

Estimación del riesgo de desastre por explosión, en una empresa de Biocombustibles, en el distrito de Santa Marta, Magdalena

Andrés Galindo Spadafora

Andrés Trujillo Salazar

Monografía presentada como requisito para optar el título de especialista en prevención, reducción y atención de desastres.

Universidad Católica de Manizales

Manizales- Caldas

Especialización en Prevención, Reducción y Atención de Desastres

Agosto de 2019

Estimación del riesgo de desastre por explosión, en una empresa de Biocombustibles, en el distrito de Santa Marta, Magdalena

Andrés Galindo Spadafora

Andrés Trujillo Salazar

Monografía presentada como requisito para optar el título de especialista en prevención, reducción y atención de desastres.

Tutor:

Dr. Rogelio Pineda

Universidad católica de Manizales

Manizales- Caldas

Especialización en Prevención, Reducción y Atención de Desastres

Agosto de 2019

Resumen

El presente documento tiene como objetivo estimar el nivel de riesgo en el contexto externo frente a la materialización de una amenaza de tipo tecnológico, particularmente una explosión tipo bleve de un tanque de metanol, con el propósito de contribuir en la formulación del PGRDEPP para la BIOCOMBUSTIBLES SOSTENIBLES DEL CARIBE, exigido por el decreto 2157 de 2017.

Para el logro del objetivo precitado, se inició con la caracterización de la amenaza, en función de su frecuencia, intensidad y extensión; para la variable frecuencia se consultaron los registros disponibles de la UNGRD, el software DESINVENTAR y los archivos propios de la entidad objeto de estudio; para la variable intensidad se usó el software ALOHA de la Agencia de protección ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en ingles) y el método TNT, para los efectos de radiación y sobrepresión respectivamente; para la variable extensión se tomó como referencia el mapa del distrito de Santa Marta dividido por comunas. Posteriormente se identificaron los elementos expuestos en el área de posible afectación; a los cuales se les determinó su vulnerabilidad física a partir de las variables establecidas en la guía para la elaboración de planes departamentales de gestión del riesgo (UNGRD, 2018); apoyados en la herramienta estadística del GEOPORTAL del DANE se determinó la cantidad de viviendas y personas afectadas.

Se determinó, a partir de las metodologías descritas, que el radio de afectación por radiación, efecto de la explosión, podría alcanzar una distancia de 1376 metros, y por presión de la onda explosiva se podrían presentar daños a una distancia de 376 metros; tomando como referencia la mayor distancia, el radio de afectación cubriría el 11% del área urbana del distrito de Santa marta, específicamente las comunas 6 y 9, en donde se encuentran industrias, colegios,

zonas residenciales, universidades, arterias viales como la vía alterna y la troncal del caribe, parques distritales y centros comerciales; de acuerdo a la herramientas estadística del DANE se podrían afectar alrededor de 25973 personas y 6205 viviendas.

Es importante resaltar que la entidad BIOSC no presenta antecedentes de emergencias desde inicio de sus operaciones en 2019; tampoco el sector de la zona franca las Américas (sector donde se ubica la entidad) de acuerdo a los registros de la UNGRD; las emergencias de tipo tecnológico en el distrito se han presentado en el sector industrial BURECHE, en la SOCIEDAD PORTUARIA DE SM y en empresas ubicadas en el sector del MERCADO PUBLICO.

Para determinar la vulnerabilidad física se identificaron diferentes usos de suelos (industrial, escolar, recreativo, residencial y comercial) a partir de observación directa y se aplicaron las variables establecidas en la guía para la elaboración de planes departamentales de gestión del riesgo (UNGRD, 2018) se identificó las zonas residenciales ubicadas al este de la entidad como zonas de mayor vulnerabilidad física (CISNE, 11 DE NOVIEMBRE, EL YUCAL), teniendo en cuenta la antigüedad del sector, materiales de construcción, aplicación de la normatividad, tipo de suelo y ubicación.

Sin embargo, estas no son las más cercanas a la zona de riesgo, por lo que al cruzar la vulnerabilidad física con la amenaza (variable intensidad) se determinó el sector residencial EL LIBANO como el sector de MAYOR RIESGO ante la materialización de una explosión de un tanque de metanol en la planta BIOSC.

Este documento se presenta como un aporte para la formulación del plan de gestión de riesgo de desastres de la empresa BIOSC y a su vez a la identificación y caracterización de

riesgo tecnológico para el distrito de Santa Marta, en el marco de su PLAN DISTRITAL DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES, de acuerdo a la ley 1523 de 2012.

Tabla de contenido

Capítulo 1. Introducción.....	11
Capítulo 2. Planteamiento del problema.....	13
Capítulo 3. Hipótesis o supuesto.....	15
Capítulo 4. Justificación.....	16
Capítulo 5. Objetivos.....	17
Capítulo 6. Contexto territorial.....	18
Capítulo 7. Descripción geográfica de la zona de estudio.....	26
Capítulo 8. Marcos conceptuales.....	28
Capítulo 9. Metodología.....	26
Capítulo 10. Resultados y discusión.....	33
Capítulo 11. Conclusiones.....	57
Capítulo 12. Recomendaciones.....	59
Capítulo 13. Bibliografía.....	60
Anexos.....	62

Listado de tablas

Tabla 1. Descripción de las actividades, técnicas e instrumentos utilizados para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.....	34
Tabla 2. Valoración y calificación de la variable frecuencia.....	35
Tabla 3. Valoración y calificación de la variable intensidad.....	35
Tabla 4. Valoración y calificación de variable territorio afectado (extensión).....	36
Tabla 5. Calificación de amenaza.....	36
Tabla 6. Antecedentes de emergencias de tipo tecnológico en el distrito de Santa Marta entre 1998 y 2017.....	37
Tabla 7. Efectos por radicación térmica en cada radio de afectación en caso de materialización de la amenaza objeto de estudio.....	40
Tabla 8. Efectos por sobrepresión en cada radio de afectación en caso de materialización de la amenaza objeto de estudio.....	42
Tabla 9. Porcentaje de probable área afectación en relación con las comunas 6 y 9, en el distrito de santa marta.....	43
Tabla 10. Porcentaje de probable área afectación en relación con las comunas 6 y 9, en el distrito de santa marta.....	43
Tabla 11. Calificación de la amenaza de explosión leve (tanque metanol) en empresa BIOSC.....	43
Tabla 12. Descripción de los sectores ubicados en posible zona de afectación.....	45
Tabla 13. Valoración de la vulnerabilidad física.....	48
Tabla 14. Calificación de la vulnerabilidad física.....	49
Tabla 15. Calificación de la vulnerabilidad física en los diferentes sectores ubicados en la zona de posible afectación.....	51
Tabla 16. Valores y calificación para la estimación del nivel de riesgo, teniendo en cuenta la intensidad de la amenaza y la vulnerabilidad física.....	53
Tabla 17. Estimación del nivel de riesgo en los diferentes sectores ubicados en la zona de posible afectación.....	55

Listado de figuras

Figura 1. Ubicación del distrito de santa marta.....	19
Figura 2. division politico administrativa en zona urbana en el distrito de Santa Marta (captura).....	20
Figura 3. Precipitación- Promedios mensuales para la Sub-región de Santa Marta con registros del IDEAM.....	24
Figura 4. Temperatura- Promedios mensuales para la Sub-región de Santa Marta con registros del IDEAM.....	24
Figura 5. Humedad- Promedios mensuales para la Sub-región de Santa Marta con registros del IDEAM.....	25
Figura 6. Imagen de empresa Biocombustibles sostenibles del caribe.....	26
Figura 7. Imagen de localización de empresa Biocombustibles sostenibles del caribe.....	27
Figura 8. Características del tanque de almacenamiento de metanol, objeto del estudio....	38
Figura 9. Modelación probabilista de las distancias de afectación por radiación en caso de explosión de tanque de metanol.....	39
Figura 10. Modelación probabilista de las distancias de afectación por sobrepresión en caso de explosión de tanque de metanol.....	41
Figura 11. Mapa de extensión de los efectos de radiación teniendo como mapa base las comunas del distrito de santa marta.....	44
Figura 12. Diferentes usos de suelo en área de probable afectación.....	46
Figura 13. Evaluación de la vulnerabilidad física en el área de posible afectación por materialización de la amenaza objeto de estudio.....	50
Figura 14. Imagen barrio el Yucal.....	52
Figura 15. Imagen barrio 11 de noviembre.....	52
Figura 16. Estimación del nivel de riesgo por materialización de la amenaza objeto de estudio.....	54
Figura 17. Imagen barrio el Libano.....	56

Listado de gráficos

Grafico 1. Tipo y cantidad de viviendas ubicadas en un radio de 1,376 km a partir de la ubicación del tanque de metanol en la empresa BIOSC.....	47
Grafico 2. Población ubicada en un radio de 1,376 km a partir de la ubicación del tanque de metanol en la empresa BIOSC.....	47

Listado de anexos

Anexo 1. Resultados emitidos por software ALOHA de la modelación probabilista de los efectos de radiación térmica por explosión del tanque de metanol.....	62
Anexo 2. Resultados del cálculo para modelación probabilista de los efectos por sobrepresión por explosión del tanque de metanol usando método TNT.....	63
Anexo 3. Calculo de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos.....	65

Capítulo 1

Introducción

El marco de Sendai establece el alcance de la reducción del riesgo de desastre, el cual se ha ampliado para centrarse tanto en las amenazas de origen natural como de origen humano, así como en las amenazas y los riesgos ambientales, tecnológicos y biológicos conexos, y es aplicable a los riesgos de desastres de pequeña y gran escala frecuentes y poco frecuentes, súbitos y de evolución lenta (UNGRD, 2018, cartilla sobre riesgo tecnológico).

La ley 1523 de 2012 establece que la gestión del riesgo de desastres es responsabilidad de todas las autoridades y los habitantes del territorio colombiano; En cumplimiento de esta responsabilidad, las entidades públicas, privadas y comunitarias desarrollarán y ejecutarán los procesos de gestión del riesgo, entiéndase: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, en el marco de sus competencias, su ámbito de actuación y su jurisdicción, como componentes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

El decreto 2157 de 2017 establece que las entidades públicas y privadas responsables PGRDEPP deben suministrar la información pertinente para ser integrada por ente territorial en sus Planes de Gestión del de y su Estrategia de Respuesta a Emergencias.

La subsección 2 del citado decreto establece el ámbito de aplicación y los responsables de la formulación del plan, dentro de las cuales se encuentran las empresas que desarrollan actividades industriales, es decir aquellas que estén relacionadas con la transformación mecánica o química de sustancias orgánicas e inorgánicas en productos nuevos.

La empresa BIOCOMBUSTIBLES SOSTENIBLES DEL CARIBE, ubicada en el sector industrial san francisco, en la ciudad de santa marta, es una empresa dedicada a la producción de

biodiesel, cuyo proceso utiliza como materia prima el Aceite de Palma refinado blanqueado y desodorizado (RBD), que mezclado con metanol y en presencia de un catalizador, metilato de sodio, sufren una reacción de transesterificación dando lugar como productos, Biodiesel y glicerina.

Tomando como referencia la subsección 2 del decreto 2157 de 2017 la empresa **BIOCOMBUSTIBLES SOSTENIBLES DEL CARIBE** tiene la obligación de formular el PGRDEPP.

En el presente documento se estimara el nivel de riesgo en el contexto externo frente a la materialización de una amenaza de tipo tecnológico, particularmente una explosión tipo leve de un tanque de metanol, con el propósito de contribuir en la formulación del PGRDEPP para la empresa referenciada.

Capítulo 2

Planteamiento del problema

En la subsección 1: formulación del PGRDEPP del decreto 2157 de 2017, numeral 1,1,2: contexto externo, se establece la obligación de tener en cuenta la comunidad del área de influencia de posible afectación, analizando como mínimo: elementos expuestos entorno de la actividad y la relacionada con el área de afectación posible, descripción del entorno en relación a sus características biofísicas y de localización, identificación de instalaciones que puedan generar amenazas o producir efecto domino y la información pertinente definida en los instrumentos de planificación y para la gestión del riesgo existentes.

Dentro de las actividades de almacenamiento y manejo de diferentes sustancias químicas en el proceso de producción de biodiesel se generan, entre otros, riesgos (o amenazas) de tipo tecnológico, entre ellas explosiones tipo bleve en los tanques de almacenamiento, cuyos impactos, podrían sobrepasar los límites de la planta.

Una explosión de líquido en ebullición expandiéndose a vapor que por sus siglas en inglés (boiling liquid expanding vapor explosion) se conoce como BLEVE; es una explosión que resulta de la ruptura de un recipiente que en su interior contiene un líquido a una temperatura mayor a la temperatura de ebullición a presión atmosférica; Las explosiones BLEVE son comúnmente asociadas a liberaciones de líquidos a causa del calentamiento del contenedor de un incendio externo (Gonzales, 2011. Análisis de los modelos matemáticos para la evaluación por derrames, fugas, explosiones e incendios provocados por desastres químicos).

Es un reto y obligación legal para la empresa BIOSC caracterizar las amenazas de tipo tecnológico (en este caso, particularmente una explosión tipo bleve), identificar y determinar la vulnerabilidad de los elementos expuestos ubicados en el área de posible afectación y estimar el nivel de riesgo ante la materialización de dichos eventos.

Cumplir con este propósito no se supone tarea sencilla, la UNGRD no tiene disponibles guías para la caracterización de la amenaza por riesgo tecnológico (se revisa el portal gestiondelriesgo.gov.co de la UNGRD), por tanto se debe recurrir a software de entidades internacionales que pueden llegar a ser gratuitos pero limitados en cuanto a la base de datos de las sustancias químicas y posibles escenarios y efectos a modelar, como es el caso del software ALOHA de la Agencia de protección ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) o adquirir software desarrollados por entidades privadas internacionales que pueden llegar a costar hasta \$43.135 dólares (cotización software PHAST, abril de 2019, compañía DNV-GL).

Por otra parte, la información que se puede obtener respecto a la gestión del riesgo en el distrito de Santa Marta tiene fecha de elaboración de 2012; es posible que algunas características hayan cambiado desde esa fecha.

Al revisar la vulnerabilidad por riesgo tecnológico del plan distrital para la gestión del riesgo de desastres (2012) se evidenció que no se hace el análisis por comuna, sector o barrio; la vulnerabilidad por riesgo tecnológico solo hace la división entre área urbana y área rural, por tanto, para lograr una aproximación a la situación actual y propia del sector, se hizo necesaria la realización de un nuevo estudio de vulnerabilidad física en el área de posible afectación.

Capítulo 3

Hipótesis o supuesto

Si bien, las emergencias o desastres por el riesgo industrial o tecnológico registran una baja probabilidad de ocurrencia, su área de influencia es muy significativa y pueden llegar a ocasionar simultáneamente efectos por radiación, sobrepresión y tóxicos. (Fopae, Uniandes, 2011. Explosiones bleve)

Por lo anterior, se requiere validar si efectivamente la materialización de una amenaza de tipo tecnológico, en este caso explosión de un tanque de metanol en la empresa BIOSC, generaría impactos más allá de sus límites.

Capítulo 4

Justificación

Tomando como referencia la subsección 2 del decreto 2157 de 2017 la empresa **BIOCOMBUSTIBLES SOSTENIBLES DEL CARIBE** tiene la obligación de formular el PGRDEPP; dentro de este plan se requiere un análisis de riesgos que incluya el contexto interno, pero muy especialmente el contexto externo; esta información podría aportar a la actualización del plan distrital de gestión del riesgo y la estrategia municipal de respuesta a emergencias del distrito de Santa Marta.

Este documento pretende resolver, ¿Cuál sería el radio de afectación en caso de materializarse una amenaza de tipo tecnológico, particularmente una explosión tipo bleve de un tanque de metanol en la empresa BIOSC y cuáles podrían ser sus efectos? ¿Cuál es la vulnerabilidad de los elementos expuestos? y ¿Cuál es el nivel de riesgo en la zona de afectación?

Este documento es exploratorio, toda vez que sirve para identificar las posibles técnicas o instrumentos que podrán ser utilizadas en la caracterización de los fenómenos amenazantes de tipo tecnológico en plantas industriales, en este caso en particular aporta para la caracterización del fenómeno amenazante EXPLOSION, en el marco de la formulación del PLAN DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES DE ENTIDADES PUBLICAS Y PRIVADAS (PGRDEPP).

Así mismo, en el proceso se presentan técnicas o fuentes para obtener información sobre antecedentes de emergencias de tipo tecnológico, densidad poblacional y calificación de la vulnerabilidad.

Capítulo 5

Objetivos

Objetivo general:

Estimar el nivel de riesgo de desastre por explosión, en una empresa de BIOCOMBUSTIBLES, en el distrito de Santa Marta.

Objetivos específicos:

- ✓ Evaluar la amenaza de explosión de un tanque de almacenamiento de metanol en la empresa BIOSC.
- ✓ Identificar elementos expuestos en la posible zona de afectación ante el escenario precitado.
- ✓ Evaluar la vulnerabilidad de los elementos expuestos en la posible zona de afectación ante el escenario precitado.
- ✓ Estimar el nivel de riesgo, en el contexto externo, para la explosión de un tanque de metanol en la empresa BIOSC.

Capítulo 6

Contexto territorial

Fuente: Consejo distrital para la gestión del riesgo de desastres, Santa Marta (2012). *Plan distrital para la gestión del riesgo de desastres*.

Ubicación

BIOCOMBUSTIBLES SOSTENIBLES DEL CARIBE S.A.S está ubicada en el Distrito Turístico, Cultural e Histórico de Santa Marta, este distrito ocupa una extensión de 239.335 hectáreas de la Costa Caribe Colombiana. Abarca los territorios que van desde la desembocadura de la quebrada El Doctor, bordeando el litoral hasta la desembocadura del río Palomino en los límites con el Departamento de la Guajira; hacia el sur el área distrital llega hasta los límites de los municipios de Aracataca y Ciénaga. En la línea litoral sobresalen las bahías de Santa Marta, Gaira y Taganga, las puntas de Betún, Brava, Gloria, Castillete, El Diamante, Gaira y los cabos de La Aguja, San Agustín y San Juan de Guía. La ciudad de Santa Marta bordea el sector oriental de la bahía que lleva su nombre, de forma semicircular y diámetro de 7 Km. Está situada entre los 11° 14' 50" de Latitud Norte y los 74° 12' 06" de Longitud Occidental, a una altura de 6 msn. (Consejo distrital para la gestión del riesgo, 2012. plan distrital de gestión del riesgo de desastres).

Figura 1. Ubicación del distrito de santa marta.



Fuente: Consejo distrital para la gestión del riesgo de desastres, Santa Marta (2012). *Plan distrital para la gestión del riesgo de desastres.*

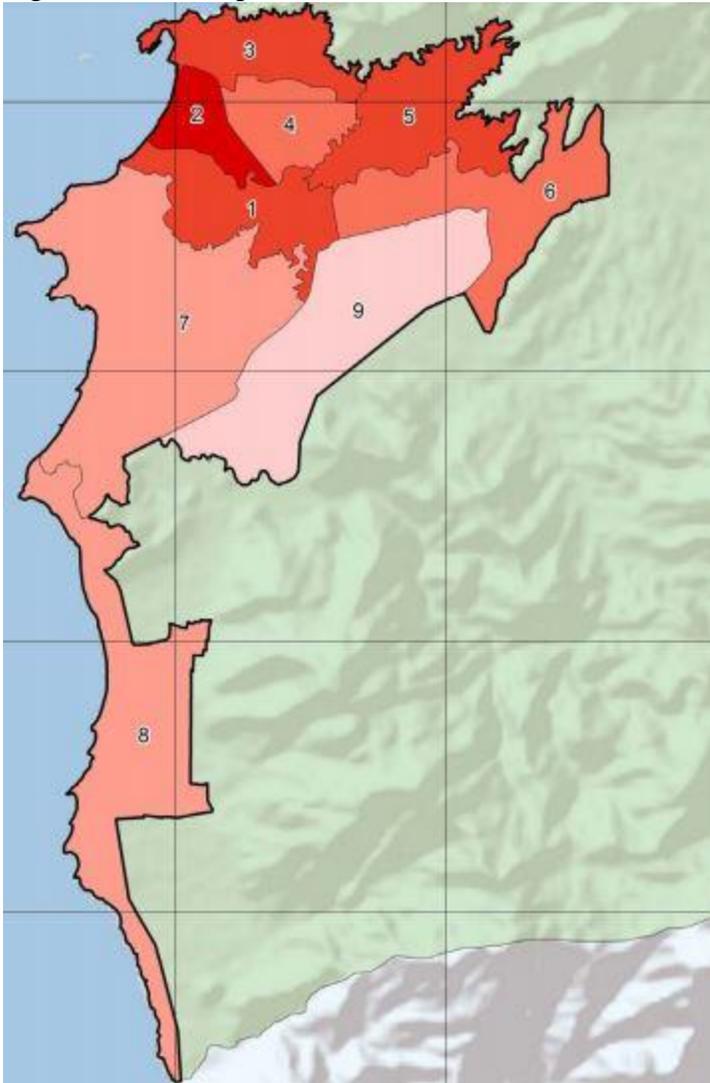
Vías de comunicación

Santa Marta cuenta con todas las vías de comunicación y transporte, tanto naturales como artificiales. La ubicación preferencial sobre el Mar Caribe la ha convertido en importante puerto comercial, cuenta con un aeropuerto categoría II. La cercanía a la ciudad de Barranquilla donde desemboca el Río Magdalena le permite acceder al transporte fluvial y cuenta con un corredor férreo a través del cual se realizan movimientos de carga de exportación como el carbón. La vía de mayor importancia para el acceso a la ciudad es La Transversal del Caribe (Comúnmente llamada *Troncal del Caribe*) o Ruta Nacional 90, que une las poblaciones de Turbo (Antioquia) y Paraguachón (Guajira).

Division politica administrativa

El distrito de Santa Marta se encuentra dividido en 9 comunas en la zona urbana y cuatro corregimientos en la zona rural, que son bonda, taganga y minca.

Figura 2. division politico administrativa en zona urbana en el distrito de Santa Marta (captura)



Fuente: Alcaldía de Santa Marta (2012-2015). *sistema de indicadores de sostenibilidad urbana para el proyecto de construcción de capacidades para el desarrollo sostenible de la ciudad de santa marta.*

Aspectos físico- ambientales

- *Geología (fuente: plan distrital de gestión del riesgo de desastres, consejo distrital para la gestión del riesgo, fecha de elaboración: noviembre de 2012):* El territorio Distrital se encuentra localizado en su mayor parte sobre formaciones de origen Cuaternario poco consolidadas que corresponden a la parte baja y plana. Su zona montañosa está constituida por basamentos metamórficos del Predevónico y formaciones del Mesozoico de los periodos Triásico y Jurásico con plegamientos Pleistocénicos, que desde finales del Terciario determinaron su altura actual.

En el territorio se encuentran afloramientos de diferentes épocas. Son característicos del área montañosa, esquistos Predevónicos, rocas ígneas, rocas metamórficas y yacimientos Paleozoicos; en las zonas bajas, se encuentran depósitos de origen marino y fluvio – marinos mezclados formando la parte plana del valle y el acuífero.

Además, existen depósitos de origen aluvial, flujos de lodo (tierra metamórfica), escombros, coluviones y conos de eyección, conformando sedimentos que pueden alcanzar espesores hasta de 110 m. En el Distrito se pueden identificar de manera longitudinal seis zonas que presentan cierto grado de homogeneidad y que se constituyen en la estructura geológica básica.

- *Geomorfología (fuente: plan distrital de gestión del riesgo de desastres, consejo distrital para la gestión del riesgo, fecha de elaboración: noviembre de 2012):* La morfología del Territorio Distrital se puede caracterizar por el contraste existente entre su zona montañosa (Sierra Nevada de Santa Marta) y una llanura irregular de menos de 200 msnm, que se extiende como una franja paralela y próxima al mar Caribe, conformada por una serie de bahías y ensenadas.

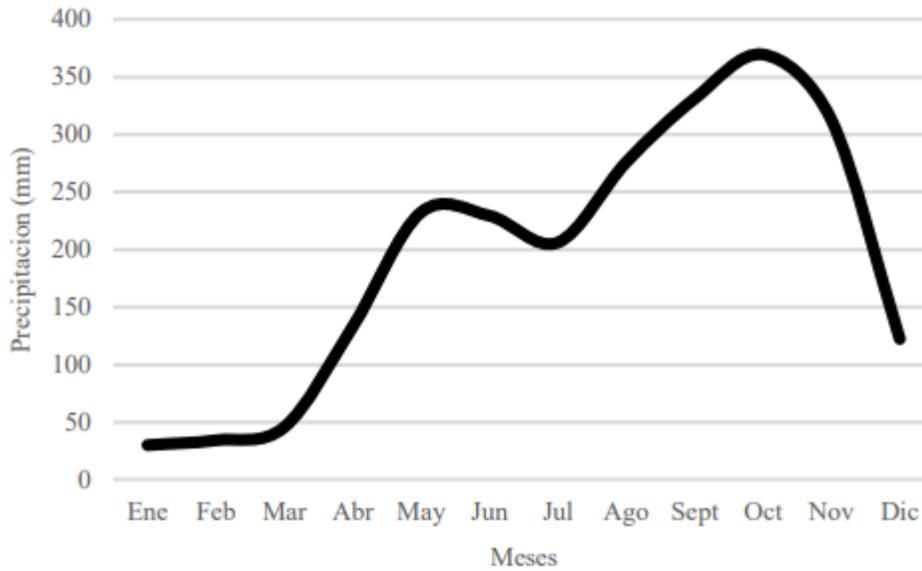
El relieve del Distrito posee características muy singulares por contar en su territorio con la formación montañosa litoral más alta del mundo. Presenta en consecuencia, variaciones altitudinales que van de cero (0) hasta los 5.500 msnm, altura que se obtiene en una longitud de aproximadamente 65 Km. en línea recta. Esta situación explica dos características propias del Distrito: La presencia de un sinnúmero de pendientes pronunciadas, terrenos escarpados, valles y cañadas; la existencia de los diferentes tipos de clima de altitud, característico de las zonas tropicales. La variedad climática facilita la presencia de los ecosistemas más representativos de América tropical, y por ende, la presencia de una inigualable riqueza vegetal y faunística. Es posible encontrar una gran variedad biótica que va desde la árida tropical hasta la glacial tropical, pasando por una invaluable diversidad florística intermedia.

- *hidrología (fuente: plan distrital de gestión del riesgo de desastres, consejo distrital para la gestión del riesgo, fecha de elaboración: noviembre de 2012):* La ciudad es atravesada por los ríos Manzanares y Gaira, que se originan en las faldas de la Sierra Nevada de Santa Marta y desembocan en la Bahía de Santa Marta en las playas conocidas popularmente como Los cocos, y puerto Gaira, respectivamente. Asimismo, en su origen y primer tramo al río Manzanares se le llama río Bonda cuya agua es apta para bañistas. A medida que fluye hacia el área urbana, luego de pasar por Mamatoco el río continúa su curso cerca de la Quinta de San Pedro Alejandrino, los barrios que bordean la parte sur de la Avenida del Río y para cuando entra en la calle 30, ya ha recibido las aguas de la quebrada Tamacá, finalmente en la última parte de su recorrido transita por el barrio del mismo nombre. El río Manzanares que en algún momento abasteciera de agua limpia a los primeros colonos, es hoy un ícono en la ciudad de desequilibrio ambiental debido a la

erosión de su ribera y a la contaminación. El río Gaira en su parte baja recorre el comuna de Gaira-Rodadero en el sur, en su parte alta recorre el corregimiento de Minca. En la Ciudad también tenemos la quebrada San Francisco, La Lata, Sansón, Altos de Bahía Concha. En las afueras de la ciudad, Santa Marta también es bañada por los ríos Piedras, Guachaca, Mendiguaca, Buritaca, Don Diego, y Palomino, que hace de límite natural con el departamento de La Guajira, tenemos de la misma manera Quebrada Valencia, Perico Aguao, La María, La Vieja.

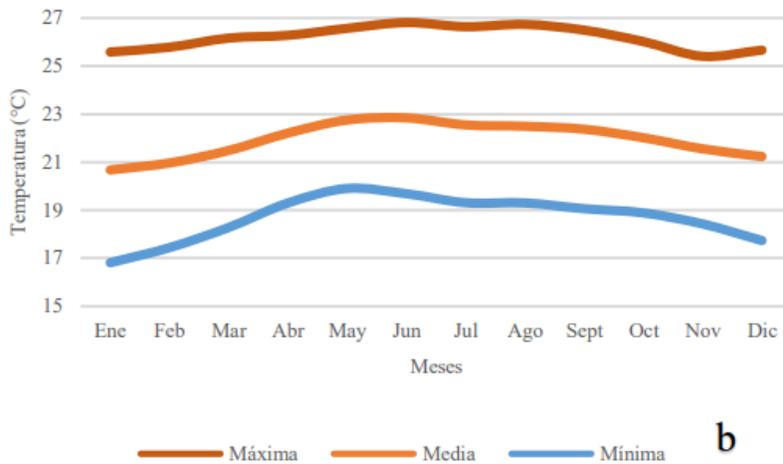
- *Precipitación (fuente: diagnostico biofísico del departamento del magdalena, corpamag, 2017):* El promedio mensual de los registros diarios de precipitación total para la Sub región Santa Marta en el Departamento del Magdalena para las estaciones Alto de Mira, Apto Simón Bolívar, Buritaca, Filo Cartagena, Guachaca, Minca, Palomino, Parque Tayrona, San Lorenzo y Vista Nieves entre los años (1952 – 2014) es de 190,581 mm; presenta un patrón bimodal con dos épocas húmedas en el que los picos más altos se presentan en el mes de Mayo con 232,43 mm y Octubre con 369,72 mm; y dos épocas secas, una más pronunciada que otra como es de 30,02 mm durante el mes de Enero y la segunda de 206,21 mm en el mes de Julio.
- *Temperatura (fuente: diagnostico biofísico del departamento del magdalena, corpamag, 2017):* El promedio mensual de los registros diarios de la temperatura en la Sub-Región Santa Marta en el Departamento del Magdalena, para las estaciones de Alto de Mira, Apto Simón Bolívar, Parque Tayrona y San Lorenzo, entre los años (1978 – 2014), presenta una media aproximada de 22,29°C; una mínima de 17,08°C y una máxima de 27,39°C.

Figura 3. Precipitación- Promedios mensuales para la Sub-región de Santa Marta con registros del IDEAM de los registros diarios de Caudal para las estaciones Guachaca (1970 – 2011), Minca (1978 – 2013), Pte Carretera (1974 – 2013) y La Revuelta (1974 – 2013).



Fuente: diagnostico biofísico del departamento del magdalena, corpamag, 2017

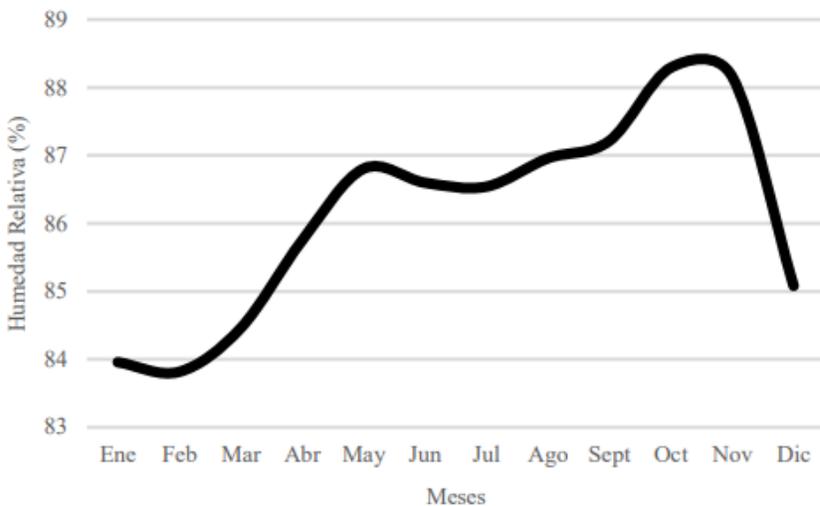
Figura 4. Temperatura- Promedios mensuales para la Sub-región de Santa Marta con registros del IDEAM de los registros diarios de Caudal para las estaciones Guachaca (1970 – 2011), Minca (1978 – 2013), Pte Carretera (1974 – 2013) y La Revuelta (1974 – 2013).



Fuente: diagnostico biofísico del departamento del magdalena, corpamag, 2017

- *Humedad (fuente: diagnostico biofísico del departamento del magdalena, corpamag, 2017):* El promedio mensual de la Humedad relativa para la Sub-Región Santa Marta en el Departamento del Magdalena para las estaciones Alto de Mira, Apto Simón Bolívar, Parque Tayrona y San Lorenzo entre los años (1978 – 2014) es de 86,14%; se resalta la presencia de dos picos en Mayo con 86,81% y en Octubre con 88,29%; ocurre una disminución en Febrero con 83,81% y otra en Julio con 86,54%.

Figura 5. Humedad- Promedios mensuales para la Sub-región de Santa Marta con registros del IDEAM de los registros diarios de Caudal para las estaciones Guachaca (1970 – 2011), Minca (1978 – 2013), Pte Carretera (1974 – 2013) y La Revuelta (1974 – 2013).



Fuente: diagnostico biofísico del departamento del magdalena, corpamag, 2017

Dinámica económica.

La principal actividad desarrollada en Santa Marta es el turismo; la región se especializa en el cultivo de banano y café.

Capítulo 7

Descripción geográfica de la zona de estudio

La planta BIOCOMBUSTIBLES SOSTENIBLES DEL CARIBE tiene un área total de 18450 m² (17650 de área construida), tiene una capacidad de 100 mil toneladas/año de procesamiento, utiliza como materia prima el aceite de palma refinado, blanqueado y desodorizado (RBD), que mezclado con metanol y en presencia de un catalizador, metilato de sodio, sufren una reacción de transesterificación dando lugar como productos: biodiesel y glicerina.

Figura 6. Imagen de empresa Biocombustibles sostenibles del Caribe.



Fuente: biosc.com.co

La planta de BIOCOMBUSTIBLES SOSTENIBLES DEL CARIBE (BIOSC) está localizada en ZONA FRANCA ESPECIAL BIOSC S.A, en el km 1 vía mamatoco, enmarcado al norte, al oriente y occidente por predios de la ZONA FRANCA LAS AMÉRICAS y al sur por la planta de CI TEQUENDAMA.

Figura 7. Localización BIOSC, imagen de zona franca las Américas.



Fuente: imágenes google.

La empresa CI TEQUENDAMA está dedicada a la refinación de aceite de palma, en zona FRANCA LAS AMERICAS se ubican empresas como TRANSBIO (transporte), FAST TERMINAL (alistamiento de vehículos), CARIBEAN ECO SOAP (jabonería).

Alrededor este de este sector industrial se encuentran algunos sectores residenciales, estrato 3, con fechas de construcción variables, algunas de ellas recientes (menores de 5 años), otras más antiguas (más de 20 años), de igual forma universidades, colegios y algunas zonas representativas como el parque del agua, y vías estratégicas como la vía alterna al puerto y la troncal del caribe. (Ver tabla 14)

Capítulo 8

Marcos conceptuales

Marco referencial

El plan distrital para la gestión del riesgo (2012) describe diversos escenarios de riesgo tecnológico para el distrito de santa marta, entre ellos: riesgos por conflagración y/o escapes de hidrocarburos en el puerto de importación de pozos colorados, riesgos por accidentalidad naval, accidentalidad aérea y accidentalidad férrea; además riesgos por manejo de gráneles y manejo de sustancias químicas; estos últimos identificados en las actividades desarrolladas en la sociedad portuaria de santa Marta.

De acuerdo al plan distrital para la gestión del riesgo (2012), respecto al riesgo por manejo de gráneles, esta actividad es susceptible de estallidos o rupturas violentas de los contenedores o silos por procesos de fermentación y/o deterioro de estructuras de soporte; respecto al riesgo por manejo de sustancias químicas, la importación y manejo de materiales químicos, puede asumir dos tipos de amenazas: la conflagración y/o estallido y el derrame de sustancias tóxicas.

Sin embargo, dentro de plan de gestión del riesgo precitado no se identifica y caracteriza el riesgo tecnológico, generado debido a la ubicación de empresas industriales, de transportes y almacenamiento en la vía alterna al puerto; en este corredor se ubican las zonas francas Tayrona y las Américas y otros parques industriales o logísticos.

Respecto a la estimación del nivel de riesgo, el área urbana del distrito de Santa Marta tiene nivel de riesgo MEDIO para las amenazas de tipo tecnológico, producto de una amenaza MEDIA y vulnerabilidad MEDIA.

Marco teórico

Amenaza tecnológica.-

La ley 1523 de 2012 define amenaza como el peligro latente que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos para la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales; puntualmente la amenaza de tipo tecnológico, de acuerdo a la cartilla sobre riesgo tecnológico de la UNGRD (2018), es aquella relacionada con accidentes tecnológicos o industriales, procedimientos peligrosos, fallas en infraestructura o de ciertas actividades humanas que pueden causar muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Algunas veces llamadas amenazas antropogénicas.

Vulnerabilidad.

La vulnerabilidad se refiere a la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institución que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente (ley 1523 de 2012); Muñoz, Gómez, (2011), en el documento *Explosiones Blevé: análisis de intensidad y consecuencias por sobrepresión*, al referirse a la vulnerabilidad del medio por accidentes industriales dice que esta condición está definida por la sensibilidad de cada uno de los elementos del medio, para los cuales hay que definirse la extensión susceptible de daño, o afectación, como producto del fenómeno peligroso.

Elementos expuestos.

Según la cartilla sobre riesgo tecnológico de la UNGRD (2018), cuando la presencia de un peligro se materializa en un evento, los efectos del mismo recaen sobre el entorno, el cual está conformado por los elementos expuestos que de manera general corresponde a los siguientes: personas (relacionadas directamente con la actividad, relacionadas indirectamente con la actividad), ambiente (medios de subsistencia, recursos y servicios ambientales) e infraestructura (bienes culturales, infraestructura sectorial, infraestructura pública y privada, recursos económicos, recursos sociales).

Riesgo tecnológico.

El riesgo tecnológico, de acuerdo la cartilla sobre riesgo tecnológico de la UNGRD (2018), corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos generados por el uso y acceso a la tecnología, originados en sucesos antrópicos, naturales, socio naturales y propios de la operación. Este riesgo se genera durante el funcionamiento de cualquier actividad y supone consecuencias importantes para las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales.

Entre los tipos de eventos tecnológicos que el documento referenciado señala se encuentran los siguientes: derrame, fuga, incendio, explosión, accidentes en transporte y colapso; definiendo las explosiones como una subida liberación de gas a alta presión en el ambiente.

Gonzales, (2011), define la explosión como una liberación de energía que produce una onda expansiva que implica la variación súbita de la densidad, presión y velocidad del gas que

rodea a la fuente de energía. La intensidad de la explosión depende de la velocidad con la que se libera la energía.

Efectos o afectaciones de eventos tecnológicos.-

Los efectos que sobre los elementos expuestos pueden causar los diferentes tipos de eventos tecnológicos, de acuerdo la cartilla sobre riesgo tecnológico de la UNGRD (2018), pueden ser: efectos químicos, dentro de los cuales se incluyen los efectos tóxicos, y los efectos físicos, dentro de los que se consideran los térmicos (radiación) y mecánicos (sobrepresión, proyectiles, colapso, impacto).

Muñoz, Gómez, (2011), en el documento *Explosiones Bleve: análisis de intensidad y consecuencias por sobrepresión*, en concordancia con la anterior afirmación, manifiesta que ante la materialización de un evento de tipo tecnológico, se presentarían efectos tales como:

- ✓ efectos térmicos: son el producto de una combustión lenta o rápida de una sustancia inflamable o combustible. Este tipo de efectos causa quemaduras a las personas expuestas o destrucción de bienes de interés.
- ✓ efectos por sobrepresión; son el resultado de un gradiente de presión provocado por una explosión.
- ✓ efectos tóxicos: son el resultado de una nube o derrame causados por una fuga o liberación de una sustancia tóxica; estos no se encuentran únicamente asociados a una sustancia clasificada como peligrosa, si no que pueden ser el producto de eventos tales como incendios o reacciones químicas.

Marco normativo

- ✓ Congreso de la Republica de Colombia (2012). *Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres y se dictan otras disposiciones.*
- ✓ Presidencia de la Republica de Colombia (2017). *Decreto 2157 de 2017, por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012.*

Capítulo 9

Metodología

Para la realización de este estudio, según el tipo de datos empleados, se aplicó una metodología cuantitativa, basados en datos cuantificables (análisis de resultados experimentales que arrojan representaciones numéricas o estadísticas verificables), a los cuales se accedió por medio de observaciones y mediciones a través de herramientas tecnológicas que se describirán en la tabla 1.

El tipo de investigación cuantitativa fue un estudio de caso, es decir se analizó pormenorizadamente el comportamiento de un objeto de investigación, en este caso el riesgo de explosión en una planta industrial en la ciudad de santa marta.

Según el nivel de profundización, este estudio es descriptivo, toda vez que estudiamos una realidad con el fin de comprenderla de manera más exacta.

Según el grado de manipulación de variables, este estudio es una investigación no experimental, es decir que el análisis del fenómeno objeto de estudio, se basó en la observación dentro de su contexto natural.

Según el tiempo en que se realiza, este estudio es de tipo transversal, se analizó el comportamiento de un evento en un periodo de tiempo específico, en este caso el periodo de toma de datos fueron los meses de mayo y junio de 2019.

Tabla 1. Descripción de las actividades, técnicas e instrumentos utilizados para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Objetivos	Actividad	Técnicas e instrumentos
Evaluar la amenaza de explosión de un tanque de almacenamiento de metanol en la empresa BIOSC.	Recolección de información sobre las características de la planta, del tanque y sustancia química, mediante visita de campo e información suministrada por empresa. Uso de software de modelación para determinar intensidad y área afectada en caso de materialización de la amenaza.	Observación directa. Uso de software ALOHA. Uso de software ARCGIS.
Identificar elementos expuestos en la posible zona de afectación ante el escenario precitado.	Recorrido de la zona de posible afectación, previamente definida, para identificar elementos expuestos.	Observación directa. Uso de software ARCGIS. Herramienta GEOPORTAL DANE.
Evaluar la vulnerabilidad de los elementos expuestos en la posible zona de afectación ante el escenario precitado	Una vez identificados los elementos expuestos, se analizan las variables definidas en el guía para la elaboración de planes departamentales de gestión del riesgo, para determinar vulnerabilidad física.	Observación directa. Matriz de evaluación. Uso de software ARCGIS.
Determinar el nivel de riesgo, en el contexto externo, para la explosión de un tanque de metanol en la empresa BIOSC.	A partir de la información previamente recolectada y analizada sobre la amenaza y la vulnerabilidad se calculó el nivel de riesgo.	Uso de software ARCGIS.

Fuente: elaboración propia.

Capítulo 10

Resultados y discusión

Evaluación de la amenaza de explosión de un tanque de almacenamiento de metanol en la empresa BIOSC.

Metodología para la evaluación de la amenaza.

Para el análisis de las amenazas la guía para la elaboración de los planes departamentales de gestión del riesgo de desastre recomienda tener en cuenta las siguientes variables: frecuencia (¿cada cuánto se presenta el fenómeno amenazante?), intensidad (¿Qué tan severa es la afectación por la ocurrencia del fenómeno?) y territorio afectado (¿Qué extensión del territorio se afecta?).

Tabla 2. Valoración y calificación de la variable frecuencia.

DESCRIPCION	VALOR	CALIFICACION
Evento que se presenta más de una vez en el año o por lo menos una vez en un periodo de uno a tres años	3	ALTA
Evento que se presenta por lo menos una vez en un período de tiempo entre 3 y 5 años.	2	MEDIA
Evento que se presenta al menos una vez en un período de tiempo entre 5 a 20 años	1	BAJA

Fuente: guía metodológica para la elaboración de planes departamentales para la gestión del riesgo.

Tabla 3. Valoración y calificación de la variable intensidad.

DESCRIPCION	VALOR	CALIFICACION
Numerosas personas fallecidas, gran cantidad de personas lesionadas, afectación de grandes extensiones del territorio, afectaciones graves en los recursos naturales, suspensión de servicios públicos básicos y de actividades económicas durante varios meses, pérdidas económicas considerables, graves afectaciones en la infraestructura departamental y un gran número de viviendas destruidas.	3	ALTA
Pocas personas fallecidas, varias personas lesionadas de mínima gravedad, afectación moderada del territorio, afectación moderada de los recursos naturales, afectaciones en las redes de servicios públicos, suspensión temporal de actividades económicas, afectación moderada en la infraestructura departamental, pocas viviendas destruidas y	2	MEDIA

DESCRIPCION	VALOR	CALIFICACION
varias viviendas averiadas.		
Sin personas fallecidas, muy pocas personas lesionadas de mínima gravedad, mínima afectación en el territorio, sin afectación en las redes de servicios públicos, no hay interrupción en las actividades económicas, sin afectación en infraestructura departamental, no hay destrucción de viviendas, ni viviendas averiadas.	1	BAJA

Fuente: guía metodológica para la elaboración de planes departamentales para la gestión del riesgo.

Tabla 4. Valoración y calificación de variable territorio afectado (extensión)

DESCRIPCION	VALOR	CALIFICACION
Más del 80% de su territorio se encuentra afectado	3	ALTA
Entre el 50% y 80% del territorio presenta afectación.	2	MEDIA
Menos del 50% del territorio presenta algún tipo de afectación	1	BAJA

Fuente: guía metodológica para la elaboración de planes departamentales para la gestión del riesgo.

Amenaza = intensidad + frecuencia + territorio afectado

Tabla 5. Calificación de amenaza.

INTERVALO	CALIFICACION
7-9	ALTA
4-6	MEDIA
1-3	BAJA

Fuente: guía metodológica para la elaboración de planes departamentales para la gestión del riesgo.

Evaluación de la amenaza.-

Para analizar la variable frecuencia, se consulta información disponible en la página www.desinventar.org, el sistema de información de la unidad nacional para la gestión del riesgo de desastres y los antecedentes de la empresa, en un periodo de 20 años.

De acuerdo a equipo de SST de la BIOSC, en esta empresa no se han presentado emergencias de tipo tecnológico en el periodo analizado (la entidad inicio operaciones en 2009).

Tabla 6. Antecedentes de emergencias de tipo tecnológico en el distrito de Santa Marta entre 1998 y 2017.

FUENTE DE INFORMACION	ANTECEDENTES DE EMERGENCIAS DE TIPO TECNOLOGICO EN EL DISTRITO DE SANTA MARTA (de acuerdo a fuente de información)	AFECTACION/ OBSERVACIONES
empresa BIOSC	No se presentan antecedentes de emergencias de tipo tecnológico.	
www.desinventar.org	No se presentan en Santa Marta antecedentes de emergencias de tipo tecnológico.	
Sistema nacional de información para la gestión del riesgo de desastres/ UNGRD	2017: incendio estructural en la empresa TECNICAS BALTIME, ubicada en la troncal del caribe vía a Gaira; almacenamiento de cartones, producción de cajas de cartón.	No afectación.
	2015: incendio estructural en las bodegas de ALMADELCO en la SOCIEDAD PORTURIA DE SM; se presenta al parecer por chispas en trabajo de soldadura.	No afectación.
	2015: incendio estructural en chivera del barrio pescaito; almacenamiento de cartón.	Toda la cuadra evacuada por precaución; no afectación.
	2014: incendio estructural en torre de control de aeropuerto simón bolívar; posiblemente origen eléctrico.	Se cierre aeropuerto temporalmente; vuelos son desviados a barranquilla.
	2013: derrame de aceite en parque isla salamanca.	
	2013: incendio estructural en central de abastos, específicamente en dos locales.	
	2013: incendio estructural en la empresa	CMGRD evacua las

FUENTE DE INFORMACION	ANTECEDENTES DE EMERGENCIAS DE TIPO TECNOLÓGICO EN EL DISTRITO DE SANTA MARTA (de acuerdo a fuente de información)	AFECTACION/OBSERVACIONES
	OPERMUNDO, operador logístico de la SOCIEDAD PORTUARIA DE SM	personas a 1 km de radio; 400 personas intoxicadas.

Fuente: www.desinventar.org; UNGRD, registros empresa BIOSC. NOTA: el sistema de información disponible en la página de la UNGRD muestra información desde 1998 hasta el año 2017.

Una explosión leve puede producir simultáneamente efectos por radiación, por sobrepresión y tóxicos (Explosiones leve, fopae, uniandes, 2011), por tanto, para analizar la variable “intensidad” se usara, el software ALOHA para calcular los valores de radiación, y el método TNT para calcular los valores de sobrepresión.

Las memorias del cálculo por radiación se muestran en el anexo 1.

Las memorias del cálculo por sobrepresión se muestran en el anexo 2.

Las características del tanque de almacenamiento de metanol son las siguientes:

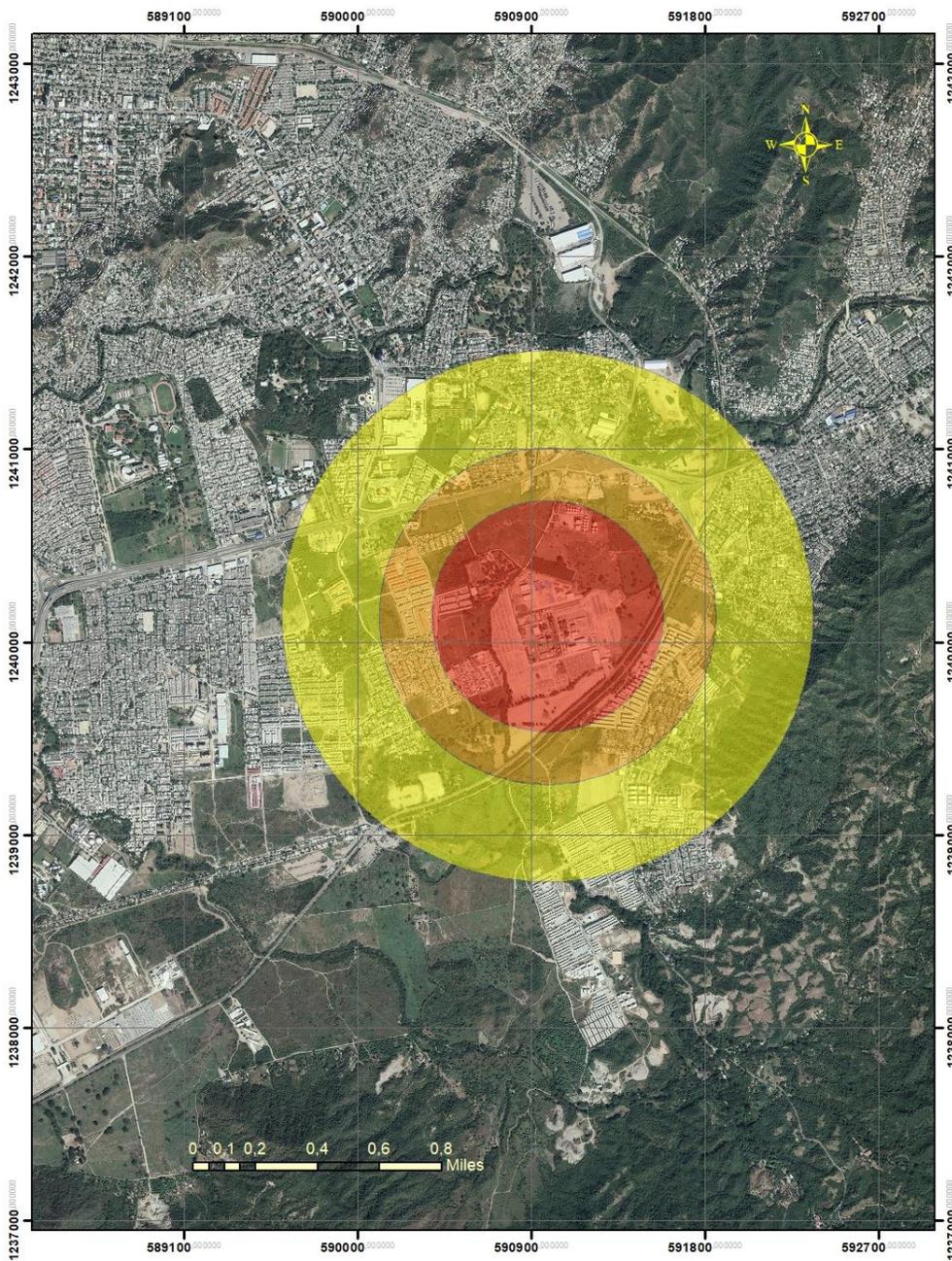
Figura 8. Características del tanque de almacenamiento de metanol, objeto del estudio.



Sustancia almacenada: Metanol
 Diámetro = 9,55 metros
 Altura= 9,15 metros
 Volumen= 655 metros cúbicos
 Densidad del metanol= 0,78 kg/lt

Fuente: datos entregados por equipo SST de la empresa BIOSC.

Figura 9. Modelación probabilista de las distancias de afectación por radiación en caso de explosión de tanque de metanol.¹



Fuente: software ALOHA, usando software ARCGIS para presentación de información geográfica.

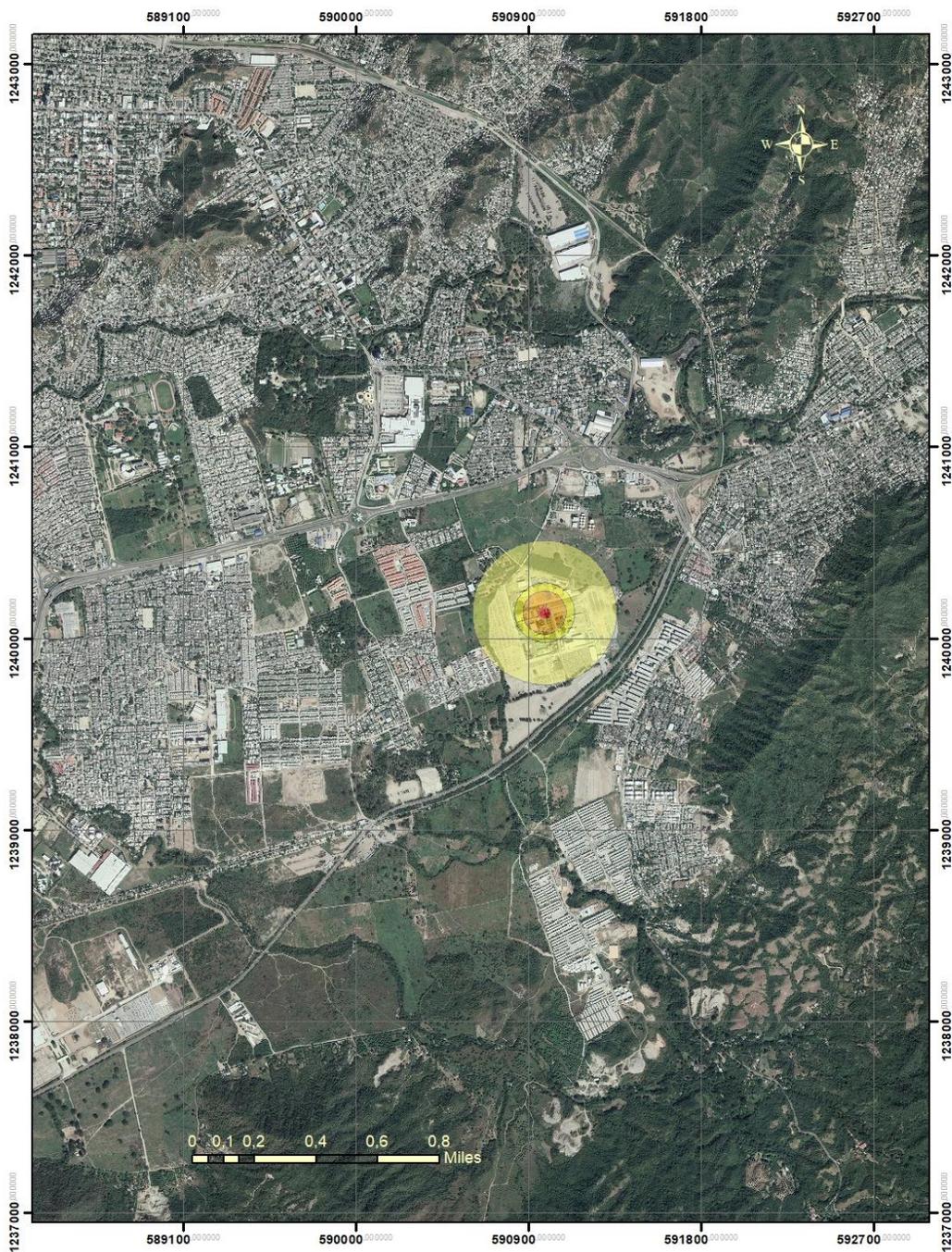
¹ El comportamiento de la radiación puede variar en relación a lo mostrado en la figura 9, de acuerdo a la cantidad de edificaciones u otros obstáculos.

Tabla 7. Efectos por radiación térmica en cada radio de afectación en caso de materialización de la amenaza objeto de estudio.

COLORIMETRIA	RADIO DE AFECTACION	EFFECTOS POR RADIACION TERMICA
	657 yardas (600,7 mt)	Potencialmente letal dentro de 60 seg
	953 yardas (871,4 mt)	Quemaduras de 2do grado dentro de 60 seg
	1505 yardas (1376,2 mt)	Dolor dentro de 60 seg

Fuente: software ALOHA

Figura 10. Modelación probabilista de las distancias de afectación por sobrepresión en caso de explosión de tanque de metanol.



Fuente: elaboración propia a partir de metodología TNT, usando software ARCGIS para presentación de información geográfica y teniendo en cuenta los efectos de sobrepresión definidos en documento FOPAE, UNIANDES (2011), explosiones leve.

Tabla 8. Efectos por sobrepresión en cada radio de afectación en caso de materialización de la amenaza objeto de estudio.

COLORIMETRIA	RADIO DE AFECTACION	PRESION	EFFECTOS (DAÑOS)
	31,05 mt	>6 bar (60 kpa)	Destrucción total de edificios, maquinaria pesada movida y dañada seriamente
	112,698 mt	>3,5 bar (35 kpa)	Paneles reforzados de ladrillo (25-35 cm de ancho) fallan por flexión o esfuerzos. Cercano a la destrucción total de construcciones habitacionales
	156,525 mt	>1,7 bar (17 kpa)	Ruptura de tanques de almacenamiento, edificios demolidos, maquinarias pesadas en edificios industriales sufren poco daño Construcciones de acero se tuercen, se dañan los soportes.
	375,66 mt	>0,35 bar (3,5 kpa)	Rompimiento de concreto no reforzado, destrucción del 50% en construcciones habitacionales. Colapso parcial de paredes y techos de construcciones habitacionales. Deformación de soportes de acero en edificios. Corrugación y fatiga en los paneles de acero y aluminio. Se presenta falla en los paneles de madera. Ruptura de ventanería grande y pequeña, daño en marquetería

Fuente: elaboración propia a partir de metodología TNT, usando software ARCGIS para presentación de información geográfica y teniendo en cuenta los efectos de sobrepresión definidos en documento FOPAE, UNIANDDES (2011), explosiones leve.

Para analizar la variable “territorio afectado” se tiene en cuenta la modelación realizada para la explosión del tanque de metanol referenciado; a partir de dicha modelación se conoce que el radio de afectación más grande lo genera el efecto de radiación, en este caso de 1,3762 km (equivalente a un área de 5,949423 km²).

De acuerdo al documento SISTEMA DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD URBANA PARA EL PROYECTO CONSTRUCCION DE CAPACIDADES PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA CIUDAD DE SANTA (PERIODO 2012-2015), el

distrito de Santa Marta está dividido en 9 comunas; según el análisis previo de la intensidad de la amenaza el área de posible afectación afecta las comunas 6 y 9. (Ver figura 11)

Tabla 9. Porcentaje de probable área afectación en relación con las comunas 6 y 9, en el distrito de santa marta.

COMUNA	AREA DE LA COMUNA (KM2)	AREA AFECTADA DE LA COMUNA (KM2)	PORCENTAJE DE AFECTACION (AREA)
6	11,03	2,7581 km2	25,01%
9	6,95	3,1918 KM2	45,91%

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de extensión de las comunas y uso de software ARCGIS para cálculo de áreas intersectadas.

Tabla 10. Porcentaje de probable área afectación en relación con las comunas 6 y 9, en el distrito de santa marta.

AREA URBANA	AREA AFECTADA DEL AREA URBANA (KM2)	PORCENTAJE DE AFECTACION (AREA)
55,13 KM2	5,9494 KM2.	10,79%

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de extensión de las comunas y uso de software para cálculo de áreas intersectadas.

Se puede inferir que en caso de materialización de una exposición del tanque en estudio se vería afectado el 10,79% del área urbana del distrito de santa marta.

Teniendo la información referente a la frecuencia, la intensidad y la extensión del territorio afectado se procede a calificar la amenaza de explosión.

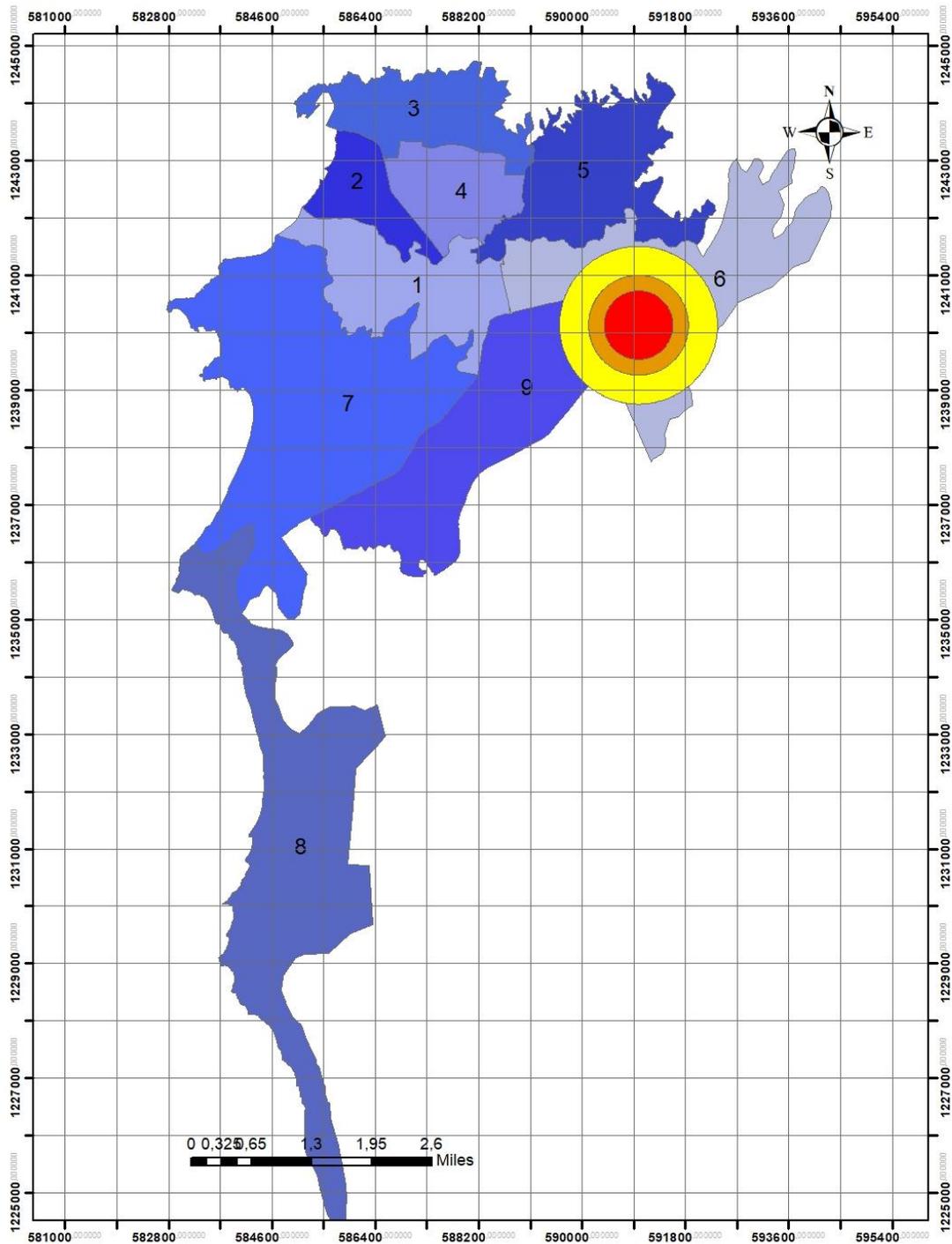
Tabla 11. Calificación de la amenaza de explosión leve (tanque metanol) en empresa BIOSC.

VARIABLE	VALOR	CALIFICACION
frecuencia	1	BAJA
Intensidad (se toma como referencia la modelación de los efectos por radiación y sobrepresión)	3	ALTA
Extensión (se toma como referencia el área afectada por los efectos de radiación).	1	BAJA
Amenaza= frecuencia + intensidad + extensión	5	MEDIA

Fuente: elaboración propia a partir de los cálculos previos de frecuencia, intensidad y extensión.

De acuerdo a la metodología descrita y a los valores obtenidos se obtiene que la amenaza de explosión de un tanque de metanol en la empresa BIOSC tiene valoración MEDIA.

Figura 11. Intensidad y extensión de los efectos por radiación en caso de explosión teniendo como mapa base las comunas del distrito de Santa Marta.



Fuente: software ALOHA, usando software ARCGIS para presentación de información geográfica con mapa base de las comunas del área urbana del distrito de Santa Marta.

Identificación y caracterización de los elementos expuestos

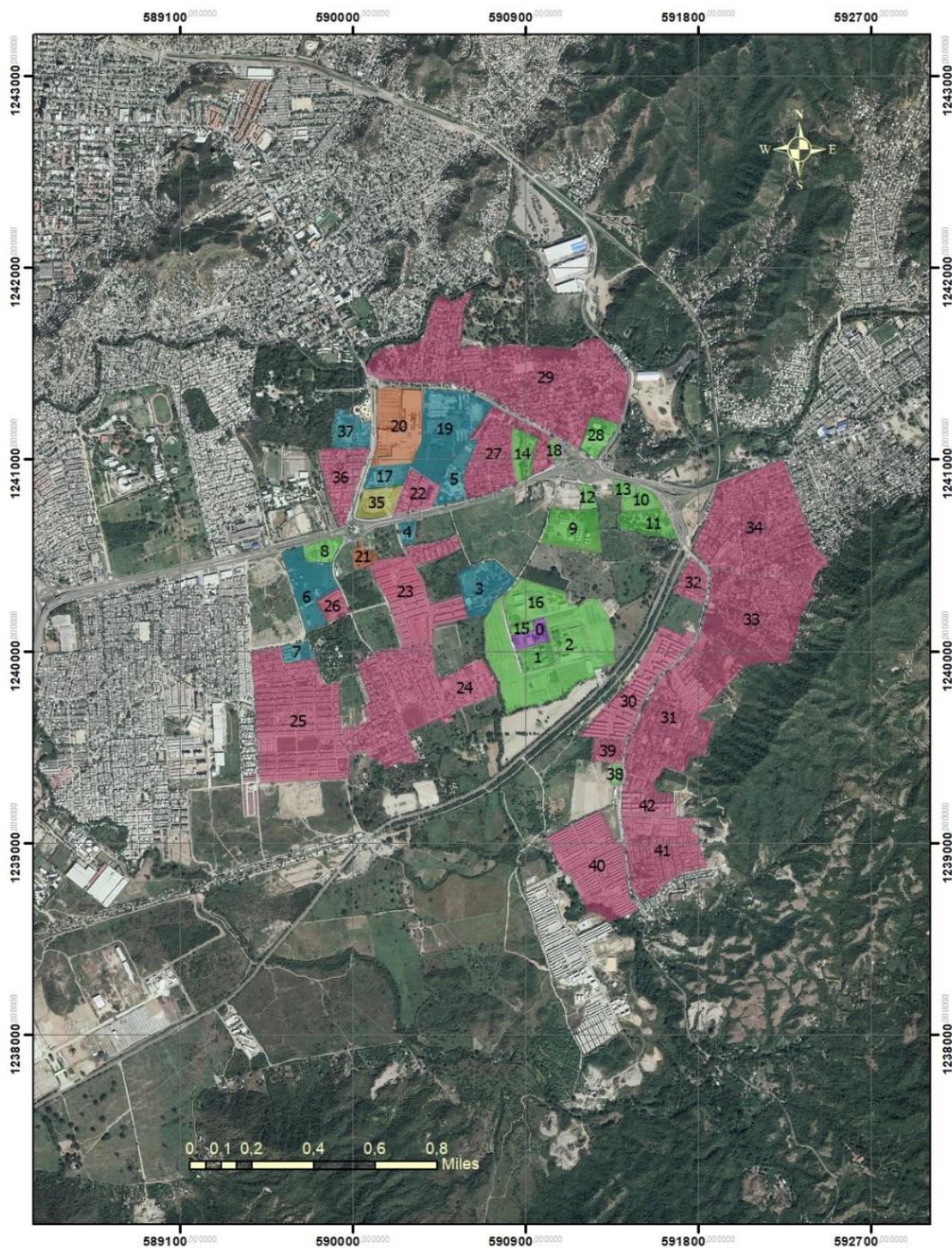
A partir de radio de afectación probable, de acuerdo a modelación de intensidad, usando el efecto de radiación como referente, se identifican diferentes usos de suelo (a partir de observación directa), que se muestran en la figura 10.

Tabla 12. Descripción de los sectores ubicados en posible zona de afectación.

COLORIMETRIA	USO	DESCRIPCION
	residencial	Barrios sierra adentro (23), Líbano (24), Andrea carolina (25), mamatoco (29), bolivariana (27), 11 de noviembre (34), el yucal (33), villa mercedes (32), parques de bolívar (30), cisne (31), ciudad equidad (40), la Rosalía (41), villas del campo (42).
	industrial	Refinería de aceite Tequendama (1), transbio (15), caribeana ecosoap (2), Odín energy (9), eds terpel, eds puma, eds Texaco (8), eds biomax (13), cervecería águila (28), zona franca las Américas (16), construproyec (14), eds puma (18), parqueaderos (10,11,12).
	escolar	Universidad Antonio Nariño (4), colegio Bilingüe (3), universidad UCC (5), universidad Sergio (6), arboleda, colegio INEM (19), colegio la normal (37), colegio Coedumag (7).
	recreativo	Parque del agua (35)
	comercial	Centro comercial Buenavista (20)

Fuente: elaboración propia a partir de observación directa.

Figura 12. Diferentes usos de suelo en área de probable afectación (ver Tabla 12 para convenciones).



Fuente: elaboración propia a partir de observación directa.

Usando la herramienta análisis estadístico del GEOPORTAL del DANE, se pueden extraer datos de número de viviendas y personas en un radio determinado, para este caso de describen dichos elementos para la probable área de afectación precitada:

Grafico 1. Tipo y cantidad de viviendas ubicadas en un radio de 1,376 km a partir de la ubicación del tanque de metanol en la empresa BIOSC.



Fuente: geo portal DANE.

Grafico 2. Población ubicada en un radio de 1,376 km a partir de la ubicación del tanque de metanol en la empresa BIOSC.



Fuente: geo portal DANE.

Evaluación de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos en el área de posible afectación por materialización de la amenaza objeto de estudio.

Metodología para el análisis de la vulnerabilidad.

Para el análisis de vulnerabilidad se debe realizar la identificación y caracterización de los elementos que se encuentran expuestos en determinada área geográfica y los efectos desfavorables de una amenaza (guía para la elaboración de planes departamentales de gestión del riesgo).

La guía precitada recomienda el análisis de cuatro tipos de vulnerabilidad: física, económica, ambiental y social; para efectos del proyecto se analizara únicamente la vulnerabilidad física, relacionada principalmente con la calidad o tipo de material utilizado, y el tipo de construcción de las viviendas, establecimientos económicos (comerciales e industriales) y de servicios (salud, educación, instituciones públicas), además de antigüedad y localización.

Tabla 13. Valoración de la vulnerabilidad física.

VARIABLE	VALOR DE LA VULNERABILIDAD FISICA		
	BAJA	MEDIA	ALTA
	1	2	3
Antigüedad de la edificación	Menos de 5 años	Entre 6 y 20 años	Mayor de 20 años
Materiales de construcción y estado de conservación	Estructura con materiales de muy buena calidad, adecuada técnica constructiva y buen estado de conservación	Estructura de madera, concreto, adobe, bloque o acero, sin adecuada técnica constructiva y con un estado de deterioro moderado	Estructuras de adobe, madera u otros materiales, en estado precario de conservación
Cumplimiento de la normatividad vigente	Se cumple de forma estricta con las leyes	Se cumple medianamente con la leyes	No se cumple con las leyes
Características geológicas y tipo de suelo	Zonas que no presentan problemas de estabilidad, con buena cobertura vegetal	Zonas con indicios de inestabilidad y con poca cobertura vegetal	Zonas con problemas de estabilidad evidentes, llenos antrópicos y sin cobertura vegetal
Localización de las edificaciones con respecto a zonas de retiro a fuentes de agua	Muy alejada	Medianamente cerca	Muy cercana

VARIABLE	VALOR DE LA VULNERABILIDAD FISICA		
	BAJA	MEDIA	ALTA
	1	2	3
y zonas de riesgo identificadas			

Fuente: guía metodológica para la elaboración de planes departamentales para la gestión del riesgo.

Tabla 14. Calificación de la vulnerabilidad física.

INTERVALO	CALIFICACION
12,0001 a 15	ALTA
8,0001 a 12	MEDIA
5 a 8	BAJA

Fuente: guía metodológica para la elaboración de planes departamentales para la gestión del riesgo.

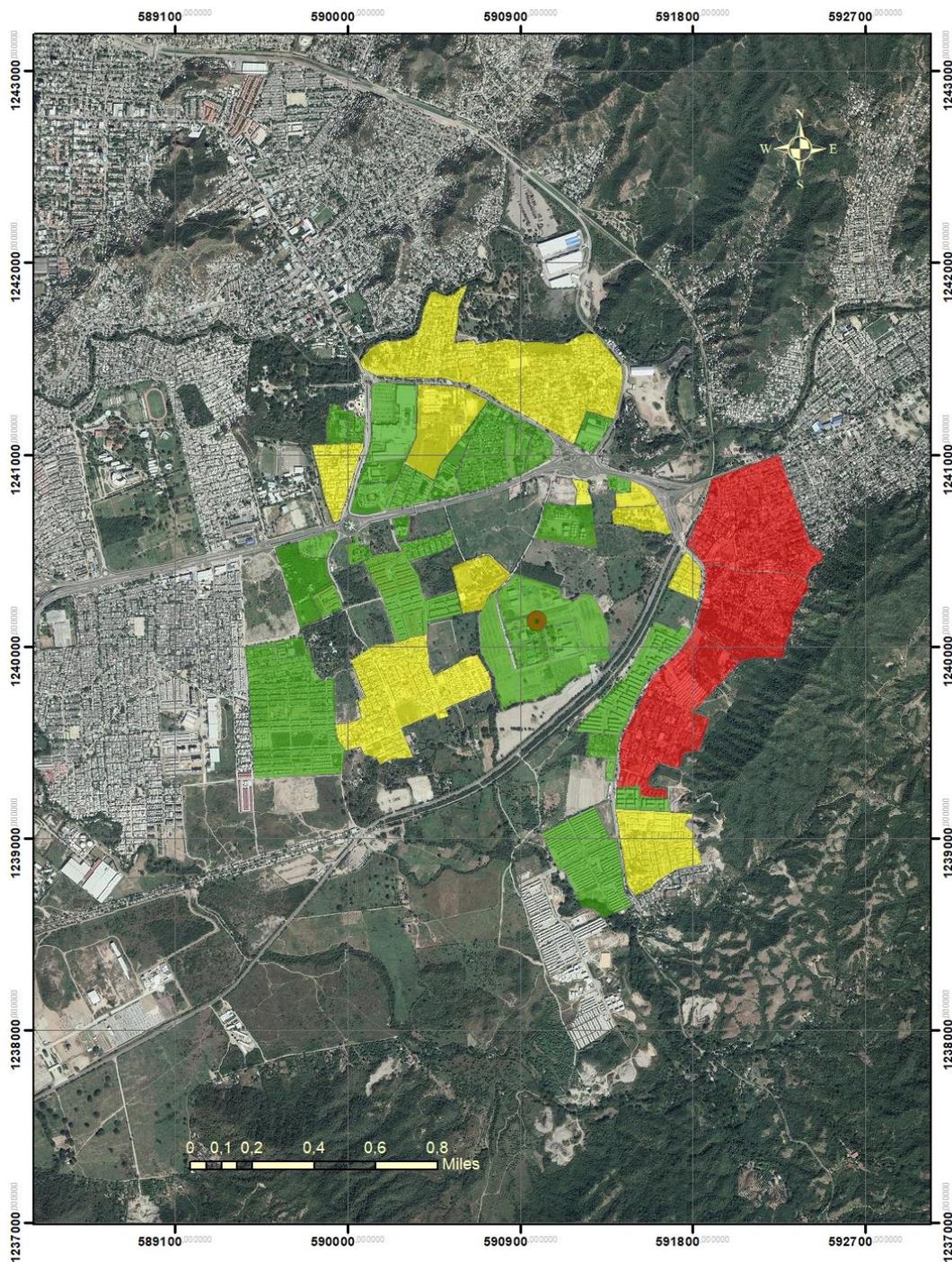
Evaluación de la vulnerabilidad física.

De acuerdo al plan distrital para la gestión del riesgo de desastres (2012) el área urbana de Santa Marta tiene vulnerabilidad media para el riesgo tecnológico; se asume que es la misma para todas las comunas del área urbana, incluidas la 6 y 9, comunas con algún porcentaje de afectación en caso de materialización de la amenaza de estudio.

Para ser más precisos en el análisis de vulnerabilidad, se realizó el análisis en cada uno de los sectores identificados en el área de posible afectación, aplicando la valoración establecida en la metodología; esta valoración se aplicó mediante observación directa e información recolectada mediante conversaciones con diferentes habitantes de la zona y de los responsables de SST de algunas de las empresas descritas.

Las valoraciones de vulnerabilidad física de cada sector se muestran en el anexo 3.

Figura 13. Evaluación de la vulnerabilidad física en el área de posible afectación por materialización de la amenaza objeto de estudio (Ver Tabla 15 para convenciones).



Fuente: elaboración propia; uso de software ARCGIS para calculo y presentación geográfica.

Tabla 15. Calificación de la vulnerabilidad física en los diferentes sectores ubicados en la zona de posible afectación.

COLORIMETRIA	VULNERABILIDAD FISICA	SECTORES
	Alta	Uso residencial: El cisne, 11 de noviembre, El yucal.
	Media	Uso residencial: Líbano, Mamatoco, Villa Mercedes, Springfield, Cisne, Rosalía Uso industrial: Refinería de aceite Tequendama, Caribbean eco soap (jabonería), Odín energy (biocombustibles), Transbio (transporte), Zona franca las Américas Sector de uso escolar: INEM, Bilingüe de santa marta,
	Baja	Uso residencial: Ciudad equidad, parques de bolívar, sierra adentro, Montpellier, villas de Andrea carolina, torres de canarias, Uso industrial: Eds Texaco, eds biomax, construproyec (transporte), cervecería águila. Sector de uso escolar: Univ. Antonio Nariño, UCC, Univ. Sergio Arboleda, Col coedumag, col distrital, col la normal Uso comercial: Centro comercial Buenavista Uso cultural o recreativo: Parque del agua.

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación de metodología para la calificación de vulnerabilidad física.

Figura 14. Sector el Yucal.



Fuente: google earth.

Figura 15. Sector 11 de noviembre.



Fuente: google earth.

Determinación del nivel de riesgo, en el contexto externo, para la explosión de un tanque de metanol en la empresa BIOSC.

Metodología para la estimación del nivel de riesgo

Una vez identificadas y valoradas las amenazas y realizando el análisis de vulnerabilidad, se procede a una evaluación conjunta para calcular el riesgo, es decir, estimar la probabilidad de pérdidas y daños esperados ante la ocurrencia de un fenómeno amenazante (guía para la elaboración de planes departamentales de gestión del riesgo), en este caso en particular por fenómeno de tipo tecnológico.

Estimación del nivel de riesgo

Usando el software ARCGIS se realiza la evaluación conjunta de la amenaza y vulnerabilidad física obtenida en los análisis previos para estimar el nivel de riesgo; para el caso de la amenaza, se toma como referencia la modelación probabilística de la radiación térmica.

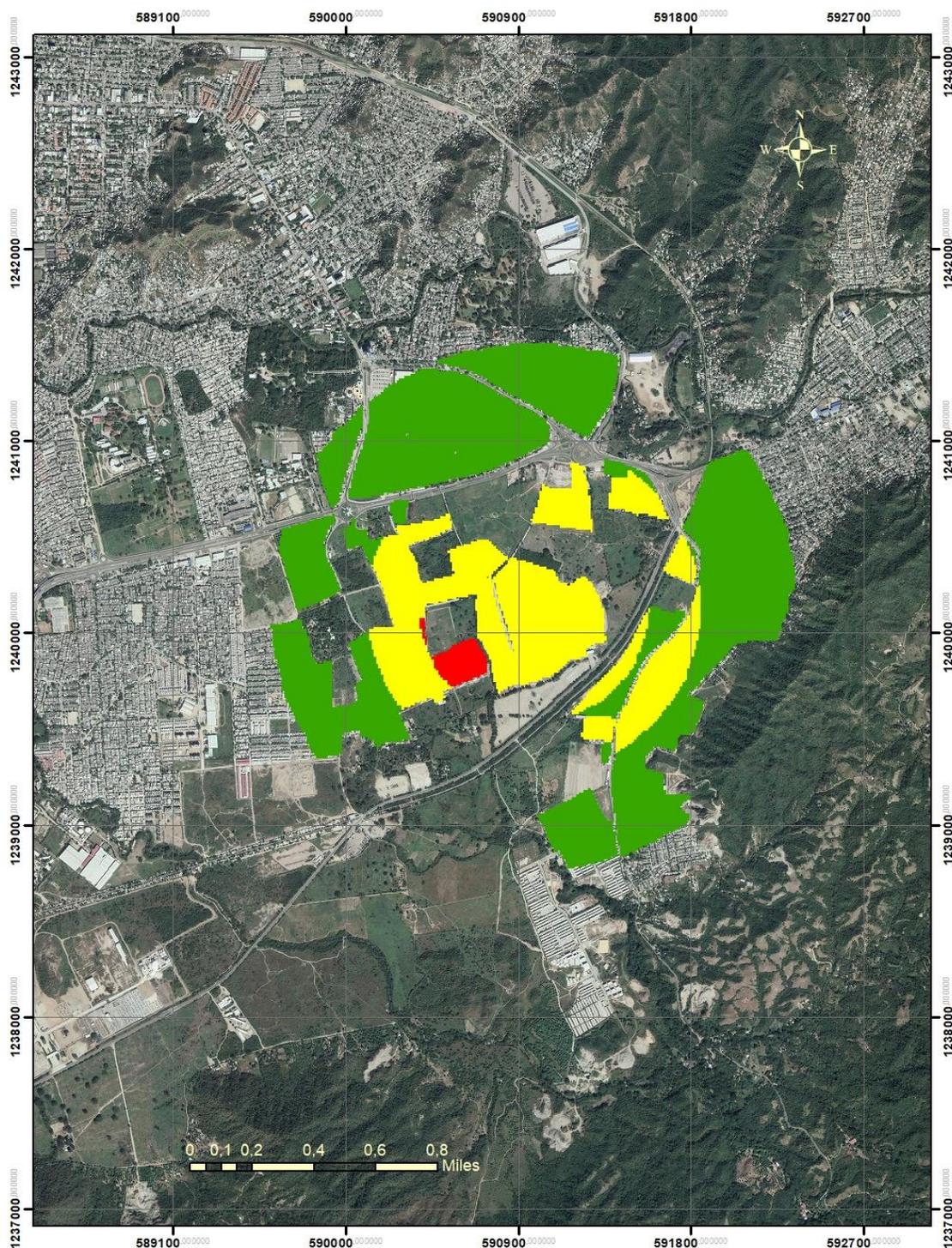
De acuerdo a lo anterior, se establece la siguiente tabla de valoración particular.

Tabla 16. Valores y calificación para la estimación del nivel de riesgo, teniendo en cuenta la intensidad de la amenaza y la vulnerabilidad física.

NIVEL DE RIESGO		
intensidad de la amenaza (radiación térmica) X vulnerabilidad física		
BAJA	MEDIA	ALTA
5 a 18,33	18,334 a 31,66	31,667 a 45

Fuente: elaboración propia a partir del valor máximo posible resultante del producto de la intensidad de la amenaza y la vulnerabilidad física.

Figura 16. Estimación del nivel de riesgo por materialización de la amenaza objeto de estudio.



Fuente: elaboración propia; uso de software ARCGIS para calculo y presentación geográfica.

Tabla 17. Estimación del nivel de riesgo en los diferentes sectores ubicados en la zona de posible afectación.

COLORIMETRIA	NIVEL DE RIESGO (INTENSIDAD DE LA AMENAZA X VULNERABILIDAD FISICA)	SECTORES
	Alta	Uso residencial: El Líbano
	Media	Uso residencial: sierra adentro, Mamatoco, Villa Mercedes, Springfield, Cisne, parques de bolívar Uso industrial: Refinería de aceite Tequendama, Caribbean eco soap (jabonería), Odín energy (biocombustibles), Transbio (transporte), Zona franca las Américas Sector de uso escolar: Colegio coedumag. Universidad Sergio arboleda.
	Baja	Uso residencial: Andrea carolina, mamatoco, bolivariana, 11 de noviembre, el yucal, villa mercedes, parques de bolívar, ciudad equidad, la Rosalía, villas del campo, torres de canarias. Uso industrial: Eds Texaco, eds biomax, construproyec (transporte), cervecería águila. Sector de uso escolar: Univ. Antonio Nariño, UCC, col distrital, col la normal Uso comercial: Centro comercial Buenavista Uso cultural o recreativo: Parque del agua.

Fuente: elaboración propia a partir de la aplicación de la metodología definida (tabla 16) para la estimación del nivel de riesgo; cálculos realizados con software ARCGIS.

Figura 17. Sector el Libano.



Fuente: google earth.

Capítulo 11

Conclusiones

La principal conclusión de este estudio tiene que ver con la confirmación de que en caso de materialización del evento “explosión del tanque de metanol” en la BIOSC, los efectos sobrepasarían sus límites, en cuanto a extensión geográfica.

Para llevar a esa conclusión se evaluó la amenaza en términos de frecuencia, intensidad y extensión; a través de software ALOHA y la metodología TNT se logró modelar la intensidad y extensión de los efectos por radiación y sobrepresión, respectivamente; para el caso de radiación el radio de afectación se estima en 1,376 km, esto corresponde al 10,79% del área urbana del distrito de santa marta; Es importante resaltar que este tipo de eventos nunca se ha presentado en la planta de BIOSC.

En el radio de posible afectación se identificaron elementos expuestos, de diferentes usos: industrial, residencial, comercial, escolar; resaltando el hecho de que la empresa BIOSC se encuentra rodeada de otras empresas industriales con las cuales se podría generar un efecto domino, estas empresas conforman la zona franca las Américas; por otra parte se identifican diferentes universidades como la UCC, Sergio arboleda, Antonio Nariño y colegios como coedumag, inem y distrital.

Tomando como referencia la guía para la elaboración de los planes departamentales de gestión del riesgo, se evaluó a través de observación directa la vulnerabilidad física de los elementos expuestos; industrias en zona franca las Américas presentan vulnerabilidad física baja por ser construcciones relativamente nuevas, con buenos materiales, entre otras variables analizadas; barrios como cisne, yucal y 11 de noviembre presenta vulnerabilidad física alta;

barrios; barrios como Líbano, Andrea carolina y colegio bilingüe presentan vulnerabilidad media.

Para la estimación del riesgo, y teniendo la visión de entregar un informe gráfico se cruzan las variables de intensidad de la amenaza (radiación) y vulnerabilidad física con apoyo de software ARCGIS; a través de este análisis se presentan las zonas o sectores con riesgo alto, medio y bajo, teniendo al sector el Líbano como sector de mayo nivel de riesgo.

Capítulo 12

Recomendaciones

A la luz de los resultados del estudio se entregan las siguientes recomendaciones:

A la oficina de gestión del riesgo distrital de Santa Marta (OGRICC)

- ✓ Actualizar la identificación, caracterización y evaluación de la amenaza de tipo tecnológico en el distrito de Santa Marta (última actualización tiene fecha de año 2012).
- ✓ Actualizar el estudio de vulnerabilidad frente a la amenaza de tipo tecnológico, con un mayor nivel de detalle (en este momento se describe vulnerabilidad en área urbana y área rural, no se identifica por comunas o barrios).

A la unidad nacional de gestión del riesgo de desastres (UNGRD)

- ✓ Entregar al país herramientas tecnológicas para la modelación de la intensidad y extensión de las amenazas de tipo tecnológico, con el propósito de mejorar el conocimiento de riesgo y la identificación de los elementos expuestos.

A la entidad objeto de estudio (BIOSC).

- ✓ Validar resultados de este estudio para aumentar su componente de conocimiento del riesgo para el plan de gestión de riesgos de desastres.
- ✓ Socializar resultados con las empresas que conforman el plan de ayuda mutua del sector industrial de zona franca las Américas y con las comunidades ubicadas en la zona de posible afectación para establecer protocolos de respuesta acordes con la intensidad y extensión de la amenaza.

Capítulo 13

Bibliografía

Congreso de la Republica de Colombia (2012). *Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres y se dictan otras disposiciones.*

Presidencia de la Republica de Colombia (2017). *Decreto 2157 de 2017, por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012.*

Unidad nacional para la gestión del riesgo de desastres. *Guía metodológica para la elaboración de los planes departamentales para la gestión del riesgo.*

Unidad nacional para la gestión del riesgo de desastres, (2018). *Cartilla: lo que usted debe saber sobre el riesgo tecnológico.*

Alcaldía de Santa Marta (2012-2015). *sistema de indicadores de sostenibilidad urbana para el proyecto de construcción de capacidades para el desarrollo sostenible de la ciudad de santa marta.*

Consejo distrital para la gestión del riesgo de desastres, Santa Marta (2012). *Plan distrital para la gestión del riesgo de desastres.*

Muñoz, Gómez, (2011). *Explosiones Blevé: análisis de intensidad y consecuencias por sobrepresión.* FOPAE, Universidad de los Andes

Gonzales, (2011). *Análisis de los modelos matemáticos para la evaluación por derrames, fugas, explosiones e incendios provocados por desastres químicos*. Universidad nacional autónoma de México, programa de maestría y doctorado en ingeniería.

Corpamag, (2017). *Diagnostico biofísico del departamento del magdalena*.

Anexos

Anexo 1. Resultados emitidos por software ALOHA de la modelación probabilista de los efectos de radiación térmica por explosión del tanque de metanol.

 ALOHA 5.4.7 - [Text Summary]

File Edit SiteData SetUp Display Sharing Help

SITE DATA:

Location: SANTA MARTA 2, COLOMBIA
Building Air Exchanges Per Hour: 0.56 (unsheltered double storied)
Time: May 26, 2019 1011 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: METHANOL
CAS Number: 67-56-1 Molecular Weight: 32.04 g/mol
AEGL-1 (60 min): 530 ppm AEGL-2 (60 min): 2100 ppm AEGL-3 (60 min): 7200 ppm
IDLH: 6000 ppm LEL: 71800 ppm UEL: 365000 ppm
Ambient Boiling Point: 148.5° F
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.19 atm
Ambient Saturation Concentration: 194,021 ppm or 19.4%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 3 meters/second from N at 2 meters
Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 0 tenths
Air Temperature: 28° C Stability Class: C
No Inversion Height Relative Humidity: 72%

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in vertical cylindrical tank
Tank Diameter: 9.55 meters Tank Length: 9.15 meters
Tank Volume: 655 cubic meters
Tank contains liquid
Internal Storage Temperature: 28° C
Chemical Mass in Tank: 474830 kilograms
Tank is 92% full
Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
Fireball Diameter: 495 yards Burn Duration: 24 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
Red : 657 yards --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 953 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 1505 yards --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

Anexo 2. Resultados del cálculo para modelación probabilista de los efectos por sobrepresión por explosión del tanque de metanol usando método TNT.

PASO 1: hallar la masa equivalente de TNT para la cantidad de metanol objeto de estudio

$$W=(nmEc)/Et$$

W	masa equivalente de TNT
m	cantidad total del material inflamable o combustible
n	(adimensional) es la eficiencia de la explosion: varia de acuerdo a autor, entre 1% y 10%
Ec	es el calor de combustion del gas inflamable: el calor de la entalpia del metanol es de: -762 kj/mol; el peso molecular del metanol es de: 32,0420 gr
Et	es la energia de la explosion del TNT: valor tipico= 4600 kj/kg

n (adimencional)	0,1
m (kg)	474830,909
Et (kj/kg)	4600
Ec	-23781,28706
w	-245480,22

PASO 2. referenciar la tabla de criterios de daño en estructuras propuestas por DPAE

- ZONA A: DESTRUCCION TOTAL: PRESION MAYOR A 8,3 bar
- ZONA B: DAÑO MAYOR: PRESION MAYOR A 3,5 bar
- ZONA C: DAÑO MODERADO: PRESION MAYOR A 1,7 bar
- ZONA D: DAÑO MENOR: PRESION MAYOR A 0,35 bar

PASO 3. determinar de acuerdo a la grafica (presion vs distancia normalizada Z) la distancia normalizada para cada zona.

Z para ZONA A	0,5 ajustandolo a 6 bar, la grafica solo llega a 6
Z para ZONA B	1,8
Z para ZONA C	2,5
Z para ZONA D	6

Anexo 3. Calculo de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos.

NOMBRE	ANTIG	MAT	CUMNORM	GEOLSUELO	LOCA	VULN	INTERPR
BIOSC	2	1	1	1	3	8	MEDIA
REF_TEQ	2	1	1	1	3	8	MEDIA
CARIBEAN	2	1	1	1	3	8	MEDIA
COL_BILINGUE	3	1	1	1	3	9	MEDIA
U_AN	1	1	1	1	2	6	BAJA
U_UCC	2	1	1	1	2	7	BAJA
U_SA	1	1	1	1	1	5	BAJA
COL_COEDUMAG	3	1	1	1	1	7	BAJA
EDS_TEX	2	1	1	1	1	6	BAJA
ODIN	2	1	1	1	3	8	MEDIA
PARQ	2	3	3	1	2	11	MEDIA
PARQ	2	3	3	1	2	11	MEDIA
PARQ	2	3	3	1	2	11	MEDIA
EDS_BIOMAX	1	1	1	1	2	6	BAJA
CONST_PRO	2	1	1	1	2	7	BAJA
TRANSBIO	2	1	1	1	3	8	MEDIA
ZFA	2	1	1	1	3	8	MEDIA
COL_DIS	1	1	1	1	1	5	BAJA
EDS_PUMA	1	1	1	1	1	5	BAJA
COL_INEM	3	3	3	1	1	11	MEDIA
CC_BB	2	1	1	1	1	6	BAJA
MOT	2	1	1	1	1	6	BAJA
CANAR	2	1	1	1	1	6	BAJA
MIRACAMP	2	1	1	1	3	8	MEDIA
LIBANO	3	2	2	1	3	11	MEDIA
ACAR	2	2	2	1	1	8	MEDIA
MONT	2	1	1	1	1	6	BAJA
BOLIV	1	1	1	1	2	6	BAJA
CERV	2	1	1	1	1	6	BAJA
MAMAT	3	3	3	1	1	11	MEDIA
PBOLIVAR	1	1	1	1	3	7	BAJA
CISNE	3	3	3	2	2	13	ALTA
VILLAM	2	2	2	2	2	10	MEDIA
YUCAL	3	3	3	2	2	13	ALTA
NOV	3	3	3	2	2	13	ALTA
PARK_AGUA	1	1	1	1	1	5	BAJA
SPRINF	3	2	2	1	1	9	MEDIA
COL_NORMAL	2	1	1	1	1	6	BAJA
EDS_TERP	1	1	1	1	2	6	BAJA

NOMBRE	ANTIG	MAT	CUMNORM	GEOLSUELO	LOCA	VULN	INTERPR
CIS	3	1	1	1	2	8	MEDIA
EQUIDAD	1	1	1	1	1	5	BAJA
ROSALIA	2	3	3	2	1	11	MEDIA
VILLAS	1	1	1	2	1	6	BAJA