resumen de toda la información de calidad de aire presentada hasta el momento, indicando en cada caso cuales son los valores recomendados por la legislación nacional e internacional, para tal efecto se presentan las Figuras 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11. En estas Figuras también se ilustran los valores recomendados por las normas tanto nacionales como internacionales.

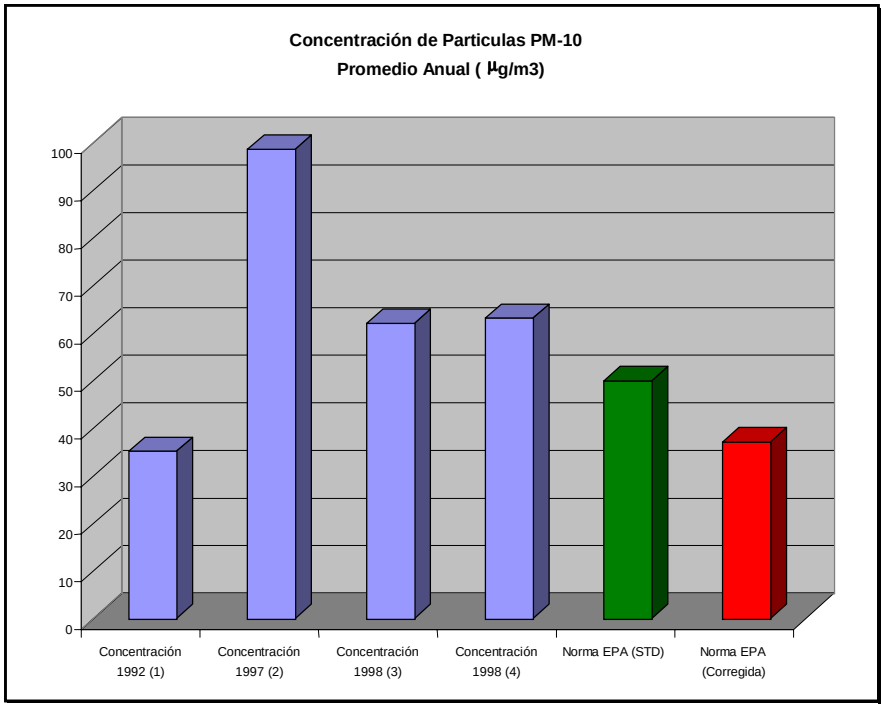
Tabla 3.17 Estándares de calidad de aire exigidos por la EPA

NORMAS DE CALIDAD DE AIRE EN ESTADOS UNIDOS		
Sustancia	**Concentración (µg/m3)**	**Tiempo de muestreo (horas)**
Partículas	75 (1); 260 (2)	24; 24
Partículas PM-10	50 (1); 150 (2)	24; 24
SO2	80 (1); 365 (2); 1300 (2)	24; 24; 1
CO (mg/m3)	10 (2)	8
O3	240 (2)	1
NO2	100 (1)	24

(1) Norma Anual
(2) Norma Diaria
(3) Norma horario

Es muy importante notar que los valores indicados en las Tablas 3.18 y 3.19 no pueden utilizarse como referencia sin antes haber sido corregidos por efectos de presión y temperatura, ya que los valores especificados en las normas son válidos sólo en condiciones estándar. Para el caso de la ciudad de Santa Fe de Bogotá, los valores de corrección pueden modificar las normas hasta en un 25%. Del mismo modo antes de poder efectuar comparaciones, deben realizarse las correcciones de unidades pertinentes (ppm a µg/m3). Los factores de corrección a utilizar también son específicos para la ciudad de Bogotá, ya que las propiedades físicas de una masa de aire dependen entre otras cosas de la presión y la temperatura ambiente.

Figura 3.8 Concentración promedio anual de partículas de < de 10 micras



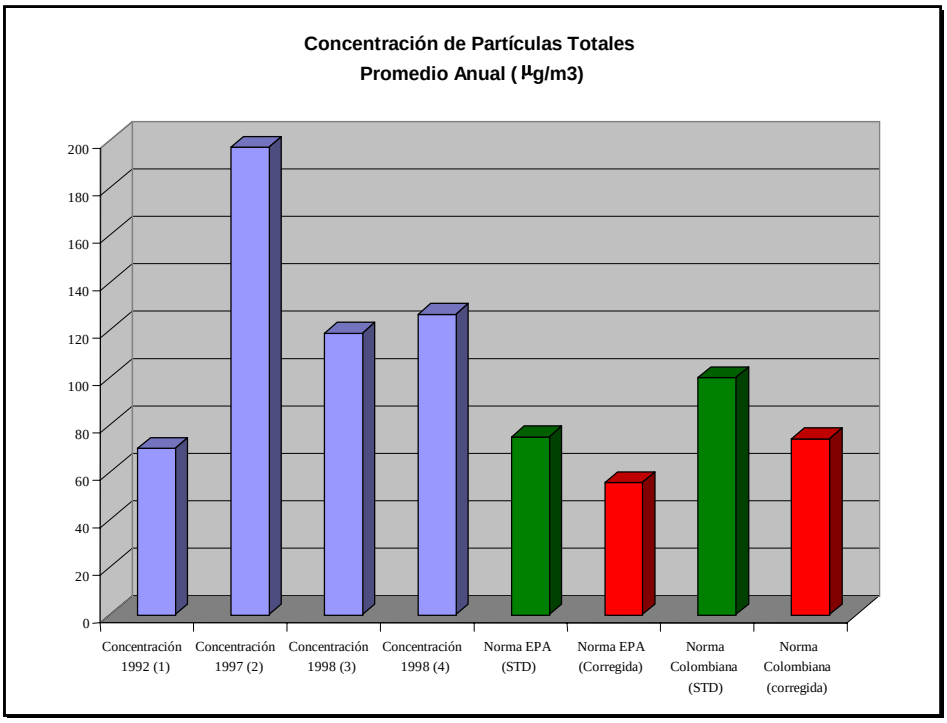
(1) Resultados JICA, 1992
(2) Resultados Universidad del Bosque, 1997
(3) Resultados red DAMAIRE, 1998
(4) Resultados mediciones del CITEC, 1998

Al momento de establecer el diagnóstico de la calidad del aire, es común encontrar la duda acerca de cómo realizar las comparaciones de las mediciones de campo con los valores establecidos en las normas. Esto se debe a que la información de campo puede haber sido recolectada en periodos diferentes a los especificados en las normas (i.e. la medición se llevó a cabo en forma continua durante 24 horas y la norma especifica el promedio de las mediciones realizadas durante un año), para resolver este inconveniente se utilizan las siguientes convenciones (utilizadas ampliamente en este tipo de estudios). Si la concentración del medio se encuentra por debajo de todas las normas, de dice que se encuentra en situación NORMAL, si se supera la norma anual, el nivel es de PREVENCION, si se supera la norma diaria, el nivel es de ALERTA, si se supera la norma horaria, el nivel es de EMERGENCIA.

En la Figura 3.8 tan sólo se hace la comparación con la norma EPA, ya que en el decreto 02 de 1982 no se establecen valores límites para las partículas de tamaño inferior a 10 micras. En esta Figura puede notarse claramente que los valores presentes en el medio, en las últimas mediciones violan la norma anual internacional, de esta manera se puede afirmar que la zona de Puente Aranda se encuentra al menos en situación de PREVENCIÓN respecto a la concentración de partículas PM-10. Si se toma como valor de referencia el monitoreo realizado en el CITEC (63,1 ppb), la norma anual corregida (37,1 ppb) es superada en un 170%.

En la Figura 3.9 se presentan los resultados correspondientes a las mediciones de concentración de partículas suspendidas totales en la zona de Puente Aranda.

Figura 3.9 Concentración promedio anual de partículas totales



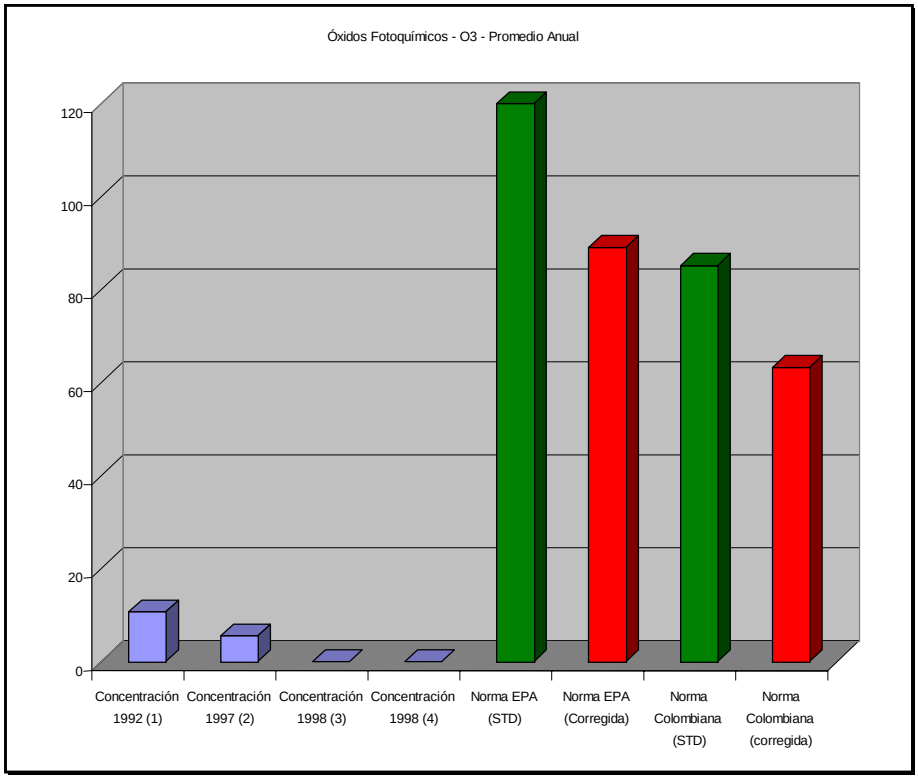
(1) Resultados JICA, 1992
(2) Resultados Universidad del Bosque, 1997
(3) Resultados red DAMAIRE, 1998
(4) Resultados mediciones del CITEC, 1998

En la Figura 3.9 se presentan los resultados de los estudios de JICA, la Universidad del Bosque, mediciones de la red DAMAIRE y los muestreos realizados en el CITEC. Adicionalmente se muestran los valores de las normas nacionales (decreto 02/82) e internacionales (EPA), tanto para condiciones estándar (temperatura de 20 grados centígrados y presión de una atmósfera), como para las condiciones de la ciudad de Santa Fe de Bogotá. Bajo estas condiciones, la situación tampoco es favorable, ya que para la situación actual Puente Aranda se encuentra en al menos nivel de PREVENCIÓN. Si se toma como valor de referencia el monitoreo realizado en el CITEC (126,7 µg/m3), la norma anual corregida (74,3 µg/m3) es superada en un 170%.

En la Figura 3.10 se presentan los resultados para las mediciones de Ozono, desafortunadamente no se ilustran los valores de la red DAMAIRE, ni del monitoreo en el CITEC. Esto se debe a que la estación del DAMA ubicada en Puente Aranda no registra valores para ozono, del mismo modo durante el trabajo realizado por los laboratorios de la Universidad de los Andes, no se tuvo en cuenta a este parámetro.

De acuerdo a los resultados mostrados en la Figura 3.10, la situación en 1992 era bastante favorable, sin embargo no es fácil afirmar cuales son las condiciones actuales respecto a la contaminación por agentes fotoquímicos, debido esto a la carencia de información.

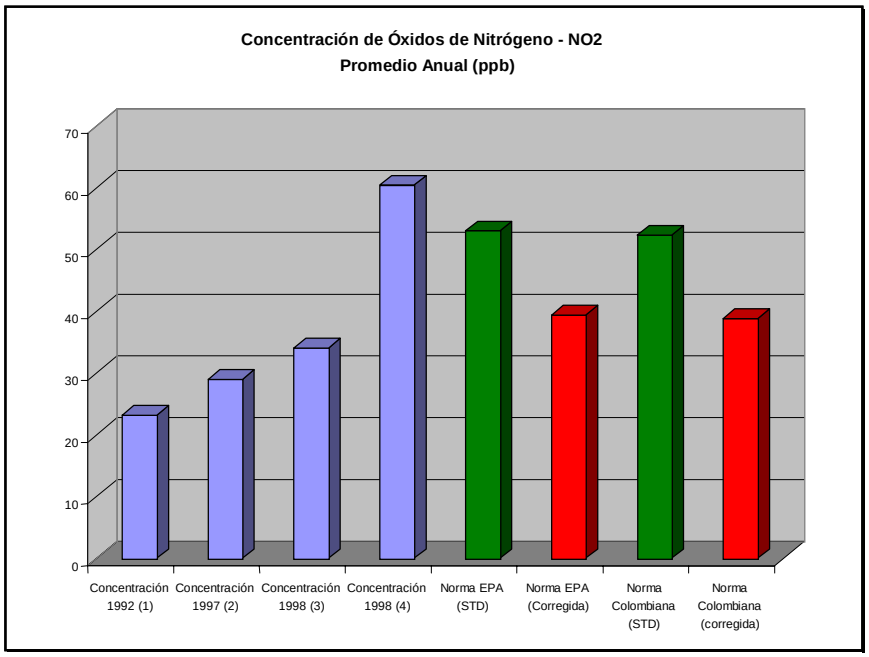
Figura 3.10 Concentración promedio anual de Ozono



(1) Resultados JICA, 1992
(2) Resultados Universidad del Bosque, 1997
(3) Resultados red DAMAIRE, 1998
(4) Resultados mediciones del CITEC, 1998

En la Figura 3.11 se presentan los resultados para los óxidos de nitrógeno expresados como dióxido de nitrógeno), nuevamente se muestran resultados de todos los estudios citados, comparando con los valores de las normas, con las correcciones pertinentes. En la Figura 3.11 se puede apreciar un incremento en el tiempo de los valores de la concentración de óxidos de nitrógeno en el aire de la localidad de Puente Aranda. Los resultados de las mediciones en el CITEC en 1998 (60,4 ppb) son 2,5 veces más grandes que los resultados encontrados por JICA en 1992 (23,2 ppb). De esta manera se superan los valores especificados como norma anual corregida según la EPA (39,4 ppb), así como la norma anual colombiana corregida (38,8 ppb). De esta manera en términos de la concentración de óxidos de azufre la situación en Puente Aranda es al menos de PREVENCIÓN. El porcentaje de superación es de 160%.

Figura 3.11 Concentración promedio anual de Óxidos de Nitrógeno



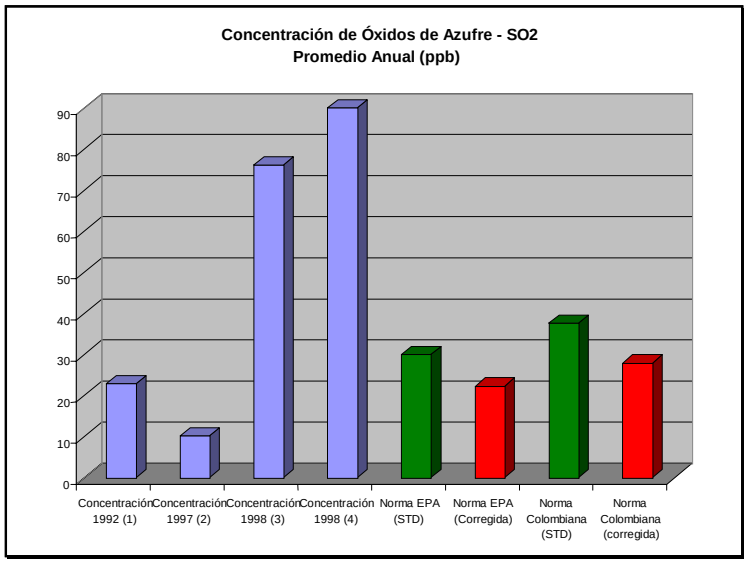
(1) Resultados JICA, 1992
(2) Resultados Universidad del Bosque, 1997
(3) Resultados red DAMAIRE, 1998
(4) Resultados mediciones del CITEC, 1998

En la Figura 3.12 se muestran los resultados para óxidos de azufre, expresados en términos de dióxido de azufre. De manera equivalente a la gráfica anterior se presentan valores para todas las mediciones y las comparaciones con las normas. Además se puede apreciar un incremento en el tiempo de las concentraciones de óxidos de azufre, presentando un incremento de cerca del 400% en las mediciones de JICA en 1992 (22,9 ppb) hasta las mediciones en el CITEC en 1998 (90 ppb). Nuevamente la situación se puede calificar de al menos nivel de PREVENCIÓN, con un porcentaje de superación del 320% respecto a la norma colombiana.

Para el caso de los óxidos de azufre se puede afirmar que la situación es particularmente crítica. Si bien para la mayoría de los contaminantes aquí estudiados se violan los requerimientos de la legislación colombiana, el porcentaje en que se excede la norma para óxidos de azufre es cerca del doble del presentado en los otros agentes.

En Colombia, para los contaminantes estudiados únicamente existe norma anual, por esta razón sólo se determinó si la situación alcanzaba niveles de prevención.

Figura 3.12 Concentración promedio anual de Óxidos de Azufre



(1) Resultados JICA, 1992
(2) Resultados Universidad del Bosque, 1997
(3) Resultados red DAMAIRE, 1998
(4) Resultados mediciones del CITEC, 1998

3.4.4 Contaminación acuífera

Casi la totalidad de la localidad se encuentra ubicada en la cuenca del río Fucha, el principal recurso hídrico de la zona. Por esta razón, se centrará el análisis de la contaminación acuífera en la situación de calidad de esta corriente de agua.

3.4.4.1 Descripción general de la cuenca

La red hidrográfica de la Sabana de Bogotá, está conformada principalmente por cuatro sistemas bien definidos que son: el río Salitre que drena una gran extensión del sector norte de la ciudad; El río Fucha que drena el sector centro; El río Tunjuelito, que recoge el agua de la zona sur; y por último el río Bogotá que se convierte en el cauce principal de drenaje de los tres sistemas anteriores, y que recorre la ciudad en sentido Norte-Sur.

La Cuenca del río Fucha comprende las sub-cuencas de las quebradas San Francisco y San Cristóbal, drenando en dirección Este-Oeste, con un área aproximada de 120 Km^2. El río Fucha en su desembocadura posee una cuenca total con un área de 16390 Ha y una longitud de 11318 m. Dentro del sector occidental, la cuenca del río Fucha, limita al norte con la Avenida El Dorado, incluyendo el área que drena el Canal Boyacá, al sur con el río Fucha, al oriente con la Avenida Boyacá y al occidente con el río Bogotá. El drenaje de las aguas lluvias, se realiza principalmente a través de canales como el Boyacá, San Francisco, Canal Central de Fontibón (sin revestimiento en concreto), Canal Ayuelos — Prado Grande (sin revestimiento en concreto), y canal en tierra provisional de la Avenida la Esperanza. El río Fucha en su zona urbana está compuesto por un canal rectificado y en una buena extensión de su recorrido revestido, que además de las aguas de escorrentía, conduce también aguas sanitarias, con rondas muy reducidas y avenidas de considerable amplitud sobre sus márgenes. El río Fucha puede dividirse en tres zonas para su estudio, la parte alta desde la cota 2800 msnm hasta la carrera Sexta, la parte media desde la carrera sexta hasta la avenida Boyacá y finalmente la parte baja

que va desde la Avenida Boyacá hasta su desembocadura en el río Bogotá. Como se verá más adelante, debido a las condiciones del río, las zonas más interesantes de análisis son la parte alta y la parte baja.

3.4.4.2 Descripción hidráulica

El río Fucha a partir de la Avenida Boyacá, no posee revestimiento, o rectificación hidráulica alguna. En la parte baja del río Fucha se vierten buena parte de las aguas lluvias y algunas sanitarias de los barrios vecinos como Fontibón, los cuales no cuentan con los interceptores adecuados para evacuar sus aguas residuales, razón por la cual el número de conexiones erradas es bastante alto. En el sector comprendido entre la Avenida Boyacá y la Avenida Ciudad de Cali, la margen izquierda ha sido rellenada hasta la misma corona del talud que algún día existió. Estos rellenos fueron urbanizados a todo lo largo de la margen, en lo que hoy son los barrios: Vergel de Fontibón, Andalucía y Misión Colombia. Hacia la margen derecha el cauce ha conservado, además de los jarillones una amplia zona, hasta el momento no urbanizada, y donde se ubican algunos edificios de bodegas, con frente hacia la avenida calle 13. Esto no ocurre después de la desembocadura del río San Francisco, donde esta misma margen está invadida por viviendas de características mínimas (materiales de reutilización); habitadas por comunidades dedicadas al reciclaje. En esta zona la cota máxima del jarillón también ha desaparecido por los rellenos.

En algunos tramos, el cauce no alcanza a contener la creciente para el periodo de retorno de 100 años, la razón de este hecho es debida a la obstrucción que ejerce sobre el flujo el puente sobre la Avenida Ciudad de Cali. Esto genera un remanso aguas arriba. En el momento en el que el flujo sobrepasa la cota rasante del puente (2574), esta cota es superior a las cotas de los jarillones, hasta 500 m aguas arriba del puente, lo que puede ocasiona desbordamientos en ambas márgenes, incluida la creciente de 10 años. Este efecto hace que barrios en cercanías de estas márgenes, sean inundados, y que por poseer características muy planas, la zona de inundación tiende a ser extensa (350 m hacia la margen izquierda). En este caso, la ronda estaría localizada a 380 metros hacia la margen derecha, afectando un gran número de viviendas.

En el sector comprendido entre la Avenida Ciudad de Cali hasta el río Bogotá, el río continúa con su cauce original y con los jarillones de protección en las dos márgenes en perfecto estado. Se debe destacar que el urbanismo no ha alcanzado a llegar a su ronda hidráulica, aunque se perciben algunas nuevas construcciones que han iniciado su invasión. En esta zona el río conserva características meándricas en algunos puntos, sitios en los cuales el ataque de la corriente ha comenzado a ejercer socavación de las márgenes.

Un análisis hidráulico muestra que aunque el río Bogotá ejerce control en los niveles en el sitio de llegada del Río Fucha hacia aguas arriba, el cauce alcanza a contener los caudales de la creciente de los 100 años, salvo en algunos puntos donde el jarillón ha desmejorado su condición original, y en sitios como la entrega del Canal de Oriente, proveniente de Fontibón, en donde alcanza a existir desbordamiento por las márgenes de este último.

Con base en el anterior análisis, se identifican dos sectores críticos en donde hay desbordamientos, y la zona de ronda tendría un ancho aproximado de 380 metros si no se hace nada por corregir el problema. Por lo tanto, es necesario acometer obras de rectificación y acondicionamiento del cauce con el fin de reducir el área susceptible de inundación y de solucionar el problema de drenaje de todo este sector para asegurar que la ronda hidráulica se mantendrá dentro de una zona determinada.

La calidad del agua del río Fucha en el momento de llegar al río Bogotá es deplorable, en este punto los dos ríos tienen características similares y se presenta la unión de dos ríos

completamente muertos en condiciones totalmente sépticas. EL caudal en la desembocadura para 1999 se puede estimar como 6.8 m^3/s y se proyectó para el 2020 con un caudal de 8 m^3/s alcanzando un pico de creciente de 18.8 m^3/s.. En este tramo por sus condiciones sépticas se puede suponer que no hay procesos de fotosíntesis ni respiración aeróbica.

3.4.4.3 Descripción de la calidad del agua

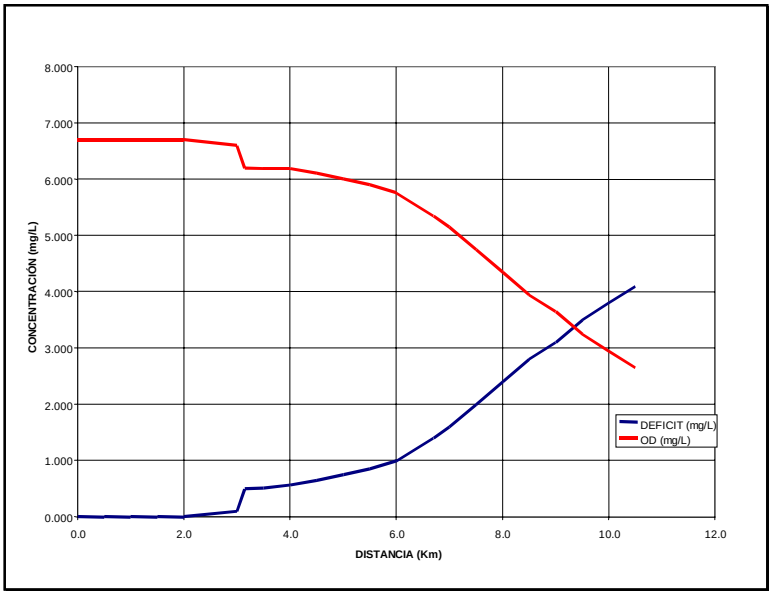
Para estimar las condiciones de calidad del agua se utilizan los siguientes parámetros: DQO (Demanda química de Oxígeno), DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), SST (Sólidos Suspendidos Totales), y O.D (Oxígeno Disuelto). Los dos primeros intentan medir la contaminación por materia orgánica presente en el agua, el tercero mide la cantidad de sustancias sólidas en suspensión y el cuarto cuantifica la cantidad de oxígeno que se encuentra disponible en el agua, el cual determina si es posible o no que exista vida superior en el río (i.e. Peces). La Tabla 3.18 ilustra las condiciones de las descargas en diferentes tramos:

Tabla 3.18 Condiciones de descarga de diferentes tramos del Río Fucha

Entrada	Q del río (m3/s)	DQO (mg/L)	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	O.D. (mg/L)
Fucha en la Avenida Boyacá	3.2	-	142	-	2.8
Interceptor Kennedy	-	-	-	-	0
Canal San Francisco	6.79	497	176	236	0
Canal Fontibón	1.98	-	140.7	-	3.7
Desembocadura	6.79	-	142.48	-	0

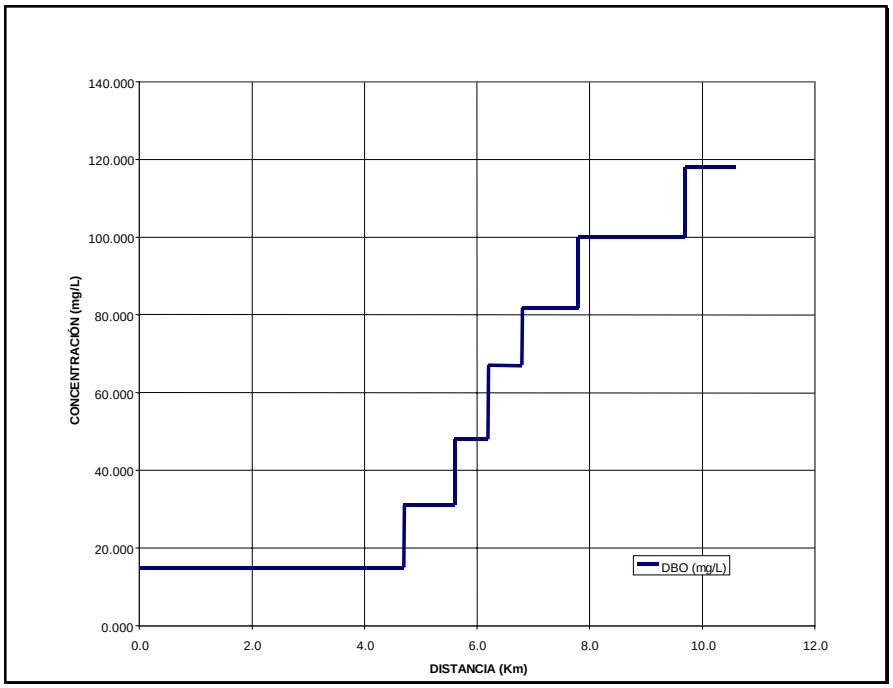
El Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA) de la Universidad de los Andes, ha desarrollado numerosas investigaciones en el tema de la calidad del agua del río Bogotá y sus afluentes. Del mismo modo existe un importante inventario de mediciones de calidad, llevado a cabo por el programa de aforo y muestreo del río Bogotá, adelantado por la firma Cuervo Muriel ingenieros Ltda. Es fácil determinar el grado de deterioro que sufre el río a su paso por la ciudad. Esta aseveración se ve respaldada por la Figura 3.13, en donde se muestran los resultados de una modelación en la que se ha supuesto un déficit de oxigeno de cero. Después de la ciudad este valor alcanza un nivel máximo de 4 mg/l.

Figura 3.13 Modelación de la cuenca del río Fucha



En cuanto a DBO, inicia con 142 mg/l, la cual aumenta después de recibir el interceptor de Kennedy, aumentando a 147,8, la cual disminuye bruscamente al recibir el canal Fontibón a 144,6 mg/l y termina finalmente en 144,3 (ver Figura 3.14). En este caso el comportamiento es relativamente uniforme, presentando valores excesivamente altos para una corriente de agua natural, los valores presentes para la DQO se asemejan a los valores típicos de un sistema de alcantarillado.

Figura 3.14 Modelación de la cuenca del río Fucha



El oxígeno disuelto al iniciar el tramo se encuentra en 2,8 mg/l, después de recibir el interceptor de Kennedy el tramo se convierte en anaerobio, recuperándose un poco al recibir el canal de Fontibón, el oxígeno sube a 0,83 mg/l, a partir del cual disminuye para finalizar el tramo con 0,27 mg/l. Esto significa que el río se encuentra literalmente muerto, ya que para los valores presentes de oxígeno disuelto, no es posible la presencia de vida superior en la corriente. Esto tienen algunas consecuencias secundarias, ya que al no existir peces en el río, desaparecen los predadores naturales de las larvas de mosquito, por esta razón se presenta una proliferación de insectos, generando consecuencias negativas de salubridad para los pobladores de la zona.

Si se lleva a cabo una inspección visual del río, se puede notar la presencia de sólidos suspendidos demasiado grandes, lo cual demuestra que el río también es usado como basurero, generando malos olores y una imagen desagradable.

Capítulo 4

Productos específicos

4.1 Aspectos generales

En este capitulo 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 el 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 por un accidente de origen tecnológico.

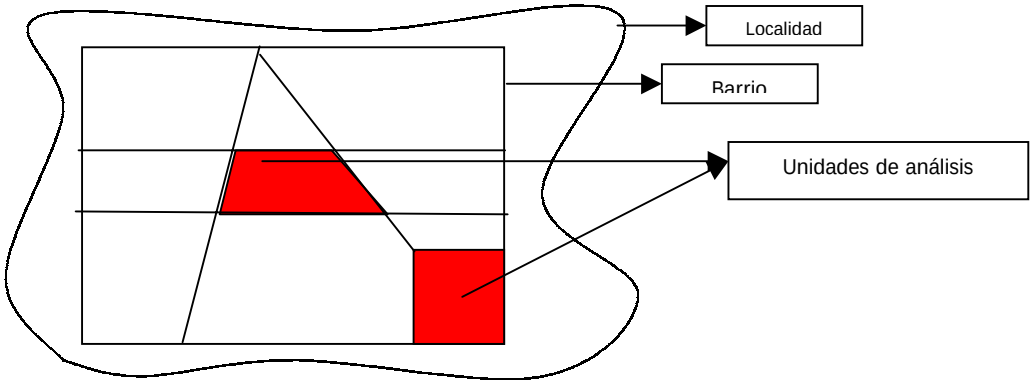
En este estudio se utilizó la información existente sobre datos de población para cada barrio, reportadas por el DANE en el censo de población de 1985. En cuanto al número de viviendas, se utilizaron los reportes del SISE[19] (1987) que presentan en detalle datos para los diferentes tipos de vivienda (Casa, Apartamento, Cuarto y Otro), obtenidos a partir del censo de 1993. Con esta información, y considerando que la población y las viviendas se distribuyen uniformemente en el área de cada uno de los barrios, es posible encontrar la población y el número de viviendas de una unidad de análisis como una fracción del área del barrio en que esta ubicado. Este valor esta definida como:

$$x_i = \frac{A_i}{A_{barrio}} \tag{4.1}$$

x_i es el porcentaje de área de la unidad de análisis *i* con relación al barrio que pertenece. A_i y A_{barrio} son las áreas de la unidad de análisis *i* y del *barrio* en que ésta está ubicada (ver Figura 4.1). Este factor se determinó para cada una de las unidades que conforman un barrio y a su vez para los diferentes barrios de la localidad.

[19] Boletín de Estadísticas Distritales, No 008, Julio de 1997, Población y Vivienda en Santa Fe de Bogotá, Centro Distrital de Sistematización y Servicios Técnicos - SISE

Figura 4.1 Identificación de las unidades fundamentales de análisis



Por lo tanto, para determinar la población y el número de viviendas de cada unidad fundamental de análisis, se multiplica el factor obtenido para cada una de las unidades por la población y el número de viviendas del barrio al que pertenece, obtenidos de los reportes del DANE.

$$Población_{unidad} = Población_{barrio} \times x_i \qquad (4.2)$$

En la Tabla 4.1 se presentan las características generales de la localidad con las que se realizaron los cálculos de vivienda y población.

Tabla 4.1 Características de la localidad de Fontibón

Característica	Fontibón
Población (DANE, Censo 1985)	153.821
Número de Viviendas (DANE, Censo 1993[20])	30.997
Número de Barrios (DANE, Censo 1993)	21
Número de Unidades (Del análisis del estudio)	153

4.2.3 Estimación de la población para el año 2000

Como se puede observar en la Tabla 4.1, los datos de población y vivienda están dados para 1985 y 1993 respectivamente. Por lo tanto, es necesario ajustar esta información a valores del año 2000. En la Tabla 4.2, se muestran los valores proyectados por el Departamento Administrativo de Planeación Distrital, utilizando las tasas de crecimiento anual para la localidad.

Tabla 4.2: Estadísticas de Población y Vivienda Fontibón

Característica	Fontibón
Población Censada (1993)	186.509
Población Proyectada (1997)	241.372
Población Proyectada (2000)	278.755
Viviendas Proyectadas (1997)	40.379
Crecimiento Intercensal de Población (1973-1985)	5.25
Crecimiento Intercensal de Población (1985-1993)	2.43

Fuente: Población, Estratificación y Aspectos Socio-Económicos de Santa Fe de Bogotá, 1997, Departamento Administrativo de Planeación Distrital

[20] Boletín de Estadísticas Distritales, No 008, Julio de 1997, Población y Vivienda en Santa Fe de Bogotá, Centro Distrital de Sistematización y Servicios Técnicos - SISE

El valor de población proyectada, se calculan a partir de información estadística y datos reales obtenidos en los censos de población y vivienda realizados por el DANE. El dato de incremento intercensal corresponde a la tasa de crecimiento anual promedio para los años reportados, los cuales corresponden a aquellos en que se realizó censo de población y/o vivienda. Para estimar la población de cada una de las unidades para el año 2000, es necesario emplear una tasa de incremento equivalente a las obtenidas por el DAPD[21], la cual es aplicada al dato de población de 1985, y así calcular el valor presente de la población. La tasa de crecimiento de población entre los años 1985 y 1993 se calcula aplicando la tasa intercensal por el número de años que se quiere proyectar, la siguiente ecuación muestra el procedimiento de cálculo para determinar el incremento de población aplicando una tasa del 2.43% durante 8 años (1985 - 1993):

$$P_{1993} = 1.0243^{8} \times P_{1985} = 1.2118 \times P_{1985}$$

Donde P_i es la población de la localidad para el año *i*. Dado que no se conoce la tase de crecimiento durante los años 1993 y 2000, este se calcula a partir de los datos de proyección reportados por el DAPD[22] así:.

$$Incremento_{1993-2000} = \frac{P_{2000}}{P_{1993}} = \frac{278.755}{186.509} = 1.4946$$

Este *Incremento* corresponde a la tasa de crecimiento media para los siete años comprendidos entre 1993 y el 2000, el cual es de 49.46%. Combinando las ecuaciones anteriores se tiene que:

$$P_{2000} = Invremento_{1993-2000} \times P_{1993} = Invremento_{1993-2000} \times 1.0243^{8} \times P_{1985}$$

$$P_{2000} = \times 1.4946 \times 1.2118 \times P_{1985} = 1.8111 \times P_{1985}$$

Donde 1.8111 corresponde al factor de incremento de población entre 1985 y el 2000; lo que equivale a una tasa de crecimiento del 81.11% para quince (15) años. Esta tasa fue aplicada a cada una de las unidades fundamentales, para así obtener las proyecciones de población para el año 2000 a partir de los datos reportados por el DANE en el censo de 1985. Por lo tanto, la población total de la localidad el año 2000 es de:

$$P_{2000} = 1.8111 \times 153.821 = 278.570$$

4.2.4 Estimación del número de viviendas para el año 2000

Con respecto al número de viviendas, entre el año 1985 y el año 1997 hay un incremento del 33%; por lo tanto se aplicó este factor a los diferentes tipos de viviendas de cada sector.

$$NúmeroViviendas_{2000} = NúmeroViviendas_{1985} \times 1.333$$

$$NúmeroViviendas_{2000} = 30.997 \times 1.333 = 41.319$$

[21] DAPD; Departamento Administrativo de Planeación Distrital.
[22] DAPD; Departamento Administrativo de Planeación Distrital.

Se obtiene un total de 41.319 viviendas, dato comparable con el reportado por DAPD[23] de 40.379 para 1997. Dado que se desconoce la tasa de crecimiento del número de viviendas entre 1997 y el año 2000, se tomarán los datos de 1997 para la evaluación de los costos.

4.2.5 Cálculo del costo de las viviendas para cada sector

El costo por vivienda depende del valor de la infraestructura, de los enceres y de otros factores como disposición urbana, tipo (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.

Por lo tanto se tomó como base 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, lo cual da como resultado un factor de 1.89 acumulado de enero de 1996 a febrero del 2000 (Ver Tabla 4.3). A continuación se presenta el procedimiento para el cálculo del incremento acumulado en el índice de precios desde enero de 1996 a febrero del 2000.

$$X = 1.2163 \times 1.1768 \times 1.1670 \times 1.0923 \times 1.0362 = 1.8906 \qquad (4.3)$$

Tabla 4.3: 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

[23] DAPD; Departamento Administrativo de Planeación Distrital.

Tabla 4.4 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

Baquero (1996), tiene en cuenta los costos de construcción por metro cuadrado de vivienda, y los costos de contenido de cada una de ellas para dos tipos de vivienda, Unifamiliares y Multifamiliares para los diferentes estratos. En este proyecto no se incluyen las viviendas tipo cuarto. El área de este tipo de vivienda se aproximó a un 30% del promedio reportado para viviendas tipo casa. En cuanto al costo, se considera que la construcción de este tipo de viviendas tiene el mismo costo por metro cuadrado que una vivienda tipo casa. Como es de suponerse, los enceres incluidos en una vivienda tipo cuarto, son mucho menores a los que se pueden encontrar en una casa; por lo tanto, en el calculo del valor interior solo se incluyeron alcoba, televisor, nevera, estufa, plancha, licuadora y equipo de sonido. 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 4.4 se resumen los costos para los diferentes tipos de viviendas. Por ejemplo, para el caso de una vivienda unifamiliar estrato cinco, el área promedio es de 130m^2, el costo por infraestructura asciende a 72 millones de pesos de Marzo 1 del 2000, el costo de los inmuebles incluidos en ella tienen un costo de 30 millones, para un costo total de 102 millones de pesos.

4.3 Metodología para la evaluación cualitativa del riesgo

4.3.1 Aspectos generales

En este capítulo se explica detalladamente la metodología propuesta para la evaluación cualitativa de riesgos públicos de origen tecnológico y se complementan los aspectos metodológicos descritos en el Capítulo 2. Se tratarán principalmente los siguientes aspectos:

- Descripción general de la metodología
- Modelación de los procesos generadores de riesgo
- Modelación de la ocurrencia y la afectación del fenómeno

- Modelación de las consecuencia
- Evaluación general del riesgo

4.3.2 Descripción de la metodología

4.3.2.1 Aspectos generales

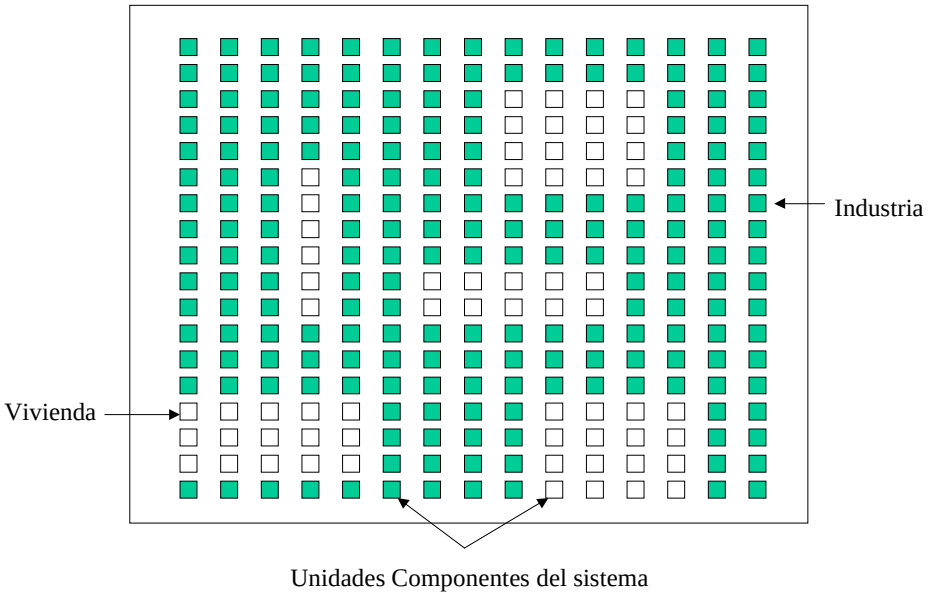
En el Capítulo 2 se presentaron los fundamentos conceptuales que soportan la metodología para la evaluación del riesgo presentada en este informe. Se trataron aspectos fundamentales de la modelación como la teoría de sistemas y se discutieron los conceptos más relevantes detrás de la definición de riesgo.

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 la localidad de Fontibón.

4.3.2.2 Modelación del sistema

Previamente se describió en detalle la teoría que soporta la modelación sistémica. El sistema es un modelo conceptual que permite representar la localidad de Fontibón en diferentes niveles de definición. Inicialmente, la localidad de Fontibón se puede representar como se ilustra en la Figura 4.2.

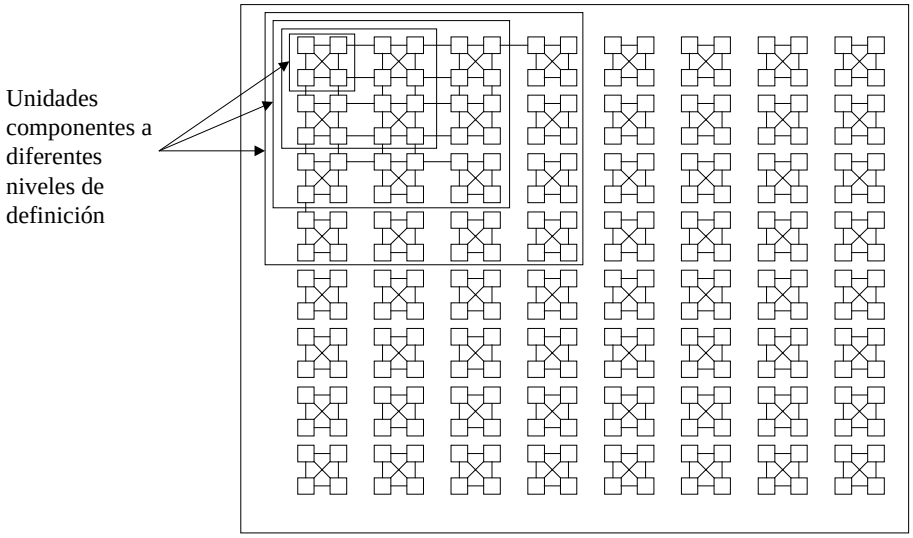
Figura 4.2 Representación de la situación actual de la localidad



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). Dada la naturaleza del estudio y la complejidad del sistema en este nivel de definición, es necesario plantear el modelo en a un nivel de detalle mucho más general. Por lo tanto, para realizar la evaluación se requiere conformar unidades fundamentales de análisis compuestas por unidades como las descritas en la Figura 4.2 (ej.: una industria específica o una vivienda). 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 4.3.

Figura 4.3 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 física/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

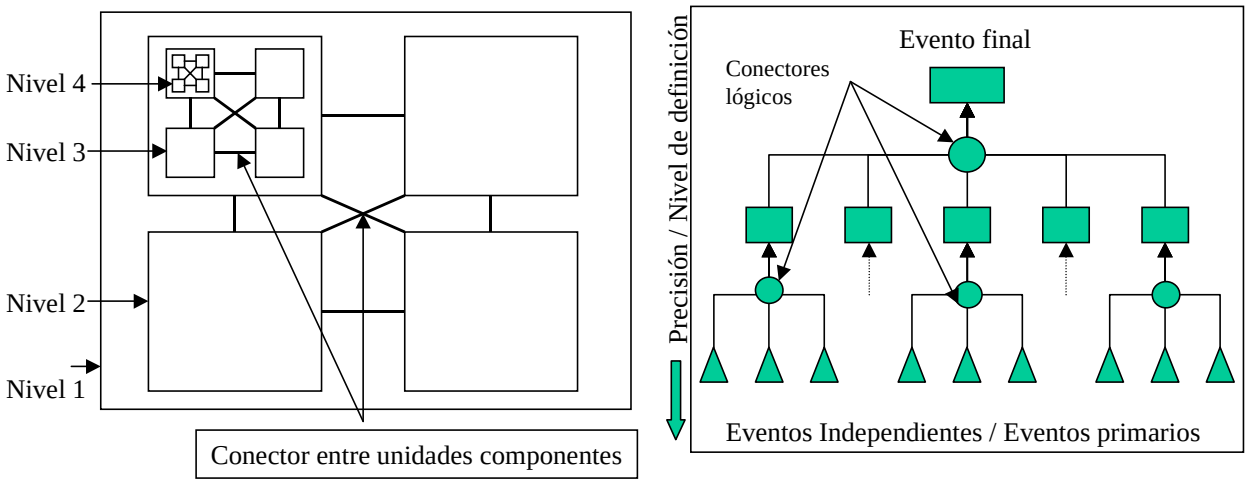
Los criterios antes mencionados no son excluyentes, por el contrario, la decisión sobre el tamaño y las características de las unidades de análisis incluye la combinación de varios de los aspectos mencionados. La decisión final depende exclusivamente del juicio del evaluador y en la mayoría de los casos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

La modelación sistémica permite representar un sistema es 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 4.4 Descripción jerárquica de las unidades componentes del sistema



(a) Modelacion de la localidad (b) Organización jerárquica

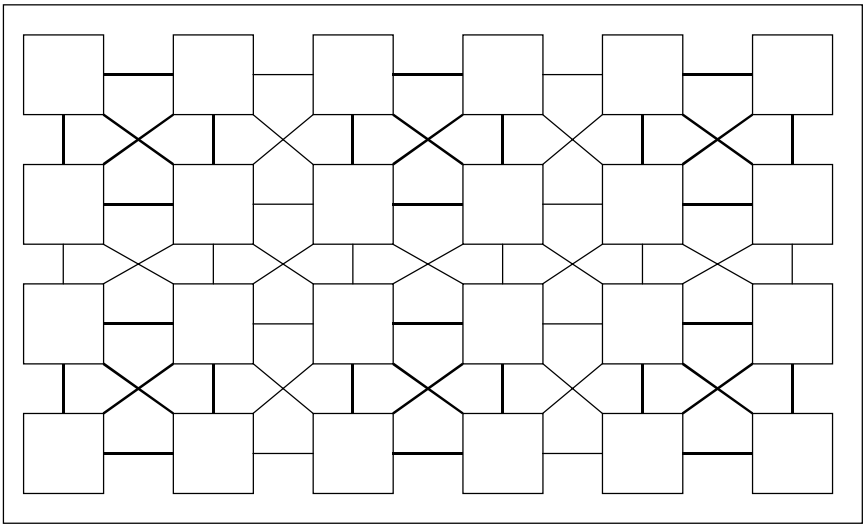
En la Figura 4.4 se presentan diferentes niveles de definición del sistema jerárquico. Cada uno de los elementos componentes del sistema y sus relaciones tienen una serie de atributos que los caracterizan. Esos atributos son propiedades fundamentales que describen cada una de las unidades en términos de "*lo que son*" y de sus procesos internos. En la Tabla 4.5 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 4.5 Atributos de las unidades componentes y las conexiones

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

Como resultado de la discusión anterior, el sistema presentado en la Figura 4.2 puede describirse en un nivel de detalle menor, como se indica en la Figura 4.5. 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 4.5 Descripción del sistema en un nivel de detalle menor al real (Figura 4.2)



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.

4.3.2.3 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.

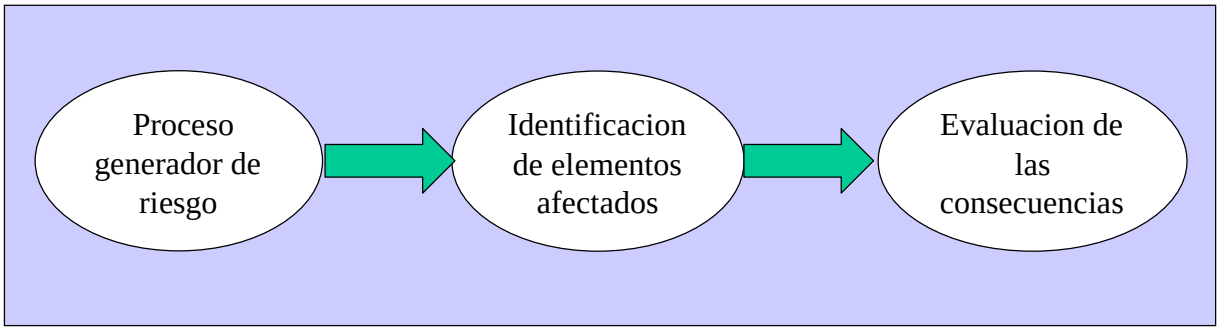
La palabra *proceso* describe no solo el evento disparador (i.e., "trigger") sino todas las pre-condiciones necesarias para su ocurrencia. Este modelo se basa en un proceso de acumulación de evidencia y se ajusta en buena medida a la definición de amenaza propuesta por Blockley (1992). Los procesos de 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 4.6):

- 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 4.6 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.

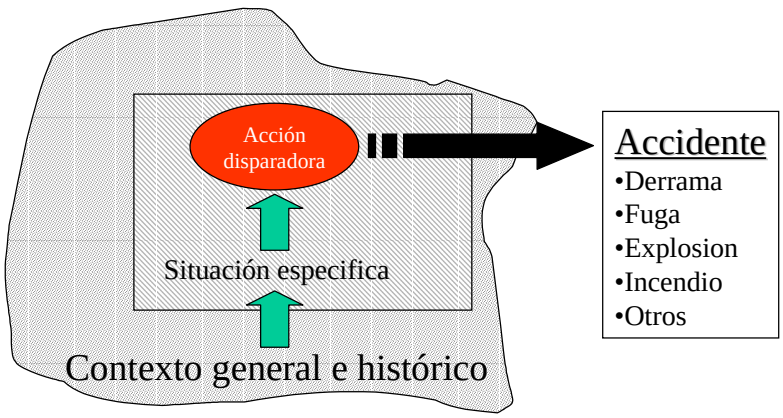
4.3.3 Modelación de los procesos generadores de riesgo

4.3.3.1 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 4.7 y define lo que hasta el momento se ha descrito como proceso generador de riesgo. El modelo presentado en la Figura 4.7 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 4.7 Proceso generador de riesgo (i.e. ocurrencia de un accidente)



El contexto general e histórico se refiere al ambiente general 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* (Sección 1.2.4.3, Figura 1.13). 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. Estos tres aspectos hacen parte de los procesos internos de operación y funcionamiento de las industrias. En el capítulo 3 se presentó una descripción de los principales procesos industriales internos, sin embargo, su modelación está fuera del alcance de este estudio.

4.3.3.2 Incertidumbre y manejo de la información

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.

4.3.4 Modelación de la ocurrencia y la afectación del fenómeno

4.3.4.1 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 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.

4.3.4.2 Modelo de ocurrencia

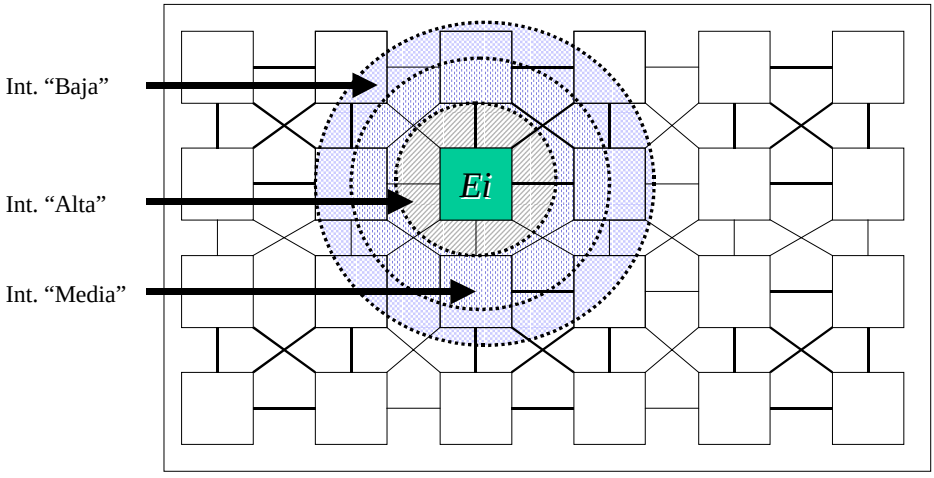
Tres aspectos se destacan en la modelación de la ocurrencia del proceso generador de riesgo. La primera tiene que ver con la ubicación del material, la segunda con la determinación del material disponible para cada tipo de evento y la tercera con la modelación de los procesos de ocurrencia.

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 (Sección 4.5). 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.

4.3.4.3 Extensión del daño

La extensión de la afectación de cada uno de estos fenómenos se evalúo con base en un modelo simplificado de ocurrencia y propagación que se explica en detalle en 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 como se muestra en la Figura 4.8. 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.

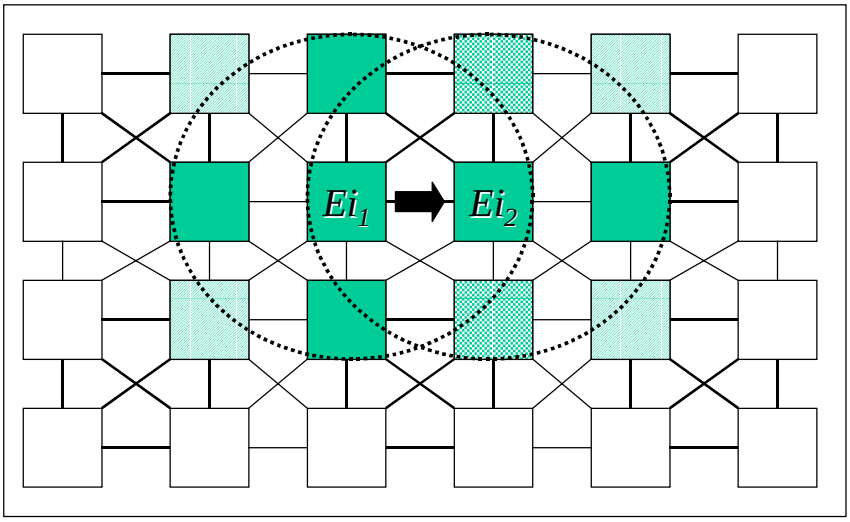
Figura 4.8 Descripción de la intensidad del evento



4.3.4.4 Ocurrencia de eventos en cadena

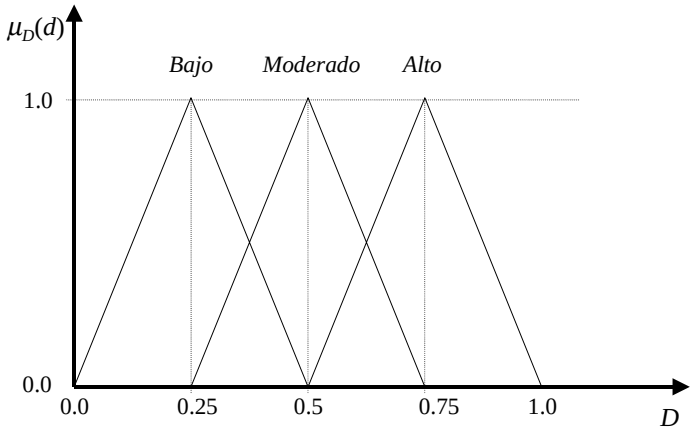
La posibilidad de que se registren eventos en cadena es un factor muy importante dentro del modelo. La ocurrencia de eventos en cadena puede incluir eventos del mismo tipo (explosión-explosión) o eventos diferentes (incendio-explosión-derrame). Estas situaciones se analizaron inicialmente en cada unidad individualmente. Solo se considera más de una unidad en aquellas situaciones en las que la afectación involucra a una unidad vecina (Figura 4.9).

Figura 4.9 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 (Figura 4.10).

Figura 4.10 Conjuntos difusos que representan la dependencia para la ocurrencia de eventos en serie.



Dado que la mayoría del razonamiento humano no sigue procesos de clasificación claros, sino que es fundamentalmente impreciso, Zadhe (1965) desarrolló una estrategia para el manejo de estas situaciones a través de lo que se definió como la teoría de la *lógica difusa* o *borrosa* (Fuzzy Logic). La *lógica borrosa* (difusa) es una alternativa matemática al manejo de conceptos fundamentalmente imprecisos tales como “Alto”, “Severo”, Importante”, etc.

La lógica tradicional no está en capacidad de tratar con situaciones que son un asunto de *grado* (variable continua). La importancia de la lógica difusa en la evaluación y cuantificación del daño está en su capacidad para manejar la incertidumbre y consistencia en los criterios de evaluación de variables que difieren fundamentalmente en su naturaleza.

Los *conjuntos difusos* permiten la representación de conceptos que no pueden definirse en forma precisa. En la Figura 4.10, el eje vertical representa la función de pertenencia $\mu(x)$ de una variable X (ej.: "alto", "moderado"). Nótese que $\mu(x) = 1$ cuando x pertenece definitivamente a la variable X; y $\mu(x) = 0$ cuando definitivamente no pertenece a X. Entonces, el resultado de una evaluación cualitativa (ej.: "alto") es un conjunto $X = (x_1, x_2,...x_n)$ definido por la función de pertenencia $\mu(X)$.

4.3.5 modelación de las consecuencias

4.3.5.1 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.

4.3.5.2 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.

4.3.6 Evaluación general del riesgo

4.3.6.1 Calculo de los 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 porqué 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. Los efectos sobre la población incluyen adicionalmente la afectación por la toxicidad.

4.3.6.2 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. Adicionalmente, 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 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.

4.3.6.3 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:

$$P_{ij} = \left[\sum_{k=1}^{3} \left(\frac{1}{k} \right) p_k \right]_{j,i=1,2,3,4} \tag{4.4}$$

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:

$$P_{Rj} = \frac{p_{ij}}{\underset{ij=1,2,...m}{Max}(p_{ij})} \tag{4.5}$$

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 4.2.

4.3.6.4 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 4.6.

Tabla 4.6 Clasificación del riesgo con base en las pérdidas relativas de cada unidad.

Riesgo relativo	P_{Rj}
Alto	0.50 – 1.00
Moderado	0.30 – 0.50
Bajo	0.00 – 0.30

Los resultados obtenidos con este análisis se muestran en los Mapas 6, 7, 8 y 9.

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 (Stwart 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 oxigeno del aire es el material oxidante más frecuente. Existen otros materiales que pueden convertirse en oxidantes por su capacidad de liberar oxigeno fácilmente como el nitrato sódico [$NaNO_3$] y el clorato de potasio [$KCLO_3$]. Adicionalmente, algunos materiales combustibles contienen oxigeno combinado en sus moléculas de tal forma que pueden mantener una combustión parcial sin aportación externa de oxigeno.

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 oxigeno 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 eternos, se presenta en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7 Reporte estadístico de las principales causas de incendio

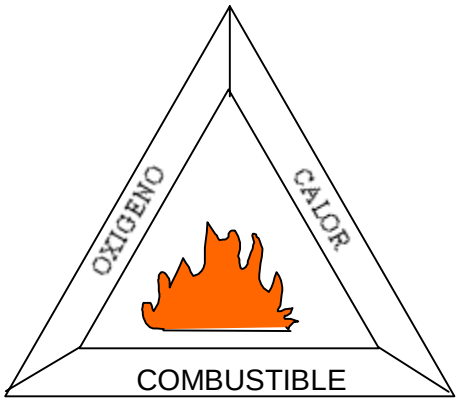
Causa	%
Eléctricas	22
Fricción	15
Materias extrañas	14
Llamas abiertas	9
Cigarrillos y fósforos	8
Ignición espontánea	8
Superficies calientes	8
Chispas de combustión	8
Electricidad estática	8

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

En la Tabla 4.7 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 4.11 se presenta una descripción general de las condiciones requeridas para la ocurrencia del fuego.

Figura 4.11 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 oxigeno 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 mas 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*) esta dado por el cambio de la entalpía (*H*) de la sustancia.

$$Q = \Delta H \tag{4.6}$$

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*):

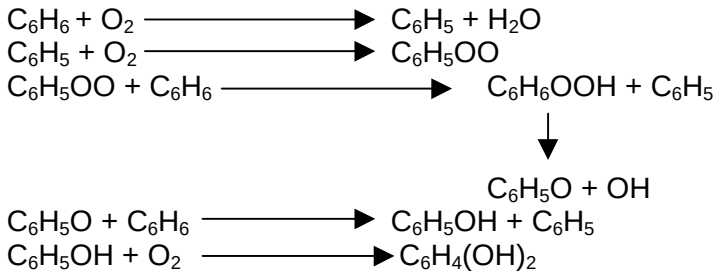
$$H = E + PV \tag{4.7}$$

Un ejemplo para ilustrar el proceso de combustión desde el punto de vista químico se presenta en le caso de la oxidación del benceno (Figura 4.12). En este ejemplo se aprecia la formación de subproductos también combustibles que generan una reacción en cadena, esto quiere decir que una sola molécula de combustible (C_6H_6) al ser oxidada, genera un subproducto (C_6H_5) que también puede reaccionar y por etapas continuar la reacción hasta que se agote el combustible o las condiciones de presión, temperatura o relación combustible comburente no sean las adecuadas. Es importante resaltar que los procesos de oxidación, no obedecen una ley general salvo entre familias como los hidrocarburos. Cada tipo de sustancia reacciona de manera diferente dependiendo de las características propias del material y las condiciones del proceso.

4.4.2.5 Fuentes de energía calórica

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

Figura 4.12 Caso de oxidación del Benceno



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:

$$Q = Q_{cond} + Q_{conv} + Q_{rad} \quad (4.8)$$

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:

$$Q_{cond} = K(T_f - T_s) \quad (4.9)$$

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:

$$Q_{conv} = h(T_f - T_s) \quad (4.10)$$

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.

$$Q_{conv} = \varepsilon\sigma(T_f^4 - T_s^4) \quad (4.11)$$

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 4.13: 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 4.13. 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):

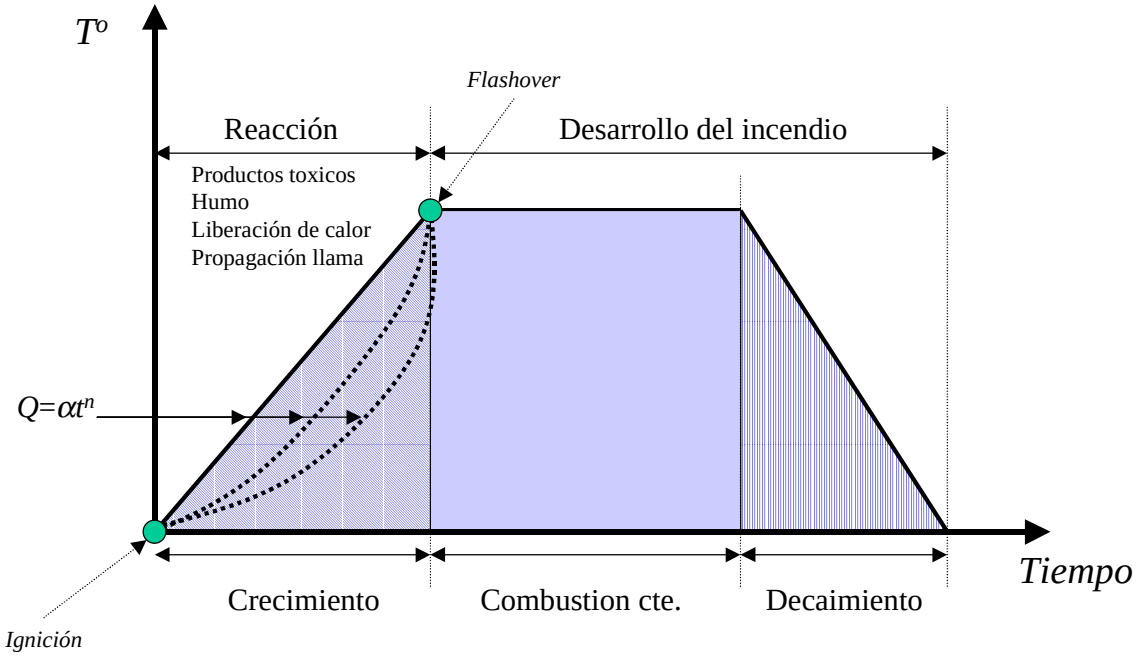
$$Q = \alpha t^n \quad (4.12)$$

Donde
Q - Tasa de liberación de calor (KW)
α - Coeficiente de intensidad de fuego (KW/s^n)
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 4.13 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 4.13). 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
- 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 4.13) se puede suponer como el inverso de la curva de crecimiento:

$$Q = 1/(\alpha t^n) \qquad (4.13)$$

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, thiner, 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).

Los incendios tipo "B3" son situaciones en donde 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" son aquellos que 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

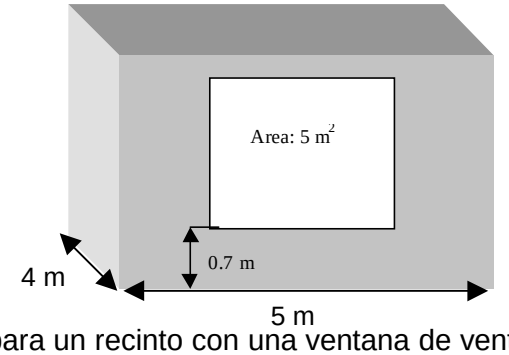
En la sección 4.3 se mencionó que la severidad de cada fenómeno se mide en términos de su intensidad y de la extensión de la afectación. La discusión presentada en las secciones anteriores muestra claramente la dificultad en la modelación del fenómeno y dado que este es

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 supuso como 1500Kg en promedio. Este valor 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. 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 cerrados[24]. Por lo tanto, se supuso que cada vivienda está compuesta por cuartos típicos con las dimensiones mostradas en la Figura 4.14.

Figura 4.14 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 4.14, la velocidad de propagación está dada por la ecuación 4.11 (NFPA).

$$\dot{m} = \frac{1}{r} \times 0.5 \times A_v \times \sqrt{h_v} \qquad (4.14)$$

en donde:

m : velocidad de pérdida de masa estequiométrica (Kg/seg)
r: relación masa aire / combustible
A_v: superficie de la abertura de ventilación (m^2)
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 4.8.

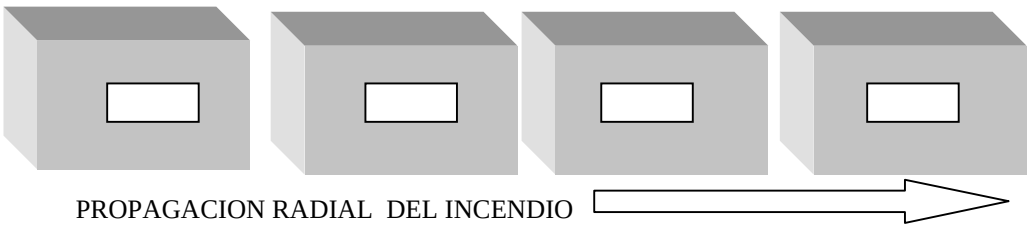
[24] Budnick E., Evans D. Cálculos manuales para incendios en recintos cerrados. Manual de Protección contra incendios de las NFPA.

Tabla 4.8 Valores empleados en el modelo

***Area recinto* (m^2)**	20
***Area Ventilación* (m^2)**	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 Figura 4.15. Se supuso que las viviendas tienen 80 m^2 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 4.15 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 (m^2/Kg) que se quemará por unidad. La multiplicación de este valor por la velocidad de quemado de la ecuación 4.14 permite obtener una velocidad de propagación de quemado (m^2/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 4.15.

$$Area = m \times Densidad^{-1} \times t \qquad (4.15)$$

Donde *t* = tiempo y *m* es la relación de perdida de masa estequimétrica. Este modelo considera una velocidad de propagación especifica 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 4.16 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 el Mapa 2.

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 4.9. Cada grupo contendrá las sustancias con similar peligrosidad, y esta peligrosidad tendrá en cuenta la cantidad de la sustancia y sus características fisicoquímicas.

Figura 4.16: Algoritmo para el cálculo de la afectación por incendio

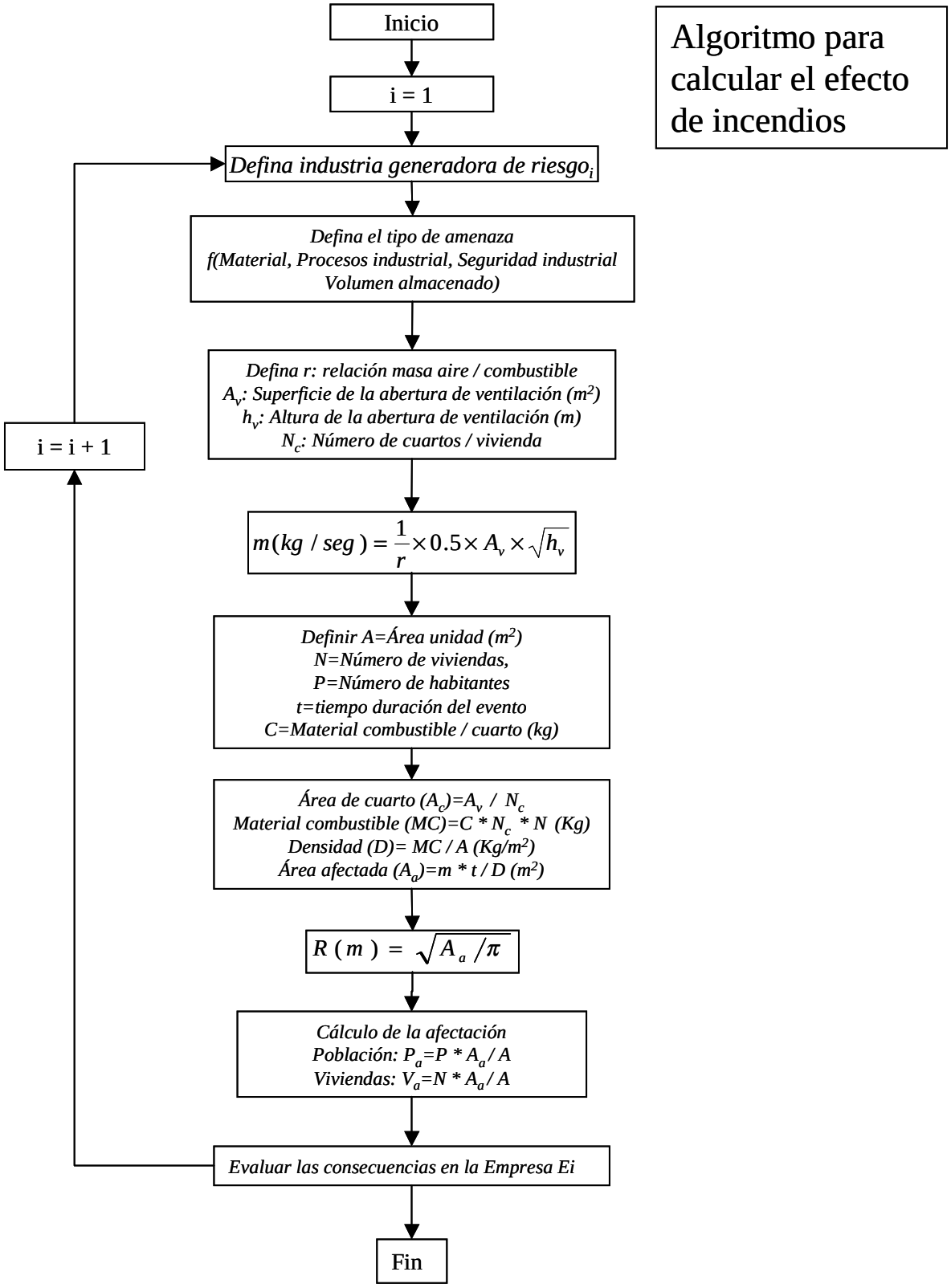
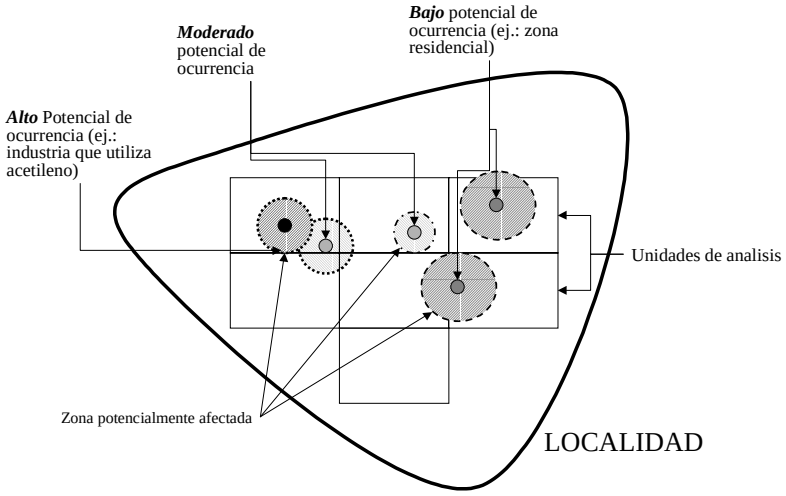


Tabla 4.9 Clasificación de sustancias peligrosas por inflamabilidad

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 4.17.

Figura 4.17 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 4.10).

Tabla 4.10 Caracterización de la potencialidad de incendio

Clasificación	Potencialidad de incendio	Punto de Flash (°C)	Material típico
Grupo 1	*Alto*	< 50	Gasolina, ACPM, Alcoholes, Thinner
Grupo 2	*Medio*	50 – 100	Aceites Combustibles, Crudo de Castilla
Grupo 3	*Bajo*	> 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)	5 - 10
Llamada para asistencia al cuerpo de bomberos	
Tiempo para llegar al sitio del incidente	5 - 10
Tiempo para tomar control de la situación	8 - 10
Tiempo total	**20-40**

Como resultado de este análisis se decidió tomar como tiempo crítico 30 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. Para el caso de aquellas industrias que cuentan con sistemas propios de control de incendios, el tiempo estimado para controlar el incendio se reduce de manera importante, por lo tanto, el radio de afectación se reduce significativamente. En este caso se tomó como tiempo critico 15 minutos.

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 y 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 un 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 megapascales (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:

$$P_s=P_{s0}[1-(t/t_0)]e^{-(t/t0)} \quad (4.16)$$

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 (≈ 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, afectado por subíndice 1, tiene densidad ρ_1, presión p_1, temperatura T_1 y velocidad local v_1. El dominio interior se afecta del subíndice 2, para obtener densidad , 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 γ=1.4. E es la energía en cada dominio.

$$\rho_2 v_2=\rho_1 v_1 \quad (4.17)$$

$$p_1+\rho_1 v_1^2=p_2+\rho_2 v_2^2 \quad (4.18)$$

$$E_1+(v_1^2/2)+p_1/\rho_1= E_2+(v_2^2/2)+p_2/\rho_2 \quad (4.19)$$

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/°K.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. El megatón tiene su equivalencia en joules.

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, para la zona de Puente Aranda de Bogotá.

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:

$$V=4\pi r^3/3 \tag{4.20}$$

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:

$$Y_B=(M_a v^2/2)+pV/(\gamma-1) \tag{4.21}$$

Haciendo algunos reemplazos, la ecuación anterior se convierte en:

$$(Y_B/V)=(\rho_2 v^2/2)+p_2/(\gamma-1) \tag{4.22}$$

Además, se puede establecer que la presión del dominio interior p_2 se puede evaluar mediante la ecuación 4.22 mientras que la densidad en el mismo dominio está dada por la ecuación:

$$\rho_2=\rho_1[(\gamma+1)/(\gamma-1)] \quad (4.23)$$

Si en la ecuación 4.23 se introducen los reemplazos apropiados y el volumen *V* de la semi esfera con la cual se modela la burbuja del campo perturbado, con γ=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:

$$r(t)=Y_B^{(1/5)}\rho_1^{-(1/5)}t^{(2/5)} \quad (4.24)$$

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

$$p_2=(Y_B/V)(\gamma-1)/2 \quad (4.25)$$

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 4.24 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 4.25 para cada V, el cual depende de la posición del frente de perturbación, obtenido con la ecuación 4.24. El algoritmo para el calculo de la presión generada por una explosión se presenta en la Figura 4.18.

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 $5.9x10^5$ dinas/cm^2. 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/cm^2.

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 centenares 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, que en la zona de Puente Aranda pude ser un elemento principal de riesgo para incendio y explosión. 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:

$$P=\sigma A e T^4 \qquad (4.26)$$

Expresión en la cual *P* es la energía térmica radiada (en jules/segundo, que equivale a vatios); σ es una constante con valor 5.67×10^{-8} $w/m^2.K^4$; *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 incendio se convierte en un riesgo casi seguramente mayor que el derivado de la explosión misma. En la Figura 4.18 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.

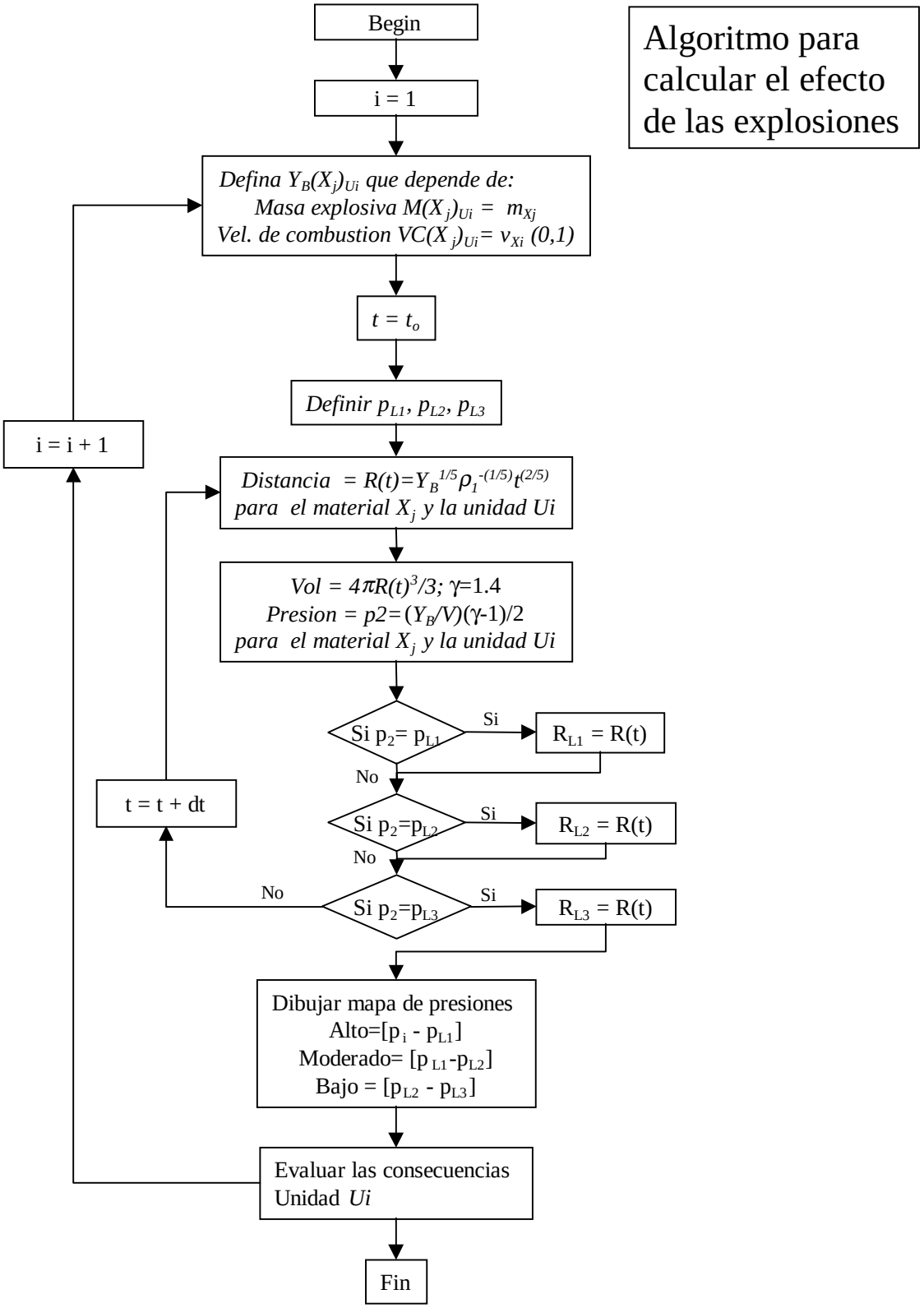
La posibilidad de que se presente una explosión no depende solamente de las características del material, sino también de las condiciones de disposición del material en el momento en que se inicia la reacción (ej.: nivel de concentración). Estas condiciones son especificas para cada situación y su representación 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 4.11.

Tabla 4.11 Clasificación de industrias

Clasificación	CIIU (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 el Mapa 3

Figura 4.18 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 guaussianos son los mas 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

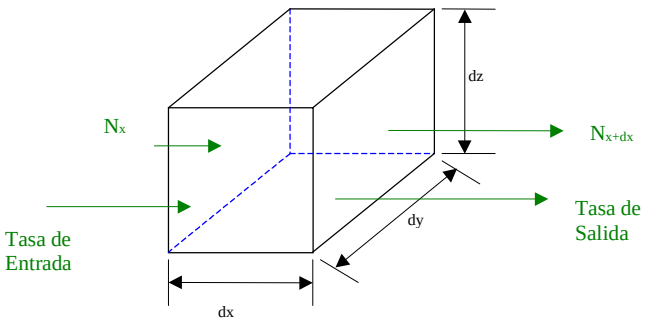
La columna de gas que se emite desde el punto de fuga, se considera como una fuente puntual (ej. la fuga en una tubería de gas). El origen se supone en la base de la emisión. La corriente de gas contaminado (denominado normalmente columna de humo), se eleva desde el sitio de la emisión y después se nivela para posteriormente dispersarse horizontalmente. La convención utilizada en estos modelos, indica que la dirección de propagación coincide con la dirección el 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 4.19.

Figura 4.19 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:

$$N_x = A \times \frac{\partial (D_x \times C)}{\partial x} \tag{4.27}$$

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:

$$N_x = N_{x=dx} = -dydz \times \frac{\partial (D_x \times C)}{\partial x} = -dydz \times \frac{\partial (D_x \times C)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{\partial (D_x \times C)}{\partial x} dydz\right]dx \tag{4.28}$$

$$N_{x=dx} - N_x = \frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{\partial (D_x \times C)}{\partial x} dydz\right]dx \tag{4.29}$$

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:

$$T(e) = C(u)dydz + \frac{\partial}{\partial x}(Cudydz)dx \tag{4.30}$$

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

$$T(n) = -\frac{\partial}{\partial x}(Cudydz)dx \tag{4.31}$$

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:

$$T(c) = \frac{\partial C}{\partial t} dxdydz \tag{4.32}$$

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.

dxdydz = 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:

$$T(c) = \frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(Cu) + \frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{\partial(D_x \times C)}{\partial x}\right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{\partial(D_y \times C)}{\partial y}\right] + \frac{\partial}{\partial z}\left[\frac{\partial(D_z \times C)}{\partial z}\right] \qquad (4.33)$$

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, esto significa que el modelo se aplicaría al caso es cero.
- A pesar de que la dirección del viento varia en las tres direcciones, la variación es relativamente pequeña. Por lo tanto 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 termino de la última ecuación es muy pequeño con respecto al primero y se convierte en cero.

Bajo las anteriores condiciones la ecuación 4.30 se puede reducir a:

$$u\frac{\partial C}{\partial x} = D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + D_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \qquad (4.34)$$

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

$$C = \frac{k}{x}\exp\left\{-\left[\left(\frac{y^2}{D_y}\right) + \left(\frac{z^2}{D_z}\right)\right]\frac{u}{4x}\right. \qquad (4.35)$$

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:

$$c = \frac{K}{2(\pi t)^{1/2} D_x^{1/2}}\exp\left[-\left(\frac{1}{4t}\right)\left(\frac{x^2}{D_x}\right)\right] \qquad (4.36)$$

para dos dimensiones:

$$c = \frac{K}{4(\pi t)(D_x D_y)^{1/2}} \exp\left[-\left(\frac{1}{4t}\left(\frac{x^2}{D_x} + \frac{y^2}{D_y}\right)\right)\right] \tag{4.37}$$

Para tres dimensiones:

$$c = \frac{K}{8(\pi t)^{3/2}(D_x D_y D_z)^{1/2}} \exp\left[-\left(\frac{1}{4t}\left(\frac{x^2}{D_x} + \frac{y^2}{D_y} + \frac{z^2}{D_z}\right)\right)\right] \tag{4.38}$$

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 trasferencia neta de material en la dirección *X* es despreciable, hace que el problema dimensional sea más manejable. Es este caso el tiempo que tarda la capa en pasar sobre la fuente puntual supuesta es (1 m/u***),*** de modo que la cantidad de contaminante que se inyecta originalmente en la capa que se esta considerando es *X = Q/u*. Si se aplica esta hipótesis a la ecuación bidimensional se tiene:

$$c = \frac{Q/u}{4(\pi t)(D_x D_y)^{1/2}} \exp\left[-\left(\frac{1}{4t}\left(\frac{(z-H)^2}{D_z} + \frac{y^2}{D_y}\right)\right)\right] \tag{4.39}$$

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:

$$D_y = 0.5\sigma_y^2 \frac{u}{x} \tag{4.40}$$

$$D_z = 0.5\sigma_z^2 \frac{u}{x} \tag{4.41}$$

$$t = \frac{x}{u} \tag{4.42}$$

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 3 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. Entro otros estudios que utilizaron este criterio se encuentra el realizado por la Universidad del Bosque - DAMA sobre contaminación del aire y enfermedades respiratorias en la población infantil de Puente Aranda. Al reemplazar los valores anteriores en la ecuación de flujo bidimensional se tiene:

$$c = \frac{Q/u}{2\pi u(\sigma_y \sigma_z)} \exp\left[-\left(\frac{1}{4t} \right) \left(\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z{}^2} + \frac{y^2}{2\sigma_y{}^2} \right) \right] \quad (4.43)$$

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 del tema de la contaminación atmosférica consideran que la siguiente ecuación proporciona la mejor aproximación a la realidad sin importar la condición de estabilidad:

$$\Delta h = -0.029 * \frac{V_s * d}{u} + 2.62 * \frac{(Q_h)^{1/2}}{u} \quad (4.44)$$

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 sí no se cuenta con la información necesaria para determinar las condiciones de entrada del modelo. Por otro lado se efectuaron algunas suposiciones en cuanto a las condiciones de meteorología de la zona que se va a modelar. En primer lugar, las condiciones meteorológicas que se supusieron para la modelación de la dispersión, 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 la localidad 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 4.20):

- 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 4.12.

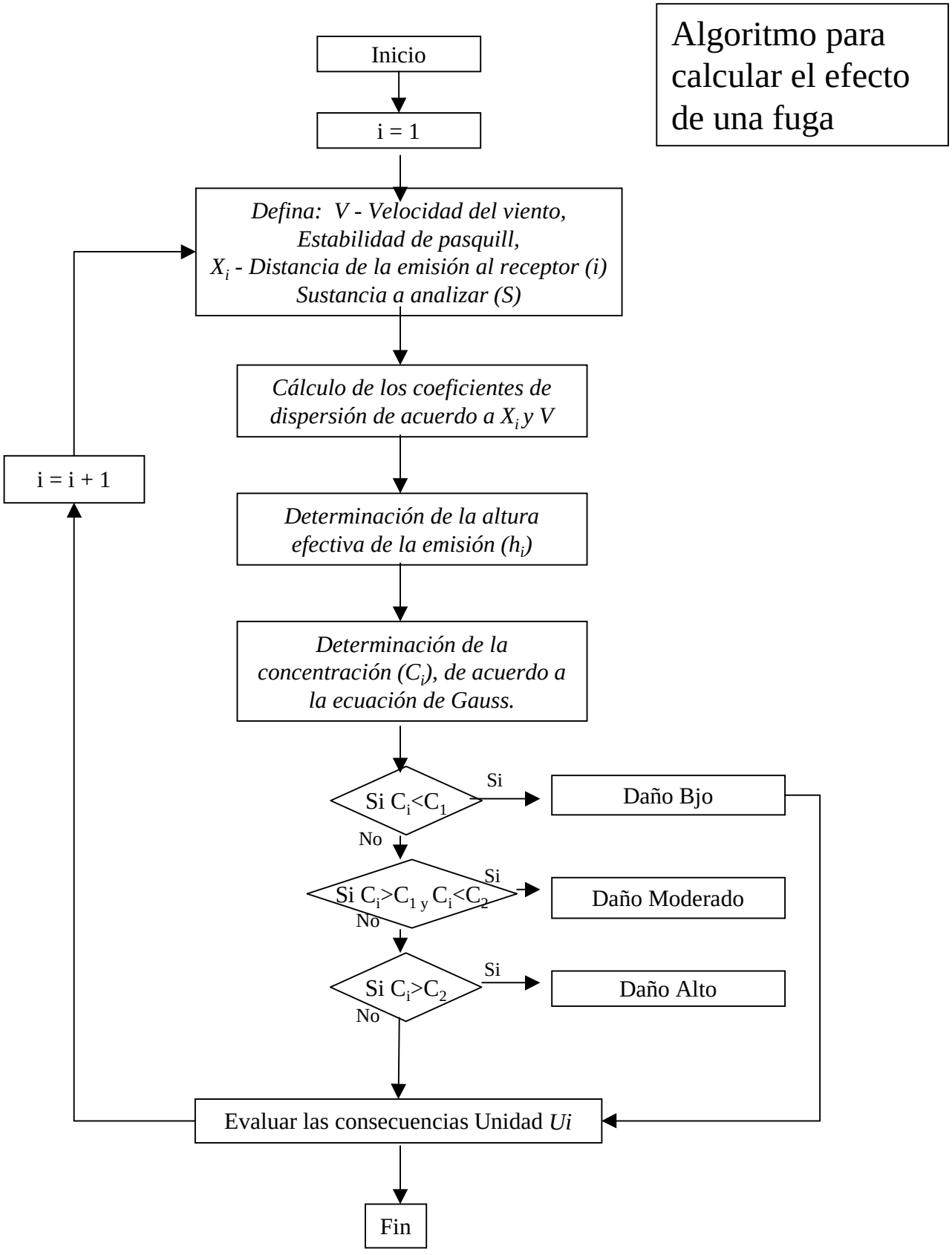
Tabla 4.12 Rango de concentración crítico por sustancia

Sustancia	CIIU (Típico)	TLV[25]	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
Hydrogen	3115		4.0 ppm	74.2 ppm

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

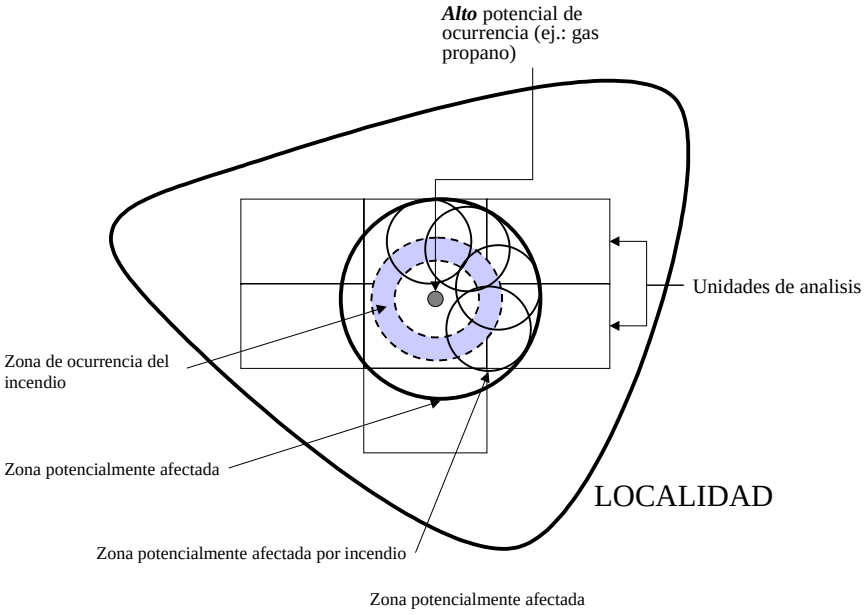
[25] TLV: Threshold Limit Value (Concentración máxima de una sustancia en el aira a la cual puede ser expuesto un trabajador sin que muestre efectos adversos.

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



Como se discutió e 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 4.21 Descripción del modelo de fugas



En la Figura 4.21 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 4.21.

En la Tabla 4.13 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 4.13 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

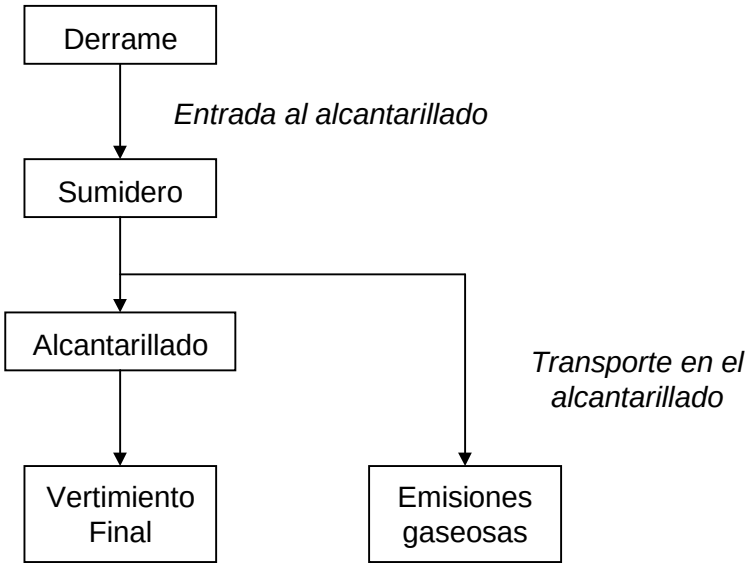
Los resultados del análisis de Fugas para la localidad se presentan en el Mapa 4.

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 transito 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 4.22 se ilustra una representación esquemática de las etapas del derrame de una sustancia líquida. Una vez se presenta el derrame puede existir un transito a través de la vía pública, o puede alcanzar el alcantarillado directamente cuando éste ocurre en la industria directamente. Posteriormente viajará por la red del alcantarillado hasta el vertimiento final.

Figura 4.22 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

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} s^{1/2} \tag{4.45}$$

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:

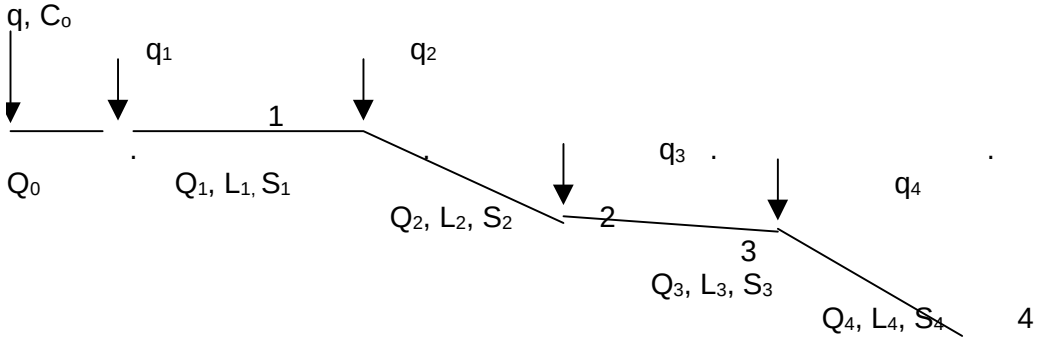
$$t = \frac{L}{v} \tag{4.46}$$

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 4.23 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.

$$Q_1 = Q_0 + q \tag{4.47}$$

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:

$$C_1 = \frac{q.C_0}{Q_0 + q} \tag{4.48}$$

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

$$Q_i = Q_{i-1} + q_i \tag{4.49}$$

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

$$C_i = \frac{Q_{i-1}C_{i-1}}{Q_{i-1} + q_i} \tag{4.50}$$

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:

$$p = kC_i \tag{4.51}$$

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 4.22 incluye las siguientes etapas:

Ingreso de características locales:

- Sustancia
- Volumen
- 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:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} s^{1/2}$$

$$t = \frac{L}{v}$$

$$Q_i = Q_{i-1} + q_i$$

Producción de información sobre:

- Áreas afectadas

- Tiempo de afectación, dado por la ecuación:

$$t = 1.007 \frac{nL\left[d^{-2/3} - d_0^{-2/3}\right]}{s^{1/2}}$$

- Concentración en áreas afectadas

En la Figura 4.24 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

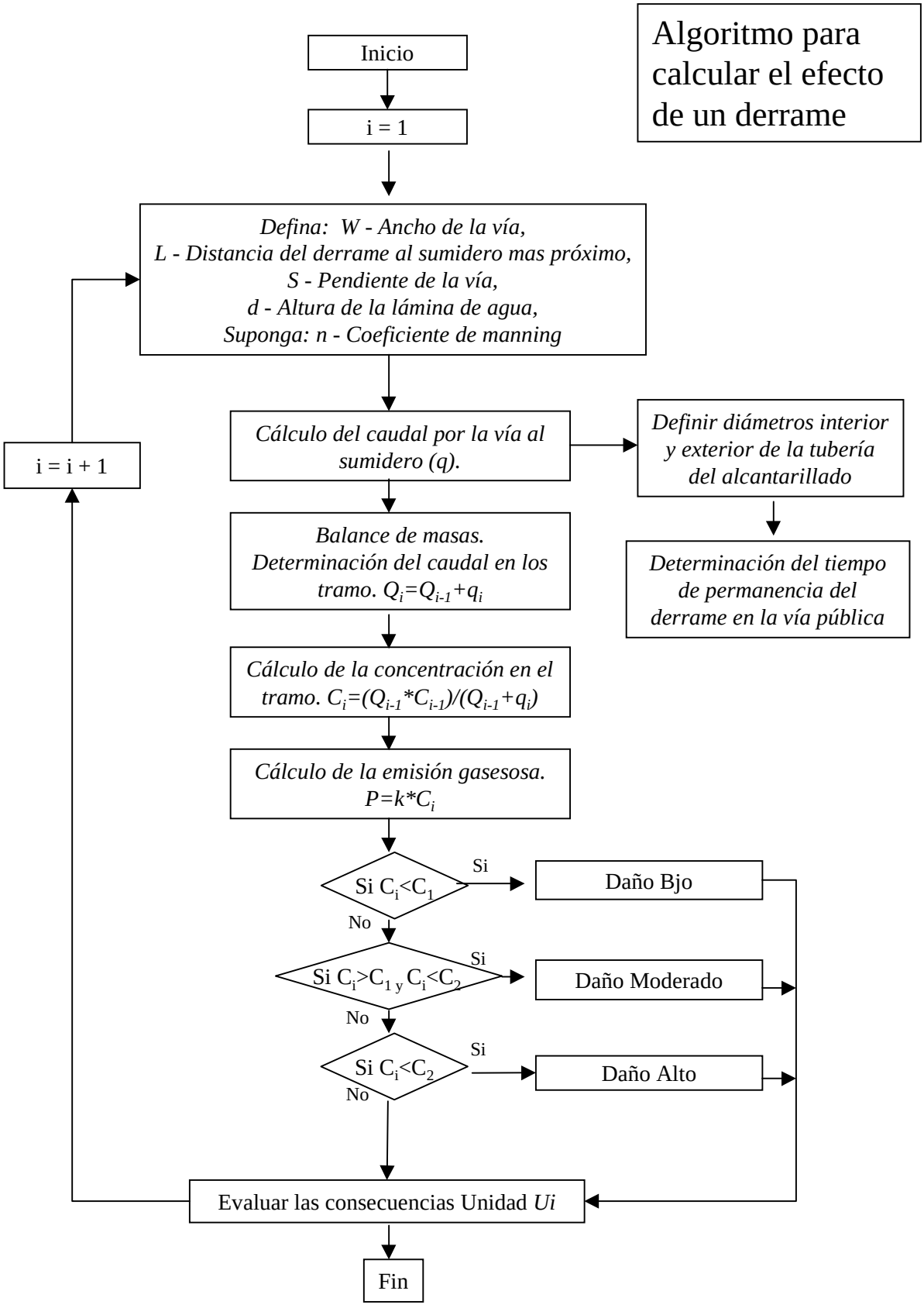
El modelo permite identificar en cada tramo de la red un valor de concentración de la sustancia derramada con base en un balance de masas. La concentración de la sustancia en cada tramo permite definir los rangos en los que se puede presentar un incendio o una explosión de acuerdo con sus propiedades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

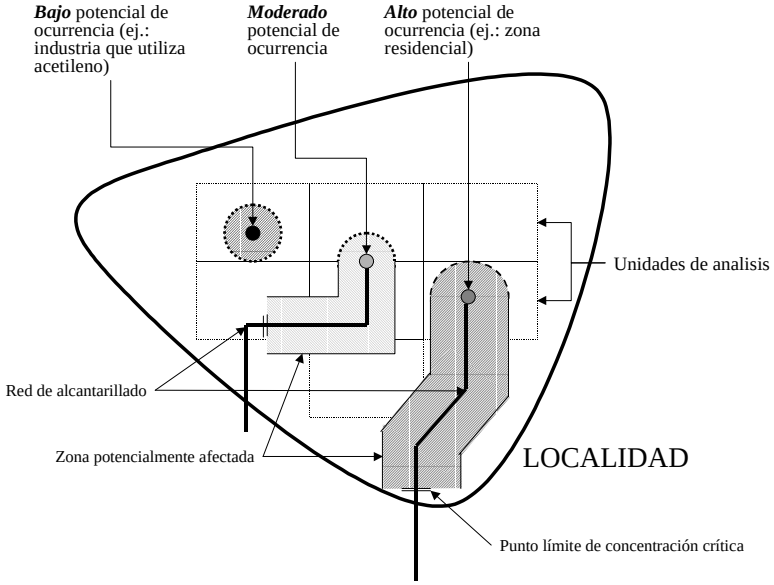
Después de ocurrido el derrame, la concentración de cada sustancia va decayendo en la medida en que va haciendo su tránsito por el sistema de alcantarillado. El decaimiento depende del caudal de material que aporte el sistema de alcantarillado a la zona por la cual transita. Aunque al inicio del derrame 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 identifico la zona con un alto potencial de incendio y explosión. Los resultados del análisis se presentan en el Plano 4.

Figura 4.24 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 4.25. 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. Los resultados del análisis para la localidad de Puente Aranda se muestran en el Mapa 5. Sólo se muestra la ruta a través de la cual se hace el tránsito del derrame y la zona con una alta posibilidad de incendio o explosión.

Figura 4.25 Descripción de la aplicación del modelo de afectación por derrame

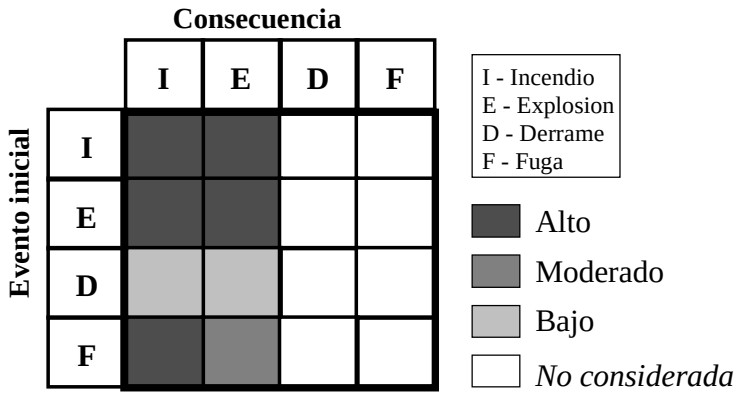


4.4.6 Ocurrencia de eventos en cadena

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 4.26 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 4.26.

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 la localidad de Fontibón. 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 instituciones involucradas en un plan de emergencia y contingencia. Dentro de la organización interinstitucional se destacan tres aspectos fundamentales:

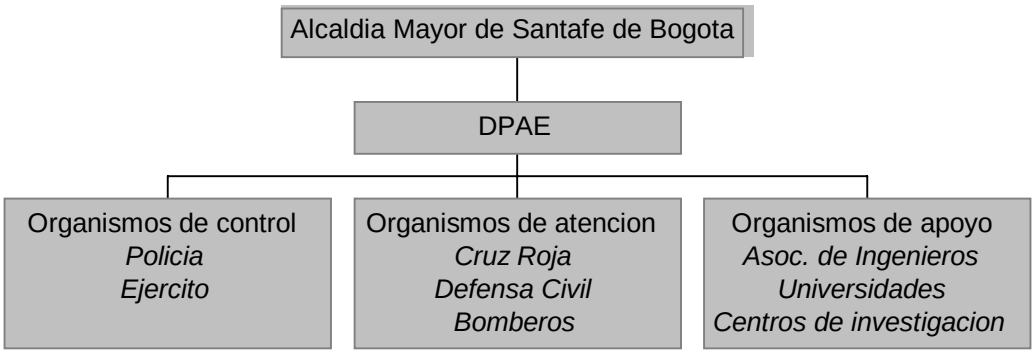
- Estructura y jerarquía
- Coordinación
- Funciones y responsabilidades

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 lineas 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.

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 CIIU)
- 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 industial.
- 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 Transito
- 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)

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:

Plano	Descripción
2	Amenaza por incendios
3	Amenaza por fugas
4	Amenaza por explosiones
5	Amenaza por derrames
6	Riesgo de Incendio
7	Riesgo de explosión
8	Riesgo de fuga
9	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 publica 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 senalización debe cubrir el área potencial de afectación. Este debe se 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 la localidad. Como se mencionó anteriormente, el batallón y el club militar deben jugar un papel fundamental en el albergue y la atención de damnificados en caso de una emergencia. De igual forma el Ministerio de Justicia y el INPEC deben desarrollar su propios planes de emergencia y contingencia en caso de que se presente un evento que pueda afectar las instalaciones de la cárcel Modelo.

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 lo 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 primero 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 ejercito. 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 riego 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 censores 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 cuatros 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 caliento 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 ejemplo 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 químicos 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 le evaluación cuantitativa de riesgos tecnológicos

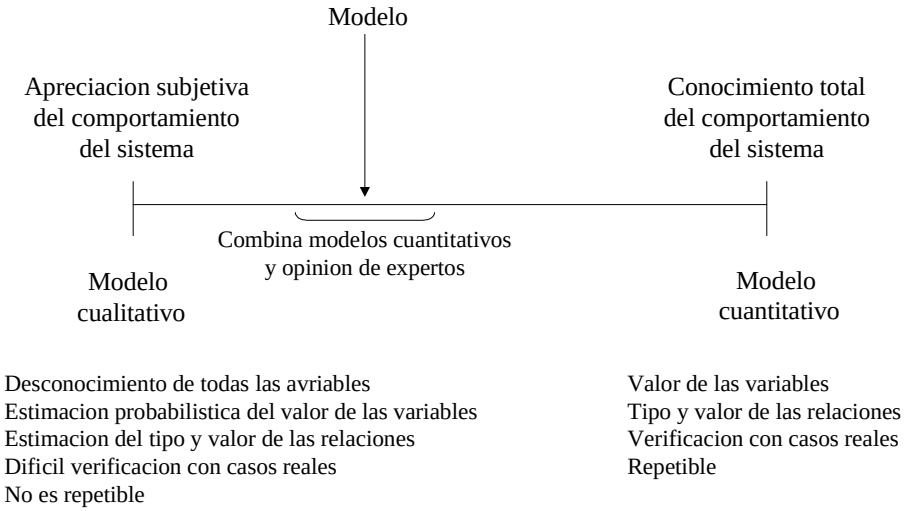
6.1 Aspectos generales

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 base 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 acrecienten 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 riego 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 esto 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. Par 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. Sí 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 cualitativas 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 DPAE 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 re-ubicarse.

Capítulo 7

Conclusiones

1. Este trabajo presenta una evaluación cualitativa de riesgos públicos de origen tecnológico para la localidad de Puente Aranda. 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 otros estudios en los que se manejaba un inventario de industrias como el estudio sobre ruido realizado por la Universidad Distrital. 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. En el Anexo I se presentan algunos formatos sugeridos para la recopilación y actualización de la información disponible. Este trabajo debe ser una de las tareas primordiales de la DPAE hacia el futuro.

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. Estas medidas se "suponen" muy buenas en industrias multinacionales y principalmente dentro del sector petroquímico. Sobre el resto de industrias no existe ningún tipo de información.

5. Las industrias de la localidad manejan un gran numero 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 Etílico, 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 amoniaco 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 CIIU 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 modelo 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 m^2. En total se definieron 151 unidades básicas de análisis para la localidad. 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 tomo 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 identifico 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 DPAE; (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 entre la diagonal 22A y la Avenida calle 13 y las Avenidas 68 y Boyacá. Adicionalmente, el sector centro de la localidad, es decir entre las carreras 94 y 111 con calle 22 presenta grandes incompatibilidades, ya que se mezclan empresas de pequeña escala junto a sectores residenciales. El resto de la localidad no presenta problemas significativos. Es importante destacar que la zona industrial no presenta un alto riesgo para las viviendas debido a que no es una zona residencial. La definición de zonas de *alto riesgo* no significa que la actividad industrial debe reubicarse, sino que se debe hacer un seguimiento detallado a los programas de seguridad industrial y fortalecer los planes de emergencia y contingencia. Sin embargo, en 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 Collegue 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 Aplications*. 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". Proccedings 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
2. Hazardous Chemical Database
   http://ull.chemistry.uakron.edu/erd/
3. THOMAS -- U.S. Congress on the Internet
   http://thomas.loc.gov/
4. Continuación Galería de Legislación. Legislación Industrial
   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
6. Página de links de seguridad
   http://www.cyberseguridad.org/pagina_n10.htm
7. PARQUES INDUSTRIALES
   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" \l "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/
34. Firewise Publications
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
36. USFA -- Major Propane Gas Explosion and Fire - Perryville, Maryland
http://www.usfa.fema.gov/techreps/tr053.htm
37. Hexane
http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=hexane&Units=SI
38. Standard Reference Data Products Catalog
http://www.nist.gov/srd/
39. Physical Chemistry at Hood College
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/
41. Fire and Emergency Planning Directorate
http://www.homeoffice.gov.uk/dob/fepd.htm
42. Fire and Arson Investigation Resource Page Links
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/
44. Clases de fuego y su extincion
http://members.tripod.com.ar/SEGUTECHSRL/Clases_de_fuego_y_su_extincion.html
45. Técnicas de Extinción de Incendios
46. 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 perdidas 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. Organo normalizador de los Estados Unidos.

APELL (AWARENESS AND PREPAREDNEES 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 si 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 estabilice 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 mascara 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 par 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 -200º 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 esta 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 peligroso durante su transporte.

WHAT IF: metodología para análisis de riesgos de procesos industriales basado en la expresión ¿qué pasaría sí?.

ANEXO B

Clasificación de sustancias peligrosas

Clasificación de sustancias segun codigo ONU

Cod. ONU	Nombre ONU	Cod. Sub	Nombre Generico	Nombre Comercial
1	Explosivos	11	ELEMENTOS DE PIROTECNIA	MEZCLAS FOSFORO, ZI
2	gases	21	GAS EXPLOSIVO	ACETILENO
				ACETILENO COMBUSTIB
				GAS NATURAL
				GAS PROPANO
				HIDROGENO
				OXIGENO
				SOLUCION AMONIACAL
		23	GAS TÓXICO	CLORO
				CLORO GASEOSO
				GAS ARGON
				GAS CARBONICO
				NITROGENO
				NITROGENO LIQUIDO
		24	GAS INERTE	AMARILLO MINERAL
				AMONIACO
				AMONIACO SOL 27%
				SULFURO
3	Liquidos Inflamables	31	ALCOHOLES	ALCOHOL ANTISEPTICO
				ALCOHOL BENZILICO
				ALCOHOL BENZOILICO
				ALCOHOL BUTILICO
				ALCOHOL CETILICO
				ALCOHOL CETILICO
				ALCOHOL ETILICO
				ALCOHOL INDUSTRIAL
				ALCOHOL ISOPROPILIC
				ALCOHOL ISOPROPILIC
				ALCOHOL METILICO
				BRANDY
				BUTANOL
				BUTANONA
				BUTIL CELLO SOLUE
				BUTILENGLICOL
				ETANOL
				ETANOL COMERCIAL
				FENOL
				GLICERINA
				GLICOL
				ISOBUTANOL
				ISOFORONA
				ISOPROPANOL
				MANOETILENGLICOL
				METANOL
				METILICO ALCOHOL
				METOXIPROPANOL
				NONI FENOL
				NONIFENOL IDEO
				PROPILENGLICOL
				TOLUOL
				TRIETANOLAMINA - TEA
				WHISKY
		32	SOLVENTES	ACETATO DE ETILO
				ACETATO DE ISOBUTIL
				ACETATO ETILO
				ACETONA
				ACETONITRILO
				BENCENO
				BENCINA
				BOXER
				BUTIRATO ETILO
				CARBON DISULFURO
				CICLOHEXANO
				CICLOHEXANONA
				DESMANCHADOR
				DETERGENTE
				DICLOROMETANO

Clasificación de sustancias segun codigo ONU

Cod. ONU	Nombre ONU	Cod. Sub	Nombre Generico	Nombre Comercial
				DISOLVENTES
3	Liquidos Inflamables	32	SOLVENTES	ENDURECEDORES EPOXI
				ESENCIAS
				ESMALTES
				ESTERES VARIOS
				ETER
				EXTRACTO DE ACACIA
				FIJADOR
				FORMIATO
				FORMIATO DE SODIO
				FORMOL
				HEXANO
				LACA
				LACAS DE COLORES
				LACAS NO AMARILLENT
				METALDEHIDO TECNICO
				METIL ETIL CETONA
				METILBENCENO
				METILPARABENO
				MEXAHIDROBENCENO
				NITROBENZOL
				PEGACAUCHO
				PEGANTE
				PEGANTE BOXER
				PEGANTE CAUCHO LUNA
				PEGANTE INCAFORT
				PEGANTE INDUSTRIAL
				PEGANTE MAXON LENTO
				PEGANTE SUPERIOR
				PEGAPIEL
				PEGAUCHO
				PERCADAN.
				PERCLORATO
				PERCLOROETILENO
				PINTACUERO
				PINTUCUERO
				PINTULACA
				PINTURA
				PINTURA METALIZADA
				PINTURAS
				PINTURAS ELECTROSTA
				PIROXICAM
				PL 285
				PL 285 PARA FORMICA
				PROPILPARABENO
				REMOVEDOR
				SOLUCION FUENTES
				SOLUCION INCASOL
				SOLUMAX
				SOLVENTE
				SOLVENTE RAPIDO
				SOLVENTES
				SOLVENTES
				SOLVENTES A BASE DE
				SOLVENTES PARA PINT
				SUSTITUTO DE ALCOHO
				T.D.I.
				TERBUTIL METIL ETER
				TETRACLORURO DE CAR
				TINTA EN BASE SOLVE
				TOLUENO
				XILENO
				XILENOL
				XILOL
				XILON
				XYLAMON
		33	LÍQUIDOS INFLAMABLES PESADOS	ACEITE

Clasificación de sustancias segun codigo ONU

Cod. ONU	Nombre ONU	Cod. Sub	Nombre Generico	Nombre Comercial
				ACEITE CASTROL
3	Liquidos Inflamables	33	LÍQUIDOS INFLAMABLES PESADOS	ACEITE DE RESINA SU
				ACEITE DIELECTRICO
				ACEITE ESSO
				ACEITE HAVOLINE
				ACEITE MINERAL
				ACEITE MINERAL
				ACEITE MOVIL
				ACEITE PARAFINADO
				ACEITE PARAFINICO
				ACEITE QUEMADO
				ACEITE SHELL
				ACEITE SOLUBLE, LUB
				ACEITE TERPEL
				ACEITES
				ACEITES COMBUSTIBLE
				ACEITES CRUDOS
				ACEITES LUBRICANTES
				ACEITES LUBRICANTES
				ACEITES MINERALES
				ACEITES REFINADOS
				ACIDOS GRASOS
				HAVOLINE
				LUBRICANTES
				MOBIL
				MOBIL 1300
				MOBIL SUPER
				SHELL
				SHELL ACEITE
				TERPEL
		35	LICORES	ACPM
				DESENGRASANTE
				DIESEL ACPM
				ESSO
				GASOLINA
				GASOLINA CORRIENTE
				GASOLINA DISOLVENTE
				KEROSENE
				PETROLEO
				QUEROSENE
				TEXACO
				THINNER
				VARSOL
4	solidos inflamables	41	SÓLIDO INFLAMABLE PLÁSTICO	ACRILICO
				ACRYLTAN
				GRASAS
				PARAFINA
		42	SÓLIDO INFLAMABLE PESADO	METIL ETIL CELULOSA
				CEMENTO DE CAUCHO
		43	GRASAS	MANTECA DE CACAO
		44	CAUCHOS, POLÍMEROS, PLÁSTICOS DUROS	B.H.T.
				CAUCHO
				CAUCHO DURO
				CAUCHO LUNA
				CAUCHO SINTETICO
				CAUCHOPREN
				CAUCHOS (5 REFERENC
				ENVASES PLASTICOS Y
				ESTIRENO MONOMERO
				FIBRA DE VIDRIO
				HIDROXIETIL CELULOSA
				LLANTAS
				MELIORESINAS
				PIGMENTOS PARA RESI
				PIGMENTOS PLASTICOS
				PLASTICOS
				PLASTIFICANTES

Clasificación de sustancias segun codigo ONU

Cod. ONU	Nombre ONU	Cod. Sub	Nombre Generico	Nombre Comercial
				POLIACRILATO DE SOD
4	solidos inflamables	44	CAUCHOS, POLÍMEROS, PLÁSTICOS DUROS	POLICLORURO DE ALUM
				POLIETILENGLICOL
				POLIETILENO
				POLIETILENO DE ALTA
				POLIETILENO DE ALTA
				POLIETILENO DE BAJA
				POLIETILENOS
				POLIMEROS
				POLIOL DE BAJA
				POLIOL POLIMERICO
				POLIPROPILENO ORIGI
				POLIPROPILENOS
				POLIURETANO
				POLIVINIL PIRROLIDO
				POLIVINILO CLORURO
				RESINA POLIESTER
				RESINA PVC
				RESINAS
				RESINAS ACRILICAS
				RESINAS EPOXICAS
				RESINAS POLIESTERA
				SILICONA EMULSION
				SILICONAS
				SOLUCION DE CAUCHO
				VINILO
5	sustancias oxidantes	51	DESINFECTANTES Y LIMPIADORES	AGUA OXIGENADA
				BLANQUEADOR
				CLORO LIQUIDO
				CREOLINA
				LIMPIADORES DE PLAN
		52	JABONES	JABON AMILICO
				JABON DESENGRASANTE
				JABON LUBRICANTE
				JABON PARA SECO
		53	DETERGENTES	DETERGENTE LIQUIDO
				DETERGENTES CON AROMA
				DETERGENTES DESENGRASANTES
		54	OXIDANTES ORGÁNICOS	CLOROFORMO
				HIDROSULFITO DE SOD
				LIQUIDO DE FRENOS
				LIQUIDO PARA OXIDO
				POTASA CAUSTICA
6	toxicos	61	CIANUROS - TÓXICOS LETALES	CIANURO DE POTASIO
				CIANUROS
				CIANUROS POLVO
				CIANUROS, SODIO, PO
		62	PLAGUICIDAS	INMUNIZANTE DURSBAN
				MUSAL
				RATICIDA MATASIETE
		63	SOLVENTES TÓXICOS	ESTERCUR
				SOLFAC
		64	TÓXICOS MERCURIALES	MERCURIO NITRATO
				SALES DE MERCURIO
8	corrosivos	81	ÁCIDOS INORGÁNICOS	ACIDO ACETICO
				ACIDO BORICO
				ACIDO CLORHIDRICO
				ACIDO CROMICO
				ACIDO FLUORHIDRICO
				ACIDO FORMICO
				ACIDO FOSFONICO
				ACIDO FOSFORICO
				ACIDO MURIATICO - C
				ACIDO NITRICO
				ACIDO SULFURICO
				AGUA ACIDO DE BATER
				H2SO4

Clasificación de sustancias segun codigo ONU

Cod. ONU	Nombre ONU	Cod. Sub	Nombre Generico	Nombre Comercial
				ACIDO ETILHEXOICO
8	corrosivos	82	ÁCIDOS ORGÁNICOS	ACIDO NITRICO
				ACIDO OLEICO
				ACIDO OXALICO
				ACIDO SORBICO
		83	HIDRÓXIDOS	ANHIDRICO ETALICO
				ANHIDRICOS
				ANHIDRIDO FTALICO
				ANHIDRIDO MALEICO
				ANHIDRO MALEICO
				CAL
				CAL HIDRATADA
				DIOXIDO DE CARBONO
				DIOXIDO DE TITANIO
				DIOXIDOS
				HIDROXIDO DE ALUMIN
				HIDROXIDO DE CALCIO
				HIDROXIDO DE POTASI
				HIDROXIDO DE SODIO
				METOXIDO DE SODIO
				OXICLORURO DE COBR
				OXICOB WP * 1 KG
				OXIDO AMARILLO
				OXIDO DE DIETILENO
				OXIDO DE HIERRO
				OXIDO DE MAGNESIO
				OXIDO DE PLOMO
				OXIDO DE ZINC
				OXIDO DE ZINC, FERR
				OXIDO NEGRO
				OXIDO ROJO
				OXIDOS DE HIERRO
				OXIDOS METALICOS
				PEROXIDO DE HIDROGE
				SODA
				SODA CAUSTICA
				SODA PERLA
		84	ELEMENTOS LIBRES	AZUFRE
				AZUFRE MICRONIZADO
9	otras sustancias	91	MEDICAMENTOS	ACETAMINOFEN
				ALBENDAZOL
				ANDESOL
				ASPARTAME
				ASTEMIZOL
				CAPTOPRIL
				CARBAMACEPINA
				CIBA
				CLOTRIMAZOL
				IBUPROFENO
				LARGACTIL
				MEDICAMENTOS VARIOS
				MESTEROLONA
				METRONIDAZOL
				MIGRISTENE
				OMEPRAZOL
				PROPAFENONA
				RANITIDINA
				RHONAL
				SINOGAN
				SPIRAMICINA
				TRIMETROPIMA
				TRIPZAL
				VITAMINA C
		92	SALES INORGÁNICAS	BENTONITA - Al203 4SiO2
				BICARBONATO
				BICARBONATO DE AMON
				BICARBONATO DE SODI

Clasificación de sustancias segun codigo ONU

Cod. ONU	Nombre ONU	Cod. Sub	Nombre Generico	Nombre Comercial
				BIFLUORURO DE AMONI
9	otras sustancias	92	SALES INORGÁNICAS	BISULFITO
				BISULFITO DE SODIO
				BORAX
				BORAX EN POLVO
				CARBONATO
				CARBONATO CALCICO
				CARBONATO DE CALCIO
				CARBONATO DE MAGNES
				CARBONATO DE POTASI
				CARBONATO DE SODIO
				CARBURO
				CARBURO DE SILICIO
				CLORURO DE AMONIO
				CLORURO DE CALCIO
				CLORURO DE MAGNESIO
				CLORURO DE METILENO
				CLORURO DE NIQUEL
				CLORURO DE POTASIO
				CLORURO DE SODIO
				CLORURO DE ZINC
				CLORURO FERRICO
				CLORURO POTASIO
				CROMATO DE POTASIO
				CROMO
				CROSEDROMELOSA SODI
				CRUDO DE CASTILLA
				FERRO ALEACIONES
				FOSFATO
				FOSFATO DIAMONICO
				FOSFATO MONOAMONICO
				FOSFATO TRISODICO
				HIPOCLORITO DE CALC
				HIPOCLORITO DE SODI
				HIPOSULFITO DE SODI
				MAGNESIO TECNICO
				METALSILICATO
				METASILICATO DE SOD
				MOLIBDATO DE AMONIO
				NITRATO AMONICO
				NITRATO AMONIO LIQU
				NITRATO DE AMONIO
				NITRATO DE SODIO
				NITRATO POTASIO
				SAL
				SAL INDUSTRIAL
				SAL MARINA
				SAL NITRO
				SALES
				SILICA
				SILICATO
				SILICATO DE SODIO
				SODIO SULFITO
				SULFATO
				SULFATO AMONIO
				SULFATO DE ALUMINIO
				SULFATO DE AMONIO
				SULFATO DE BARIO
				SULFATO DE COBRE
				SULFATO DE MAGNESIA
				SULFATO DE MAGNESIO
				SULFATO DE MANGANES
				SULFATO DE NIQUEL
				SULFATO DE POTASIO
				SULFATO DE SODIO
				SULFATO DE ZINC
				SULFATO FERROSO

Clasificación de sustancias segun codigo ONU

Cod. ONU	Nombre ONU	Cod. Sub	Nombre Generico	Nombre Comercial
				SULFATO MAGNESIO
9	otras sustancias	92	SALES INORGÁNICAS	SULFITO DE SODIO
				SULFURO DE SELENIO
				SULFURO DE SODIO
				SUPER FOSFATO TRIPL
				TALCO
		93	ANILINAS	COLORANTES
				COLORANTES ALIMENTO
				COLORANTES CUERO
				COLORANTES SAL
				COLORANTES TEXTILES
				COLORANTES VARIOS
				COLORQUIMICOS
				FENOFTALINA
				PIGMENTOS
				PIGMENTOS ORGANICOS
				QUEBRANCHO
				QUEBRANCHO ATOMIZAD
				TINTA
				TINTA EN BASE AGUA
				TINTA PARA IMPRESIO
				TINTA PARA IMPRESIO
				TINTA PARA IMPRESIO
				TINTAS
				TINTES
				VARIOS TONOS DE COL
				VERDE DERMA VS
		95	METALES	ALAMBRE POLVO
				ALUMINO EN POLVO
				ASBESTOS
				BARIO
				COBALTO - No radioactivo
		96	SALES ORGÁNICAS	ACETATO DE CELLOSO
				ACETATO DE COBALTO
				ACETATO DE SODIO
				ACETATOS
				AMONIO CUATERNARIO
				CELULOSA MICROCRIST
				DICLOFENACO POTASIC
				DICLOFENACO SODICO
				DICROMATO DE POTASI
				EDTA
				ESTEARATO DE ALUMIN
				ESTEARATO DE CALCIO
				ESTEARATO DE LITIO
				ESTEARATO DE MAGNES
				ESTEARATO DE POTASI
				ESTEARATO DE SODIO
				HEXAMETAFOSFATO DE
				LANOLINA
				LAURIL E. SULFATO D
				LAURIL E. SULFATO D
				LAURIL FOSFATO DE S
				LAURILETERSULFATO
				MAGNESIO AGRICOLA
				MONOESTEARATO SORBI
				OCTOATO DE PLOMO
				OCTOCITO DE CALCIO
				OCTOCITO DE PLOMO
				PIROFOSFATO TETRASO
				PLOMO ACETATO
				SACARINA SODICA
				SALICILATO METILO
				SULFOMETOXAZOL
				TRIPOLIFOSFATO DE S
				UREA
				UREA 46%

Clasificación de sustancias segun codigo ONU

Cod. ONU	Nombre ONU	Cod. Sub	Nombre Generico	Nombre Comercial
		96	SALES ORGÁNICAS	UREA FOSFATO
9	otras sustancias	97	AZÚCARES	AMARILLO MINERAL
				ANILINAS
				CARGAS DE SILICE
				DEXTRINAS
				GLUCOSA
				HIERRO
				LACTOSA
				MELASAS
				MIMOSA
				SOLUCION ELECTROLIT
		98	PRESERVANTES Y ADITIVOS	ACIDO CITRICO
				ACIDO ESTEARICO
				ACIDO MALICO
				ACIDO SULFONICO
				ANTICORROSIVOS
				ANTIOXIDANTES
				BENZOATO DE SODIO
				GLUTANALDEHIDO
				MAGNESIO USP
				MANGANESO NATURAL
				NIQUEL METALICO
				POLISORBATO
				SORBATO DE POTASIO
				SORBITOL
				TITANIO
				YODO
				ZINC METALICO
				ZINC SULFATADO
		99	ADITIVOS MINERALES	CARBON

ANEXO C

Procesos y componentes del ciclo industrial

Procesos y componentes del ciclo industrial

	PROCESO	RIESGO	CAUSAS Y FACTORES QUE CONTRIBUYEN AL RIESGO	PROTECCION	NORMAS , PRACTICAS Y CODIGOS RECOMENDADOS	TIPO DE INDUSTRIAS
1	Hogares de Calderas	Incendio Explosión y Fugas	Ignición de combustible y aire acumulados en lugares cerrados del equipo, por fallos del equipo o del operario . Riesgo de la combustión de : **Fuel oil**. Mezcla de dos tipos con viscosidad o densidad diferente. **Gas.** Fugas y formación mezclas ricas en combustible al interior de las instalaciones. **Carbón**. Proceso de pulverización	Prevención. Equipo fiable, Diseño adecuado de las instalaciones (lugar aislado y protegido), instrumentación y alarma para averías, indicadores, preparación de los operarios y buen mantenimiento.	**NFPA:** 30 - 68 - 85A-B-D-E-F-G.	Alimentos, textiles, papel, sustancias químicas, metalmecánica.
2	Motores de Combustión estacionarios	Incendio Explosión y Fugas	Compresión de los combustibles empleados. Alta temperatura de partes como colectores de escape y tubos Presencia de motores de arranque, alternadores, distribuidores y magnetos, que generan arcos eléctricos Desintegración del motor.	Minimizar las fugas de combustible. Ubicación de los controles de arranque y parada lejos del motor. Bombeo y compresión del combustible de manera adecuada. No almacenar en la sala del motor cantidades de materiales combustibles. Disponer de extintores adecuados.	NFPA: 10 - 20 - 30 - 37.- 58 - 68 - 70 - 220	Alimentos, textiles, papel, sustancias químicas, metalmecánica.
3	Sistemas de Transferencia de Calor (medios no acuosos)	Incendio Explosión y Fugas	Calentamiento y transferencia de un líquido combustible a temperatura próxima o superior al punto de inflamación en un sistema cerrado.	Ubicación de rociadores automáticos. Separación de otras instalaciones con muros de 1 hora de resistencia la fuego. Tuberías soportadas firmemente, protegidas contra daños mecánicos y suficiente separación de material combustible.	NFPA 10 - 12 - 13 - 86	Alimentos, textiles, papel, sustancias químicas, metalmecánica.

Procesos y componentes del ciclo industrial

	PROCESO	RIESGO	CAUSAS Y FACTORES QUE CONTRIBUYEN AL RIESGO	PROTECCION	NORMAS , PRACTICAS Y CODIGOS RECOMENDADOS	TIPO DE INDUSTRIAS
4	Equipos Industriales y comerciales de utilización de calor	Incendios y Explosiones	Factores de Instalación: Proximidad y combustibilidad del contenido del edificio donde se emplace. Construcción del edificio. Disposición del Equipo. Ventilación. Localización. Evacuación de calor, gas y humo. Temperatura máxima requerida. Presenta causas similares a las calderas, por la manipulación de combustibles y combustión..	Diseño adecuado de las instalaciones. Sistemas de control. Formación de los operarios. Correcta manipulación de los combustibles. Adecuada ventilación. Mantenimiento.	NFPA: 10L - 12 -13 - 15 -31- 54 - 58 - 61B- 70 - 86,C,D - 325M	Papel, Sustancias químicas, metalmecánica
5	Temple en aceite	Incendio	Exigencias de atmósfera especial (un gas que no sea aire). Temperatura alta en el medio de temple. Propiedades físicas del medio. Limitaciones de volumen del medio. Emplazamiento de cubas y hogares de temple. Exposición mutua entre las instalaciones de temple y otras instalaciones de proceso	Equipos de extinción adecuados(CO_2 - productos químicos secos o espumas). Sistemas de drenaje de cubas. Control de temperatura.	NFPA: 10 -11 - 12 - 13 -14 - 15 - 17- 34 - 70 - 86 - 101	Metalmecánica
6	Procesos de inmersión y recubrimiento	Incendio y Explosión	Utilización de líquidos inflamables y combustibles. La gravedad del peligro depende de la inflamabilidad, la cantidad y la velocidad de generación de vapor. Característica importante de éstos líquidos: inmisibles en agua y mas ligeros. De los vapores: más pesados que el aire.	Se reduce el riesgo: Instalando sistemas de ventilación y escape, eliminando fuente s de ignición, inspección periódica y mantenimiento.	NFPA: 10 - 11 - 12,A,B - 13 - 15 - 34 - 68 - 69 - 70 - 77 - 86 -91	Metalmecánica

Procesos y componentes del ciclo industrial

	PROCESO	RIESGO	CAUSAS Y FACTORES QUE CONTRIBUYEN AL RIESGO	PROTECCION	NORMAS , PRACTICAS Y CODIGOS RECOMENDADOS	TIPO DE INDUSTRIAS
7	Soldadura y corte	Incendio	Siempre están presentes dos lados del triángulo de fuego: fuente de ignición y aire que sostenga la combustión. El otro elemento controlable es el material combustible. La localización del procesos. No son comunes los fuegos en los talleres donde la operación hace parte de la producción, cuando se hacen con equipos portátiles, las posibilidades de incendio aumentan. La supervisión y entrenamiento: Tiene el soldador experiencia? conoce el equipo? esta preparado para una emergencia?	Tener en cuenta no realizar el proceso en lugares cercanos a combustibles. Contar con el sistema adecuado de extinción. Personal correctamente adiestrado.	NFPA: 10- 50 - 51,B - 70 - 306 - 327	Metalmecánica
8	Equipos para procesos químicos	Incendio Explosión Derrame	El emplazamiento de la planta es factor importante y principalmente la distancia entre la factoría y las zonas densamente pobladas. A mayor distancia menor víctimas en caso de un accidente. La distancia reduce la concentración en caso de escape de gases y da mas tiempo para evacuación. En este Caso se cuenta con Fuentes de ignición, posibilidad de Derrames y Fugas. Presencia de reacciones exotérmicas y endotermicas.	Tener en cuenta la ubicación de la planta. Contar con medios para embalsar los grandes derrames de líquidos inflamables (Diques). Conservar distancias adecuadas entre equipos. Correcta selección de materiales constructivos y buenas practicas de mantenimiento para las instalaciones. Sistemas de control de fugas y perdidas, control de temperaturas y sistemas de alarma.		Alimentos, papel, sustancias químicas,
9	Procesos de Extrusión y conformado	Incendio	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 y producto acabado inflamables.	Diseño seguro de la planta y el almacén, inspección de sistemas eléctricos, empleo de rociadores en lugares de almacenamiento, manejo seguro de materia prima y aditivos	NFPA: 10 - 11 - 11A - 12 - 13 - 14 -15 -16- 17 - 30 - 33 -35 - 40E - 68 - 69 - 70 - 77- 79 - 91 - 101 - 231- 654.	Sustancias químicas

Procesos y componentes del ciclo industrial

	PROCESO	RIESGO	CAUSAS Y FACTORES QUE CONTRIBUYEN AL RIESGO	PROTECCION	NORMAS , PRACTICAS Y CODIGOS RECOMENDADOS	TIPO DE INDUSTRIAS
10	Baños de sales fundidas	Incendio y Explosión	Fuego debido a contacto de sales con combustibles. Explosiones de mezclas salinas por reacciones físicas o químicas. Peligro para el personal	Uso de extintores de CO2 o polvos secos. Instalación de foso revestido en concreto. Almacenamiento de sales en contenedores herméticos. Los nitratos deben almacenarse en habitaciones resistentes al fuego y libres de humedad a distancia razonable de fuentes de calor. Debe evitarse la acumulación de barros. uso de control de temperatura, campanas extractoras.	NFPA: 10 - 70 - 86 - 86C - 101- 220	Metalmecánica
11	Extracción mediante Disolventes	Incendio, Explosión y fugas	Alta inflamabilidad de los disolventes y polvos combustibles asociados con las oleaginosas.	Correcto manejo de los disolventes. Adecuada disposición y manejo de la planta	NFPA: 10 -13 - 14 - 15 - 16 - 24 - 30 - 36 - 61B - 61C - 68 - 70 - 385 - 496	Alimentos, sustancias químicas
12	Sistemas de Refrigeración	Fugas e Incendio	La mayoría de los refrigerantes son tóxicos, cualquier fuga es peligros apara 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. Las impurezas del refrigerante pueden producir acumulaciones y daño.	Diseño adecuado del sistema. Inspección permanente de fugas. Correcta operación del sistema.		Alimentos, sustancias químicas
13	Industria Alimentaria	Incendio	Los equipos de frío presentan riesgos asociados con gases comprimidos, escapes de vapor, componentes mecánicos móviles, sistemas eléctricos y de control, Hornos etc.	Las medidas están relacionadas los procesos básicos enunciados anteriormente	NFPA: 10-11-11A-12-13-14-15-16A-30-34-49-61-68-69-70-77-85-86-96-204-231-325-493-496-497-650	Alimentos

Procesos y componentes del ciclo industrial

	PROCESO	RIESGO	CAUSAS Y FACTORES QUE CONTRIBUYEN AL RIESGO	PROTECCION	NORMAS , PRACTICAS Y CODIGOS RECOMENDADOS	TIPO DE INDUSTRIAS
14	Procesos de mecanización	Incendio	Fuegos de virutas en la máquina. Oxidación espontanea de recortes mecánicos. Combustión por oxidación de lubricantes de refrigeración. Reacción de ciertos metales con agua. Combustión de fluidos hidráulicos. Combustión de vapores de aceite. Combustión de aceite regado en el piso.	Diseño adecuado de las instalaciones. Limpieza. Revisión permanente de los controles eléctricos. No deben mecanizarse metales muy combustibles sin contar con un sistema de extinción. Correcto adiestramiento de los operarios.	NFPA: 10-13-30-34-48-65-70-72-79-91-325-481-482-505-651-801	Metalmecánica
15	Industria de la Madera	Incendio	Presenta alto riesgo 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.	Correcto uso de equipos de soldadura. Aislamiento de los lugares de deposito de fuentes de chispas, calor y arcos eléctricos.	NFPA: 10-13-24-27-30-33	Almacenamiento de mercancías

ANEXO D

Clasificación y análisis de sustancias peligrosas

ANEXO D. Propiedades Físico-Químicas de algunas sustancias

NOMBRE COMERCIAL	AGRUPA	ESTADO	P. FLASH (C)	P.VAPOR (mmHg A 20·C)
ACEITES VEGETALES	ACEITE	2	135.00	0.09
ACEITE MINERAL	ACEITE MINERAL	2	135.00	0.50
	ACEITE PARAFINICO			
ACEITES LUBRICANTES	ACEITES LUBRICANTES	2	135.00	0.30
ACETAMINOFEN	ACETAMINOFEN	1		
ACETATO DE ETILO	ACETATO DE ETILO	2	-4.00	1086.40
	ACETATOS			
	VINILO			
ACETATO DE ISOBUTILO	ACETATO DE ISOBUTIL	2	-5.00	1086.40
ACETILENO	ACETILENO	2		
ACIDO ACETICO	ACIDO ACETICO	2	40.00	11.00
ACIDO CLORHIDRICO	ACIDO CLORHIDRICO	2		307.00
	ACIDO MURIATICO - C			
ACIDO ETILHEXOICO	ACIDO ETILHEXOICO	2		11.00
ACIDO FOSFORICO	ACIDO FOSFORICO	2		0.03
ACIDO NITRICO	ACIDO NITRICO	2		48.00
ACIDO OXALICO	ACIDO OXALICO	1		
ACIDO SULFONICO	ACIDO SULFONICO	2		9.30
ACIDO SULFURICO	ACIDO SULFURICO	2		0.39
ACPM	ACPM	2	48.00	1.40
ALCOHOL BUTILICO	ALCOHOL BUTILICO	2	37.00	5.00
	BUTIL CELLO SOLUE			
ALCOHOL BENCILICO	ALCOHOL BENCILICO	2	93.00	0.15
	ALCOHOL BENZOILICO			
ALCOHOL ETILICO	ALCOHOL ETILICO	2	10.00	32.10
	ETANOL			
	ALCOHOL INDUSTRIAL			
	ALCOHOL ANTISEPTICO			
ALCOHOL ISOPROPILICO	ALCOHOL ISOPROPILIC	2	12.00	44.00
	ISOPROPANOL			
	ALCOHOL ISOPROPILICO			
ALCOHOL METILICO	ALCOHOL METILICO	2	11.00	97.00
	METANOL			
AMONIACO	AMONIACO	2	121.00	4438.40
ANHIDRIDO FTALICO	ANHIDRIDO FTALICO	1		
ANHIDRIDO MALEICO	ANHIDRIDO MALEICO	1		
ANTIOXIDANTES	ANTIOXIDANTES	1		
AZUFRE	AZUFRE	1		
BENCINA	BENCINA	2	-40.00	1025.00
BENTONITA	BENTONITA	1		
BISULFITO DE POTASIO	BISULFITO DE POTASIO	1		
BOXER	BOXER	2	-4.50	453.00
CARBON	CARBON	1		
CARBONATO DE CALCIO	CARBONATO DE CALCIO	1		
CARBURO DE CALCIO	CARBURO	1		
	CARBURO DE CALCIO			
CERA DE ABEJAS	CERA DE ABEJAS	1		
CLORO	CLORO	2		
CLORURO DE POTASIO	CLORURO DE POTASIO	1		
CLORURO DE SODIO	CLORURO DE SODIO	1		
COBALTO	COBALTO no radiactivo	1		
COLORANTES	COLORANTES	1		
	COLORANTES VARIOS			
CREOLINA	CREOLINA	2	130.00	3.70
CROMO	CROMO	1		
CRUDO DE CASTILLA	CRUDO DE CASTILLA	2	53.00	0.70
DESENGRASANTE	DESENGRASANTE	1		
DETERGENTE	DETERGENTE	1		
DEXTRINAS	DEXTRINAS	1		
DISOLVENTES	DISOLVENTES	2	-4.00	1086.40
	SOLVENTES			
ESMALTES	ESMALTES	2	-4.00	1086.00
ETER ETILICO	ETER	2	-45.00	440.00
FENOL	FENOL	1		
FOSFATO DE POTASIO	FOSFATO DE POTASIO	1		
GAS NATURAL	GAS NATURAL	2		
GAS PROPANO	GAS PROPANO	2		
GASOLINA	GASOLINA	2	-4.50	453.00
	GASOLINA CORRIENTE			

ANEXO D. Propiedades Físico-Químicas de algunas sustancias

NOMBRE COMERCIAL	AGRUPA	ESTADO	P. FLASH (C)	P.VAPOR (mmHg A 20·C)
GLICERINA	GLICERINA	2	199.00	0.30
GRASAS	GRASAS	2	135.00	0.01
HEXANO	HEXANO	2	-23.00	130.00
HIDROXIDO DE SODIO	HIDROXIDO DE SODIO	1		
	SODA			
	SODA CAUSTICA			
HIDROXIETIL CELULOSA	HIDROXIETIL CELULOSA	1		
HIERRO	HIERRO			
HIPOCLORITO DE CALCIO	HIPOCLORITO DE CALCIO	1		
HIPOCLORITO DE SODIO	HIPOCLORITO DE SODIO	1		
IBUPROFENO	IBUPROFENO	1		
JABON	JABON PARA SECO	1		
KEROSENO	KEROSENO	2	65.00	1.00
LACA	LACA	2	-4.00	1086.40
LANOLINA	LANOLINA	2	238.00	0.08
NIQUEL	NIQUEL	1		
NITROGENO	NITROGENO	2		
NITROGENO LIQUIDO	NITROGENO LIQUIDO	2		> 45000
NONIFENOL	NONIFENOL	2	149	1.4
OXIGENO	OXIGENO	2		
PARAFINA	PARAFINA	1	135.00	
PEGANTES	PEGANTES			
	PEGANTE INDUSTRIAL			
PERCLOROETILENO	PERCLOROETILENO	2	39.00	57.80
PETROLEO	PETROLEO	2	53.00	0.70
PIGMENTOS	PIGMENTOS	1		
PINTURAS	PINTURAS	2	-4.00	1086.40
	PINTURA			
PIRIDINA	PIRIDINA	2	20.00	18.00
PLASTIFICANTES	PLASTIFICANTES	1		
POLIETILENOS	POLIETILENOS	1		
	POLIMEROS			
POLIURETANO	POLIURETANO	1		
PROPILENGLICOL	PROPILENGLICOL	2	99.00	0.13
RESINAS	RESINAS	1		
	RESINA POLIESTERA			
SILICONAS	SILICONAS	1		
SULFATO DE ALUMINIO	SULFATO DE ALUMINIO	1		
SULFATO DE BARIO	SULFATO DE BARIO	1		
SULFATO DE SODIO	SULFATO DE SODIO	1		
SULFATO DE SODIO	SULFITO DE SODIO	1		
TALCO	TALCO	1		
THINNER	THINNER	2	-3.00	453.00
TINTAS	TINTAS	2	111.00	0.44
	TINTA			
TINTES	TINTES	1		
TITANIO	TITANIO	1		
TOLUENO	TOLUENO	2	7.00	22.00
TOLUOL	TOLUOL	2	4.40	37.00
TRIETANOLAMINA	TRIETANOLAMINA	2	179.00	0.01
UREA	UREA	1		
VARSOL	VARSOL	2	38.00	173.00
XILENO	XILENO	2	32.00	7.00
XILOL	XILOL	2	29.00	8.00
YODO	YODO	2.00		0.30

ANEXO E
Información de industrias

INFORMACION DE INDUSTRIAS FONTIBÓN

Ref	Encuesta	Unidad	Fuente	Tipo	CIIU	Razon Social	Dirección	Telefono	Descripción de la activadad
84	Si	228	Industri	Aplica	6E+05	PFIZER S.A.	AV DORADO 68 B 85	4270027	DROGAS Y MEDICINAS PARA USO HUMANO.
85	Si	211	Industri	Aplica	6E+05	PROTEZA S.A.	AV DORADO 81 91	4363666	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA TEXTIL
86	No	211	Industri	Aplica	6E+05	EMPRESA COLOMBIANA DE PRODUCTOS VETERIN	AV DORADO 82 93	2633100	DROGAS Y MEDICINAS PARA USO VETERINARIO.
90	Si	203	Industri	Aplica	4E+05	LABORATORIOS ERMA S.A.	AV DORADO 90 31	2950900	PRODUCCION DE ANTIBIOTICOS PARA USO VETERINARIO.
92	No	201	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	ALONSO BERTHA JULIA BARON DE	AV DORADO 96 21	4184329	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
93	No	125	CCS	Aplica	7E+05	SNIDER & CIA S A	AV DORADO 96 47		ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO.
94	No	112	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	SAMUDIO FORERO ORLANDO	AV DORADO 97 60	4139319	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
188	No	335	CCS	Aplica	6E+05	IMPORTACIONES COLOMBIA LTDA	CL 13 68 80		
189	No	334	CCS	Aplica	3E+05	TEXTILES ASCOT LTDA.	CL 13 68 B 50		
192	No	333	CCS	Aplica	3E+05	CORPORACION DE SERVICIOS COMUNITARIOS E	CL 13 68D 40		
194	No	332	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	ESPUMAPOR Y CIA LTDA	CL 13 69 06	2432808	COMERCIO DE PLASTICOS, INCLUYENDO SUS DESPERDICIOS
195	No	325	CCS	Aplica	6E+05	PETROCORP S A	CL 13 69 B 26		MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA DE PLASTICO
196	No	325	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	DAZA ALDANA PEDRO ORLANDO	CL 13 70 20	2926840	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
227	No	333	ACOTOFA	Aplica	4E+05	INVERSIONES HERCOPLAS LIMITADA	CL 15 68 D 32	4111677	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
228	No	333	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	INVERSIONES VARGAS RAMOS Y CIA S EN C	CL 15 68 D 45	4110972	FABRICACION DE FORMAS BASICAS DE PLASTICO.
232	No	332	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PLUS PACK LIMITADA	CL 15 A 69 15	4122066	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
233	No	332	CCS	Aplica	3E+05	MONOFIL LTDA	CL 15 A 69 54		
245	No	333	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	RIVEROS LOPEZ JOSE FACUNDO HONORATO	CL 16 68 D 20	2925427	FABRICAICON DE COSMETICOS Y PREPARADOS DE TOCADOR.
246	No	333	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	EMPRESA AUTO LAVADO LA 16 LTDA	CL 16 68 D 57	2928008	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
247	No	333	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	CLEARPACK LTDA	CL 16 68 D 80	2922103	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
259	No	330	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	GRASAS Y ACEITES ANDINOS GRANDINOS S A E	CL 17 68 24	2622600	EXTRACCION DE ACEITES Y GRASAS SIN REFINAR DE PESCADO.
260	No	335	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	DE S INVERSIONES LTDA	CL 17 68 99	2907778	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
261	No	329	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	COMERCIAL RIS LTDA.	CL 17 68 B 32	2620877	COMERCIO DE PLASTICOS, INCLUYENDO SUS DESPERDICIOS
265	No	329	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	DISENOS FORMAS Y SUP ARRIGUI & CIA LTDA	CL 17 68 C 14	2603089	FABRICACION DE MATERIAS SINTETICAS DE POLIESTERES NO SATURADO
266	Si	334	Industri	Aplica	4E+05	HENKEL COLOMBIANA S.A.	CL 17 68 C 61	2423900	FABRICAICON DE COSMETICOS Y PREPARADOS DE TOCADOR.
267	No	328	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	RHADO STAR LIMITADA	CL 17 68 D 38	4112914	FABRICACION DE CALZADO DE CUERO PARA HOMBRE
268	No	327	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	BAENA MORA & CIA LTDA	CL 17 69 08	4122613	FABRICACION DE CALZADO DE CUERO PARA HOMBRE
269	No	327	ACOTOFA	Aplica	4E+05	W R G COLOMBIA S A	CL 17 69 18	4122766	
271	No	327	CCS	Aplica	6E+05	LOCTITE COLOMBIA S.A	CL 17 69 66		PRODUCTOS QUIMICOS.
272	No	327	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	EURO GRUPP INTERNACIONAL LTDA	CL 17 69 94	4112578	
286	No	330	ACOTOFA	Aplica	4E+05	ACRILCO LIMITADA EN LIQUIDACION	CL 18 68 70	2626097	
287	No	330	CCS	Aplica	4E+05	VICAR DE COLOMBIA S A	CL 18 68 82		PRODUCCION DE ANTIBIOTICOS PARA USO VETERINARIO.
288	Si	328	Industri	Aplica	4E+05	RIVER PLAST LTDA.	CL 18 68 D 52	2927592	FABRICACION DE FORMAS BASICAS DE PLASTICO.
308	No	220	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	TREJUS JACKEVICIUS DIANA SILVIA	CL 19 68 D 33	2926815	FABRICACION DE DETERGENTES Y AMBIENTADORES.
310	No	327	CCS	Aplica	6E+05	EXPORTACIONES IMPORTACIONES ASESORIAS EX	CL 19 69 55		
311	No	327	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	RINCON RINCON PEDRO ALFONSO	CL 19 69 83	2926670	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
315	No	427	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	SERVI TERMOFORMADO LIMITADA	CL 20 100 79	2981103	FABRICACION DE ARTICULOS MATERIAL DE PLASTICO PARA USOS HIGIEN
316	No	425	CCS	Aplica	3E+05	DECORACIONES JAVASCO LIMITADA	CL 20 100 82		
317	No	425	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	CELEMIN HERRERA MARIA DEL PILAR	CL 20 102 34	2982587	FABRICACION DE VELAS VELADORAS, CIRIOS Y ESPERMAS.
336	No	327	CCS	Aplica		FIAMME S.A.	CL 20 69 34		
338	Si	425	Industri	Aplica	4E+05	PRODUCTOS EL SOL LTDA.	CL 21 100 87	2673128	FABRICACION DE CERA ARTIFICIAL Y BETUNES.
351	No	323	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PHILAAC LTDA	CL 21 68A 98	2920711	PRODUCCION DE PIGMENTOS Y MATERIAS COLORANTES
352	Si	327	Industri	Aplica	4E+05	LABORATORIOS SMART S.A.	CL 21 69 05	4121577	FABRICAICON DE COSMETICOS Y PREPARADOS DE TOCADOR.
353	No	327	ACOTOFA	Aplica	3E+05	COMPAùIA COLOMBIANA DE JUGOS COLJUGOS S.	CL 21 69 33	4117266	FABRICACION DE BEBIDAS NO ALCOHOLICAS GASIFICADAS Y SIN GASIFIC
354	No	318	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	INDUSTRIAS VANYPLAS S A	CL 21 69 B 58	2922400	FABRICACION DE ARTICULOS DE PLASTICOS PARA EL HOGAR.
355	No	317	CCS	Aplica	3E+05	HILACOL S.A.	CL 21 70 54		
356	No	307	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	CASA DE LOS GLOBOS LTDA	CL 21 95 A 16	2671176	
357	No	307	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PROENPLAS LTDA	CL 21 96 54	2679259	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
358	No	307	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	LABORATORIOS DANNY BELL LIMITADA	CL 21 96 59	2672935	FABRICAICON DE COSMETICOS Y PREPARADOS DE TOCADOR.
359	No	303	CCS	Aplica	4E+05	PINTURAS MI COLOR LTDA	CL 21 98 02		
360	No	303	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	AVILA MARTINEZ LUIS TIRSO	CL 21 98 23	2981493	FABRICACION DE DETERGENTES Y AMBIENTADORES.
361	Si	424	Industri	Aplica	5E+05	SANTAFERE¥A DE PINTURAS	CL 22 100 72	4130354	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
362	Si	425	Industri	Aplica	5E+05	DISCOTECA DE COLORES	CL 22 102 11	2675312	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
363	No	424	CCS	Aplica	3E+05	PRODUCTOS ITALA LIMITADA	CL 22 102 26		
364	No	424	CCS	Aplica	3E+05	INDUSTRIAS DE ALGODON IDEAL LIMITADA.	CL 22 102 32		

INFORMACION DE INDUSTRIAS FONTIBÓN

Ref	Encuesta	Unidad	Fuente	Tipo	CIIU	Razon Social	Dirección	Telefono	Descripción de la activadad
365	Si	425	Industri	Aplica	3E+05	HERNANDO TRUJILLO	CL 22 104 47	2674324	FABRICACION DE CALZADO DE CUERO PARA HOMBRE
366	No	425	CCS	Aplica	6E+05	AIREGASES LTDA	CL 22 104 B 11		
367	Si	422	Industri	Aplica	5E+05	FONTIPINTURAS	CL 22 104 B 26	2670326	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
368	Si	424	Industri	Aplica	5E+05	AMERICANA DE PINTURA 2	CL 22 105 05	2672462	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
369	Si	425	Industri	Aplica	5E+05	DEPOSITO DE MATERIALES LUIS H. BARRERA	CL 22 105 05	2982158	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
370	Si	422	Industri	Aplica	5E+05	AUTO PINTURAS LA 22	CL 22 105 28	4152421	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
371	Si	425	Industri	Aplica	6E+05	PROTEXTILAST S.A.	CL 22 105 75	4185588	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA FARMACEUTICA
372	No	425	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	FULA VEGA MARIA DEL PILAR	CL 22 106 59	2670096	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
373	No	425	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	BROCEMAT LTDA	CL 22 106 77 / 79	2670103	FABRICACION DE PLASTICOS ESPUMADO.
374	Si	419	Industri	Aplica	5E+05	DISTRIBUIDORA DE PINTURAS	CL 22 107 08	4150158	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
375	Si	419	Industri	Aplica	5E+05	ALMACEN EL PINTOR	CL 22 107 22	2676966	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
377	Si	419	Industri	Aplica	5E+05	DIST NUEVO OCCIDENTE	CL 22 108 18	4156042	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
378	Si	419	Industri	Aplica	6E+05	AUTOMOTORA DE SERVICIO PARA TRANSPORTE L	CL 22 110 54	4132400	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
379	Si	418	Industri	Aplica	5E+05	PINTUTECNICA DE LA 22	CL 22 111 B 04	4130462	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
381	Si	416	Industri	Aplica	6E+05	ESTACION MOBIL LA MACARENA	CL 22 113 A 26	2980799	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
382	Si	416	Industri	Aplica	4E+05	YESOS LA ROCA LTDA.	CL 22 115 10	4153515	FABRICACION DE YESO
386	No	413	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	TRANSCOLOR LTDA	CL 22 116 74	2982651	FABRICACION DE FORMAS BASICAS DE PLASTICO.
387	No	413	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	JIMENEZ MIRYAM MONTENEGRO DE	CL 22 119 38	4155872	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
388	No	413	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	BOHORQUEZ SANDOVAL CIRO	CL 22 119 46	4157452	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
389	Si	425	Industri	Aplica	4E+05	INCOLBESTOS S.A.	CL 22 123 97	4183066	FABR MATERIAL PROF Y CIENTIFICO; INSTRUM DE MEDIDA Y CONTROL; A
406	No	318	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	VANYMODA S.A	CL 22 69 B 95	2922711	FABRICACION DE CALZADO DE PLASTICO Y SUS PARTES
408	No	310	ACOTOFA	Aplica	6E+05	JJNR Y CIA LTDA	CL 22 93 34	4151356	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
409	Si	306	Industri	Aplica	5E+05	AMERICANA DE PINTURAS	CL 22 95 84	4182439	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
410	No	307	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	PI#EROS PUERTA RODRIGO	CL 22 96 14	4155216	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
412	No	306	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	DAZA SILVA GUILLERMO	CL 22 96 28	4155800	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
414	Si	307	Industri	Aplica	6E+05	TERPEL FONTIBON GUILLERMO DAZA SILVA	CL 22 96 34	4150712	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
415	No	306	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	FULA VEGA ROSA ELVIRA	CL 22 96 75	2989483	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
417	Si	302	Industri	Aplica	6E+05	MOBIL - TRANSPORTES FONTIBON	CL 22 97 32	4154151	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
418	Si	302	Industri	Aplica	5E+05	MANCESA	CL 22 99 34	4150052	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
419	Si	302	Industri	Aplica	5E+05	DISTRI TORO	CL 22 99 88	4131489	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
424	No	413	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	INDUSTRIAS CARWEL LTDA	CL 23 119 A 09	2982669	FABRICACION DE ARTICULOS DE MARROQUINERIA DE CUERO ARTIFICIAL
425	No	318	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	GALEANO FRANCO FLOR ALBA	CL 23 69 B 42	4114640	FABRICACION DE MALETAS, MALETINES, NECESERES Y BOLSOS DE EQUI
427	Si	310	Industri	Aplica	3E+05	BISONT'S LEATHER	CL 23 93 66	2673624	FABRICACION DE ARTICULOS DE MARROQUINERIA, BILLETERAS, LLAVER
428	No	306	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	CODELCA LIMITADA	CL 23 94 31	2670805	
430	No	318	CCS	Aplica	6E+05	A S H TRADING Y CIA LIMITADA	CL 23 A 69 B 27		PRODUCTOS QUIMICOS.
432	No	424	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	GOMEZ SALAZAR JOSE	CL 25 100 46	5424979	FABRICACION DE VELAS VELADORAS, CIRIOS Y ESPERMAS.
433	No	422	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	BOGOTANA DE COMBUSTIBLES E.U.	CL 25 104 B 45	4181369	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
434	No	422	ACOTOFA	Aplica	6E+05	BARRENECHE ARIAS HUMBERTO DE JESUS	CL 25 105 46	2981076	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
435	No	409	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	CAMELO PI#EROS JAIRO OTONIEL	CL 25 123 A 40	4157719	
436	No	306	CCS	Aplica	6E+05	IMPORTADORA DE QUIMICOS IMPOQUIM P V EMP	CL 25 96 15		PRODUCTOS QUIMICOS.
438	No	415	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	MENDOZA MIRYAM SIERRA DE	CL 26 A 115 A 04	2980355	FABRICACON DE LOCIONES Y PERFUMES.
443	No	418	Industri	Aplica	6E+05	INDUSTRIAS KATORI S.A.	CL 28 111 16	4511886	PRODUCTOS QUIMICOS.
445	No	305	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	INDUSTRIAS QUIMICAS ENGOMADOS LIMITADA I	CL 28 94 70	2983603	FABRICACION DE COLAS, ADHESIVOS Y CEMENTOS SINTETICOS.
448	No	309	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	ELASTOMEROS P V M LTDA	CL 29 93 49	2982828	FABRICACION DE FORMAS BASICAS DE CAUCHO PLANCHAS, LAMINAS.
449	No	305	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	SAQUIRSAL Y CIA LTDA	CL 29 94 49	2980811	
450	No	305	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	SUAREZ Y VARGAS LIMITADA	CL 29 96 02	4188258	FABRICACION DE COLAS, ADHESIVOS Y CEMENTOS SINTETICOS.
455	No	305	CCS	Aplica	3E+05	PROCESADORA ACUAMARES LTDA	CL 30 95 94		
456	No	137	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	RAIDERS LTDA	CL 31 100 66	4155331	
457	Si	137	Industri	Aplica	4E+05	FACIM	CL 31 102 32	2671509	FABRICACION DE ARTICULOS DE CAUCHO PARA USOS INDUSTRIALES Y M
460	No	232	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	VALLES ABELLO ARNOLDO	CL 31 B 96 A 54	4131136	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA QUIMICA
463	No	137	Razon	Aplica	4E+05	RAMIREZ MARIA HERMINIA BENAVIDES DE	CL 32 103 A 56	2673313	FABRICACION DE VELAS VELADORAS, CIRIOS Y ESPERMAS.
469	No	133	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	EDITORIAL MAGNAPRINT LIMITADA	CL 33 105 61	4155923	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA DE PAPEL
471	No	133	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	ACERO SORZA AURORA ALICIA	CL 33 106 22 ENT 4	2673793	FABRICACION DE VELAS VELADORAS, CIRIOS Y ESPERMAS.
473	No	133	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	ESTRADA GUERRERO LIBARDO ISMAEL	CL 33 106 22 INT 4	2673793	FABRICACION DE VELAS VELADORAS, CIRIOS Y ESPERMAS.
476	No	136	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	ESCOBAR REMICIO MELLIER	CL 34 A 103 A 71	4134383	FABRICACION DE ARTICULOS DE PLASTICOS PARA EL HOGAR.

Ref	Encuesta	Unidad	Fuente	Tipo	CIIU	Razon Social	Dirección	Telefono	Descripción de la activadad
478	No	238	CCS	Aplica	4E+05	BLUE MASTER LTDA	CL 34 A 81 93		
479	No	139	CCS	Aplica	3E+05	PAPAS YA LTDA	CL 34 A 97 36		
480	No	140	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	HERNANDEZ MANJARRES PEDRO LUIS	CL 34 A 98 A 35	2985879	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
481	No	232	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	LABORATORIOS ION LTDA	CL 34 B 96 A 09	2670072	FABRICACION DE PAPEL DE FIBRA PARA CONSTRUCCIONES.
482	No	132	ACOTOFA	Aplica	6E+05	SURTICOM LIMITADA SURTIDORA DE COMBUSTIB	CL 35 104 54	4151563	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
487	No	132	ACOTOFA	Aplica	4E+05	TECSER LABORATORIOS LTDA	CL 36 104 B 35	4155085	FABRICAICON DE COSMETICOS Y PREPARADOS DE TOCADOR.
488	No	128	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	MANUFACTURAS DE CUERO ARIZA LTDA	CL 36 107 63	2986588	FABRICACION DE ARTICULOS DE MARROQUINERIA, BILLETERAS, LLAVER
492	No	135	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	MEJIA PEREZ JAIRO ENRIQUE	CL 37 101 58	2988071	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
493	No	135	Razon	Aplica	6E+05	ORDO#EZ FERNANDEZ ANIBAL	CL 37 101 58/68	2988071	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
494	No	238	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	G. BUSTAMANTE Y CIA LTDA	CL 37 77 A 46	2632604	FABRICACION DE ACCESORIOS DE CAUCHO.
495	No	130	CCS	Aplica	7E+05	ALMACENADORA INTERNACIONAL ALMINTER S.A.	CL 38 B 104 B 57		ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO.
498	No	216	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PLAYCEL LTDA	CL 39 79 02	2639457	FABRICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS INDUSTRIALES.
499	No	117	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	DISVINILOS LIMITADA	CL 39 A 100 84	2675603	FABRICACION DE FORMAS BASICAS DE PLASTICO.
500	No	231	Razon	Aplica	3E+05	COTE JARAMILLO ANTONIO JOSE	CL 39 AV ESPERANZA	4157524	FABRICACION DE APEROS Y ARNESE, SILLAS DE MONTAR Y SUS ACCESO
508	No	117	CCS	Aplica	7E+05	DEPOSITO ADUANERO AVIATUR S A	CL 40 102 24		ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO.
509	No	117	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	INDUSTRIAS TROPICALES LTDA	CL 40 102 56	4151302	FABRICACION DE PARTES Y AVIOS PARA CALZADO.
514	No	117	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	CAMARGO CIFUENTES SEGUNDO ALFREDO	CL 42 100 51	2675414	FABRICACION DE JABONES PARA USO INDUSTRIAL.
515	No	115	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	FAER LIMITADA	CL 42 101 B 16	4151558	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA QUIMICA
517	No	115	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	SALINAS MU#OZ JOSE BENIGNO	CL 42 A 103 A 22	4543215	COMERCIO DE PLASTICOS, INCLUYENDO SUS DESPERDICIOS
519	No	219	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PROCESOS Y SUMINISTROS LTDA	CL 43 77 35	4167675	PREPARACION DE DESINFECTANTES PARA EL HOGAR.
520	No	212	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PRODUCTOS BIODEGRADABLES T Y J LIMITADA	CL 43 82 06	2639383	FABRICACION DE JABONES PARA USO INDUSTRIAL.
521	No	213	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	DICOL LTDA.	CL 43 82 25	2953737	
525	No	218	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PLAS COLOR S LTDA	CL 43 BIS 73 A 04	2633023	
526	No	215	CCS	Aplica	6E+05	ECOPET E U	CL 44 78 50		
527	No	212	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	DAZA MASMELA CESAR ERNESTO	CL 44 82 68	4103646	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
528	No	212	CCS	Aplica	4E+05	ACABADOS PIEDRAPLAST	CL 44 83 75		
529	No	212	CCS	Aplica	6E+05	QUIMICOS H B LTDA	CL 44 84 58		
530	No	212	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	DOTACIONES Y FABRICACIONES SANTA CLARA L	CL 44 84 85	2630471	
531	No	212	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	COMPAùIA DE AUXILIARES Y COLORANTES C A	CL 44 A 83 19 / 25	5487949	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA TEXTIL
532	No	212	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	PAEZ LOZANO FIDELIGNO	CL 44 A 83 66	2952279	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
533	No	212	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	CARRE#O MARTINEZ JAIME OLMEDO	CL 44 A 83 75	2955590	PINTURA, ESMALTES Y BARNICES - AL POR MAYOR
534	No	204	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PROINPLAS LTDA	CL 44 A 90 70	2982048	FABRICACION DE FORMAS BASICAS DE PLASTICO.
538	No	203	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	GERALCO LIMITADA	CL 45 89 36	4101406	DESTILACION, RECTIFICACION Y MEXCLA DE BEBIDAS ALCOHOLICAS
540	No	204	CCS	Aplica	3E+05	EMPACADORA BOGOTA S.A	CL 45 89 76		
541	No	114	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	SABORES Y FRAGANCIAS S.A.	CL 45 98 44 BDG 14	4155630	
542	No	113	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	REFORZADOS PLASTICOS DE LA SABANA PLARES	CL 46 A 100 80	4151308	FABRICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS ORGANICOS, INCLUYE PRODUC
623	Si	424	Industri	Aplica	6E+05	ESTACION MOBIL METROPOLITANA DE TRANSPOR	CR 100 22 47	4150888	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
624	Si	302	Industri	Aplica	5E+05	DISTRI PINTURAS LTDA.	CR 100 22 58	2678686	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
625	No	140	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	FORERO RAMOS ALVARO	CR 100 33 44 INT 1	2670372	
626	No	116	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	SALINAS MU#OZ MARCO AURELIO	CR 100 40 34	5716561	COMERCIO DE PLASTICOS, INCLUYENDO SUS DESPERDICIOS
627	No	117	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	ROVESA LTDA EN LIQUIDACION OBLIGATORIA	CR 100 40 A 41	2982527	
628	No	115	CCS	Aplica	6E+05	ARPISOL LTDA	CR 100 42 A 24		
629	No	116	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PLASTIHOGAR LTDA	CR 100 43 40 / 46	4159888	FABRICACION DE ARTICULOS DE PLASTICOS PARA EL HOGAR.
630	No	115	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	GALVIS PINZON HUGO	CR 100 44 01	4157292	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
633	No	114	CCS	Aplica	6E+05	SU SERVITK	CR 100 45 30		ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
634	No	113	CCS	Aplica	7E+05	ALMAMAX S A Y SU SIGLA SERA ALMAX	CR 100 47 25		ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO.
635	Si	427	Industri	Aplica	4E+05	NO POSEE	CR 101 18 B 15	5426193	EMPRESAS DEDICADAS A LA DISTRIBUCION DE GAS PROCESADO Y NATU
636	No	425	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	BISONT S LEATHER LTDA	CR 102 21 93	2983761	FABRICACION DE MALETAS, MALETINES, NECESERES Y BOLSOS DE EQUI
637	No	113	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	C I ANDINO MARKETING LTDA	CR 103 47 85 OFC 30	4139952	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA QUIMICA
638	No	135	CCS	Aplica	3E+05	TRIPLEX SUMAPAZ & CIA LTDA	CR 103 A 36 35		
639	No	424	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	FABRINTER LTDA	CR 103 B 22 60	5429189	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
640	No	422	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	POLAM LTDA	CR 103 B 22 63	4131566	FABRICACION DE FORMAS BASICAS DE PLASTICO.
641	No	115	CCS	Aplica	7E+05	ALMACENADORES Y COMERCIO EXTERIOR S.A.	CR 103 BIS 44 28		ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO.
642	No	115	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	PROMOTORA DE LA INDUSTRIA FARMACEUTICA P	CR 103 BIS 44 A 20	2672914	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA FARMACEUTICA
644	No	131	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PLASTICOS AL VACIO LTDA	CR 104 A 37 16	2678527	FABRICACION DE ARTICULOS DE PLASTICOS PARA EL HOGAR.

Ref	Encuesta	Unidad	Fuente	Tipo	CIIU	Razon Social	Dirección	Telefono	Descripción de la activadad
645	No	421	ACOTOFA	Aplica	4E+05	BOHORQUEZ DIAZ JOCIAS	CR 104 B 26 70	4159434	
646	No	133	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	G C H DE COLOMBIA E U	CR 104 B 33 84	2675910	FABRICACION DE DETERGENTES Y AMBIENTADORES.
648	No	421	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	DIAZ NIEVES IGNACIO	CR 105 30 09	2935614	
649	No	421	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	LUNA VARGAS JAIRO	CR 105 A 27 20	5438952	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
650	No	421	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	ZAPATA GOMEZ Y CIA S EN C	CR 105 A 27 23	2986834	ELABORACION DE LUBRICANTES DERIVADOS DEL PETROLEO.
656	Si	422	Industri	Aplica	3E+05	DUQUESA S.A.	CR 106 23 86	4154311	PRODUCCION DE ACEITES Y GRASAS VEGETALES SIN REFINAR
657	Si	418	Industri	Aplica	4E+05	WILCOS LTDA.	CR 106 29 25	4186155	FABRICAICON DE COSMETICOS Y PREPARADOS DE TOCADOR.
658	No	418	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	INPACK LTDA.	CR 106 29 39	4040293	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
659	No	419	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	REMAX LIMITADA	CR 107 22 44	4130313	RECONSTRUCCION, VULCANIZACON Y REENCAUCHADO DE LLANTAS.
660	No	129	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	INDUSTRIAS SUPER VENCEDOR LTDA	CR 107 32 15	2240718	FABRICACION DE EXPLOSIVOS, MUNICIONES Y DETONANTES.
663	No	425	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	RAMIREZ SALVADOR	CR 107 A 21 A 42	2670590	FABRICACION DE VELAS VELADORAS, CIRIOS Y ESPERMAS.
664	No	419	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	OIL GRAFIC S & COMPA†IA LIMITADA	CR 108 23 38	4150726	
665	No	129	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PINEDA RUIZ RODRIGO DE JESUS	CR 108 32 29	2989935	
666	No	419	ACOTOFA	Aplica	3E+05	VINOS COLOMBIANOS DE CALIDAD VINCOCA LTD	CR 109 25 A 18	2679416	FABRICACION DE MOSTO Y VINO DE UVAS
671	No	420	CCS	Aplica	4E+05	WELLQUEM DE COLOMBIA LTDA	CR 111 21 06		
672	No	416	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	SANCHEZ SIERVO	CR 112 22 10	0	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
673	No	126	ACOTOFA	Aplica	4E+05	COSMETICOS AURAMAR LIMITADA	CR 112 36 26	4151640	FABRICAICON DE COSMETICOS Y PREPARADOS DE TOCADOR.
675	No	417	ACOTOFA	Aplica	6E+05	COLOMBIANA DE CRUDOS LTDA COLCRUDOS LTDA	CR 113 18 68	2674535	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
676	No	415	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PROTUCOL P V C LTDA	CR 113 25 A 42	7109685	FABRICACION DE FORMAS BASICAS DE PLASTICO.
678	Si	411	Industri	Aplica	4E+05	CRISTACRYL S.A.	CR 116 26 45	4181931	FABRICACION DE ARTICULOS DE CAUCHO PARA USOS HIGIENICOS FARM
680	Si	411	Industri	Aplica	4E+05	INBACOL LTDA.	CR 116 31 17	4189355	ELABORACION DE DISOLVENTES DERIVADOS DEL PETROLEO.
682	No	409	CCS	Aplica	7E+05	ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO DE LA CA	CR 120 26 09		ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO.
684	Si	122	Industri	Aplica	6E+05	PETROSERVIS LTDA.	CR 122 A 33 48	5484171	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
686	No	409	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	LIPESA COLOMBIA S A	CR 123 A 25 20	0	
687	No	407	CCS	Aplica	3E+05	PRODUCTOS ALIMENTICIOS EL GALPON LTDA	CR 124 22 91		
690	No	407	CCS	Aplica	3E+05	DINARTE LIMITADA	CR 127 22 90 INT. 1		
692	Si	406	Industri	Aplica	4E+05	MULTIDIMENSIONALES	CR 127 25 95	4182855	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
697	No	406	ACOTOFA	Aplica	4E+05	CIPRES LTDA	CR 129 25 A 04	4150877	FABRICACION DE PLASTICOS ESPUMADO.
698	No	119	CCS	Aplica	3E+05	MACONDO PASTA CO LIMITADA PODRA USAR LA	CR 129 29 57		
700	No	119	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	FAMOPLAST LIMITADA	CR 132 29 39	4131141	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
703	No	402	ACOTOFA	No Aplic	5E+05	PINTPER LTDA	CR 135 22 62	4151723	PINTURAS DE CONSTRUCCION.
1137	No	335	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	BETANCUR RENDON HELIODORO	CR 68 14 49	4143055	FABRICACION DE PARTES Y AVIOS PARA CALZADO.
1151	No	323	CCS	Aplica	7E+05	ALMACOOP ALMACEN GENERAL DE DEPOSITO ALM	CR 68 A 22 13		ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO.
1152	Si	323	Industri	Aplica	6E+05	BORDICOL LTDA.	CR 68 A 22 16	4141011	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA TEXTIL
1155	No	335	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	KOCELY RAMIREZ MIRKO ESTEBAN	CR 68 B 14 24	2619699	FABRICACION DE MOSTO Y VINO DE UVAS
1156	No	335	ACOTOFA	Aplica	3E+05	EMP COL PROD DE CUERO DE CAIMAN ECOCAIMA	CR 68 B 15 24	4136840	ADOBO, CURTIDO Y ACABADO DE PIELES.
1158	Si	330	Industri	Aplica	4E+05	EMPACOR S.A.	CR 68 B 18 90	2677799	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
1159	No	329	CCS	Aplica	3E+05	HILADOS PARA LA INDUSTRIA Y ARTESANIAS S	CR 68 B 20 75		
1165	No	333	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	POLICONICA LTDA	CR 68 D 13 43	2922390	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
1166	No	334	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	MARROQUINERA S A	CR 68 D 13 74 INT 4	2926266	FABRICACION DE MALETAS, MALETINES, NECESERES Y BOLSOS DE EQUI
1167	Si	334	Industri	Aplica	3E+05	COMESTIBLES ITALO S.A.	CR 68 D 15 26	4055236	FABRICACION DE CONFITES DE CHOCOLATE.
1168	No	334	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	REENCAUCHADORA INDUSTRIAL LIMITADA	CR 68 D 15 78	2922380	RECONSTRUCCION, VULCANIZACON Y REENCAUCHADO DE LLANTAS.
1169	No	329	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	ADHESIVOS LIMITADA	CR 68 D 17 30	4110299	FABRICACION DE ARTICULOS DE CAUCHO PARA USOS INDUSTRIALES Y M
1171	Si	329	Industri	Aplica	3E+05	IMA S.A.	CR 68 D 19 80	2922011	FABRICACION DE APEROS Y ARNESE, SILLAS DE MONTAR Y SUS ACCESO
1172	Si	329	Industri	Aplica	4E+05	ESCORCIA Y CIA LTDA.	CR 68 D 20 40	2922560	PRODUCCION DE PIGMENTOS Y MATERIAS COLORANTES
1173	No	323	CCS	Aplica	3E+05	TEXTILES ROMANOS S.A.	CR 68 D 21 86		
1175	No	328	ACOTOFA	Aplica	6E+05	ALIVENCO DE COLOMBIA S A	CR 69 19 24	4246655	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA QUIMICA
1176	No	319	CCS	Aplica	3E+05	PRODUCTOS ALIMENTICIOS MARGARITA S A	CR 69 21 03		
1180	No	332	CCS	Aplica	3E+05	ALMATEX Y CIA SOCIEDAD EN COMANDITA SIMP	CR 69 B 16 56		
1182	No	247	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	ARRUBLA SIERRA CONRADO	CR 69 B 31 06	4005289	ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIO, LAVADO, ENGRASE Y CAMBIO DE ACEI
1184	No	224	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	PARTINSUMOS E U	CR 69 B 40 20 INT.	2956645	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA TEXTIL
1185	Si	247	Industri	Aplica	6E+05	COMERCIALIZADORA FLORIDA (TERPEL)	CR 69 D 32 A 66	4168935	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
1187	No	317	CCS	Aplica	6E+05	SERVIGAVIOTA S.A.	CR 70 23 05		ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A
1189	Si	318	Industri	Aplica	4E+05	PROALPET S.A.	CR 70 A 22 52	4112599	FABRICACION DE JOYAS Y ARTICULOS CONEXOS
1190	No	317	ACOTOFA	Aplica	6E+05	CAMPY GALEANO & CIA LIMITADA	CR 71 21 91	2928475	ESTACIONES, BOMBAS DE SERVICIO Y ESTABLECIMIENTOS DEDICADOS A

INFORMACION DE INDUSTRIAS FONTIBÓN

Ref	Encuesta	Unidad	Fuente	Tipo	CIIU	Razon Social	Dirección	Telefono	Descripción de la activadad
1198	No	244	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	CONFECCIONES Y MANUFACTURA LIZATEX Y CIA	CR 75 A 37 A 04	4106531	
1200	No	219	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	VAQUECUEROS LIMITADA	CR 76 A 42 39	2633947	FABRICACION DE MALETAS, MALETINES, NECESERES Y BOLSOS DE EQUI
1202	No	242	Razon	Aplica	6E+05	CIA IMPORTADORA DE PRODUCTOS QUIMICOS LT	CR 77 35 A 71	4162562	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA QUIMICA
1205	No	236	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	GILSI LTDA	CR 77 A 38 A 15	4107051	FABRICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS INDUSTRIALES.
1208	No	214	Industri	Aplica	4E+05	AGREVO S.A.	CR 77 A 45 61	4266270	FABRICACION Y MEZCLA DE INSECTICIDAS Y PLAGUICIDAS, FUNGICIDAS
1211	No	215	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	VEGA CARVAJAL ALFONSO MARIA	CR 78 42 52	2631617	CURTIDO Y ACABADO DEL CUERO.
1212	No	215	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PLASTILON LTDA	CR 78 44 40	2632359	
1214	No	240	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	GRANADOS SALAZAR GLORIA ISABEL	CR 79 33 A 04	2631101	
1218	No	237	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	NEWSKIN LTDA	CR 82 A 36 A 28	2630206	FABRICAICON DE COSMETICOS Y PREPARADOS DE TOCADOR.
1219	No	237	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	TECPAD INGENIEROS LIMITADA	CR 82 A 37 17 (308)	91463506	
1220	No	237	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	LAITON DAVID	CR 83 35 58	2640795	GUARNECIDO Y PUNTEADO DE CALZADO.
1221	No	212	CCS	Aplica	3E+05	QUIVET LIMITADA	CR 83 44 A 25		
1225	No	234	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	RINCON GUTIERREZ JOSE HENRY	CR 86 32 A 51 INT 1	4132074	REFINACION, LAMINACION Y FUNDICION DEL ORO.
1226	No	234	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	GOMEZ JURADO CLAUDIA GIOMAR	CR 86 35 60	2647926	FABRICACION DE SANDALIAS, PANTUFLAS Y SIMILARES.
1230	Si	205	Industri	Aplica	3E+05	CALZADO JOVICAL S.A.	CR 89 44 A 60	4107063	FABRICACION DE CALZADO DE CUERO PARA HOMBRE
1231	No	204	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	ALUSUD EMBALAJES COLOMBIA LTDA	CR 89 45 55	4100821	
1233	No	204	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	SIMA QUIMICA COLOMBIA S A SIGLA SIMACOL	CR 90 45 72	4101391	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA QUIMICA
1235	No	311	CCS	Aplica	4E+05	ESPUMAS DE LA SABANA LTDA	CR 93 24 70		FABRICACION DE PLASTICOS ESPUMADO.
1237	No	305	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	VICTOR RINCON Y CIA LTDA VIANCAMA LTDA	CR 94 28 17	2672491	FABRICACION DE ARTICULOS DE CAUCHO PARA USOS INDUSTRIALES Y M
1238	No	207	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	EMBOTELLADORA DEL HUILA S.A.	CR 94 42 94	4152238	
1242	No	201	CCS	Aplica	7E+05	ALMACENADORA DE DEPOSITO EL DORADO ALMA	CR 94 47 73		ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO.
1244	No	308	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	MAYORGA DIAZ JUAN MANUEL	CR 95 18 C 23	4134007	FABRICACION DE ENVASES CAJAS Y BOLSAS DE PLASTICO.
1245	No	306	CCS	Aplica	3E+05	CHAIM PEISACH Y CIA HILANDERIA FONTIBON	CR 95 24 39		
1246	Si	306	Industri	Aplica	6E+05	HILANDERIA FONTIBON	CR 95 24 49	2985511	MATERIA PRIMA PARA INDUSTRIA TEXTIL
1247	Si	232	Industri	Aplica	4E+05	ICOFORMAS LTDA.	CR 95 35 A 08	4151888	FABRICACION DE OTRAS RESINAS Y MATERIAS PLASTICAS ARTIFICIALES.
1248	No	232	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	LOZANO MENDEZ DANILO	CR 95 A CL 34 BIS Y	4516171	
1249	No	306	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	ARGUELLES GALVIS AUGUSTO FERNANDO	CR 96 22 25	2670705	
1250	No	306	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	MECANOFIBRA LTDA	CR 96 22 46	2989245	FABRICACION DE MUEBLES Y PRODUCTOS DE PLASTICO NO INCLUIDOS A
1251	No	306	CCS	Aplica	3E+05	QUIRURGICOS HENMAR LTDA	CR 96 25 63		
1252	No	231	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	J SOREL LIMITADA	CR 96 A 38 B 60	4151782	FABRICAICON DE COSMETICOS Y PREPARADOS DE TOCADOR.
1253	No	231	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	QUIMITINTAS E U	CR 96 BIS 35A 58	4154089	FABRICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS INDUSTRIALES.
1254	No	201	CCS	Aplica	6E+05	DISTRIBUCIONES COSMETICAS Y REPRESENTACI	CR 96 BIS 45 20		PRODUCTOS QUIMICOS.
1256	No	308	ACOTOFA	No Aplic	6E+05	ASESORIAS Y MATERIAS PRIMAS LIMITADA ASE	CR 97 18 A 06	4180827	
1257	Si	306	Industri	Aplica	7E+05	DELTA OIL CIA	CR 97 23 64	4181624	VENTA DE OTROS DERIVADOS DEL PETROLEO DIFERENTES DEL COMBUS
1259	Si	302	Industri	Aplica	4E+05	LABORATORIOS AGROQUIM LTDA.	CR 97 25 47	2986656	FABRICAICON DE COSMETICOS Y PREPARADOS DE TOCADOR.
1260	No	232	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	DAMECOS LTDA	CR 97 32 06	4180532	FABRICACION DE ESTERAS Y ALFOMBRAS DE CAUCHO.
1261	No	422	CCS	Aplica	3E+05	RIDAPORT LTDA	CR 97 34 B 50 Bodeg		
1263	No	304	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	QUIMICOS KABBRA Y CIA LTDA	CR 98 19 B 60	2988224	PREPARACION DE DESINFECTANTES PARA EL HOGAR.
1264	No	138	ACOTOFA	No Aplic	3E+05	MANUFACTURAS CASSANI LTDA.	CR 98 38 C 83	2986978	FABRICACION DE ARTICULOS DE MARROQUINERIA, BILLETERAS, LLAVER
1265	Si	116	Industri	Aplica	6E+05	NEOQUIMICA COL. LTDA.	CR 98 41 A 23	4159795	PRODUCTOS QUIMICOS.
1269	No	116	Razon	Aplica	4E+05	CREATIVE COLORS S.A.	CR 98 42 A 41/87	4185804	FABRICAICON DE COSMETICOS Y PREPARADOS DE TOCADOR.
1270	Si	128	Industri	Aplica	4E+05	ALUSUD	CR 98 44 A 55	2932200	FABRICACION DE MUEBLES Y PRODUCTOS DE PLASTICO NO INCLUIDOS A
1271	No	301	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	BARRAGAN MARTINEZ EUTIMIO	CR 99 27 53	2676332	FABRICACION DE REPUESTOS Y ACCESORIOS DE PLASTICO PARA USO IN
1272	No	301	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	ALMOPLAS LIMITADA	CR 99 29 73	2677877	
1273	No	114	CCS	Aplica	4E+05	LABORATORIOS BEST S A	CR 99 46 A 10 INT 2		
1291	No	251	CCS	Aplica	7E+05	ALOCCIDENTE	DG 22 A 68 A 10		ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO.
1292	No	321	CCS	Aplica	7E+05	ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO ALMADEL	DG 22 A 68 B 75 / 8		ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO.
1296	No	124	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	GONZALEZ DORIS MARINA MARIA PEREZ DE	DG 39 118 11	4180515	FABRICACION DE FORMAS BASICAS DE PLASTICO.
1299	No	206	CCS	Aplica	6E+05	DELTACROM LIMITADA	DG 43 95 14		PRODUCTOS QUIMICOS.
1300	Si	207	Industri	Aplica	4E+05	CASTROL COLOMBIA LTDA - VEEDOL	DG 43 95 25	4159288	ELABORACION DE LUBRICANTES DERIVADOS DEL PETROLEO.
1301	No	207	CCS	Aplica	3E+05	ALFOMBRAS Y TAPETES ORIENTALES LIMITADA	DG 43 95 69		
1302	No	206	CCS	Aplica	7E+05	ALPOPULAR ALMACEN GENERAL DE DEPOSITOS S	DG 43 96 50		ALMACENES GENERALES DE DEPOSITO.
1304	No	202	CCS	Aplica	4E+05	PHARMACIA & UPJOHN	DG 45 93 43		
1315	No	409	ACOTOFA	No Aplic	4E+05	PRODULAC LTDA	TV 124 25 95	4184824	PRODUCCION DE PIGMENTOS Y MATERIAS COLORANTES
1352	No	207	CCS	Aplica	3E+05	TEXTILES VELANEX S A	TV 96 41 20		

INFORMACION DE INDUSTRIAS FONTIBÓN

Ref	Encuesta	Unidad	Fuente	Tipo	CIIU	Razon Social	Dirección	Telefono	Descripción de la activadad
1501	No	505	Z. Franca	Aplica	4E+05	FEPCO ZONA FRANCA	54	4395058	INDUSTRIA DE BIENES Y SERVICIOS
1502	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	ZONA FRANCA D.F.I.	131-132	4395052	INDUSTRIA DE SERVICIOS
1503	No	504	Z. Franca	Aplica	4E+05	COMPTEC S.A	7-8A-8B-8C-8D	4395112	INDUSTRIA DE BIENES
1504	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	A.E.I. DE COLOMBIA ZONA FRANCA	116-84 BOD 6	4395306	INDUSTRIA DE SERVICIOS
1505	No	503	Z. Franca	Aplica	4E+05	C.I. FRUTERRA DE COLOMBIA	39 BOD 2	4395185	INDUSTRIA DE SERVICIOS
1506	No	503	Z. Franca	Aplica	4E+05	HMD ZONA FRANCA	71 PISO 2		INDUSTRIA DE BIENES Y SERVICIOS
1507	No	501	Z. Franca	No Aplic	6E+05	HYUNDAI INTERNATIONAL	75-76-77-78	4395093	COMERCIAL
1508	No	502	Z. Franca	No Aplic	6E+05	DIDA COLOMBIANA S.A.	117	4395140	COMERCIAL
1509	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	IMPORTADORA FOTO	39 BOD 4	4395023	COMERCIAL
1510	No	505	Z. Franca	Aplica	4E+05	TETRA PACK ANDINA	47-47A-48	4395105	INDUSTRIA DE BIENES Y SERVICIOS
1511	No	502	Z. Franca	No Aplic	6E+05	LOGISTICA ZONA FRANCA	84 BOD 1-2-3-4	4395128	COMERCIAL
1512	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	YAZAKI - CIEMEL FTZ	129-130	4395345	INDUSTRIA DE BIENES
1513	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	SERLIN Z.F. LTDA.	10-39 BOD 3-4	4395016	COMERCIAL
1514	No	506	Z. Franca	No Aplic	6E+05	DISTRICARGO OPERADORES	46-56-57-58-61-62-63	4395031	COMERCIAL
1515	No	502	Z. Franca	No Aplic	6E+05	CONSERVAS GRAN U	87-88		COMERCIAL
1516	No	501	Z. Franca	No Aplic	6E+05	ALMACENES MAXIMO	109	4395478	COMERCIAL
1517	No	501	Z. Franca	No Aplic	6E+05	ECONTA S.A.	105	4395385	COMERCIAL
1518	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	MULTAINERS LTDA.	84 BOD 7- 8	4395326	INDUSTRIA DE BIENES
1519	No	505	Z. Franca	No Aplic	6E+05	FIZA LTDA.	23	4395492	COMERCIAL
1520	No	505	Z. Franca	No Aplic	6E+05	COSTURA LTDA.	23		COMERCIAL
1521	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	LABORATORIOS CALI	74 BOD 4	4395258	COMERCIAL
1522	No	502	Z. Franca	No Aplic	6E+05	COMZOFRAN LTDA.	121A BOD 3	4395228	COMERCIAL
1523	No	502	Z. Franca	No Aplic	6E+05	EMERSON ELECTRIC	121A BOD 6	4395234	COMERCIAL
1524	No	502	Z. Franca	No Aplic	6E+05	TRANSPORTES CETT	121A BOD 4	4395221	COMERCIAL
1525	No	502	Z. Franca	No Aplic	6E+05	ALCOMEX S.A	121A BOD 5	4395202	COMERCIAL
1526	No	501	Z. Franca	No Aplic	6E+05	SKY ELECTRONICS ZONA FRNACA	81		COMERCIAL
1527	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	DEPOSITO ADUANERO	46 BOD ORIENTAL	4395430	COMERCIAL
1528	No	504	Z. Franca	No Aplic	6E+05	ALMAVIVA	4		COMERCIAL
1529	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	PERMODA	71	4395390	COMERCIAL
1530	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	GRUPO LAS AMERICAS	121A BOD 5 PISO 2	4395353	INDUSTRIA DE SERVICIOS
1531	No	502	Z. Franca	No Aplic	6E+05	REPREMUNDO LTDA.	84 BOD 6	4395368	COMERCIAL
1532	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	INTERPLAST OVERSEA	121A BOD 2	4395206	INDUSTRIA DE BIENES Y SERVICIOS
1533	No	502	Z. Franca	No Aplic	6E+05	KINTETSU WORLD EXPRESS	121A BOD 7	4395237	COMERCIAL
1534	No	501	Z. Franca	No Aplic	6E+05	NALSANI S.A.	98		COMERCIAL
1535	No	501	Z. Franca	No Aplic	6E+05	WILLSONLOGISTICS	118B	4395573	COMERCIAL
1536	No	501	Z. Franca	No Aplic	6E+05	ALPASAR ZONA FRANCA	118A	4395666	COMERCIAL
1537	No	506	Z. Franca	Aplica	4E+05	SITSA	63C	5718030	INDUSTRIA DE SERVICIOS
1538	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	CELLSTAR	74 BOD 2	4395315	COMERCIAL
1539	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	LIGHTING DE COLOMBIA	134A		INDUSTRIA DE BIENES Y SERVICIOS
1540	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	CASTAÑO GONZALEZ	74 BOD 1	4395310	COMERCIAL
1541	No	501	Z. Franca	Aplica	4E+05	INELSO LTDA.	81		INDUSTRIA DE BIENES
1542	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	POLEX CORPORATION	123	4395405	INDUSTRIA DE BIENES Y SERVICIOS
1543	No	506	Z. Franca	Aplica	4E+05	SULARIX	63C		INDUSTRIA DE SERVICIOS
1544	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	TRAVE DE COLOMBIA	74 BOD 7	4395272	COMERCIAL
1545	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	D.H.L.	74 BOD 5		COMERCIAL
1546	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	BIOQUIM LTDA.	74 BOD 4 PISO 3		COMERCIAL
1547	No		Z. Franca	Aplica	4E+05	BOGOTA GOLD AND GEMS	BOD 4 PISO 2-3		INDUSTRIA DE BIENES Y SERVICIOS
1548	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	FZ CARGO LTDA.	39 BOD 2 PISO 3		COMERCIAL
1549	No		Z. Franca	No Aplic	6E+05	INVERSIONES SAGIT			COMERCIAL
1550	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	CASTELSOUND S.A.	87 BOD 2		INDUSTRIA DE BIENES Y SERVICIOS
1551	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	STAIR ZONA FRANCA	39 BOD 5 PISO 2-3		COMERCIAL
1552	No	505	Z. Franca	No Aplic	6E+05	MEGA FREE ZONE	22A	2813150	COMERCIAL
1553	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	TYRS ZONA FRANCA	84 BOD 5		INDUSTRIA DE BIENES
1554	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	DSTRIBUCIONES FISICAS	84	4395406	INDUSTRIA DE SERVICIOS
1555	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	FIBERTEX CORPARATION	117A-117B		INDUSTRIA DE BIENES

Ref	Encuesta	Unidad	Fuente	Tipo	CIIU	Razon Social	Dirección	Telefono	Descripción de la activadad
1556	No	505	Z. Franca	No Aplic	6E+05	KIA PLAZA	55B	3711619	COMERCIAL
1557	No	503	Z. Franca	Aplica	4E+05	LOGISTICA INTEGRAL	74	4395308	INDUSTRIA DE SERVICIOS
1558	No	506	Z. Franca	Aplica	4E+05	IT & S DE COLOMBIA	60C		INDUSTRIA DE SERVICIOS
1559	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	ICCEM ZONA FRANCA	84	4395319	INDUSTRIA DE BIENES Y SERVICIOS
1560	No	502	Z. Franca	No Aplic	6E+05	LAAX S.A.	123		COMERCIAL
1561	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	JAS FORWARDING D.	39		COMERCIAL
1562	No	502	Z. Franca	Aplica	4E+05	SEAGULL ASSOCIATED	84		INDUSTRIA DE BIENES Y SERVICIOS
1563	No	503	Z. Franca	No Aplic	6E+05	EURO SPORT LTDA.	36		COMERCIAL
1564	No	502	Z. Franca	No Aplic	6E+05	INDSUTRIAS PHILIPS	134B	4394000	COMERCIAL

ANEXO F

Clasificación por CIIU

CLASIFICACION POR CIIU

CIIU	Actividad Economica	Fuente de Amenaza	E	I	F	D
311102	Matanza de ganado menor con o sin frigorificos	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311104	Conservacion de carnes, curado ahumado, salado y conservacion en salmuera o vinagre, incluye	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311105	Preparacion de carnes frias y otras carnes no envasadas, jamones, tocinetas, salchichas y emb	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311107	Matanza de aves de corraly de animales de caza menor con o sin frigirifico	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311201	Pasteurizacion, homogenizacion, vitaminizacion y embotellado de leche liquida	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311203	Fabricacion de queso	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311205	Fabricacion de helados a base de leche	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311207	Preparacion de leches acidas, yoghurt, kumis, etc.	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311302	Envasado y envase de jugos de frutas	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311401	Preparacion de pescados y otros animales marinos y de agua dulce, comestibles frescos, refrig	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311501	Produccion de aceites y grasas vegetales sin refinar	Uso de gas Hidrógeno, Solventes Líquidos, Combustibles y uso de Caldera	X	X	X	X
311503	Produccion de sebo fundido no comestible sin refinar.	Uso de gas Hidrógeno, Solventes Líquidos, Combustibles y uso de Caldera	X	X	X	X
311504	Refinacion de aceites y grasas vegetales no incluye la hidrogenacion	Uso de gas Hidrógeno, Solventes Líquidos, Combustibles y uso de Caldera	X	X	X	X
311506	Fabricacion de margarinas y grasas compuestas para cocinar.	Uso de gas Hidrógeno, Solventes Líquidos, Combustibles y uso de Caldera	X	X	X	X
311701	Panaderia	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311704	Fabricacion de macarrones, fideos, tallarines y otras pastas alimenticias	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311901	Fabricacion de chocolate de cacao a base de grano.	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
311903	Fabricacion de confites de chocolate.	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
312104	Produccion de extractos y jarabes de frutas, cereales y otros vegetales	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
312107	Fabricacion de hielo	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
312109	Preparacion de papa frita, patacones, chicharrones, masa para empanadas y arepas y similares	Uso de Amoniaco como gas refrigerante			X	
312201	Elaboracion de alimento para ganado	Almacenamiento de combustibles y uso de Caldera	X	X		
312202	Elaboracion de alimento para aves	Almacenamiento de combustibles y uso de Caldera	X	X		
312204	Fabricacion de productos especiales mezclados, enlatados, congelados o secos para alimentacio	Almacenamiento de combustibles y uso de Caldera	X	X		
312205	Produccion de sustancias y aditamentos alimenticios para animales, incluso harinas de ostras,	Almacenamiento de combustibles y uso de Caldera	X	X		
313101	Destilacion de alcohol etilico, para todos los usos.	Manejo de Alcohol, almacenamiento de Combustibles y uso de Caldera	X	X		X
313102	Destilacion, rectificacion y mexcla de bebidas alcoholicas	Manejo de Alcohol, almacenamiento de Combustibles y uso de Caldera	X	X		X
313201	Fabricacion de mosto y vino de uvas	Uso de Amoniaco como gas refrigerante, Almacenamiento de Combustibles y udo de Caldera	X	X	X	X
313202	Fabricacion de mosto y vino de frutas	Uso de Amoniaco como gas refrigerante, Almacenamiento de Combustibles y udo de Caldera	X	X	X	X
313301	Fabricacion de cerveza	Uso de Amoniaco como gas refrigerante, Almacenamiento de Combustibles y udo de Caldera	X	X	X	X
313402	Purificacion y embotellado de agua natural gasificada y sin gasificar.	Manejo de Alcohol, almacenamiento de Combustibles y uso de Caldera	X	X		X
313403	Fabricacion de bebidas no alcoholicas gasificadas y sin gasificar.	Manejo de Alcohol, almacenamiento de Combustibles y uso de Caldera	X	X		X
321100	Hilado, tejido y acabado de textiles n.e.	Manejo de material Inflamable y Combustible		X		X
321104	Preparacion e hilado de fibras artificiales y sinteticas	Manejo de material Inflamable y Combustible		X		X
321106	Hilado de algodon	Manejo de material Inflamable y Combustible		X		X
321108	Acabado, te¤ido y estampado de textiles	Manejo de material Inflamable y Combustible		X		X
321301	Fabricacion de calceteria	Manejo de material Inflamable y Combustible		X		X
321401	Fabricacion de tapetes y alfombras hechos principalmente de lana	Manejo de material Inflamable y Combustible		X		X
321402	Fabricacion de tapetes y alfombras hechos principalmente de algod¢n	Manejo de material Inflamable y Combustible		X		X
321403	Fabricacion de tapetes y alfombras hechos principalmente de fibras artificiales y sinteticas	Manejo de material Inflamable y Combustible		X		X
321600	Tejidos y manufactura de algod¢n y sus mezclas n.e.	Manejo de material Combustible		X		
321601	Fabricacion de tejidos planos de algod¢n, telas, driles y lanas	Manejo de material Combustible		X		
321602	Fabricacion de tejidos planos de algod¢n esponjosos o afelpados	Manejo de material Combustible		X		
321605	Fabricacion de tejidos y articulos de algod¢n bordados	Manejo de material Combustible		X		
321606	Tejido de gasa de algodon	Manejo de material Combustible		X		
321612	Tejidos de algod¢n bordados angostos	Manejo de material Combustible		X		
321801	Tejidos planos de fibras artificiales te¥idos y estampados	Manejo de material Combustible		X		
321802	Tejidos planos de fibras sinteticas te¥ido y estampado	Manejo de material Combustible		X		
321805	Tejidos planos de fibras artificiales o sinteticas tipo raso o sattin	Manejo de material Combustible		X		
321807	Telas de fibras artificiales y sinteticas desechables	Manejo de material Combustible		X		
323201	Adobo, curtido y acabado de pieles.	Derrame de sustancias Tóxicas y Corrosivas utilizadas en el proceso de Curtido				X
323302	Fabricacion de aperos y arnese, sillas de montar y sus accesorios, fustas.	Manejo de material Combustible		X		
323306	Fabricacion de articulos de marroquineria, billeteras, llaveros etc.	Manejo de material Combustible		X		
323309	Fabricacion de articulos de marroquineria de cuero artificial.	Manejo de material Combustible		X		
324001	Fabricacion de partes y avios para calzado.	Manejo de material Combustible		X		
324002	Fabricacion de calzado de cuero para hombre	Manejo de material Combustible		X		
331103	Fabricacion de maderas contrachapadas	Manejo de sustancias Tóxicas (Formaldehido)		X		X
332000	Fabricacion de muebles	Manejo de Pintras, Lacas y Solvantes		X		

CLASIFICACION POR CIIU

CIIU	Actividad Economica	Fuente de Amenaza	E	I	F	D
332002	Fabricacion de muebles para el hogar	Manejo de Pintras, Lacas y Solvantes		X		
332003	Fabricacion de muebles para oficina	Manejo de Pintras, Lacas y Solvantes		X		
332006	Fabricacion de colchones y somieres	Manejo de Pintras, Lacas y Solvantes		X		
341102	Fabricacion de papel	Uso de Cloro			X	
341103	Fabricacion de carton	Uso de Cloro			X	
351100	Fabricacion de productos quimicos organicos	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
351101	Fabricacion de productos quimicos organicos, incluye productos ciclicos y acicli	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
351103	Fabricacion de productos quimicos industriales.	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
351104	Fabricacion de papel de fibra para construcciones.	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
351107	Fabricacion de materias colorantes organicas, extractos tintoreos y materias cu	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
351108	Produccion de pigmentos y materias colorantes	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
351111	Fabricacion y envase de alcoholes.	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
351201	Fabricacion de abonos nitrogenados, fosfatos y potasicos.	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
351203	Fabricacion y mezcla de insecticidas y plaguicidas, fungicidas y herbicidas.	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
351301	Fabricacion de materias sinteticas de poliesteres no saturados y siliconas.	Manejo de sustancias inflamables y volatiles y reacciones peligrosas	X	X		X
351302	Fabricacion de materiales sinteticas por polimerizacion y copolimerizacion.	Manejo de sustancias inflamables y volatiles y reacciones peligrosas	X	X		X
351304	Fabricacion de otras resinas y materias plasticas artificiales.	Manejo de sustancias inflamables y volatiles y reacciones peligrosas	X	X		X
352101	Fabricacion de pinturas y barnices para uso general e industrial	Manejo de sustancias inflamables y volatiles y reacciones peligrosas	X	X		X
352102	Fabricacion de lacas	Manejo de sustancias inflamables y volatiles y reacciones peligrosas	X	X		X
352103	Productos desleidores, quitapinturas, producto para limpiar pinceles, brochas y masillas	Manejo de sustancias inflamables y volatiles y reacciones peligrosas	X	X		X
352200	Fabricacion de productos farmaceuticos y medicamentos n.e.	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
352201	Fabricacion de productos biologicos a base de materias naturales y producidas si	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
352202	Produccion de antibioticos para uso humano.	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
352203	Fabricacion de productos vegetales excepto antibioticos.	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
352204	Producion de vitaminas y provitaminas de materias naturales sinteticas para uso	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
352205	Fabricacion de productos biologicios a base de materias naturales y producidos s	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
352206	Produccion de antibioticos para uso veterinario.	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
352209	Produccion de medicamentos homeopaticos.	Manejo de sustancias peligrosaas diversas y Procesos peligrosos	X	X	X	X
352300	Fabricacion de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosmeticos y otros productos de to	Manejo de materiales y procesos peligrosos	X	X		X
352301	Fabricacion de glicerinas a base de aceites y grasas animales y vegetales	Manejo de materiales y procesos peligrosos	X	X		X
352302	Fabricacion de jabones para lavar.	Manejo de materiales y procesos peligrosos	X	X		X
352304	Fabricacion de jabones para uso industrial.	Manejo de materiales y procesos peligrosos	X	X		X
352305	Fabricacion de detergentes y ambientadores.	Manejo de materiales y procesos peligrosos	X	X		X
352306	Fabricaicon de cosmeticos y preparados de tocador.	Manejo de materiales y procesos peligrosos	X	X		X
352307	Fabricacon de lociones y perfumes.	Manejo de materiales y procesos peligrosos	X	X		X
352801	Preparacion de desinfectantes para el hogar.	Manejo de materiales y procesos peligrosos	X	X		X
352900	Fabricacion de productos quimicos n.e.p.	Manejo de materiales y operaciones peligrosos	X	X		
352901	Fabricacion de cera artificial y betunes.	Manejo de materiales y operaciones peligrosos	X	X		
352904	Fabricacion de tintas de imprenta.	Manejo de materiales y operaciones peligrosos	X	X		
352907	Fabricacion de colas, adhesivos y cementos sinteticos.	Manejo de materiales y operaciones peligrosos	X	X		
352912	Aditivo para concreto.	Manejo de materiales y operaciones peligrosos	X	X		
352913	Fabricacion de velas veladoras, cirios y espermas.	Manejo de materiales y operaciones peligrosos	X	X		
353001	Elaboracion de combustibles derivados del petroleo.	Manejo de materiales inflamables y combustibles con operaciones peligrosas	X	X	X	X
353002	Elaboracion de lubricantes derivados del petroleo.	Manejo de materiales inflamables y combustibles con operaciones peligrosas	X	X	X	X
353003	Elaboracion de disolventes derivados del petroleo.	Manejo de materiales inflamables y combustibles con operaciones peligrosas	X	X	X	X
353005	Fabricacion de asfalto.	Manejo de materiales inflamables y combustibles con operaciones peligrosas		X		X
355902	Fabricacion de articulos de caucho para usos higienicos farmaceuticos y de labor	Manejo de material Combustible	X	X		X
355905	Fabricacion de articulos de caucho para usos industriales y mecanicos.	Manejo de material Combustible	X	X		X
355907	Fabricacion de accesorios de caucho.	Manejo de material Combustible	X	X		X
355908	Fabricacion de jugueteria de caucho.	Manejo de material Combustible	X	X		X
355909	Fabricacion de esteras y alfombras de caucho.	Manejo de material Combustible	X	X		X
356000	Fabricacion de productos plasticos n.e.p.	Manejo de material Plastico Combustible		X		
356001	Fabricacion de formas basicas de plastico.	Manejo de material Plastico Combustible		X		
356002	Fabricacion de plasticos espumado.	Manejo de material Plastico Combustible		X		
356003	Fabricacion de articulos de plasticos para el hogar.	Manejo de material Plastico Combustible		X		
356004	Fabricacion de pelicula tubular y tripas sinteticas.	Manejo de material Plastico Combustible		X		
356005	Fabricacion de envases cajas y bolsas de plastico.	Manejo de material Plastico Combustible		X		
356006	Fabricacion de repuestos y accesorios de plastico para uso industrial.	Manejo de material Plastico Combustible		X		

CLASIFICACION POR CIIU

CIIU	Actividad Economica	Fuente de Amenaza	E	I	F	D
356007	Fabricacion de calzado de plastico y sus partes	Manejo de material Plastico Combustible		X		
356009	Fabricacion de muebles y productos de plastico no incluidos antes	Manejo de material Plastico Combustible		X		
356011	Fabricacion de icopor y articulos de este material	Manejo de material Plastico Combustible		X		
369202	Fabricacion de yeso	Manejo de material Plastico Combustible		X		
371003	Fabricacion de acero	Manejo de sustancias Tóxicas				X
372107	Fabricacion de articulos fundidos de zinc y sus aleaciones.	Manejo de sustancias Tóxicas				X
372108	Fabricacion de articulos de zinc y sus aleaciones.	Manejo de sustancias Tóxicas				X
385100	Fabr material prof y cientifico; instrum de medida y control; ap. Fotogr y optic	Manejo de material Combustible		X		
390100	Fabricacion de joyas y articulos conexos	Manejo de material Combustible		X		
410201	Empresas dedicadas a la produccion de gas procesado	Maneno de gases Combustibles	X	X	X	
410202	Empresas dedicadas a la distribucion de gas procesado y natural	Maneno de gases Combustibles	X	X	X	
500028	Pinturas de construccion.	Manejo de solventes		X		
610101	Comercio al por mayor de bebidas alcoholicas	Almacenamiento de sustancias Inflamables		X		X
610801	Drogas y medicinas para uso humano.	Almacenamiento de material peligroso	X	X	X	X
610802	Drogas y medicinas para uso veterinario.	Almacenamiento de material peligroso	X	X	X	X
610803	Cosmeticos.	Almacenamiento de material peligroso	X	X	X	X
610805	Productos quimicos.	Almacenamiento de material peligroso	X	X	X	X
610901	Materia prima para industria quimica	Almacenamiento de sustancias peligrosas		X	X	X
610902	Materia prima para industria farmaceutica	Almacenamiento de sustancias peligrosas		X	X	X
610903	Materia prima para industria textil	Almacenamiento de sustancias peligrosas		X	X	X
610909	Materia prima para industria de plastico	Almacenamiento de sustancias peligrosas		X	X	X
610914	Compra venta de desperdicios de sustancias quimicas industriales	Almacenamiento de sustancias peligrosas		X	X	X
610915	Comercio de plasticos, incluyendo sus desperdicios	Almacenamiento de sustancias peligrosas		X	X	X
611002	Pintura, esmaltes y barnices - al por mayor	Almacenamiento de sustancias Inflamables		X		
611806	Comercio al por mayor de insumos agricolas	Almacenamiento de sustancias Inflamables		X		
611901	Distribucion de gasolina y lubricantes - al por mayor	Almacenamiento de sustancias Inflamables y Combustibles	X	X		X
611902	Comercio al por mayor de petroleo	Almacenamiento de sustancias Inflamables y Combustibles	X	X		X
620400	Comercio al detal de maquinaria, herramientas y accesorios	Almacenamiento de sustancias Inflamables y Combustibles		X		
620700	Actividad no identificada en forma precisa dentro de este codigo	Almacenamiento de sustancias Inflamables y Combustibles	X	X		X
620701	Estaciones, bombas de servicio y establecimientos dedicados a la venta de combus	Almacenamiento de sustancias Inflamables y Combustibles	X	X		X
620702	Establecimientos de servicio, lavado, engrase y cambio de aceite.	Almacenamiento de sustancias Inflamables y Combustibles	X	X		X
620703	Venta de otros derivados del petroleo diferentes de combustibles y aceites	Almacenamiento de sustancias Inflamables y Combustibles	X	X		X
620904	Comercio al detal de productos quimicos	Almacenamiento de sustancias peligrosas		X		X
632001	Hoteles	Almacenamiento de sustancias Combustibles		X		
711500	Venta de otros derivados del petroleo diferentes del combustible y el aceite.	Almacenamiento de sustancias Inflambles		X		
713102	Empresas de carga.	Almacenamiento de sustancias Combustibles		X		
719201	Almacenes generales de deposito.	Almacenamiento de sustancias Inflambles		X		
719202	Depositos refrigerados	Almacenamiento de sustancias Combustibles		X		

ANEXO G

Afectación por amenaza

AFECTACION POR EVENTO GENERADOR DE RIESGO

EMPRESA		INCENDIO		EXPLOSION		FUGA		COORDENADAS	
Ref	Unidad	RADIO (m)	Riesgo	RADIO (m)	Riesgo	RADIO (m)	Riesgo	x	y
84	228	5.4	2	5.4	2	35.4	3	96834.41	106575.20
85	211	127.1	1			157.1	3	95529.95	108511.27
86	211	127.1	2	127.1	2	157.1	3	95430.34	108624.09
90	203	25.7	3	25.7	2	55.7	3	95055.91	109387.26
93	125	17.7	3					91897.55	110162.38
188	335	8.6	2					95471.87	104625.65
189	334	12.3	2					95244.74	104812.69
192	333					17.7	2	95040.34	104933.31
195	325	16.7	3			46.7	3	94819.22	105849.85
227	333	8.7	1					95128.76	105063.88
233	332	7.8	2					95031.24	105260.88
266	334	12.3	3	12.3	2			95362.18	105079.33
269	327	13.1	3	13.1	2			95140.19	105362.16
271	327	13.1	3	13.1	2	43.1	3	95065.33	105424.09
286	330	11.2	1					95816.82	104973.08
287	330	11.2	1	11.2	2	41.2	3	95806.06	104982.12
288	328	16.6	1					95316.12	105352.05
310	327	13.1	3					95181.08	105520.82
316	425	14.5	2					92173.88	108435.38
336	327							95317.50	105620.50
338	425	14.5	3	14.5	2			92210.65	108455.29
352	327	13.1	3	13.1	2			95377.40	105603.66
353	327	13.1	1	13.1	2			95345.92	105654.88
355	317	28.3	2					95048.10	105995.43
359	303	68.2	1	68.2	2			92439.84	108254.09
361	424	11.8	3					92375.36	108540.46
362	425	14.5	3					92308.86	108565.63
363	424					20.8	2	92333.56	108595.15
364	424	11.8	2					92329.00	108601.09
365	425	14.5	1					92185.31	108697.97
366	425	14.5	3					92129.68	108796.27
367	422	11.1	3					92178.46	108843.04
368	424	11.8	3					92492.69	108822.16
369	425	14.5	1					92090.84	108841.33
370	422	11.1	3					92143.62	108879.08
371	425	14.5	3			44.5	3	92054.48	108864.44
374	419	13.4	3					92009.74	108999.48
375	419	13.4	3					92005.05	109008.07
377	419	13.4	3					91962.00	109093.40
378	419	13.4	3	13.4	3			91861.19	109199.49
379	418	15.2	3					92380.63	109301.08
381	416	17.8	3	17.8	3			91593.56	109483.85
382	416	17.8	1					91439.57	109613.87
389	425	14.5	3					92174.81	108590.18
408	310	12.9	3	12.9	3			92877.65	107911.83
409	306	16.0	3					92752.58	108107.35
414	307	38.5	3	38.5	3			92605.18	108192.91
417	302	44.1	3	44.1	3			92602.21	108279.90
418	302	44.1	3					92449.37	108469.09
419	302	44.1	3					92439.29	108478.76

AFECTACION POR EVENTO GENERADOR DE RIESGO

EMPRESA		INCENDIO		EXPLOSION		FUGA		COORDENADAS	
Ref	Unidad	RADIO (m)	Riesgo	RADIO (m)	Riesgo	RADIO (m)	Riesgo	x	y
427	310	12.9	2					92937.81	107966.98
430	318	24.9	3	24.9	2	54.9	3	95346.43	106012.71
434	422	11.1	3	11.1	3			92251.26	108988.83
436	306	16.0	3	16.0	2	46.0	3	92814.99	108273.84
443	418	15.2	3	15.2	2	45.2	3	92108.13	109557.13
455	305					57.2	2	93175.91	108523.26
457	137	18.1	2	18.1	2			92871.66	109031.64
463	137	18.1	2	18.1	2			92849.61	109160.15
478	238	9.8	1	9.8	2			95031.75	107721.15
479	139					23.7	2	93386.01	109008.64
482	132	22.0	3	22.0	3			93014.91	109478.98
487	132	22.0	3	22.0	2			93015.54	109526.90
493	135	8.4	2	8.4	3			93388.40	109306.72
495	130	18.0	3					93258.87	109658.41
500	231	8.3	1					93898.97	109177.55
508	117	8.7	3					93696.98	109702.54
526	215	176.5	2	176.5	3			95506.24	108236.03
528	212	144.7	1	144.7	2			95170.98	108619.77
529	212	144.7	3					95139.63	108739.05
540	204					17.8	2	94874.78	109192.18
623	424	11.8	3	11.8	3			92407.42	108507.96
624	302	44.1	3					92463.75	108524.56
628	115	8.7	3					93920.73	109683.62
633	114	8.9	3	8.9	3			94102.36	109886.67
634	113	12.1	3					94141.44	110003.49
635	427	113.7	3	113.7	3	143.7	3	91906.47	108206.02
638	135	8.4	2					93187.18	109449.20
641	115	8.7	3					93814.14	109966.70
645	421	12.5	2	12.5	2	42.5	3	92450.61	108998.66
656	422	11.1	1	11.1	3	121.1	4	92178.82	108996.77
657	418	15.2	3	15.2	2			92439.27	109286.95
666	419	13.4	1	13.4	3	22.4	2	92112.64	109254.27
671	420	14.8	2	14.8	2			91664.77	109121.68
673	126	24.7	3	24.7	2			92590.10	110061.47
675	417	17.0	3	17.0	3			91387.34	109176.45
678	411	16.2	3	16.2	2			91618.40	109987.39
680	411	16.2	3	16.2	3	46.2	3	91668.51	110125.97
682	409	23.5	3					91400.70	110158.89
684	122	12.1	1	12.1	3			91717.73	110669.93
687	407	11.1	2	11.1	3			90796.48	110248.89
690	407	11.1	2					90686.48	110420.52
692	406	12.6	1					90941.65	110571.84
697	406	12.6	1					90747.36	110745.84
698	119					77.5	2	90968.71	111015.04
1151	323	10.7	3					95966.77	105358.04
1152	323	10.7	1			40.7	3	95976.98	105318.04
1156	335							95473.55	104881.35
1158	330	11.2	1					95725.49	105095.96
1159	329	16.8	2					95713.59	105276.72
1167	334					21.3	2	95248.69	104979.11

AFECTACION POR EVENTO GENERADOR DE RIESGO

EMPRESA		INCENDIO		EXPLOSION		FUGA		COORDENADAS	
Ref	Unidad	RADIO (m)	Riesgo	RADIO (m)	Riesgo	RADIO (m)	Riesgo	x	y
1171	329	16.8	1					95577.66	105329.24
1172	329	16.8	3	16.8	2	46.8	3	95755.86	105321.87
1173	323	10.7	2					95684.13	105521.29
1175	328	16.6	3			46.6	3	95326.15	105479.25
1176	319					14.7	2	95436.70	105719.33
1180	332	7.8	2					94968.98	105388.42
1185	247	19.8	3	19.8	3			95654.65	106470.36
1187	317	28.3	3	28.3	3			95175.84	106136.69
1189	318	24.9	1					95168.72	106027.99
1190	317	28.3	3	28.3	3			94921.32	106173.89
1202	242	6.5	3			36.5	3	95076.58	107464.81
1208	214	125.4	2	125.4	2	155.4	3	95763.16	108251.00
1221	212	144.7	2	144.7	3			95290.30	108618.54
1230	205	11.6	2					95006.06	109153.42
1235	311	6.7	1					93072.86	107876.71
1242	201	32.2	3					94695.61	109740.40
1245	306	16.0	2					92887.06	108187.72
1246	306	16.0	1			46.0	3	92877.06	108246.12
1247	232	9.9	1	9.9	2			93654.65	108768.44
1251	306	16.0	2					92877.12	108314.74
1254	201	32.2	3	32.2	2	62.2	3	94470.67	109681.36
1257	306	16.0	2					92746.13	108308.97
1259	302	44.1	3	44.1	2			92765.42	108378.45
1261	422					20.1	2	92235.57	108897.90
1265	116	11.4	3	11.4	2	41.4	3	94011.53	109619.01
1269	116	11.4	3	11.4	2			94028.90	109647.40
1270	128	21.9	1					92753.98	109769.60
1273	114	8.9	2	8.9	2	38.9	3	94328.56	109970.49
1291	251	39.6	3					96275.91	105665.85
1292	321	11.8	3					95995.76	105630.69
1299	206	19.3	3	19.3	2	49.3	3	94340.87	109422.49
1300	207	48.0	1	48.0	3	78.0	3	94308.44	109345.98
1301	207	48.0	2					94255.05	109360.46
1302	206	19.3	3					94182.73	109477.66
1304	202	23.3	2	23.3	2	53.3	3	94729.77	109598.21
1352	207	48.0	2					94226.96	109336.74

ANEXO H

Formato de información industrial básica

Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá

Dirección para la Atención de Emergencias (DPAE)

Formato de información industrial básica

1. IDENTIFICACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA:

1.a. Información básica de la Empresa:

Nombre o razón social:	
Representante Legal:	**Dirección:**
Código del DANE:	**Teléfono:**
Actividad Industrial:	**FAX:**
Clasificación CIIU:	**Nit:**
ARP a la que pertenece:	
Producto principal:	
Sitio Web:	**E-mail:**

1.b. Información sobre emisiones:

Fuentes fijas puntuales:	**1)**	**2)**	**3)**
Permisos de emisión:	**SI ☐ NO☐**		
Tipo de permiso:		**Resolución No.:**	
Fecha de expedición:		**Fecha de vencimiento:**	
Autoridad responsable:			
Altura Chimenea (m)		**Monitoreo de Emisiones SI ☐ NO☐**	

2. UTILIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS:

2.a. Consumo anual de combustibles

Descripción		**Equipo en el cual se utiliza**				
Combustible	**Unidad**	**Caldera**	**Hornos**	**Motores**	**Turbinas**	**Total**
Gas Natural						
ACPM						
Combustóleo						
Crudo Castilla						
Carbón						
Bagazo						
Gas Propano						
Otro (Cual)						

2.b. Almacenamiento de Materias Primas y Producto Terminado por año

Descripción del material	1.1.1 Unidades	1.1.2 Etapa del proceso			Volumen
		Materia prima	Producto intermedio	Producto final	
				Total	

2.c. Sistemas de Transporte de Suministros y Producto Terminado

Descripción	Empresas Transportadoras		
Nombre del Producto	Nombre	Dirección	Lugar de Origen Del Producto

3. SISTEMAS DE RESPUESTA A EMERGENCIAS

Tipo	Si	No
Tiene Plan de Contingencia y Programa de Evacuación		
Tiene Programas de Salud Ocupacional		
Existe un Hidrante cerca de sus Instalaciones		
Tiene Comunicación Directa con la Policía y Bomberos		
Otros: (Cuales)		

ANEXO I

Formato de información sobre accidentes

Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá

Dirección para la Atención de Emergencias (DPAE)

Formato de información sobre accidentes

1. IDENTIFICACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA:

Nombre o razón social:	
Representante Legal:	**Dirección:**
Código del DANE:	**Teléfono:**
Actividad Industrial:	**FAX:**
Clasificación CIIU:	**Nit:**
ARP a la que pertenece:	
Producto principal:	
Sitio Web:	**E-mail:**

2. INFORMACIÓN BÁSICA DEL ORIGEN DEL ACCIDENTE:

Fecha (dd/mm/aa):		**Hora (24hr):**						
Tipo de Accidente:	**D**		**F**		**I**		**E**	
Elemento que Falló:								
Causa del Accidente:								
Duración del Accidente:								
Describa Brevemente el Accidente:								

3. INFORMACIÓN BÁSICA DE LOS DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA DE LA EMPRESA

# de Personas Afectadas	
Radio de Afectación (m)	
Perdidas Humanas	
Perdidas Materiales e Insumos ($)	
Perdidas en Estructuras ($)	
Otros Daños (Cuales)	

4. INFORMACIÓN BÁSICA DE LOS DAÑOS A LA INFRAESTRUCTURA PÚBLICA:

1.1.1.1.1 Estructuras Afectada		Grado de Afectación					Perdidas Humanas		
Tipo	**#**	**N**	**B**	**M**	**A**	**MS**	**M**	**H**	**D**
Viviendas									
Edificios									
Hospitales									
Colegios									
Otros (Cuales)									

N: Nulo, B: Bajo, M: Moderado, A: Alto, MS: Muy Severo,
M: Muertos, H: Heridos, D: Damnificados

5. INFORMACIÓN SOBRE LA MITIGACIÓN DE LA EMERGENCIA:

Nombre de La Entidad	Personas Involucradas	Costos ($)
Bomberos		
Policía Nacional		
Defensa Civil		
Juntas de Acción Comunal		
Otros		

6. INFORMACIÓN SOBRE LA ATENCIÓN DE HERIDOS:

Nombre de La Entidad de Salud	# Personas Atendidas	Costos ($)

7. COSTOS DE DAÑOS:

Tipo	Costos ($)
Perdidas Totales de la Empresa	
Viviendas Aledañas	
Entidades Publicas	
Gastos de Mitigación de la Emergencia	
Gastos Médicos	
Gastos de Indemnizaciones	

8. Otros: Escriba cualquier información adicional que usted considere sirva para la determinación del origen del evento y la cuantificación de los daños.