

Universidad de Matanzas
Sede Camilo Cienfuegos
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Ingeniería



Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico

Título: Evaluación de las áreas de atmósferas peligrosas, mediante el uso del software ALOHA en el gasoducto que abastece de gas licuado del petróleo a la planta Caribe

Autor: Margeisi Febles Ramos

Tutor: Ing. Alejandro Díaz Linares

Matanzas, 2015

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Margeisi Febles Ramos, declaro que soy autora única de este Trabajo de Diploma y lo pongo a disposición de la Empresa Comercializadora de Combustible Matanzas (ECCM) y de la Universidad de Matanzas, para hacer uso del mismo con el objetivo y finalidad que se estime conveniente.

Margeisi Febles Ramos

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Tribunal.Firma

Miembro del Tribunal.Firma

Miembro del Tribunal. Firma

Miembro del Tribunal.Firma

La mente que se abre a una nueva idea, jamás volverá a su tamaño original.

Albert Einstein

DEDICATORIA

- ❖ A Dios, parte esencial de mis triunfos.
- ❖ A mis padres Miguel y Margelis quienes siempre están a mi lado.
- ❖ A mi esposo Deivis, mi ayuda idónea e incondicional.
- ❖ A mis hermanos, especialmente Migue y Nanita.
- ❖ A mi familia, hermanos en Cristo, amigos y profesores.

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A Dios, por siempre estar a mi lado y hacer las cosas posibles y sencillas en medio de las dificultades.
- ❖ A mis padres Miguel y Margelis, por sus sacrificios, consejos y apoyo en todos los momentos de mi vida; si hoy soy alguien ellos tienen mucho que ver en eso.
- ❖ A mi esposo precioso, por siempre estar a mi lado, por su amor, por impulsarme y sacar lo mejor de mí.
- ❖ A mis hermanos, especialmente Migue y Nani, por siempre estar en los momentos más lindos de mi vida.
- ❖ A mi familia, mis tíos, tías, primos, suegros, a todos en general por siempre estar al tanto y mostrarme su apoyo.
- ❖ A mis hermanos de la fe, por sus muchas oraciones, por sus preocupaciones y por ser tan especiales.
- ❖ A la memoria de mi tía Alejandrina, hoy veo que verdaderamente “Todo llega”.
- ❖ A mis compañeros de carrera, especialmente Rachel Bayate, Lucy Musitwa y Leyanet Rodríguez, por acompañarme, por ayudarme y por tantas sonrisas y momentos que quedarán en los mejores recuerdos de mis estudios universitarios, sin dejar de mencionar al resto de mis compañeros.
- ❖ A todos los profesores que a lo largo de estos 5 años han contribuido a mi formación.
- ❖ Al tigre del Departamento de Ingeniería Química, Santiago Díaz Suarez, profesor, tutor y sobre todo amigo, gracias por permitirme conocer a alguien como usted.
- ❖ A mi tutor Alejandro Díaz Linares por su ayuda incondicional, por su amistad y por el privilegio de ser su primera diplomante.
- ❖ Al Dr. Jesús Delfín Luis Orozco por su experiencia y sus ideas, una de las personas más magistrales que he tenido el privilegio de conocer.
- ❖ Al compañero José Luis, jefe de planta, por toda su colaboración.

Resumen

Este trabajo de investigación se realiza en el gasoducto que abastece de gas licuado del petróleo a la planta Caribe de Matanzas, ubicada en la zona industrial de dicha provincia. En él se determinaron, a partir de la aplicación del software ALOHA (*Area Locations of Hazardous Atmospheres* de sus siglas en inglés) que los escenarios de riesgos que se pueden presenciar en dicho gasoducto son: la nube de vapor inflamable, la explosión de una nube de vapor (VCE) y la formación de una nube tóxica y este mismo software permitió evaluar las áreas de atmósferas peligrosas correspondientes a estos escenarios, obteniéndose que las mayores áreas de riesgo son las generadas por la formación de una nube tóxica. Se obtuvo también, mediante las Ecuaciones Probit, las afectaciones a los recursos materiales, por efecto de la sobrepresión en caso de ocurrir un accidente y que para el caso de las vidas humanas no hay pérdida de las mismas. Se estimaron los posibles daños a las edificaciones y el costo actual de reposición de la planta que asciende a los \$ 13 276 137.1.

Summaries

This work of investigation is carried out in the gas pipe line it supplies of liquid gas of the petroleum to the Caribbean plant of Matanzas, located in the industrial area of province of Matanzas. In it decided, as of the application of the ALOHA software (*Area Locations Hazardous Atmospheres by his initials in English language*) that the stages of risks that they can witness in this gas pipe line are: the cloud of inflammable steam, the explosion of a cloud of steam (VCE) and the formation of a toxic cloud and the software has permitted evaluate the areas of dangerous atmospheres correspondents to these stages , *by* obtaining that the bigger areas of risk are the generated for the formation of a toxic cloud. It obtained also, by means of the Probit equations, the affectations to the material resources, the effect of the overpressure in the case of occuring an accident and that for the case of the human lives there is not loss. They estimated the possible damages to the edifications and the current cost of replacement of the plant it ascends to the \$13 276 137.1.

Índice	
Introducción	1
Capítulo 1: Análisis Bibliográfico	3
1.1 Trasiego de combustibles	3
1.2 Riesgos implícitos en el trasiego de combustibles	6
1.3 Metodologías empleadas en la evaluación de riesgos de las ATEX	12
1.4 Tuberías para el trasiego de combustibles	14
1.4.1 Materiales de construcción de gasoductos	14
1.4.2 Clasificación de gasoductos dependiendo de su ubicación	16
1.5 Gas Licuado del Petróleo. Propiedades y características	17
1.6 Conclusiones parciales	23
Capítulo 2: Materiales y métodos	25
2.1 Descripción del gasoducto perteneciente a la planta Caribe	25
2.1.1 Descarga de buques	28
2.1.2 Carga de buques	29
2.1.3 Descripción de las bombas y compresores utilizados en la planta	29
2.2 Procedimiento de identificación de la sustancia involucrada en el proceso	30
2.3 Características y particularidades del software ALOHA en la evaluación de las consecuencias de los accidentes industriales	32
2.4 Establecimiento de las condiciones de trabajo con el software	37
2.5 Metodología para la determinación del efecto de la sobrepresión sobre los recursos humanos y materiales	38
Capítulo 3: Análisis de los resultados	39
3.1 Análisis de los resultados de las áreas de la nube de tóxica	39
3.1.1 Análisis de los resultados de la dispersión de la nube tóxica, bajo condiciones de calma	45
3.1.2 Análisis de los resultados de la explosión de la nube de vapor	47
3.1.3 Análisis de los resultados de la nube de vapor inflamable	49
3.2 Análisis de la influencia de la sobrepresión sobre los recursos humanos y materiales, por la explosión de una nube de vapor	51
3.3 Estimación del impacto económico por la afectación de accidentes al gasoducto	54
3.4 Conclusiones Parciales	55
Conclusiones	56
Recomendaciones	57
Bibliografía	58
Anexos	62

Introducción

La Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas que se encuentra ubicada en la zona industrial de esta provincia tiene como objetivos resepcionar, comercializar, almacenar y acondicionar combustibles, siendo entonces de vital importancia la realización de análisis y evaluaciones de riesgos en dicha empresa. En la misma se ha venido efectuando un estudio que contempla la evaluación de riesgos en los últimos años por parte de profesores y estudiantes de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Estas investigaciones han estado enfocadas a la determinación de las posibles causas de riesgos, sus posibles consecuencias y la forma de mitigarlos; sin embargo este tipo de análisis ha sido realizado solo en el área de almacenamiento de combustibles líquidos como nafta, gasolina, petróleo crudo y gas licuado del petróleo (GLP), pero no se ha realizado estos estudios en el gasoducto que abastece de gas licuado del petróleo a la planta Caribe, a pesar de ser esta sustancia una de las más peligrosas actualmente en la empresa. De ahí la importancia de la determinación de los escenarios de riesgos más probables y sus posibles consecuencias, por lo que se plantea el siguiente problema:

Problema: ¿Cómo determinar las áreas de atmósferas peligrosas que se pueden originar en el gasoducto que abastece de gas licuado del petróleo a la planta Caribe?

Hipótesis: Si se aplica el software ALOHA se podrán determinar las áreas de atmósferas peligrosas que se pueden presentar en el gasoducto que abastece de gas licuado del petróleo a la planta Caribe.

Objetivo general:

Evaluar las áreas de riesgo químico, mediante el software ALOHA, en el gasoducto que abastece de gas licuado del petróleo a la planta Caribe.

Objetivos específicos:

1. Caracterizar la sustancia y el área objeto de estudio.
2. Aplicar el software ALOHA para detectar las áreas de atmósferas peligrosas.
3. Evaluar el impacto de posibles accidentes que ocurran en el gasoducto.
4. Estimar las pérdidas económicas.

Capítulo1: Análisis bibliográfico

Conceptos y generalidades

En este capítulo se tratarán las diferentes formas de trasiego del combustible que más se utilizan en este tipo de industria así como los riesgos inherentes que surgen de la transportación de estos combustibles. Se abordan las diversas tecnologías y modelos de gestión adoptados por distintas empresas para minimizar el riesgo de accidentes. Se analizan las distintas metodologías de análisis de riesgos y los diferentes escenarios que pudieran verificarse. Además se abordan las principales características del gas licuado del petróleo y de los gasoductos.

1.1 Trasiego de combustibles

Complejas redes de camiones cisterna, trenes-tanque, buques, tuberías, envasadoras de propano y butano, gasolineras y depósitos, aseguran la distribución de los combustibles derivados del petróleo. Aunque el transporte por tubería tiene un papel en la distribución general de combustibles, la distribución fina necesita una enorme flota de vehículos. (Fundación vida sostenible, 2012 y Rodríguez *et al* 1995)

Los vehículos de transporte deberán ser diseñados de acuerdo a normas de ingeniería reconocidas internacionalmente, entre otras, Requerimientos generales de diseño y construcción aplicable a la Especificación MC 306 (178.340) o Requerimientos generales de diseño y construcción aplicables a la Especificación DOT 406 (178.345) debiendo considerarse, entre otros, los siguientes factores:

- a) Relación entre el peso transportado y la potencia del equipo propulsor.
- b) Diseño de soportes; peso y temperatura.
- c) Peso máximo aceptable por eje.
- d) Sistema de frenos y suspensión.

El diseño de la suspensión deberá asegurar estabilidad lateral, para los casos en que el vehículo no siga un movimiento rectilíneo.

- e) Estabilidad.

Deberá asegurar que la relación A/B sea menor o igual a 0,8; siendo A la altura del centro geométrico del estanque del camión, plenamente cargado y B la distancia entre las líneas centrales de los neumáticos exteriores.

Según Schneider Electric, (2013), las tuberías son la forma más segura, confiable y rentable de transportar grandes volúmenes de petróleo y gas. Los sistemas de tuberías típicamente enlazan campos de producción apartados a centros urbanos y/o terminales y puertos para exportación. Más de 60 clases de petróleo no procesado y refinado se mueven por tuberías.

A partir de las refinerías, una red de oleoductos se encarga de la distribución en grueso de la producción de combustibles, llevándolos a depósitos en las proximidades de puntos de consumo. Un ejemplo de lo mencionado anteriormente es que actualmente la red de transporte por tubería alcanza en España una longitud de unos 4.000 kilómetros.

Según Forbes-Energy, (2014), tan sólo en el territorio continental de EE.UU (no incluyendo Canadá y México):

- 4295 buques cisterna (petroleros) transportan alrededor del 23% del crudo de los EE.UU y aproximadamente 12.0 mm bbl/día del crudo de importación, en petroleros con capacidad de 10000 DWT GPT a 550000 DWT MRT/LR1/LR2/VLCC/ULCC (7,000 bbl a 4.0 mm bbl) por alrededor de \$0.84/bbl basada en AFRA (*average freight rate assessment*) por el LTBP (*London Tanker Brokers' Panel* (LTBP). Lo distribuyen básicamente a las 75 refinerías de la costa este y oeste que procesan 13.76 mm bbl/día.
- Vagones (trenes) cisterna transportan alrededor del 3% del crudo nacional de los EE.UU y aproximadamente 262 mm bbl/día del crudo de importación, en vagones DOT 111, 112 y 114 con capacidad de 31,809 galones (757 bbl) por alrededor de \$10.00 a \$17.00/bbl. Lo distribuyen básicamente a las 75 refinerías de la costa este y oeste que procesan 13.76 mm bbl/día, además de 40 refinerías en el centro de los EE.UU. que procesan alrededor de 4.39 mm bbl/día.
- Camiones cisterna transportan alrededor del 3% del crudo nacional de los EE.UU y aproximadamente 1.0 mm bbl/día del crudo de importación en

DOT 407 con capacidad de 9,500, 8,400 y 4,200 galones por alrededor de \$20.00 a \$35.00/bbl. Lo distribuyen básicamente a las 75 refinerías de la costa este y oeste que procesan 13.76 mm bbl/día, además de 40 refinerías en el centro de los EE.UU que procesan alrededor de 4.39 mm bbl/día.

- Oleoductos transportan alrededor del 70% del crudo en EE.UU y aproximadamente 14.0 mm bbl/día del crudo de importación y de condensados adicionales en las tuberías de líquidos derivados del petróleo. Lo transportan por cerca de 57,000 millas en oleoductos de 8 pulgadas con capacidad de 20,000 bbl/día a oleoductos de 36 pulgadas con capacidad de 600,000 bbl/día y por oleoductos troncales con capacidad de 1,436,000 bbl/día y por 189,000 millas en todo tipo de oleoductos de recolección y de distribución por alrededor de \$5.00 a \$12.00/bbl. Lo distribuyen básicamente a las 75 refinerías de la costa este y oeste que procesan 13.76 mm bbl/día, además de 40 refinerías en el centro de los EE.UU que procesan alrededor de 4.39 mm bbl/día.
- El petróleo crudo se almacena en más de 232,159 baterías de tanques de almacenamiento con cada tanque de aproximadamente 80,000 bbl (en los campos de perforación) y en 572,620 centros de tanques de almacenamiento con cada tanque de aproximadamente 600,000 bbl ("techo flotante") con una capacidad total de almacenamiento de aproximadamente 46000000 bbl. Lo distribuyen básicamente a las 75 refinerías de la costa este y oeste que procesan 13.76 mm bbl/día, además de 40 refinerías en el centro de los EE.UU que procesan alrededor de 4.39 mm bbl/día.

El GLP que se consume en Colombia es transportado por propanoductos o poliductos desde las refinerías de Cartagena y Barrancabermeja hasta los centros de almacenamiento y de ahí se moviliza en carro tanques hacia las plantas de almacenamiento y/o es envasado para luego comercializarse. (Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, 2005)

1.2 Riesgos implícitos en el trasiego de combustibles

Según Observatorio de Riesgos de la EU-OSHA, (2010), los principales riesgos en el transporte de combustibles son:

- Riesgo de accidentes, entre otros, de incendio y explosión. (Anexo 1)
- Exposición a sustancias peligrosas, en especial durante la carga y la descarga.
- Riesgo de caídas desde vehículos y otros medios de transporte.

Depósitos, oleoductos y camiones cisterna son una fuente potencial de riesgos, algunos accidentes catastróficos han mostrado la necesidad de seguir mejorando la seguridad del transporte de combustibles, (Anexo 1). Se han producido accidentes en oleoductos que han dejado decenas de víctimas. Los vertidos, en tierra o en mar, son otro grave problema. En los últimos treinta años, las costas de Galicia han sufrido tres vertidos catastróficos (Fundación vida sostenible, 2012)

En términos de riesgos, cuando se tiene contacto con estos productos sin la protección adecuada, como puede ocurrir en un accidente de tránsito, puede resultar dañino para la salud de acuerdo a la clase del producto y al nivel-tiempo de exposición. Un ejemplo del peligro potencial es el accidente (choque) que ocurrió el 11 de mayo de 1994 entre trenes de ferrocarril en la vía México-Querétaro en el km. 235+000 El Marqués, Querétaro, el cual requirió de un operativo de protección civil de 175 horas. (Consejo estatal de protección Civil del Estado de Querétaro, 1994)

Ejemplo de otros accidentes de tránsito son los siguientes:

- Choque entre un autobús y un camión cisterna con ácido sulfúrico, que dejó 7 fallecidos y 30 heridos (<https://www.youtube.com/watch?v=kTdsQY3Lywc>)
- Choque entre un autobús de pasajeros y un camión cisterna que transportaba petróleo y posterior incendio provocó 57 muertos cerca de la ciudad de Karachi (sur de Pakistán).

(http://actualidad.rt.com/ultima_hora/162862-accidente-autobus-petróleo-pakistan)

- Un tractomula con más de 9 mil galones de combustible se estrelló contra una edificación en el occidente de Bogotá. (<https://www.youtube.com/watch?v=4j3CD-mU-So>)
- Explosiones e incendios produjeron aproximadamente 500 muertos y la destrucción casi total de la instalación de almacenamiento, en San Juan de Ixhuatepec, México DF, México, 1984. El inicio del accidente se debió a la ruptura de una tubería de 20 centímetros de diámetro que transportaba GLP desde las refinerías hasta la planta de almacenamiento cerca de uno de los parques de tanques, probablemente debido al sobrellenado de uno de los depósitos y sobrepresión en la línea de transporte por retorno. (<http://www.proteccioncivil-andalucia.org/Documentos/Bhopal.htm>)

Tabla 1.1: Accidentalidad en el Transporte Terrestre de Mercancías Peligrosas Barranquilla.

Fecha	Vía	Evento	Producto involucrado	Clase	Tipo vehículo	Descripción	Causa	Consec.	Información
26/06/05	Vía 40	no registra	Dithane	6,1	Isotanque	Rotura de camabaja con Isotanque lleno	No registra	No registra	Chemical Transporte S.A.
14/10/05	Calle 30	Volcamiento y derrame	Dithane	6,1	Camión	No registra	No registra	No registra	Cisproquim
8/11/05	Circunvalar	Volcamiento y derrame	Peróxido de hidrógeno	5,1	Tractomula	No registra	Estalló una de las llantas	No registra	Cisproquim
1/12/05	No especific	Derrame	Ácido Clorhídrico	8	Camión	Se cayó un tambor de Ácido clorhídrico de 55 gal. de un camión, produciéndose e derrame del producto	No registra		Cisproquim
9/07/07	Circunvalar	Incendio	Dithane	6,1	Isotanque	Fuego mayor en cabezote, tráiler e isotanque.	No registra	No registra	Chemical Transporte S.A.
No registra	Vía 40	Fuga	Gas natura	2,1	No registra	No registra	No registra	No registra	Proceso A.pell Barranquilla

No registra	Calle 17	Derrame	Ácido Fosfórico	8	No registra	No registra	No registra	No registra	Proceso Apell Barranquilla
No registra	Vía 40	Fuga	Cloro	2	No registra	No registra	No registra	No registra	Proceso Apell Barranquilla
No registra	Vía 40	Fuga	Amoniaco	2,3	No registra	No registra	No registra	No registra	
No registra	Calle 30	Fuga	Peróxido de hidrógeno	5,1	No registra	No registra	No registra	No registra	Proceso Apell Barranquilla
No registra	Calle 17	Derrame	Ácido sulfúrico	8	No registra	No registra	No registra	No registra	Proceso Apell Barranquilla
No registra	Vía 40	Derrame	Ácido sulfúrico	8	No registra	No registra		No registra	Proceso Apell Barranquilla
No registra	Vía 40	Choque	Fertilizantes/ Agroquímico	9	No registra	No registra		No registra	Proceso Apell Barranquilla

Fuente: Bastidas, (2011).

En varios países se han puesto en marcha, de manera constante, programas de seguridad vial para el transporte terrestre que incluyen acciones tanto preventivas como correctivas (por ejemplo: sanciones). Dichos programas tienen el propósito de reducir la frecuencia y gravedad de los accidentes de tránsito. También se ha puesto atención a los riesgos inherentes que surgen de la transportación de materiales y residuos peligrosos, mismos que pueden llegar a afectar la salud y el medio ambiente, además de los posibles daños materiales. (Proyecto NOM-012-SCT4, 1994)

El transporte de material peligroso o mercancías peligrosas incluye explosivos, gases, líquidos inflamables, sustancias venenosas, infecciosas, oxidantes y material radioactivo. Estos materiales, por sus propias características físicas, químicas, toxicológicas y de explosividad implican riesgos potencialmente peligrosos para la salud y seguridad de los habitantes de las áreas urbanas o suburbanas por las que cruza el transporte a lo largo de su recorrido, así como de los usuarios de las carreteras. Debido a ello, cuando estos productos se involucran en un accidente de tránsito, la gravedad de sus consecuencias es aún más peligrosa, además de que su área de afectación es mucho mayor. (Proyecto NOM-012-SCT4, 1994)

Cañas, (2013) resalta que “el transporte de combustibles líquidos posee una gran formalidad y preocupación por la seguridad en todo el proceso, que claramente se debe a la complejidad, al nivel de riesgo y posibles consecuencias que ocasiona un accidente en la cadena del manejo del combustible”.

Para *TechnoKontrol*, (2013), el solo error en el rellenado de los hidrocarburos/productos químicos en el momento de repostaje/rellenado por una simple "chispa o estática" es suficiente en hacer que estos medios de transporte combustible (tanques, cisternas depósitos industriales, entre otros) se transformen de ser un objeto fijo a un medio "explosivo de nivel semi-nuclear" el cual los daños serán inmensos de forma humana y de los bienes sin olvidarnos del edificio el cual estarán conectados y siendo una "explosión/deflagración" en cadena desde el punto de almacenamiento hasta el interior del establecimiento o edificio.

Según Cañas, (2013), frente a los riesgos y exigencias que conlleva el proceso de transporte, las empresas del sector han integrado diversas tecnologías y modelos de gestión, algunos de los cuales son presentados a continuación:

- Brett

Italo Brett, gerente general de la compañía, declaró que la principal preocupación es el conductor, velando por sus descansos, conocimiento de la ruta, del equipo y producto a transportar; luego ocupándonos de tener controles efectivos sobre la velocidad, tiempos de conducción y descanso, luego seleccionar los equipos apropiados para cada ruta y producto con la preocupación de hacer una revisión (*check list*) previa a cada salida donde verificamos el estado mecánico del equipo, sus luces, frenos, etc.

- Copec

En el traslado de sus productos a lo largo de Chile, la compañía procura la medición de índices de cumplimiento y un exigente estándar de seguridad en plantas y caminos. Asimismo, la compañía capacita a los conductores en forma permanente y vigila el cumplimiento de los estándares para reforzar la seguridad vial de sus operaciones. Para asegurar la calidad y seguridad en las entregas de combustible a las estaciones de servicio, se relanzó el proyecto de Descarga Responsable de Combustibles.

- Petrobras

Desde la empresa señalan que colocan especial énfasis en tres aspectos para toda su flota de camiones: la calidad de los entrenamientos a los conductores, que son todos contratistas; evaluaciones periódicas de riesgos realizadas a las rutas y planes de supervisión permanente de las operaciones en terreno. Además, para reforzar los mensajes en materia de prevención de accidentes durante el transporte de productos, se realizan campañas internas específicas, como por ejemplo PAZ, (Pacto Accidente Zero).

- Transcom

En este contexto, el ejecutivo resalta que para elevar los estándares de seguridad, se recurre a herramientas como certificaciones, capacitación de conductores, seguimiento de los KPI (*Key Performance Indicators* o Indicadores Clave de Desempeño), monitoreo eficiente de control de ruta con GPS, seguimiento en ruta de camionetas de apoyo, investigación y medidas en caso de incidentes, etc.

1.3 Metodologías empleadas en la evaluación de riesgos de las ATEX

El objetivo del proceso para identificar y evaluar riesgos es obtener un conocimiento detallado acerca de los tipos de sustancias y productos transportados a través de la comunidad, así como de las principales rutas utilizadas.

El riesgo de formación de una atmósfera explosiva (ATEX) existe en los procesos y procedimientos de trabajo más diversos, por lo que afecta a casi todas las ramas de actividad. El riesgo de explosión puede hacer su aparición no sólo en cualquier empresa en la que se manipulen sustancias explosivas sino también inflamables o combustibles. Entre éstas figuran numerosas materias primas, materias auxiliares, productos intermedios, productos acabados y materias residuales de los procesos de trabajo cotidianos, incluso, sustancias generadas como consecuencia de algún tipo de disfunción, funcionamiento anormal, almacenamientos prolongados, reacciones de descomposición, etc. (Alonso, 2005 y Bestratén, 1989).

El riesgo de generación de ATEX, al mezclarse con el aire las sustancias inflamables o combustibles, ya sea en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, se da en los más diversos y variados procesos, afectando a múltiples actividades relacionadas con la industria (química, farmacéutica, petroquímica, del plástico, textil, siderúrgica, etc.).

Los procedimientos de evaluación deben identificar y analizar tanto la existencia y probabilidad de formación de una atmósfera explosiva, como la existencia y probabilidad de activación de todas las posibles fuentes de ignición. Los cuestionarios de chequeo o listas de comprobación ("*safety check lists*") y las metodologías simplificadas ayudan a realizar la evaluación de los riesgos derivados de las ATEX. Con estos métodos es posible conseguir resultados fiables debido a que se basan en la experiencia con otras instalaciones similares, aunque la evaluación sólo será efectiva si se particulariza para cada tipo de instalación y actividad.

Según Alonso, (2005), *Chemical Industry Association*, (1985) y Dirección General de Protección Civil a, b y c (1994), la aplicación de las metodologías complejas, tanto cualitativas como cuantitativas, requerirá, en la mayoría de los casos, el trabajo conjunto de un equipo multidisciplinar con conocimiento profundo de cada una de las instalaciones a analizar.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de metodologías complejas empleadas en la evaluación de riesgos de las ATEX, clasificadas atendiendo a los aspectos de cuantificación: (Alonso, 2005 y Dirección General de Protección Civil. -b, 1994)

- Análisis cualitativo:

- Análisis Funcional de Operatividad (AFO) o “*HaZard and OPerability Study*” (HAZOP).

- Análisis preliminar de riesgos (APR) o “*Preliminary Hazard Analysis*” (PHA).

- Análisis preliminar de consecuencias (APC) o “*Preliminary Consequence Analysis*” (PCA).

- Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) o “*Failure Modes and Effects Analysis*” (FMEA).

- Método UCSIP (“*Union des Chambres Syndicales de l’industrie du Petrole*”) para la evaluación cualitativa de alcances de consecuencias accidentales.

- Método ¿Qué ocurriría si? o “*What if?*”

- Análisis cuantitativo:

- Análisis de riesgos mediante el árbol de fallos y errores o “*Fault Tree Analysis*” (FTA).

- Análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos o secuencia de sucesos o “*Event Tree Analysis*” (ETA).

- Análisis del Modo de Fallos, Efectos y Criticidad (AMFEC) o “*Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis*” (FMECA).

- Métodos para el cálculo del alcance de determinados efectos y cálculo de daños.

- Análisis de fallos por objetivos o “*Goal Oriented Failure Analysis*” (GOFA).

En la práctica, cuando se analiza, desde el punto de vista de la seguridad, una determinada instalación lo que se hace es combinar varios métodos. Comenzando, por ejemplo, con cuestionarios de chequeo o metodologías simplificadas y realizando, posteriormente, un análisis sistemático del emplazamiento mediante metodologías más complejas.

1.4 Tuberías para el trasiego de combustibles

Oleoductos: se denomina oleoducto a la tubería e instalaciones conexas utilizadas para el transporte de petróleo y sus derivados. Se construye mediante la unión por soldadura de tubos de acero que se colocan en la superficie o enterrados en estrechas zanjas, en cuyo caso se protegen con un revestimiento aislante. (Valente, 2009)

Gasoductos: según Valente, (2009) los gasoductos son sistemas de tuberías de diferentes diámetros los cuales son utilizados para el transporte de gas desde un yacimiento de gas libre o asociado desde las estaciones de producción hasta las plantas de compresión, y desde éstas a los sistemas de inyección para recuperación secundaria, a la venta o a los centros de consumo (residencias, comercios e industrias). El diámetro depende del volumen a transportar y la presión bajo la cual el gas va ser transportado.

1.4.1 Materiales de construcción de gasoductos

La seguridad en los sistemas de transporte y distribución de gas es uno de los principales aspectos que debe considerarse en el diseño de dichas instalaciones. Este hecho es abordado por las regulaciones internacionales con el objeto de minimizar los eventos negativos para la población. Las tuberías, uniones, válvulas y demás elementos de la red de tuberías, deberán ser fabricadas de acuerdo a una norma nacional y, a falta de ésta, a normas extranjeras o prácticas recomendadas de ingeniería, internacionalmente reconocidas, entre otras, ASME B 31.3, "*Process Piping*" y ASME B 31.4 - 2002, "*Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids*", API 570, "*Piping Inspection Code - Inspection, Repair, Alteration, and Rerating of In-service Piping Systems*".

El material principal que se emplea para la construcción de los Gasoductos de transporte, según La Gestión Integrada del Mantenimiento de Gasoductos, (1993), es el acero al carbono de alta resistencia debido a que puede soportar altas presiones. Su fabricación se basa en la norma americana API 5L.

Las conducciones de gas natural se pueden dividir dependiendo de su uso en tres grandes grupos:

- Red de transporte a alta presión constituida por los gasoductos propiamente dichos operando a presiones del orden de los 60 a 80 bares.
- Redes de distribución industrial constituida por ramales, anillos o semianillos trabajando a presiones entre los 16 y los 25 bares.
- Redes de distribución doméstico-comercial constituidas por extensas mallas en el interior de las ciudades que deben trabajar a presiones inferiores a los 10 bares con tendencia a operar con presiones por debajo de los 4 bares.

Para este tipo de conducciones las tuberías se revisten exteriormente de polietileno, soldadas en toda su longitud y enterradas. Deben disponer de protección catódica mediante corriente impuesta, e instalarse a distancias determinadas dispositivos o válvulas de corte y venteo, así como las derivaciones adecuadas para la medición y reducción de la presión del gas, esto es imprescindible para evitar la corrosión en las tuberías. (La Gestión Integrada del Mantenimiento de Gasoductos, 1993)

Los sistemas de protección catódica son dos:

- Ánodos de sacrificio.
- Corriente impuesta.

Las tuberías de acero enterradas se ven sometidas a ataques físico-químicos del medio que les rodea y que provoca en ellas corrosión de diferentes tipos que reducen de forma importante su vida útil si no se protegen adecuadamente. Para la protección es práctica generalizada enterrar las tuberías con una protección pasiva consistente en un material de revestimiento protector, cuyas características más importantes deben ser:

- Resistividad elevada.
- Bajo nivel de absorción de agua.
- Baja permeabilidad.
- Resistencia a los agentes atmosféricos.
- Resistencia a esfuerzos mecánicos.
- Resistencia a las altas temperaturas.
- Adherencia al acero.
- Homogeneidad.

Según La Gestión Integrada del Mantenimiento de Gasoductos, (1993), de forma generalizada se utilizan materiales de origen plástico. Se trata de cintas plásticas aplicadas en frío o revestimientos termoplásticos como polietileno, propileno, etc. de un espesor de 3 a 4 mm. También se emplea un revestimiento interior de epoxi que reduce el coeficiente de fricción y aumenta su capacidad.

El espesor de las tuberías varían según las presiones, por ello se clasifican según:

- Presión alta B: Mayor de 16 bar.
- Presión alta A: Entre 4 y 16 bar.
- Presión media B: entre 0,4 y 4 bar.
- Presión media A: entre 0,050 y 0,4 bar.
- Presión baja: Menor de 0,050 bar.

El diámetro de la tubería a instalar dependerá de:

- La naturaleza del gas con su densidad característica.
- La caída de presión que admitamos, la cual vendrá influenciada por el caudal y la presión de trabajo.
- La velocidad resultante de circulación del gas.

Todos estos valores influyen, conjuntamente y estrechamente, para determinar el diámetro a instalar.

1.4.2 Clasificación de gasoductos dependiendo de su ubicación

- **Gasoducto urbano:** Conjunto de tuberías y accesorios que conforman una red de distribución de gas, dentro de una población para atender el suministro domiciliario residencial, comercial y/o industrial de este combustible.
- **Gasoducto troncal:** Conjunto de tuberías y accesorios para transportar gas desde las fuentes de abastecimiento hasta las estaciones receptoras, y que alimenta; directamente o a través de ramales, gasoductos urbanos, industrias y termoeléctricas.

- **Gasoducto ramal:** Conjunto de tuberías y accesorios para transportar gas, que se deriva de un gasoducto troncal y alimenta gasoductos urbanos, industrias y termoeléctricas. El ramal podrá hacer parte del gasoducto troncal.

A partir de las clasificaciones de gasoductos brindadas por La Gestión Integrada del Mantenimiento de Gasoductos, (1993), la autora de este trabajo considera que el gasoducto de la planta objeto de estudio se encuentra, según la ubicación del mismo y su objetivo, dentro de la clasificación de gasoducto troncal, ya que este recibe el gas desde las embarcaciones, (fuentes de abastecimiento), hasta la planta de Gas Licuado del Petróleo, (estación receptora), la cual se encarga de abastecer a la población y otras entidades que necesiten de este recurso.

1.5 Gas Licuado del Petróleo. Propiedades y características

El gas licuado del petróleo (GLP) es la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disuelto en el petróleo. Los componentes del GLP, aunque a temperatura y presión ambiente son gases, son fáciles de licuar, de ahí su nombre. En la práctica, se puede decir que el GLP es una mezcla de propano y butano.

Los dos gases licuados del petróleo de uso general son el butano comercial y el propano comercial. Estos hidrocarburos se encuentran como gases a temperatura y presión normal, pero pueden ser llevados a líquidos al elevarle la presión, de manera que si esta presión es disminuida el hidrocarburo se vuelve gaseoso nuevamente. El gas licuado del petróleo (GLP) es incoloro y su densidad como líquido es aproximadamente la mitad de la del agua. La relación de volumen entre el líquido y el gas es de 1/125. Este gas es al menos 1.5 veces más denso que el aire y no se dispersa fácilmente. De manera que se mantiene en caso de ser liberado al nivel más bajo posible acumulándose en hoyos, sótanos, desagües y otras depresiones. El GLP forma mezclas inflamables con aire en concentraciones que se encuentren entre un 2 y 10 %. Lo que representa peligro de fuego o explosión si es almacenado o usado incorrectamente. A muy altas concentraciones cuando se mezcla con aire el GLP es anestésico y provoca asfixia por diluir o disminuir el oxígeno disponible. (Wells, 2003 y Changuin, 2007)

Nolan, (2011) señala que el gas licuado del petróleo (GLP) es una mezcla de los gases licuados butano y propano, el cual es obtenido del gas natural o del petróleo. El GLP es licuado para el transporte y posteriormente vaporizado para su uso como combustible. Una parte en volumen de GLP representa en gas alrededor de 2300 partes de gas en el aire. Al igual que Wells, (2003), Nolan, (2011) señala que el GLP es anestésico y asfixiante en altas concentraciones. Referente a sus propiedades organolépticas indica que es incoloro, inodoro, y además añade que no es corrosivo ni tóxico. En caso de derrame tiende a formar rápidamente una nube de vapor que es fácilmente inflamable.

Tabla 1.2: Composición del GLP.

Hidrocarburos	Composición (%)
Butano	60-65
Propano	35-45
Otros	1-2

Fuente: Elaboración propia.

1.6 Tipos de riesgos más frecuentes en instalaciones de gas licuado

- **Incendios**

Duarte, (2009) plantea que un incendio es una reacción química de oxidación - reducción fuertemente exotérmica, siendo los reactivos el oxidante y el reductor. En terminología de incendios, el reductor se denomina combustible y el oxidante, comburente; las reacciones entre ambos se denominan combustión. Para que un incendio se inicie es necesario que el combustible y el comburente se encuentren en espacio y tiempo en un estado energético suficiente para que se produzca la reacción entre ambos. La energía necesaria para que tenga lugar dicha reacción se denomina energía de activación; esta energía de activación es la aportada por los focos de ignición. La reacción de combustión es una reacción exotérmica. De la energía desprendida, parte es disipada en el ambiente produciendo los efectos térmicos del incendio y parte calienta a más reactivos; cuando esta energía es igual o superior a la necesaria, el proceso continúa mientras existan reactivos. Se dice entonces que hay reacción en cadena. Por lo tanto, para que un incendio se inicie

tienen que coexistir tres factores: combustible, comburente y foco de ignición que conforman el conocido "triángulo del fuego" y para que el incendio progrese, la energía desprendida en el proceso tiene que ser suficiente para que se produzca la reacción en cadena. Estos cuatro factores forman lo que se denomina el "tetraedro del fuego".

- **Explosiones**

Según Nolan, (2011) las explosiones son el incidente más destructivo que puede ocurrir en una industria de hidrocarburos. Las explosiones ocurren de manera tan rápida que sistemas convencionales de protección contra incendio son ineficaces. Una vez que ocurre la explosión los daños pueden ser el resultado de la sobrepresión (presión desarrollada por el gas en expansión y la atmósfera), el pulso (el diferencial de presión a través de la planta) y proyectiles (fragmentos que son lanzados debido a la expansión de los gases y que pueden causar daños. Los niveles de sobrepresión de la explosión son considerados los más peligrosos.

Casal *et al*, (2001) señala que en general se puede definir una explosión como una liberación repentina de energía, que genera una onda de presión que se desplaza alejándose de la fuente mientras va disipando energía. Esta liberación tiene que ser, no obstante, bastante rápida y concentrada para que la onda que se genera sea audible. No es necesario, pues, que se produzcan daños para poder considerar este fenómeno como explosión. La energía liberada puede haber sido almacenada inicialmente bajo una gran variedad de formas: nuclear, química, eléctrica o de presión. Las explosiones generalmente son provocadas por ignición de mezclas gaseosas inflamables, ignición de polvo combustible en suspensión, ignición de nubes de vapor no confinado, explosiones de recipientes de gas comprimido, gas licuado o líquido sobrecalentado y reacciones fuera de control. Las explosiones pueden ser de dos tipos: deflagraciones y detonaciones. En una deflagración, la velocidad de la onda de sobrepresión en el medio sin reaccionar es subsónica; la onda de presión tiene una fase positiva y una fase negativa. En una detonación, la velocidad de la onda de sobrepresión en el medio sin reaccionar es supersónica; la onda de sobrepresión

muestra un incremento de la presión casi instantáneo hasta el pico de máxima presión, presenta también una fase positiva y otra negativa.

- **Jet Fire**

Este tipo de incendio (*Jet Fire*) tiene lugar cuando se produce el vertido accidental de vapores o gases inflamables a presión, en áreas de proceso o depósitos de almacenaje. Incendios de características similares son muchas veces intencionados. Se utilizan para eliminar los gases no deseados que se generan durante la extracción del petróleo (antorchas de producción) o en refinerías y petroquímicas, para evacuar subproductos no deseados o gases emitidos a través de válvulas de seguridad. Prácticamente no hay diferencias entre los dardos de fuego generados de manera accidental y los intencionados. Quizá la más importante es que los chorros intencionados salen a través de una válvula y ello permite que el gas pueda alcanzar velocidades de salida supersónicas. (Casal *et al*, 2001)

Según Wells, (2003) el *Jet Fire* ocurre cuando un líquido o gas inflamable se prende fuego después de ser liberado por una pequeña abertura en un tanque o tubería. La presión con que es liberado el gas genera una larga llama que es estable bajo la mayoría de las condiciones. Para el caso de los líquidos o compuestos en dos fases parte del líquido puede verterse en el suelo y formar lo que se conoce como piscina o charco de fuego. La duración de un *Jet Fire* está determinada por la velocidad con que se libera la sustancia y la capacidad del recipiente o la fuente que lo alimenta. La longitud de la llama se incrementa considerablemente con la velocidad del flujo de salida de la sustancia.

- **Charco de fuego**

Los charcos de fuego al aire libre se originan cuando se produce un escape o vertido de un líquido combustible sobre el suelo y en el exterior. En caso de que se produzca la ignición del líquido derramado, el tipo de fuego resultante dependerá en gran medida de si el escape es continuo o instantáneo. Si el escape es instantáneo, el líquido se irá esparciendo hasta que encuentre una barrera o hasta que se haya consumido todo el combustible en el incendio. En caso de un escape continuo, el charco irá creciendo hasta que la velocidad de combustión iguale el caudal de

vertido, de este modo se llega a un diámetro de equilibrio, que se mantiene mientras no se detiene la fuga. Por otra parte, si el líquido queda retenido dentro de algún recipiente o área protegida, como puede ser una cubeta, el incendio no dependerá tanto de si el escape es instantáneo o continuo. (Casal, 2001).

- **BLEVE y bola de fuego**

BLEVE es el acrónimo inglés de "*boiling liquid expanding vapour explosion*" (explosión de vapores que se expanden al hervir el líquido). Este tipo de explosión ocurre sobre todo en tanques que almacenan gases licuados a presión y sobrecalentados, en los que por ruptura o fuga del tanque, el líquido del interior entra en ebullición y se incorpora masivamente al vapor en expansión. (Bosch, 2006).

El BLEVE es un accidente que sucede con cierta periodicidad: las sustancias que lo pueden producir son relativamente comunes en la industria, y abundan las instalaciones susceptibles de sufrirlo. Por otra parte, de vez en cuando sucede durante el transporte con las connotaciones especiales que esto conlleva. El origen puede ser diverso, pero una de las causas más frecuentes es la acción del fuego sobre un recipiente. (Casal *et al*, 2001 y Wells, 2003)

Wells, (2003) añade que las bolas de fuego ocurren cuando son liberadas rápidamente una considerable cantidad de sustancia y ocurre una rápida ignición. El fuego se enciende con suficiente rapidez para causar un fuego masivo que asciende en forma de bola. Los daños que provoca son causados por la radiación térmica y la falta de oxígeno. Las bolas de fuego pueden producirse por fuego o explosiones de contenedores de gases.

- **Nube tóxica**

Se refiere a escenarios que determinan fenómenos peligrosos asociados a la concentración de una sustancia emitida al ambiente (de tipo térmico para sustancias inflamables y de tipo químico para sustancias tóxicas). Un escape de un producto tóxico o inflamable en forma gaseosa, o bien en forma líquida en condiciones de ser vaporizado, produce una nube de gas. Esta nube, según sea la velocidad de salida del producto, se comporta como un chorro gaseoso en cuyo caso la dispersión del producto depende de la velocidad y de la presión de salida. Cuando el gas o vapor

está suficientemente diluido y su velocidad es menor que la velocidad del viento, se dispersará a corta distancia en función de las condiciones meteorológicas.

Durante la dispersión atmosférica: la nube, en función de las condiciones meteorológicas, se extiende y se desplaza mientras se va diluyendo. Las áreas de terreno que quedan bajo el efecto de esta nube sufrirán las consecuencias del producto contaminante, que en algunas ocasiones pueden ser muy graves.

- ***Nube de vapor (VCE: vapor cloud explosion)***

El evento *VCE* no es más que la explosión que se produce en una nube de sustancias combustibles debido a la elevación de energía del material inflamable que la compone. Puede ocurrir como consecuencia del escape masivo de un gas, en circunstancias en que no se produce la ignición instantánea de la masa de gas. En esta situación, se origina la formación de una nube de gas que al encontrar un foco de ignición empieza a arder en la periferia, produciendo mayor inducción de aire hacia el centro de la nube y en consecuencia una aceleración de la velocidad de combustión, que finalmente termina en explosión. (Wells, 2003)

Según aparece en la base de datos del *Center for Chemical Process Safety*, (2012) en la mayoría de los accidentes vinculados al almacenamiento y transportación de GLP, los escenarios más frecuentes son BLEVE, Bola de Fuego, Explosiones, *Jet Fire* e Incendios. Algunos de los accidentes más significativos en los cuales han ocurrido uno o más de estos escenarios son los sucedidos en Feyzin, Francia en enero de 1966, Los Alfaques, España en julio de 1978, Ciudad de Méjico en noviembre 1984 y *Piper Alpha, North Sea* en julio de 1988.

Según Díaz, (2013), un análisis a partir de las características de los diferentes escenarios, las propiedades químico-físicas del GLP y los accidentes consultados, le permiten afirmar que para el GLP los escenarios de Explosión, *Jet Fire*, BLEVE y Bola de Fuego son los más típicos y frecuentes. De estos escenarios los de mayor impacto son las Explosiones y el BLEVE + Bola de Fuego, este último, propio de los recipientes de almacenamiento de gases licuado.

Tabla 1.3: Frecuencia y período de aparición de los escenarios.

Escenario	Frecuencia (veces/año)	Periodo de aparición (año)
<i>Jet Fire</i>	0,146412	6,830041253
BLEVE	0,007706	129,7690112
VCE	0,053179	18,80441528
Nube Tóxica	0,020502	48,7757292

Fuente: Díaz, (2013)

Como puede observarse en la tabla anterior el escenario que con mayor frecuencia puede aparecer es el *Jet Fire*, presenciándose en la planta de almacenamiento de gas licuado aproximadamente una vez cada 7 años, de este modo una explosión de la nube de vapor (VCE) puede ocurrir una vez cada 19 años aproximadamente y un escape cada 49 años. El mayor período de aparición le corresponde al BLEVE que es por tanto el de menor frecuencia.

En el caso del gasoducto estudiado, a partir de las características definidas por la literatura especializada para los diferentes escenarios y las propiedades químico-físicas del GLP; los escenarios más probables a ocurrir son: el *Jet Fire*, la nube tóxica y la explosión de la nube de vapor (VCE: *vapor cloud explosion*), sin embargo el software ALOHA no considera para el caso de estudio que sea posible la manifestación del escenario Dardo de fuego, esto se explica a partir de considerar la velocidad del fluido, la cual provoca un comportamiento similar a un eyector en el gasoducto, ante la aparición de un orificio, se produciría la entrada de aire a la tubería, por el predominio de la velocidad sobre la presión.

1.6 Conclusiones Parciales

- Se define a partir del estudio de los escenarios de riesgo y de las características de la sustancia que para el gasoducto encargado de trasegar el GLP los escenarios más frecuentes son: la nube tóxica, la nube inflamable y la explosión de la nube de vapor.
- Se clasificó el gasoducto como gasoducto troncal.
- Se definió que el GLP por sus características químico-físicas es una sustancia de alta peligrosidad la cual debe ser estudiada a profundidad y estimados todos sus posibles riesgos.

- El interés de las diferentes empresas por el estudio de los posibles riesgos generados durante el trasiego de combustibles justifican la necesidad de un estudio profundo de estimación de riesgos.

Capítulo 2: Materiales y Métodos

En este capítulo se realiza la caracterización del gasoducto que abastece de gas licuado del petróleo a la planta Caribe. Además se describen las metodologías que serán empleadas en esta investigación.

2.1 Descripción del gasoducto perteneciente a la planta Caribe

El gasoducto perteneciente a la planta de Gas Licuado del Petróleo, cuenta con tres líneas desde la planta hasta el Muelle Bayona: una en fase gaseosa, una en fase líquida y otra de agua para el sistema contra incendio; la longitud del mismo es de aproximadamente 700 m y en su extensión cuenta con tres pasos de calles y uno de línea de ferrocarril, soterrados en cada caso.

Tabla 2.1: Línea de GLP líquida.

Extensión	700 m
Diámetro	6 pulgadas
Presión de trabajo	14 bar
Presiones máximas	22 bar
Volumen total	12.4 m ³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.2: Línea de GLP gaseosa.

Extensión	700 m
Diámetro	2 pulgadas
Presión de trabajo	6 bar
Presiones máximas	10 bar
Volumen total	1.4 m ³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.3: Línea de agua del sistema contra incendios.

Extensión	700 m
Diámetro	6 pulgadas
Presión de trabajo	7 bar
Presiones máximas	12 bar
Volumen total	12.4 m ³

Fuente: Elaboración propia.

Tomando como punto inicial la salida de la planta, se harán mediciones que den a conocer las distancias a las que se encuentran las soldaduras, uniones con bridas válvulas y codos a lo largo del gasoducto para cada una de las líneas presentes en el mismo.

Tabla 2.4: Mediciones de las distancias a las que se encuentran las soldaduras, uniones con bridas, válvulas y codos en la línea de fase líquida del gas.

	Distancias (m)
Soldaduras (94)	0.5-0.7-9-17-25-33-41-49-57-65-73-81-89-97-105-105.2-125.2-125.4-133.4-141.4-149.4-157.4-165.4-173.4-181.4-189.4-197.4-205.4-213.4-221.4-229.4-229.9-259.9-260.4-260.4-260.7-268.7-276.7-284.7-292.7-300.7-308.7-316.7-324.7-332.7-340.7-348.7-356.7-364.7-372.7-380.7-388.7-389-389.5-399.5-400-408-416-424-432-440-448-456-464-472-480-488-496-504-512-520-528-536-544-552-560-568-576-605-610-618-626-634-642-650-651-659-667-675-683-691-699-699.5-701.
Unión con bridas (4)	105-125.4-260.7-388.7
Codos (45 ⁰) (10)	0.5-0.7-229.4-229.9-259.9-260.4-389-389.5-399.5-400
Codos (90 ⁰) (7)	105.2-125.2-576-605-610-634-667
Válvulas(3)	650-699-699.5.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.5: Mediciones de las distancias a las que se encuentran las soldaduras, uniones con bridas, válvulas y codos en la línea de fase gaseosa del gas.

	Distancias (m)
Soldaduras (89)	0.5-0.7-9-17-25-33-41-49-57-65-73-81-89-97-105-125-125.5-133.5-141.5-149.5-157.5-165.5-173.5-181.5-189.5-197.5-205.5-213.5-221.5-229.5-230-260-260.5-268.5-276.5-284.5-292.5-300.5-308.5-316.5-324.5-332.5-340.5-348.5-356.5-364.5-372.5-380.5-388.5-389-399-399.5-407.5-415.5-423.5-431.5-439.5-447.5-455.5-463.5-471.5-479.5-487.5-495.5-503.5-511.5-519.5-527.5-535.5-543.5-551.5-559.5-567.5-575.5-604.5-610.5-618.5-626.5-634.5-642.5-650.5-658.5-666.5-674.5-682.5-690.5-698.5-699.5-701.
Codos (45 ⁰) (8)	0.5-0.7-125-125.5-229.5-230-388.5-389
Codos (90 ⁰) (10)	105-260-260.5-399-399.5-575.5-604.5-610.5-634.5-666.5
Válvulas(1)	698.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.6: Mediciones de las distancias a las que se encuentran las soldaduras, uniones con bridas, válvulas y codos en la línea de agua contra incendio.

	Distancias (m)
Soldaduras (94)	0.5-0.7-9-17-25-33-41-49-57-65-73-81-89-97-105-105.2-125.2-125.4-133.4-141.4-149.4-157.4-165.4-173.4-181.4-189.4-197.4-205.4-213.4-221.4-229.4-229.9-259.9-260.4-260.4-260.7-268.7-276.7-284.7-292.7-300.7-308.7-316.7-324.7-332.7-340.7-348.7-356.7-364.7-372.7-380.7-388.7-389-389.5-399.5-400-408-416-424-432-440-448-456-464-472-480-488-496-504-512-520-528-536-544-552-560-568-576-605-610-618-626-634-642-650-651-659-667-675-683-691-699-701.

Unión con bridas (4)	105-125.4-260.7-388.7
Codos (45 ⁰) (10)	0.5-0.7-229.4-229.9-259.9-260.4-389-389.5-399.5-400
Codos (90 ⁰) (7)	105.2-125.2-576-605-610-634-667
Válvulas(2)	650-699.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.1 Descarga de buques

Su objetivo es trasegar el producto transportado por los barcos hasta las balas de la planta, para dicha descarga de buque, éstos cuentan con todo el equipamiento necesario para efectuar la operación sin que intervengan equipos de la planta y se utiliza solamente la Línea de 6'' de fase líquida.

El buque almacena el GLP a bajas temperaturas casi en estado de congelación, al llegar al muelle e interconectarse con el gasoducto, efectúa una recirculación del GLP (dentro del mismo barco) hasta estabilizar temperaturas promedio entre los 8 y 10 °C, lo que garantiza poder descargar a presiones no tan altas y posteriormente se lleva a la práctica dicha descarga. En las balas donde se recibe el GLP, se mantienen abiertas las fases gaseosas para ir traspasando la presión residual hacia otras balas y así no hacer alta resistencia a la entrada del GLP en las balas donde se depositará el mismo.

Todas las operaciones de carga o descarga se efectúan bajo diferencias de presiones, mayor presión en el depósito que entrega y menor presión en el depósito que recibe, esto se logra mediante la utilización de bombas y compresores, las primeras para impulsar el GLP hacia las balas de almacenamiento y los segundos para garantizar las presiones necesarias en la fase de vapor.

Esta operación puede efectuarse también utilizando solo los compresores, logrando las diferencias de presiones necesaria, que debe sobrepasar los 2 kgf/cm²; para este caso se utilizan las dos fases, la líquida y la gaseosa por lo que se utilizan las dos líneas y por consiguiente la planta devuelve la fase gaseosa al buque, remanente de la operación. Para esta alternativa se utilizan las dos líneas.

2.1.2 Carga de buques

En la carga de buques participan las líneas de 6" Líquida y 2" Gaseosa y se utiliza el equipamiento tecnológico de la planta, bombas y compresores, en el caso de los compresores (solo para la fase gaseosa del GLP) tienen como objetivo lograr una diferencia de presión entre la fuente receptora (debe ser la de menor presión) y la emisora (la de mayor presión), con los compresores se extrae la fase gaseosa del barco y se le inyecta a las balas de donde se extraerá el GLP líquido con que se cargará dicho buque, esto se hace hasta lograr una diferencia de presión mínima de 2kgf/cm^2 y las bombas son las encargadas de asegurar la estabilidad e incremento del flujo. Para la carga de buques se pueden utilizar solamente los compresores si se desea pero la vía más efectiva es donde participan ambos, bombas y compresores.

2.1.3 Descripción de las bombas y compresores utilizados en la planta

Bombas 01 y 02. Bombas centrífugas multietapas utilizadas para el llenado de cilindros.

Cantidad: 2

Capacidad: 12 m³/h.

Velocidad: 1450 rpm.

Potencia: 3 kw.

CDT = 98 m.

NPSH >0.45 m.

Bombas 03, 04, y 05. Bombas centrífugas instaladas en paralelo, utilizadas para cargar camiones cisternas o para el trasiego de producto entre balas

Cantidad: 3

Capacidad: 20 m³/h

Velocidad: 1700 rpm.

Potencia: 5,5 kw

CDT = 129 m.

Compresores

Cantidad: 2

Capacidad: 20 m³/h

Compresores 01 y 02

Son los compresores que tienen la función de compensar las presiones para la recepción del producto y trasiego entre balas.

Capacidad: 75m³/h

Presión de succión: 7 kg/cm²

Presión de descarga: 15kg /cm².

Velocidad: 350 rpm.

Potencia: 14,7 HP.

2.2 Procedimiento de identificación de la sustancia involucrada en el proceso

El primer paso para una identificación correcta del peligro potencial de una instalación industrial es la identificación y caracterización de las sustancias involucradas en el proceso. Los datos de interés para los análisis posteriores son básicamente las propiedades de las sustancias y sus condiciones en el proceso.

Según Orozco (2012), la caracterización de las sustancias involucradas en un proceso se desarrolla mediante la siguiente guía:

- Identificación del producto.
 - Nombre del producto.
 - Fórmula Química.
 - Etiquetado de peligro (frases R y S), así como las que la identifican por otros efectos.

- Datos Físicos.
 - Apariencia.
 - Punto de ebullición.
 - Punto de fusión.
 - Solubilidad.
 - Densidad.

- TLV - Límite superior de inflamabilidad.
 - IPVS. Límite inferior de explosividad.
 - Punto de congelación.
 - Temperatura de auto ignición.
 - Coeficiente de expansión.
 - Temperatura de inflamación.
 - Biodegradabilidad.
 - Corrosión.
 - Capacidad calorífica.
- Peligros para la salud.
 - Concentración permisible.
 - Exposición permisible.
 - Emergencias.
 - Partes del cuerpo que afecta.
 - Forma de entrada al organismo.
 - Toxicidad (se debe llenar una tabla con la siguiente información).

Tabla 2.7: Modelo para la clasificación toxicológica de la sustancia analizada.

Sust	Toxicidad							
	Tox. aguda	Irritación	Sensibilización	T. por dosis repetida	Mutagenicidad	Carcinogenicidad	Corrosión	T. para la reproducción

- Condiciones de almacenamiento y manipulación.
- Nombre del producto almacenado.
- Forma del recipiente (cilíndrico, rectangular, vertical, horizontal, etc.).
- Dimensiones del recipiente (largo, ancho, diámetro).
- Material de construcción.
- Protección del recipiente (interior o exterior).

- Existencia de accesorios en el recipiente y su localización.
- Fecha de fabricación del recipiente.
- Condiciones de almacenamiento de las sustancia.
- Cantidad de sustancia almacenada.
- Registro histórico de averías producidas en el recipiente. Casos de derrames, salideros, etc. (definir fecha y cantidad de producto vertido).
- Tipo de averías producidas.
- Condiciones de almacenamiento (presión, temperatura, etc.).
- Características de los alrededores del recipiente.
 - Condiciones para su uso en el proceso.
- Uso en el proceso.
- Condiciones en las que se usa la sustancia (presión, temperatura).
- Fallos ocurridos en estos equipos al operar con estas sustancias.
- Material de construcción de los equipos donde es usada.
- Protección del sistema de tuberías.

En el Anexo 2 aparece la caracterización de las sustancias involucradas en el proceso (Perry R.H, 1989)

2.3 Características y particularidades del software ALOHA en la evaluación de las consecuencias de los accidentes industriales

La versión que se utiliza es la 5.4.1 de febrero del 2007, lo que constituye un software actualizado para este tipo de evaluación.

Una de las características que posee es que emplea una serie de términos no conocidos relacionados con la ocurrencia del fuego, explosiones, y otros escenarios peligrosos, a lo cual se hace referencia:

- Se modelan tres categorías peligrosas:
 - ✓ Dispersión de gas tóxica
 - ✓ Fuegos
 - ✓ Explosiones

- Se basan en los modelos de Dispersión del Aire para estimar el movimiento y dispersión de la nube de gas químico.
- Se estima: Dispersión de gas tóxica, valores de sobrepresión desde la explosión de una nube de vapor y el área inflamable de la nube de vapor.
- Modela las áreas para emisiones de corta duración de compuestos peligrosos claves: Tóxicos, inflamables, radiación térmica y sobrepresión que pueden exceder los niveles de interés especificados por el usuario (*Levels of Concern LOCs*). Los resultados son representados en diagramas Y vs. X donde nos indica la amplitud del área de localización en eje Y y el su alcance en el eje x (*Threat zone plot*).
- Constituye una herramienta que se usa para:
 - ✓ Respuesta de emergencia
 - ✓ Planificación
 - ✓ Propósitos académicos
- No puede ser usado para:
 - ✓ Emisiones de sustancias radioactivas.
 - ✓ Licencias ambientales de chimeneas de gases
 - ✓ Emisiones fugitivas

La dispersión de los químicos en el aire es un término usado por los especialistas que incluye la advección y la difusión. Una nube de gas dispersándose se moverá por advección en la dirección del viento y por difusión en viento cruzado en la dirección vertical del viento. Utiliza dos modelos: Modelo Gaussiano para los gases que tienen la misma densidad que el aire y el Modelo de Gases Pesados utilizado para los gases que son más pesados que el aire donde son emitidos.

Alguno de los términos usados son:

- Gas pesado: Gases con peso molecular superior al peso molecular del aire.
 - ✓ También gases que son más ligeros que el aire almacenado a bajas temperaturas (estado criogénico).
 - ✓ *Flash boiling*: Vaporización brusca de un líquido causada por baja presión.

- *Two-Phaseflow*: Cuando las fases líquida y gaseosa de un compuesto químico escapan juntos desde la ruptura de un tanque.

Las propiedades que condicionan un fuego son:

- Volatilidad: Medida de como un compuesto químico fácilmente se evapora.
- Punto o temperatura de inflamación (Flash Point): Es la más baja temperatura donde un líquido inflamable evapora lo suficiente para alcanzar un fuego sin la fuente de ignición presente.
- Límites de Inflamabilidad. Llamado Límite de Explosividad Inferior (LEL) y Límite de Explosividad Superior (UEL).

Si el compuesto químico en fase vapor se pone en contacto con la fuente de ignición, solo se producirá el fuego si la relación aire-combustible esta entre LEL y UEL. Compuestos con alta volatilidad y bajo temperatura de inflamación tienen bajos valores de LEL. Se conoce lo que se llama Triángulo de fuego: combustible, oxígeno y calor. Si uno de estos componentes se elimina el fuego cesa. ALOHA no modela subproductos del fuego: Hollín, humo, ceniza y compuestos químicos de la reacción.

Los niveles de radiación térmica se indican a través del LOC. El LOC es un nivel que marca el inicio de la radiación térmica, usualmente el nivel sobre el cual este peligro puede ocurrir.

- Se utilizan tres valores de LOC, medidos en Kw./m²
 - ✓ Rojo: 10 Kw. /m² Potencialmente letal en el intervalo de 60 sec.
 - ✓ Naranja: 5 Kw. /m² quemaduras de segundo grado en el intervalo de 60 sec
 - ✓ Amarillo: 2 Kw. /m² (dolor en 60 sec).

Los niveles de sobrepresión están dados por el nivel de presión de la onda de explosión sobre el cual el peligro puede existir, que son:

- ✓ Rojo: 8 psi (destrucción de edificios)
- ✓ Naranja : 3,5 psi (serios daños)
- ✓ Amarillo: 1 psi (destrozos de cristales)

ALOHA no modela los fragmentos peligrosos de una explosión.

ALOHA modela cinco tipos de escenarios de fuego y explosiones asociados con emisiones de compuestos químicos.

- ✓ Chorros de fuego
- ✓ Piscinas de fuego
- ✓ BLEVEs: Explosión de vapor por la expansión de un líquido en ebullición.
- ✓ Áreas inflamables.
- ✓ Explosión de una nube de vapor.

La explicación de estos escenarios puede verse en el manual de usuario ALOHA, (2007).

Otras particularidades de este software son:

Este programa debe trabajarse con cuidado para predecir diferentes situaciones, las cuales son consideradas sus limitantes:

- ✓ Velocidades del viento muy bajas.
- ✓ Condiciones atmosféricas muy estables.
- ✓ Irregularidades de la concentración del compuesto químico particularmente cerca de la fuente.

Además el modelo no incorpora efectos de:

- ✓ Reacciones químicas
- ✓ Partículas
- ✓ Mezcla de compuestos químicos.
- ✓ Terreno
- ✓ Fragmentos peligrosos

El programa cuenta con una base de datos de compuestos químicos de interés, sobre la base de datos DIPPR (*Department of Chemical Engineering of Brigham Young University for the Design Institute for Physical Property Data (DIPPR) of the American Institute of Chemical Engineers*) donde aparecen las principales propiedades físicas y químicas y tiene en cuenta a diferencia de versiones anteriores algunas soluciones, tales como ácidos anhídridos en agua, ácidos fluorhídricos en agua.

La organización básica del programa consta de varios pasos que son:

1. Indicar la ciudad donde puede ocurrir el accidente químico.
2. Seleccionar el compuesto químico.
3. Dar la información de las condiciones meteorológicas en el período que queremos realizar la predicción del evento.

4. Describir como los compuestos químicos escapan a la atmósfera.
5. El software ALOHA da su respuesta mostrando en el monitor un diagrama denominado *Threat Zone*, el cual muestra el área donde las concentraciones del compuesto químico en el aire pueden ser suficiente altas que provoque afectaciones a la población, en los tres niveles de LOC

Las clases de estabilidad están ordenadas en A, B, C, D, E, F, correspondiendo con extremadamente inestable, moderadamente inestable, neutro, moderadamente estable, estable, muy estable.

En el caso que se suministre que ocurre la inversión hay que dar la altura a la cual ocurre este proceso.

Para entregar los datos de humedad del aire se podrá indicar el valor particular o dar los casos extremos, húmedo medio o seco.

Los resultados que se obtiene del software, además de los gráficos pueden ser encontrados en un texto sumario.

- Datos del sitio.
- Datos del químico.
- Datos atmosféricos.
- Fuente Directa.
- Zona Tratada.

Para la mejor comprensión de los resultados cualitativos de este software se hace referencia a los diferentes LOC que se utilizan:

AEGL: Las siglas representan los niveles de LOC para una exposición aguda, de ahí la sigla *Acute Exposure Guideline Levels*, son los lineamientos de los niveles de una exposición aguda.

ERPG: Las siglas, se utilizan para la planificación de los planes de emergencia, de ahí *Emergency Response Planning Guidelines*.

ERPG-1: La concentración máxima dispersada bajo la cual es posible creer que los individuos que estén expuestos durante 1 hora pueden sufrir efectos moderados sobre su salud y percibir claramente un olor desagradable.

ERPG 2: La concentración máxima dispersada bajo la cual es posible creer que los individuos que estén expuestos durante 1 hora pueden experimentar o desarrollar daños irreversibles u otros daños serios para la salud o síntomas que le impiden la habilidad individual para realizar una acción de protección.

ERPG 3: Es la concentración máxima dispersada bajo la cual es posible creer que los individuos que estén expuestos durante 1 hora sufrirán efectos sobre la salud y puede correr peligro su vida.

TEEL: Las siglas se utilizan cuando no se conocen exactamente los valores de ERPG para un compuesto químico, ya que representa los niveles temporales, *Temporal Emergency Exposure Levels*.

TEEL-1: Es la concentración en el aire bajo la cual se considera que los individuos expuestos pueden sufrir efectos moderados sobre su salud y percibir claramente un olor desagradable.

TEEL-2: Es la concentración en el aire bajo la cual se considera que los individuos expuestos pueden sufrir efectos irreversibles sobre su salud o síntomas que les impida tomar decisiones para protegerse.

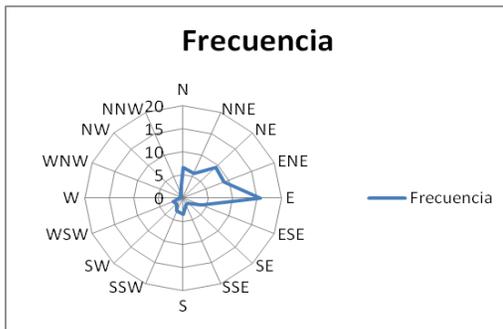
TEEL-3: Es la concentración en el aire bajo la cual se considera que los individuos expuestos a ella se encuentran en condiciones de riesgo para su vida.

IDLH: Las siglas están relacionadas con los niveles permisibles de exposición del hombre a compuestos químicos en zonas de trabajo sin afectar la salud y la vida, de ahí las siglas *Inmediatly Dangerous to Life or Health*. No está designado para ser tomado como un límite de exposición a toda la población ya que no está definido en correspondencia con la sensibilidad de algunas personas como los niños. No deben usarse los valores del IDLH para identificar definitivamente condiciones peligrosas en términos generales.

2.4 Establecimiento de las condiciones de trabajo con el software

Para la evaluación de las áreas de atmósferas peligrosas que se pueden originar ante diferentes escenarios de accidentes en el gasoducto, objeto de estudio, se toman para la aplicación del software ALOHA las consideraciones establecidas en la investigación efectuada por Díaz, (2013), que son las siguientes:

1. Trabajar con los valores medios de las variables que caracterizan a la década analizada, según los estudios realizados por Moya, (2010), López, (2010) y Nguyen, (2011).
2. Evaluar las direcciones del viento del primer cuadrante de la rosa de los vientos (N-E), a la que corresponde una estabilidad de categoría D y aquellas direcciones del viento que corresponden al tercer cuadrante (S-W), cuya categoría de estabilidad es F.



2.5 Metodología para la determinación del efecto de la sobrepresión sobre los recursos humanos y materiales

- Para determinar las muertes por una explosión debido a una sobrepresión:

$$\text{Probit } Y = -77,1 + 6,91 * \ln(p^0) \quad 2.1$$

Donde:

p^0 = Pico de sobrepresión (N/m²).

Una vez conocidos los valores de la ecuación Probit Y estos deben ser transformados a porcentaje a través de la tabla que se muestra a continuación. Los resultados obtenidos representan el porcentaje de muertos provocados por la radiación o la sobrepresión a la cual fueron evaluadas las ecuaciones Probit Y.

Tabla 2.8: Transformación a porcentaje de las ecuaciones Probit.

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33

Fuente: Wells, (2003)

El efecto de la sobrepresión sobre las estructuras será determinado según la tabla mostrada en el Anexo 4 que relaciona los picos de sobrepresión con los daños provocados por estos últimos y que fue obtenida a través de la experiencia de diferentes investigadores según señala Wells, (2003)

Capítulo 3. Análisis de los resultados

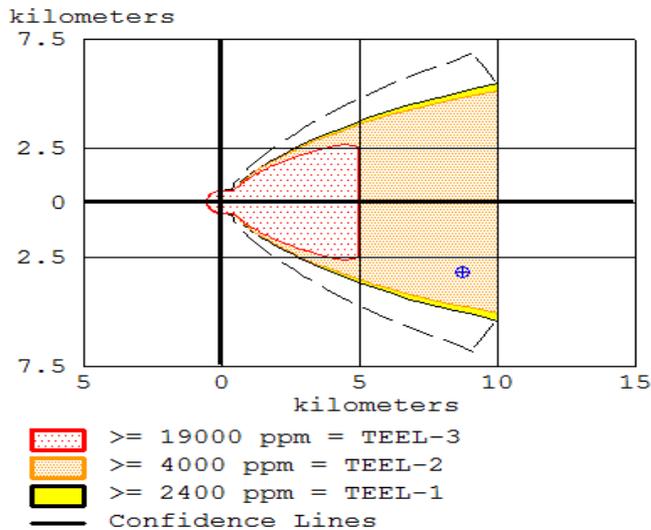
En este capítulo se evalúan los escenarios obtenidos mediante el software ALOHA, analizándose las áreas de atmósferas peligrosas generadas por ellos. Esta investigación se realizó para determinar los escenarios de riesgo a lo largo del gasoducto. Los resultados de los diferentes escenarios que se pueden manifestar aparecen en el Anexo 6. Puede observarse que cada escenario fue estudiado para los doce meses del año y para las direcciones del viento cuando este sopla de N-E y de S-W. Se determina también el efecto que tendría la ocurrencia de estos escenarios sobre los trabajadores de la planta, la población cercana a la misma y las instalaciones industriales y se estima el impacto económico de un posible accidente sobre dichas instalaciones.

3.1 Análisis de los resultados de las áreas de la nube de tóxica

Para estimar el comportamiento de la nube tóxica de GLP se aplicó el software para cada mes del año, obteniéndose las diferentes áreas exteriores de peligro, así como, el comportamiento de dicha nube en áreas interiores ubicadas a aproximadamente 300 metros de la fuente, distancia a la que se encuentra el centro poblacional más cercano. Además se tuvo en cuenta las consideraciones explicadas anteriormente.

Este escenario se estudia para direcciones del viento de N-E y S-W, que se corresponden con las mayores velocidades del viento y con las velocidades del viento cercanas a la calma, respectivamente. Además se analiza el comportamiento de las concentraciones de la nube tóxica en áreas interiores ubicadas a 300 metros aproximadamente de la fuente, considerando la presencia de las oficinas de la planta a esta distancia.

A continuación se muestra el área de atmósfera peligrosa para la dirección del viento ENE, que se corresponde con la de mayor velocidad de los vientos del primer cuadrante para el mes de Enero.



.Figura 3.1: Comportamiento de la dispersión de la nube tóxica del GLP en las zonas exteriores.

El gráfico mostrado ofrece por el eje de las X la distancia que alcanza la nube tóxica, y por el eje de las Y el ancho de la misma.

Además aparecen tres zonas delimitadas por diferentes colores, donde cada uno de ellos representa la concentración del tóxico que tiene la zona de acuerdo a los niveles de concentración que establece la Agencia de Protección del Medio Ambiente, por sus siglas en inglés EPA. La línea negra representa la zona de posible afectación y que debe ser de cuidado por los daños que en la misma se pueda producir si variara de repente alguna de las variables climatológicas.

La zona roja posee una concentración mayor o igual a 19000 ppm, a la que le corresponde un TEEL-3, que es la concentración en el aire bajo la cual se considera que los individuos expuestos a ella se encuentran en condiciones de riesgo para su vida.

La zona naranja posee una concentración mayor o igual a 4000 ppm, que equivale a un TEEL-2, concentración en el aire bajo la cual se considera que los individuos expuestos a ella pueden sufrir efectos irreversibles sobre su salud o síntomas que les impida tomar decisiones para protegerse.

La zona amarilla posee una concentración mayor o igual a 2400 ppm, a la que le corresponde un TEEL-1, que equivale a la concentración en el aire bajo la cual se considera que los individuos expuestos pueden sufrir efectos moderados sobre su salud y percibir claramente un olor desagradable.

Se aprecia que para la dirección del viento ENE, en el mes de Enero, bajo las condiciones climatológicas correspondientes, la nube tóxica que se forma llega a tener un área de mayor peligro de 5 kilómetros de largo y 5 kilómetros de ancho. Se nota que el área en la cual se puede afectar seriamente la salud de las personas y/o dejarlas en condiciones que les impidan hacer esfuerzos por conservar su vida, tiene una longitud 10 kilómetros y un ancho de unos 11 kilómetros y el área de menor riesgo posee un largo de 10 kilómetros y un ancho de aproximadamente 12 kilómetros.

El software permite a su vez obtener el comportamiento de la concentración de la sustancia tóxica al cabo de 60 minutos en el interior de locales que pueden estar ubicados a diferentes distancias del foco de la dispersión. En este caso se muestra el comportamiento de la concentración de la sustancia objeto de estudio a 370 m de la fuente, a la cual se encuentran aproximadamente las oficinas de la planta.

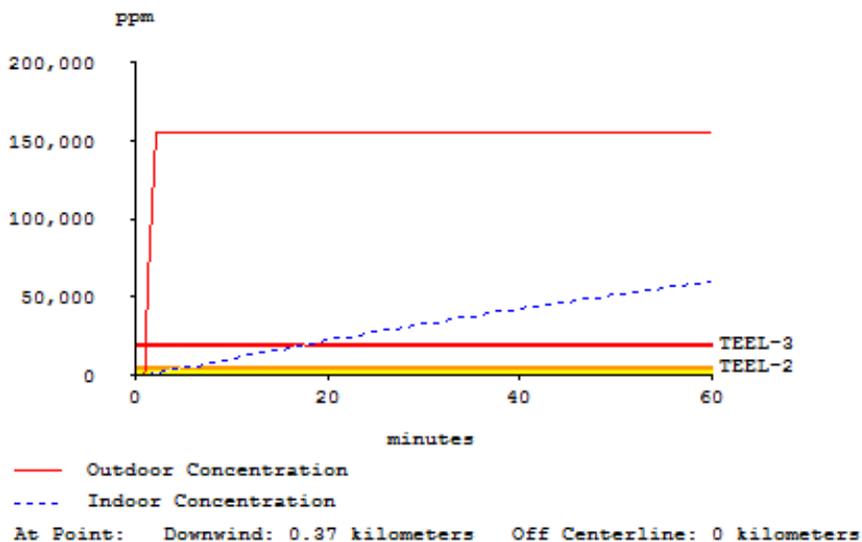


Figura 3.2: Comportamiento de la dispersión de la nube tóxica a 370 m de la fuente para locales interiores.

Obsérvese en la figura que la línea discontinua (azul) representa la concentración del tóxico en el interior de los locales y la continua (roja) en el exterior, además el término *At Point* identifica exactamente la distancia a la que se hace la estimación en la dirección del viento.

Para el desarrollo de la investigación las concentraciones se estimaron para las tres zonas que ofrece el ALOHA (roja, naranja y amarilla) fijando para el área roja una distancia de 370 metros de la fuente y para la zona naranja y amarilla un punto cercano al lugar de mayor concentración.

De acuerdo con lo anterior la figura 3.2 representa un punto situado a 0.37 kilómetros de la fuente de emisión, en la zona roja, aquí puede observarse que transcurridos 18 minutos de la emisión, en el interior de los locales se alcanza una concentración equivalente a 59700 ppm (TEEL-3), que es la concentración en el aire bajo la cual se considera que los individuos expuestos a ella se encuentran en condiciones de riesgo para su vida. Mientras esto puede estar ocurriendo en el interior de un local en ese mismo instante en el exterior la concentración es de aproximadamente 155000 ppm lo cual resulta letal, de forma tal que es imposible ofrecer ayuda a las personas que se encuentran en estos locales. Lo antes expuesto permite tener una idea clara de la magnitud del peligro ante un accidente de este tipo.

Al cabo de 43 minutos y a una distancia de 5.24 kilómetros se alcanza una concentración de la sustancia de 5560 ppm en locales interiores (TEEL-2), se puede asegurar que los individuos expuestos a esta concentración de la sustancia pueden sufrir efectos irreversibles sobre su salud o síntomas que les impida tomar decisiones para protegerse. En el exterior a esta misma distancia la concentración de la sustancia será de 17900 correspondiendo también a los indeseados efectos de un TEEL-2.

Finalmente debe tenerse en cuenta que los niveles que establece el software ALOHA no consideran el efecto del sinergismo, bajo el cual las personas sufrirían daños mayores o pudieran perder la vida aun cuando no se encuentren en la zona de mayor riesgo.

A continuación se muestra el área de atmósfera peligrosa para la dirección del viento WSW, que se corresponde con la de menor velocidad de los vientos del tercer cuadrante para el mes de Enero.

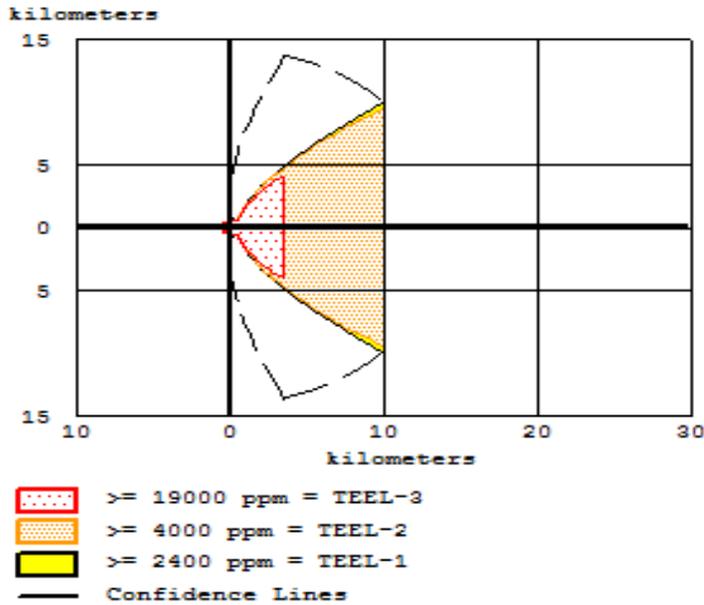


Figura 3.3: Comportamiento de la dispersión de la nube tóxica del GLP en las zonas exteriores.

Como se aprecia en la figura anterior las áreas de riesgo son menores para el caso de menor velocidad del viento, debido a que la fuente de emisión es continua y esto provoca que se invierta la relación dispersión-concentración contra área de la nube tóxica.

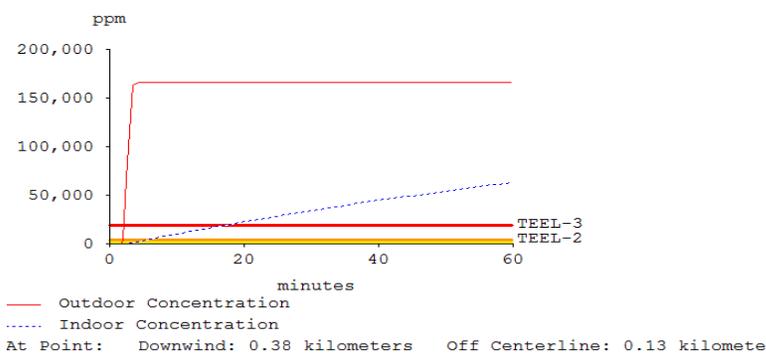


Figura 3.4: Comportamiento de la dispersión de la nube tóxica a 370 m de la fuente para locales interiores.

Como demuestra el gráfico, transcurridos 18 minutos se alcanza un nivel de concentración en locales interiores correspondiente a TEEL-3, con valores de concentración de 63000 ppm, la concentración del gas en el exterior para ese mismo instante es de 166000 ppm, por lo que las áreas de riesgo generadas bajo estas condiciones son ligeramente más peligrosas.

A los 45 minutos y a una distancia de 3.97 kilómetros se alcanza una concentración de la sustancia de 4700 ppm en locales interiores (TEEL-2), se puede asegurar que los individuos expuestos a esta concentración de la sustancia pueden sufrir efectos irreversibles sobre su salud o síntomas que les impida tomar decisiones para protegerse. En el exterior a esta misma distancia la concentración de la sustancia será de 17300 correspondiendo también a los indeseados efectos de un TEEL-2.

Si se realiza una comparación de las áreas para las diferentes direcciones se pueden detectar resultados importantes.

Tabla 3.1: Comportamiento de la dispersión de la nube tóxica en las direcciones ENE y WSW en el mes de Enero.

Temperatura(°C)		20.6	Enero		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		78			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
ENE	4,69	TEEL-3 (155000)	5	5	TEEL-3 (18minutos)
		TEEL-2 (17900)	10	11	TEEL-2 (43 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12	No
WSW	2,33	TEEL-3 (166000)	3.2	6.5	TEEL-3 (18minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	10	TEEL-2 (45 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	10.2	No

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior no existen diferencias significativas en las concentraciones y las áreas de peligro en exteriores, lo que pudiera deberse al tipo de fuente. Así como tampoco en las afectaciones en locales interiores. Por lo que puede afirmarse que para el caso de fuente directa la velocidad del viento no posee una influencia significativa en las áreas de peligro.

3.1.1 Análisis de los resultados de la dispersión de la nube de tóxica, bajo condiciones de calma

La dispersión bajo las condiciones de calma se estimó para la dirección WSW, aunque como son condiciones de calma el área de riesgo generada por este escenario pudiera verificarse en cualquier dirección, siendo la más peligrosa ESE porque es la que afectaría la ciudad de Matanzas.

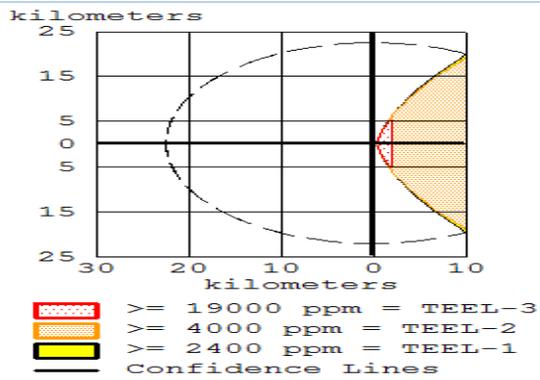


Figura 3.5: Comportamiento de la dispersión de la nube tóxica del GLP en las zonas exteriores con vientos en estado de calma.

Como se puede observar en la figura anterior las áreas de peligro son considerablemente mayores bajo las condiciones de calma sobre todo por el ancho de la nube. A continuación se muestra una tabla con los resultados de las diferentes áreas y la afectación en locales interiores. Es necesario tener en cuenta que la calma corresponde a velocidades del viento menores o iguales a 1 m/s y que el escenario de dispersión no depende de la dirección del viento.

Tabla 3.2: Características de la nube tóxica con vientos en calma.

Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
1	TEEL-3 (120000)	2	10	TEEL-3 (26 minutos)
	TEEL-2 (13700)	10	35	TEEL 1 (57 minutos)
	TEEL-1 (2760)	10	35.1	No

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en la tabla anterior las áreas de peligro son considerablemente mayores bajo las condiciones de calma que en el caso de direcciones del viento de mayores velocidades, aunque la longitud máxima sigue siendo de 10 km, el ancho de la nube supera en 23 km a la mayor área generada bajo otras condiciones, siendo la mayor área de 35 km de ancho, distancia más que suficiente para afectar a toda la ciudad de Matanzas, e incluso a poblaciones aledañas.

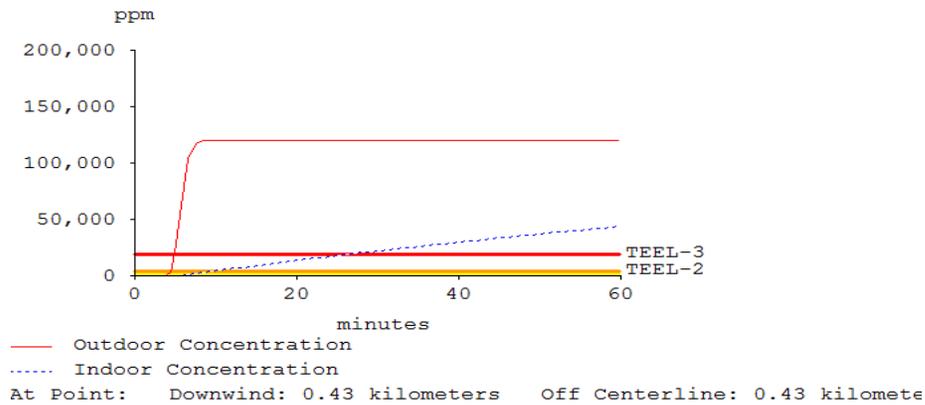


Figura 3.6: Comportamiento de las concentraciones en locales interiores para las condiciones de calma.

Analizando la figura anterior que muestra el comportamiento de la concentración en locales interiores se puede observar que se alcanza concentraciones correspondientes al TEEL-3 a los 26 minutos lo cual indica que incluso dentro de locales existe peligro potencial para la vida después de este tiempo, y además puede decirse que en las zonas exteriores las concentraciones del gas serían mucho mayores por lo que sería imposible socorrer al personal de oficina sin equipo de emergencia adecuado.

3.1.2 Análisis de los resultados de la explosión de la nube de vapor.

Este escenario se caracteriza por el surgimiento de una sobrepresión que se origina cuando la nube de gas explota, los resultados obtenidos para los diferentes meses se reportan en el Anexo 6. A continuación se muestra las áreas de peligro que se originan bajo las condiciones climatológicas correspondientes al mes de Enero en la dirección del viento que mayor velocidad presenta en la zona de estudio (ENE).

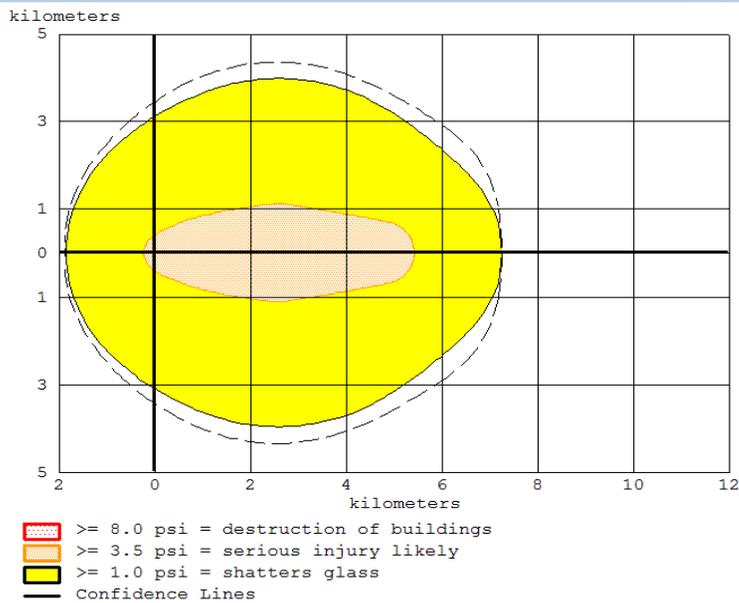


Figura 3.7: Comportamiento de la sobrepresión generada por la explosión de una nube de vapor.

Lo más significativo en este escenario es que no se alcanza el efecto provocado por sobrepresiones mayores que 8 psi (LOC-3), que provoca la destrucción de edificios, solo se pueden presentar como riesgos los de menor afectación que corresponden a los niveles inferiores LOC-1 y LOC-2 que provocarían la rotura de cristales y serias lesiones probables respectivamente.

Este escenario alcanza una zona de mayor peligro de 5.4 kilómetros de largo y 2.1 kilómetros de ancho (LOC-2), mientras que la zona de menor peligro alcanza 7.2 kilómetros de largo y 8.2 kilómetros de ancho. Por lo tanto no cabría esperarse que incluso en la zona de mayor peligro en este escenario ocurra la destrucción total de las estructuras, aunque debería tenerse en cuenta que esto se estima asumiendo que las edificaciones se encuentran en buen estado, cosa que no siempre ocurre, por lo tanto pudiera decirse que si existe peligro de derrumbes en aquellas estructuras que no tengan un estado óptimo.

Los resultados obtenidos de la investigación de este escenario se reportan en el Anexo 6.

En la siguiente tabla se muestran las áreas de peligro generadas por la explosión de una nube de gas para las direcciones ENE (la de mayor velocidad), WSW (la de menor velocidad) y para las condiciones de calma.

Tabla 3.3: Comportamiento de la sobrepresión generada por la explosión de una nube de vapor en las direcciones ENE, WSW y calma en el mes de Enero.

Temperatura (°C)		20.6	Enero	
Nubosidad		4		
Humedad (%)		78		
Dirección del viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1
		LOC-1 (2.46)	7.2	8.2
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4
		LOC-1 (1.82)	6.3	8.2
Calma	≤1	LOC-3 (-)	-	-
		LOC-2 (6.33)	2.5	2.5
		LOC-1 (2.79)	5.5	9

Fuente: Elaboración propia.

Como puede observarse en la tabla anterior existe una disminución significativa en la amplitud de las áreas de peligro a medida que disminuyen las velocidades del viento, generándose las menores áreas para las condiciones de calma. Aún así las sobrepresiones máximas alcanzadas poseen un valor constante de 6.33 psi, puede señalarse que incluso para las condiciones menos críticas el área correspondiente a un LOC-2 tiene un tamaño suficiente como para afectar a toda la planta de almacenamiento de gas licuado, provocando posibles afectaciones a las balas y la posible ocurrencia de un efecto continuado o dominó, que generaría mayores áreas de peligro. Si se analizaran las mayores áreas generadas pudiera decirse que no solo se afectarían las estructuras de la planta, sino que además existirían afectaciones significativas a la zona poblacional de Versailles, donde se concentran varios centros hospitalarios de la ciudad.

3.1.3 Análisis de los resultados de la nube de vapor inflamable

Como puede observarse en la figura 3.8 el área de riesgo generada tiene una longitud de 10 km y una amplitud de 11 km en su área de menor peligro, pero en esta zona no existe peligro potencial de posible explosión, sin embargo a una distancia de 8 km de la fuente se alcanza los niveles del 60% LEL que es un valor alarmante dado que indica que en la frontera de la nube el valor de concentración se encuentra muy

cercano al LEL, y por tanto cabe esperarse que en el seno de la nube las concentraciones superen el LEL.

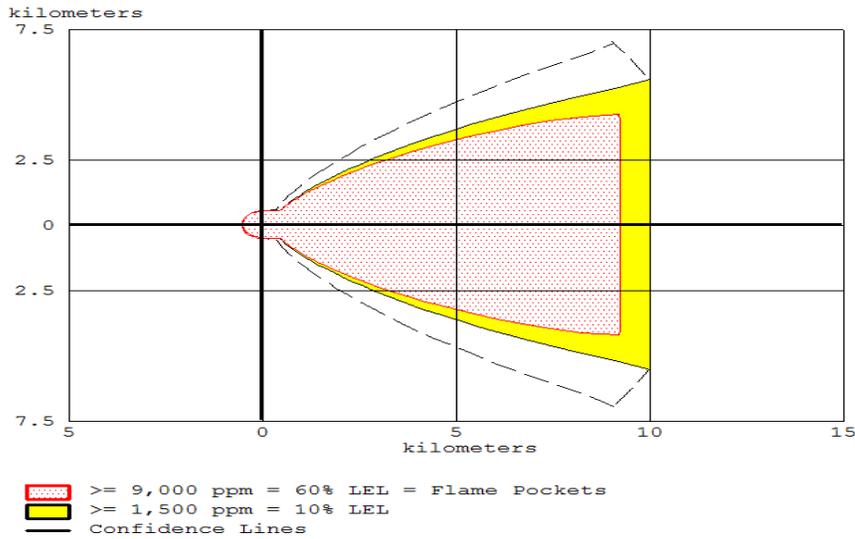


Figura 3.8: Comportamiento de las áreas de atmósferas peligrosas para el escenario nube inflamable en exteriores.

Un análisis de los resultados del software ALOHA permitió determinar que las concentraciones correspondientes al LEL se alcanza a los 2.55 km, por lo tanto a distancias menores o iguales que esta la nube puede inflamarse y explotar provocando las afectaciones que se analizaron en el escenario VCE, además se puede observar en la figura 3.9 que a esa distancia en locales interiores no se alcanza ni siquiera el 60% LEL en los 60 minutos que es capaz de estimar el software, lo que indica que una fuente de ignición dentro de los locales no provocará la inflamación de la nube.

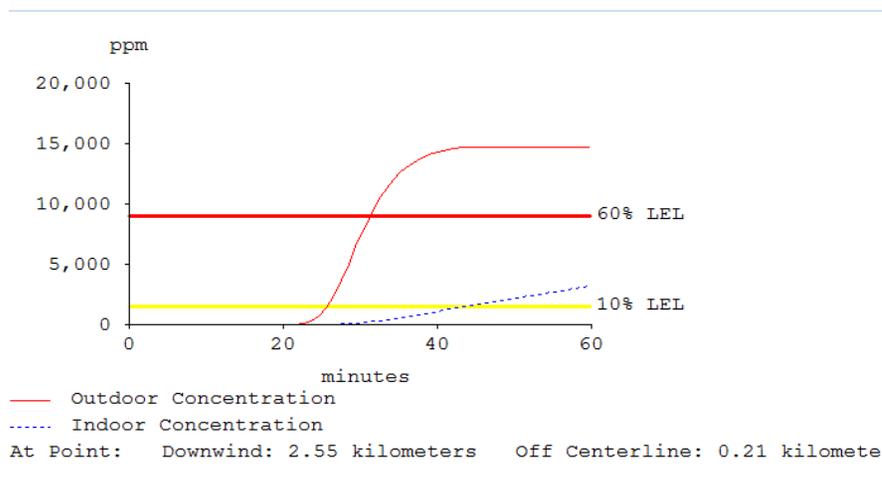


Figura 3.9: Comportamiento de las áreas de atmósferas peligrosas para el escenario nube inflamable en interiores.

Un análisis de un punto cercano a la fuente como el mostrado en la figura 3.10 permite determinar que incluso en locales interiores se supera el nivel del LEL, por tanto en este caso si existe peligro de inflamación de la nube en locales interiores, mientras en el exterior las concentraciones se encuentran ligeramente superiores al UEL.

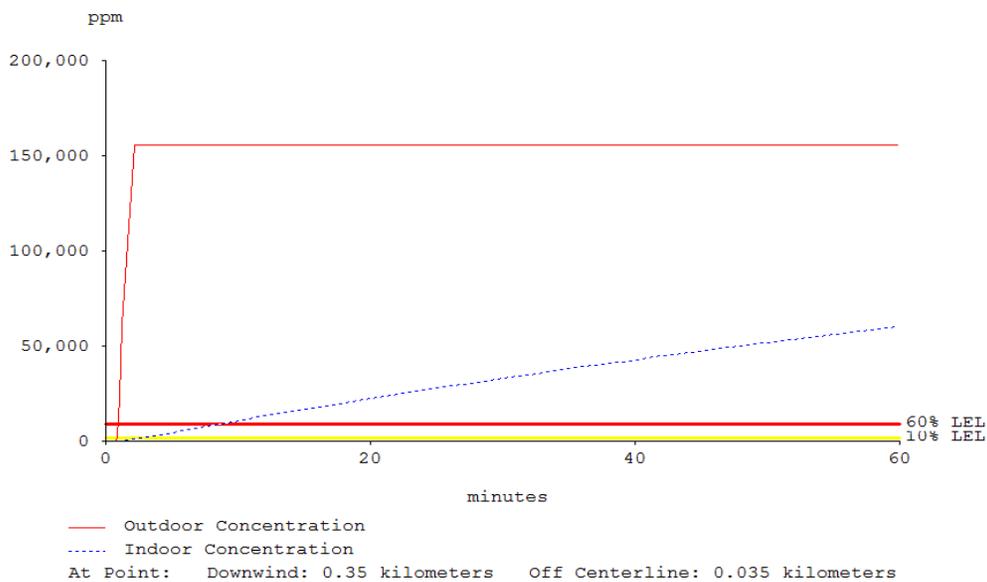


Figura 3.10: Comportamiento de las áreas de atmósferas peligrosas para el escenario nube inflamable en interiores, colocado en un punto cercano a la fuente.

3.2 Análisis de la influencia de la sobrepresión sobre los recursos humanos y materiales, por la explosión de una nube de vapor

Para la determinación del efecto de la sobrepresión sobre los recursos humanos se aplica la ecuación Probit, reportada por Wells, (2003). Esta mide el efecto directo de la sobrepresión sobre el ser humano, definiendo si se producen pérdidas de vida o no. EL resultado se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.4: Por ciento de muertes por efecto de la sobrepresión generada por la explosión de una nube de vapor.

Distancia (km)	Sobrepresión (N/m²)	Probit Y	% de muertos
1.450	43643,9574	-3,2748	< 1
5	31646.94	-5.49	< 1

Fuente: Elaboración propia.

La sobrepresión generada al explotar la nube de vapor, según la ecuación Probit, para las distancias de 1.450 km, que se corresponde con un punto situado aproximadamente en el centro del Reparto Dubroc y 5 km, que se corresponde con un punto situado aproximadamente en el centro de servicios hospitalarios de Versailles, en ambos casos afectaría a menos del uno por ciento de la población.

El daño material sobre el gasoducto y la planta, así como sobre sus alrededores, puede ser estimado a partir de los datos del Anexo 4, que relaciona las sobrepresiones con los posibles daños materiales y que son reportados por Wells, (2003). Los resultados de la tabla 3.5 fueron obtenidos modelando la explosión de la nube de vapor mediante el software ALOHA para vientos de dirección Este, por ser los de mayor frecuencia en la zona de estudio y los que afectarían a la zona poblacional, también fue modelado para las condiciones de calma.

De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla 3.5 se alcanza una sobrepresión máxima de 6.33 psi, desde la fuente hasta 4.5 km, es decir que a esta distancia se debe esperar la destrucción completa de las estructuras, lo que incluye la ruptura del gasoducto, las balas de almacenamiento, bombas y compresores, es importante señalar que las balas no soportarían más de 4 psi según se reporta en el Anexo 4, igual daño se reportaría en el reparto Dubroc y el barrio de Versailles. A una distancia de 5 kilómetros la sobrepresión alcanzada es de 3.57 psi, lo que provocaría ruptura de los tanques de almacenamiento de combustibles. A partir de los 5.5 kilómetros hasta los 7 kilómetros los daños que se pueden esperar son: el colapso parcial de las paredes y los techos, 40% de daños en las estructuras y la demolición parcial de las casas. Se afectaría en casi su totalidad la barriada de Versailles.

Tabla 3.5: Gradiente de sobrepresión generado por la explosión de una nube de vapor con vientos de dirección Este.

Distancia (km)	Sobrepresión (psi)
1	6,33
1.5	6,33
2	6,33
2.5	6,33
3	6,33
3.5	6,33
4	6,33
4.5	6.33
5	3.57
5.5	2.58
6	2
6.5	1.36
7	1,05

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestran las sobrepresiones generadas por la explosión de una nube de vapor para velocidades del viento correspondientes a la calma.

Tabla 3.6: Gradiente de sobrepresión generado por la explosión de una nube de vapor con vientos en estado de calma.

Distancia (km)	Sobrepresión (psi)
1	6.33
1.5	6.33
2	6.33
2.5	6.33
3	6.33
3.5	6.33
4	4.49
4.5	2.65
5	1.89
5.5	1.46
6	1.08

Fuente: Elaboración propia.

Los daños correspondientes a una sobrepresión de 6.33 psi, anteriormente comentados, bajo las condiciones de calma llegarían a una distancia de 3.5 kilómetros, afectándose gran parte del área urbana de Versailles, particularmente el reparto Dubroc que se vería dañado en su totalidad.

A partir del kilómetro 4 se reportarían los siguientes daños: ruptura de los tanques de almacenamiento de combustibles, colapso parcial de las paredes y los techos y 40% de daños en las estructuras.

3.3 Estimación del impacto económico por la afectación de accidentes al gasoducto

Es necesario considerar, que una nube de gas licuado que posee en mayor o menor medida un carácter tóxico, puede a su vez convertirse en una nube inflamable y finalmente en una nube explosiva. Esta nube explosiva puede explotar, ante la presencia de una fuente de ignición externa, en las cercanías de la fuente que la origina o tan lejos de ella, como su concentración explosiva lo permita, en cada caso la magnitud de las pérdidas económicas variarán en función del lugar donde se encuentre la nube explosiva y los elementos estructurales que la rodean. La estimación de las pérdidas económicas reportadas es para el caso en que la nube adquiere sus condiciones de explosividad bajo condiciones de mayor velocidad del viento, lo que supuestamente hace que se afecten las zonas algo más alejadas de la fuente.

El escenario conocido como explosión de una nube de vapor origina y mantiene una sobrepresión de 6.33 psi hasta una distancia de aproximadamente 5400 metros de largo y 2100 metros de ancho, para cuando el viento sopla en dirección ENE con una velocidad de 4.69 m/s, afectándose totalmente la instalación del gasoducto, la planta de almacenamiento de gas licuado, el reparto Dubroc y una parte del área urbana de Versailles.

Las pérdidas del área urbana son sensibles, pero intangibles hasta el momento, ya que la versión del software ALOHA que se emplea no evalúa las consecuencias de la fragmentación de un equipo al destruirse y por tanto tampoco el efecto dominó. Solo se reporta el valor de reposición de tuberías y equipos correspondientes al gasoducto, el mismo se estimó mediante el software CAPCOST, siendo de \$

329195.815. Díaz, (2013), reporta en su investigación que las pérdidas estimadas por la destrucción de la planta de almacenamiento de GLP tiene un valor de \$12 946 941.33, por lo que se estima el costo total del desastre en \$ 13 276 137.1

3.4 Conclusiones Parciales

- Se define que la fuente que abastece al gasoducto es una fuente continua dada la gran capacidad de almacenamiento que poseen los buques que suministran dicho combustible.
- Se determinó que las mayores áreas de peligro para el escenario nube tóxica se generan para las condiciones de calma, siendo estas áreas suficientemente grandes como para afectar toda la ciudad de Matanzas.
- Se comprobó que para las condiciones del caso de estudio la nube de vapor puede inflamarse y provocar una explosión si la fuente de ignición se encuentra a menos de 2.48 km de la fuente, lugar donde se alcanza el LEL.
- Se determinó que en el caso de la explosión de la nube de vapor se alcanzan sobrepresiones máximas de 6.33 psi provocando afectaciones tales como la destrucción completa de las estructuras a distancias de hasta 5.4 km para el caso más crítico.
- Se estimó mediante las ecuaciones Probit que no ocurren afectaciones para la vida por efecto directo de la sobrepresión.

Conclusiones

- Mediante el software ALOHA se determinaron las áreas de peligro generadas por los escenarios nube tóxica, nube inflamable y explosión de la nube de vapor.
- Se determinó que el escenario que mayores áreas de atmósferas peligrosas genera es la nube tóxica la cual llega a alcanzar 35 km de ancho por 10 km de largo.
- Se determinó que las mayores afectaciones humanas son las provocadas por la nube tóxica y que el efecto directo de las sobrepresiones generadas por la explosión de la nube de vapor no provoca afectaciones para la vida.
- Se comprobó mediante la evaluación de la nube inflamable que de ocurrir un escape de GLP existe peligro potencial de ocurrencia de una explosión.
- Se estimó que en caso de ser necesario reponer totalmente la planta y el gasoducto, los gastos ascenderían a \$ 13 276 137.1.

Recomendaciones

1. Continuar los análisis de riesgos en el área del gasoducto.
2. Aplicar este tipo de estudios a sistemas de tuberías que se encargan de trasegar otros combustibles en el país.
3. Analizar los riesgos de un efecto continuado sobre la planta de gas.
4. Ofrecer y discutir los resultados de este trabajo con la dirección de la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas.

Bibliografía

1. Accidente en trasiego de combustibles de Ixhuatepec, México DF, México, 1984. Disponible en: <http://www.proteccioncivil-andalucia.org/>. Consultado 10 de enero del 2012.
2. Accidentes vinculados al transporte de combustibles. Disponible en: <https://www.youtube.com/> Consultado 9 de marzo del 2015.
3. Accidentes vinculados al transporte de combustibles. Disponible en: <http://www.actualidad.rt.com/>. Consultado 9 de marzo del 2015.
4. Accidentes vinculados al transporte de materiales peligrosos. Disponible en: <https://www.youtube.com/>. Consultado 14 de abril de 2015.
5. Alonso Martín, M. C. (2005). Evaluación de los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas (ATEX).
6. Bastidas, G. E. (2011). Análisis de Riesgos para el Transporte Terrestre de Mercancías Peligrosa en la Ciudad de Barranquilla. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial. Universidad del Atlántico. Facultad de Ingeniería, programa de Ingeniería Industrial. Barranquilla.
7. Bestratén M. (1989). Los análisis de peligros y de operabilidad en instalaciones de proceso. Notas técnicas de prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de Barcelona. Barcelona
8. Bosch, C.J.H. van den, Weterings, R. (2006). *Methods for the calculation of physical effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases). Yellow Book. The Hague.*
9. Cañas, A. (2013). Transporte terrestre de combustibles: La prevención como eje del negocio.
10. Casal, J.; Montiel, H.; Planas, E. y Vílchez, J. A. (2001). Análisis de Riesgo en Instalaciones Industriales. Alfaomega S.A. Bogotá, Colombia.
11. Changuin, D. A. (2007). Análisis y propuesta de mejora de un sistema de control de inventario en una planta envasadora de gas licuado de petróleo. Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Industrial. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

12. *Chemical Industry Association. (1985). A Guide for Hazard and Operability Analysis.*
13. Consejo estatal de protección Civil del Estado de Querétaro, 1994. Siniestros de transporte de la Industria Química en el Sistema de Carreteras y Ferroviario del Estado. Disponible en: <http://members.tripod.com/> .Consultado 14 de abril de 2015.
14. Díaz, A. (2013). Análisis de riesgos en el área de almacenamiento de gas licuado del petróleo en la Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas (ECCM). Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Cuba.
15. Dirección General de Protección Civil. -a, (1994) Guía técnica. Metodologías para el análisis de riesgos. Visión general. ISBN 84-8150-042-9. Ministerio de Justicia e Interior. Madrid
16. Dirección General de Protección Civil. -b, (1994). Guía técnica. Métodos cualitativos para el análisis de riesgos. ISBN 84-8150-041-0. Ministerio de Justicia e Interior. Madrid
17. Dirección General de Protección Civil. -c, (1994). Guía técnica. Métodos cuantitativos para el análisis de riesgos. ISBN 84-8150-043-7. Ministerio de Justicia e Interior. Madrid
18. DOT 406 (178.345) Requerimientos generales de diseño de equipos de transporte de combustible.
19. Duarte, G. (2009). SIAFASRL. Disponible en : <http://www.natlaw.com/> Consultado el: 30 de enero de 2011.
20. FORBES-Energy. (2014). Tanques y petroleros. Disponible en: <http://www.oilfluxamericas.com/>. Consultado 9 de marzo del 2015.
21. Fundación vida sostenible. (2012). Red de distribución de combustibles derivados del petróleo. Disponible en: <http://www.larutadelaenergia.org/> Consultado 14 de abril de 2015.
22. Ingeniería Química nº 288, Marzo 1993. "La gestión integrada del mantenimiento de gasoductos".
23. López, I. (2010). Evaluación de atmósferas peligrosas en la Zona Industrial de Matanzas ante posibles accidentes químicos. Trabajo de Diploma en opción

- al Título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Cuba.
24. Luis, Orosco. J.D. (2012). Guía para la determinación del riesgo vinculado a una sustancia. Universidad de Matanzas.
 25. Manual de usuario del software ALOHA. (2007). Disponible en: www.fiqm.umcc.cu. Consultado : 9 de Marzo de 2015.
 26. MC 306 (178.340) Norma para la construcción de vehículos de transporte de combustible.
 27. Moya, B. (2010). Esp. Principal Meteorología. CITMA. Matanzas.
 28. *National Technical Information Service U. S. (1981). Nuclear Regulatory Commission*. Ed Nureg. Washington.
 29. Nguyen, M. (2011). Determinación de áreas de peligro potencial que pueden originarse, por incendios y/o explosiones, en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Cuba.
 30. Nolan, Dennis P. (2011). Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical and Related Facilities. Second edition. Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier. The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK.
 31. Observatorio de Riesgos de la EU-OSHA. (2010). Peligros y riesgos para los conductores en el transporte por carretera. Disponible en: <file:///F:/Transporte%20de%20Sustancias%20Peligrosas.htm>. Consultado 9 de marzo del 2015.
 32. Perry, R. (1989). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. Sextaedición. Editorial McGraw Hill Book Company.
 33. Proyecto de Norma Oficial Mexicana, Proyecto NOM-012-SCT4-1994, Lineamientos para la elaboración del plan de contingencias para embarcaciones que transportan mercancías peligrosas.
 34. Rodríguez-Giménez, S. et al (1995). Aspectos básicos de seguridad en los almacenamientos de GLP. Ingeniería química. Octubre.

35. Schneider Electric. (2013). Soluciones para las Industrias de Oil & Gas.
Disponible en: <http://www.schneider-electric.com.co>. Consultado 14 de abril del 2015.
36. *TechnoKontrol*. (2013). TK-BFT Sistemas de Seguridad y Prevención.
37. *The Center for Chemical Process Safety*. (2012). *Process Safety Incident Database*. *The American Institute of Chemical Engineers*. Disponible: <http://www.psidnet.com>. Consultado 29 de Enero de 2013.
38. Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. (2005). La cadena del Gas Licuado del Petróleo en Colombia.
39. Valente, R. J. (2009). Elaboración de esquemas para el transporte de fluidos (crudo multifásico, crudo limpio y gas) en la faja petrolífera del Orinoco. Tesis en opción al título de Ingeniero Mecánico. Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui. Venezuela.
40. Wells, Geoff. (2003). *Majors Hazards and their management*. Gulf Publishing Company. Houston, Texas.

Anexos

Anexo 1: Riesgo de incendio y explosión presentes en el trasiego de combustibles.





Anexo 2: Caracterización del GLP

Nombre del producto: Gas Licuado del Petróleo (GLP).

Fórmula Química: $C_n H_{2n+2}$

Etiquetado de peligro (frases R y S) así como las que la identifican por otros efectos:

R2/R3/R7/R10/R22/R25/R44/R52/R54/R55/R56.

Datos físicos

- Apariencia: Incoloro, Inodoro
- Punto de ebullición: del líquido a presión atmosférica en °C (-42 a 0) propano, butano
- Punto de fusión:(-187 a -138)
- Solubilidad: no
- Densidad: del líquido = (0,500 560) y la densidad relativa al aire =(1,52 a 2) propano, butano
- T L V -límite superior de inflamabilidad: (9,50 a 8,41)
- IPVS - Límite inferior de explosividad: (2,37 a 1,86)
- Punto de congelación: de líquido a presión atmosférica =(-187 a -138) °C
- Temperatura de Autoinflamación:=(466 a 405) °C
- Coeficiente de expansión: se tiene información
- Temperatura de inflamación: propano (466 °C), Butano (405 °C)
- Biodegradabilidad: NO
- Corrosión: NO, el etilmercaptano, que se adiciona actúa como inhibidor de corrosión.

Formas de control y mitigación en casos de desastres.

Productos o técnicas empleados en el control y mitigación en caso de desastre: existe una brigada de TSRUA, para actuar ante cualquier evento de este tipo.

Existencia del producto de control y mitigación en la entidad (especificar cantidad y capacidad de mitigación): extintores PQS, extintores de espuma, agua.

Peligros para la salud

Concentración permisible: ninguna

Exposición permisible: ninguna

Partes del cuerpo que afecta: ojos, sistema respiratorio y pulmones.

Forma de entrada al organismo: vía respiratoria.

Toxicidad

Sustancia	Toxicidad							
	Tox. aguda	Irritación	Sensibilización	T. por dosis repetida	Mutagenicidad	Carcinogenicidad	Corrosión	T. para la reproducción
Gas licuado	X	R,O,						

Nota: En el caso de la irritación debe aclararse si es a los ojos (O), piel (P) o respiratoria (R).

Datos de reactividad.

- Reacción principal y reacciones secundarias: No se tiene información.
- Cinética de reacción: no se tiene información.
- Contaminantes producidos: no se tiene información.
- Reacciones de descomposición: no se tiene información.

Condiciones de almacenamiento y manipulación.

Capacidad del recipiente de almacenamiento: 8 de 100 m³ y 13 de 200 m³.

Forma del recipiente: cilíndrico horizontal con cabezas semiesférica.

Dimensiones del recipiente: 112 m³ (longitud 20 m, diámetro 2,614 m y espesor 21 mm), 200 m³ (longitud 21 m, diámetro 3.40 m y espesor 26 mm)

Material de construcción: acero al carbono.

Localización de la soldadura: Por rolos de chispa.

Longitud de la soldadura: 3.5 cm.

Protección del recipiente (interior o exterior): pintura impermeabilizante.

Existencia de accesorios en el recipiente y su localización: Accesorios en la cabeza principal de cada bala (Válvulas para líquidos, del tipo Macho lubricado, para vapor del mismo tipo, chequeo, válvula de exceso de flujo, drenaje con válvula de globo).

Instrumentos en la cabeza principal de cada bala: (Manómetro, termómetro, Rotoganje: indicador del nivel del líquido)

Fecha de fabricación del recipiente: Balas URSS (1970), Balas USA (1950).

Condiciones de almacenamiento de la sustancia: De forma líquida y presurizada.

Tipo de averías producidas: no se han producido.

Condiciones de almacenamiento (presión, temperatura): $P= 5$ a 14 kg/cm^2 ,
Temperatura = 10 a $40 \text{ }^\circ\text{C}$

Características de los alrededores del recipiente: tanques expuestos a condiciones ambientales

Condiciones para su uso en el proceso.

Uso en el proceso: Llenado de cilindros, llenado de pailas, llenado de barcos.

Condiciones en las que se usa la sustancia (presión, temperatura):

$P=5$ a 14 kg/m^2 , $T=10$ a $40 \text{ }^\circ\text{C}$

Fallos ocurridos en estos equipos al operar con estas sustancias: Roturas de mangueras.

Material de construcción de los equipos donde es usada: acero al carbono.

Longitud de tubería que conduce la sustancia desde el punto de almacenamiento hasta el equipo donde es usada: A bombas (30 a 100 m), A compresores (50 a 120 m).

Diámetro de la tubería: URSS – 6 pulgadas., USA – 4 pulgadas.

Cantidad de accesorios y tipos en esa tubería: cinco válvulas y cuatro Instrumentos.

Material de construcción de los accesorios y las tuberías: acero y hierro.

Protección del sistema de tuberías: pintura impermeabilizante.

Anexo 3: Clasificación de sustancia (S, R)

Indicación de riesgos específicos

R1	Explosiva al secarse
R2	Riesgo de explosión por choque eléctrico, fricción, fuego u otras fuentes de ignición
R3	Riesgo extremo de explosión por choque eléctrico, fricción, fuego u otras fuentes de ignición
R4	Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles
R5	El calentamiento puede causar la explosión de la sustancia
R6	Explosiva en o sin contacto con el aire
R7	Puede causar incendios
R8	En contacto con material combustible, puede causar incendios
R9	Explosiva al ser mezclada con material combustible
R10	Inflamable
R11	Sumamente inflamable
R12	Extremadamente inflamable
R13	Gas licuado extremadamente inflamable
R14	Reacciona violentamente con el agua
R15	Libera gases sumamente inflamables en contacto con el agua
R16	Explosiva al mezclarse con sustancias oxidantes
R17	Espontáneamente inflamable en el aire
R18	Al usarla, puede formar una mezcla de aire-vapor inflamable-explosiva
R19	Puede formar peróxidos explosivos
R20	Dañina al ser inhalada
R21	Dañina en contacto con la piel
R22	Dañina al ser ingerida
R23	Tóxica al ser inhalada
R24	Tóxica en contacto con la piel
R25	Tóxica al ser ingerida
R26	Muy tóxica al ser inhalada
R27	Muy tóxica en contacto con la piel
R28	Muy tóxica al ser ingerida
R29	Libera gas tóxico en contacto con el agua
R30	Puede volverse sumamente inflamable al ser usada

Anexo 3: Continuación.

R31	Libera gas tóxico en contacto con ácidos
R32	Libera gas muy tóxico en contacto con ácidos
R33	Peligro de efectos acumulativos
R34	Causa quemaduras
R35	Causa quemaduras graves
R36	Irrita los ojos
R37	Irrita el sistema respiratorio
R38	Irrita la piel
R39	Peligro de efectos irreversibles muy graves
R40	Posible riesgo de efectos irreversibles
R41	Riesgo de grave daño a los ojos
R42	Puede causar sensibilización al ser inhalada
R43	Puede causar sensibilización en contacto con la piel
R44	Riesgo de explosión al calentarse en un ambiente cerrado
R45	Puede causar cáncer
R46	Puede causar daño genético hereditario
R47	Puede causar defectos de nacimiento
R48	Peligro de grave daño para la salud por exposición prolongada
R49	Puede causar cáncer al ser inhalada
R50	Muy tóxica para organismos acuáticos
R51	Tóxica para organismos acuáticos
R52	Dañina para organismos acuáticos
R53	Puede causar efectos adversos de largo plazo en el ambiente acuático
R54	Tóxica para la flora
R55	Tóxica para la fauna
R56	Tóxica para los organismos del suelo
R57	Tóxica para las abejas
R58	Puede causar efectos adversos de largo plazo en el ambiente
R59	Peligrosa para la capa de ozono
R60	Puede perjudicar la fertilidad
R61	Puede causar daño fetal
R62	Posible riesgo de pérdida de fertilidad
R63	Posible riesgo de daño fetal
R64	Puede causar daño a lactantes

Anexo 3: Continuación.

Indicaciones sobre precauciones de seguridad

S1	Manténgase cerrado
S2	Manténgase fuera del alcance de los niños
S3	Manténgase en un lugar fresco
S4	Manténgase lejos de las viviendas
S5	Manténgase el contenido en ... (líquido apropiado que debe ser especificado por el fabricante)
S6	Manténgase en ... (gas inerte que debe ser especificado por el fabricante)
S7	Manténgase el envase herméticamente cerrado
S8	Manténgase el envase seco
S9	Manténgase el envase en un lugar bien ventilado
S12	No mantener el envase sellado
S13	Manténgase lejos de alimentos, bebidas y forraje
S14	Manténgase lejos de ... (materiales incompatibles que deben ser indicados por el fabricante)
S15	Manténgase lejos del calor
S16	Manténgase lejos de fuentes de ignición - NO FUMAR
S17	Manténgase lejos de material combustible
S18	Manipúlese y ábrase el envase con cuidado
S20	No comer ni beber cuando se use
S21	No fumar cuando se use
S22	No inhalar el polvo
S23	No inhalar el gas-humo-vapor-rocío (los términos apropiados deben ser especificados por el fabricante)
S24	Evítese el contacto con la piel
S25	Evítese el contacto con los ojos
S26	En caso de haber contacto con los ojos, enjuáguese de inmediato con abundante agua y busque asistencia médica
S27	Quítese de inmediato toda la ropa contaminada
S28	Después del contacto con la piel, lavar de inmediato con abundante ... (debe ser especificado por el fabricante)
S29	No vaciar en los desagües
S30	Nunca agregar agua a este producto

Anexo 3: Continuación.

S33	Tomar medidas preventivas contra descargas estáticas
S34	Evítense golpes y fricciones
S35	Este material y su envase deben desecharse de manera segura
S36	Usar ropa protectora apropiada
S37	Usar guantes apropiados
S38	En caso de ventilación insuficiente, úsese el equipo de respiración apropiado
S39	Úsese protección para ojos y cara
S40	Para limpiar el piso y todos los objetos contaminados por este material úsese ... (debe ser especificado por el fabricante)
S41	En caso de incendios o explosiones, no inhalar el humo
S42	Durante la fumigación o rociado, usar equipo de respiración apropiado (los términos adecuados deben ser especificados por el fabricante)
S43	En caso de incendio, usar ... (indíquese en el espacio el tipo específico de equipo contra incendios. Si el agua aumenta el riesgo, hay que indicar: "Nunca usar agua")
S44	En caso de accidente o indisposición, buscar asistencia médica (mostrar la etiqueta si es posible)
S45	En caso de accidentes o indisposición, buscar asistencia médica de inmediato (mostrar la etiqueta si es posible)
S46	En caso de ingestión, buscar asistencia médica de inmediato y mostrar el envase o la etiqueta
S47	Manténgase a temperatura no mayor que ... °C (debe ser especificada por el fabricante)
S48	Manténgase humedecido con ... (material apropiado que debe ser especificado por el fabricante)
S49	Manténgase únicamente en el envase original
S50	No mezclar con ... (debe ser especificado por el fabricante)
S51	Úsese solo en áreas bien ventiladas
S52	No recomendable para ser usado en interiores
S53	Evítense la exposición - obtener instrucciones especiales antes de su uso
S54	Obtener el consentimiento de las autoridades de control de la contaminación antes de descargar en plantas de tratamiento de aguas residuales
S55	Tratar con las mejores técnicas disponibles antes de descargar en desagües o ambientes acuáticos

Anexo 4: Efecto de la sobrepresión sobre las estructuras.

Sobrepresión (psi)	Daño
0.005	Se escucha un sonido que denota la ocurrencia de un suceso inusual.
0.02	Ruido molesto
0.03	Rotura ocasional de ventanas de vidrio bajo tensión.
0.04	Ruido fuerte
0.10	Rotura de ventanas pequeñas bajo tensión.
0.15	Presión típica de rotura de cristales
0.20	Umbral para la pérdida temporal de la audición
0.30	95% de probabilidad de que no ocurran serios daños.
0.4	Daños estructurales como rotura de ventanas y crujidos de los techos.
0.7	Daños menores a la estructura de las casas.
1.0	Demolición parcial de las casas
1.2	40 % de daño en las estructuras
2	Colapso parcial de las paredes y los techos.
3	Edificios de acero torcidos y empujados fuera de sus lugares.
3.3	80 % de daños en las estructuras
3-4	Ruptura de los tanques de almacenamiento de combustibles.
5	Rotura de postes de electricidad y teléfono.
5-7	Destrucción completa de las estructuras cercanas
7	Se vuelcan los carros de tren cargados
10	100 % de daños

Fuente: Wells, (2003).

Anexo 5: Comportamiento de las variables climatológicas para la zona objeto de estudio en la década 2000-2009.

Tabla 5ª: Comportamiento de los valores medio de la **nubosidad** para el período estudiado.

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	5	4	4	3	3	4	5	4	5	5	4	3
2001	4	4	4	3	3	5	4	4	3	5	4	4
2002	4	3	4	4	3	4	5	5	5	4	4	5
2003	4	5	4	3	4	5	5	4	5	3	5	4
2004	3	5	5	4	5	5	5	5	4	3	5	4
2005	5	4	5	3	4	5	4	5	4	5	5	4
2006	5	4	4	3	4	5	5	5	4	4	5	3
2007	4	5	4	3	5	3	5	4	5	4	4	5
2008	3	3	4	4	5	4	4	3	4	4	4	4
2009	4	4	3	4	5	5	5	5	5	5	5	4
Media	4	4	4	3	4	5	5	5	5	4	5	4
coef.variac	17.9967	17.9967	13.845	15.1882	21.356	15.7135	10.2776	15.891	15.891	18.7812	11.7121	16.6667
desv.estand	0.7378	0.7378	0.5676	0.5163	0.8755	0.7071	0.483	0.6992	0.6992	0.7888	0.527	0.6666

Anexo 5: Continuación.**Tabla 5b:** Comportamiento de los valores medio de la **temperatura máxima** para el período estudiado.

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	26	25.7	28	29.6	30.5	30.4	31.3	31.2	30.7	29.2	27.2	26.4
2001	27	26.8	27.5	28.7	30.9	29.7	31.9	30.9	31.6	29	26.5	26.6
2002	26.5	25.7	28	29.9	29.7	30.7	30.8	31.9	30.8	28.5	27.2	26.5
2003	25.4	25.9	28.4	30.3	30.5	30.8	31.9	31.8	29.5	28.8	27.6	27.4
2004	25.5	26.5	28.2	29.3	31.8	29.5	31.5	30.9	30.7	29.5	27.9	27.3
2005	26.7	25.8	28.8	30.9	30.8	31.8	30.9	31.8	31.7	30.5	26.6	25.8
2006	25	27	28.4	28.9	30.9	31.5	31.8	30.9	29.9	30.6	27.5	26.9
2007	26.6	24.5	28	29.2	31.6	29.9	31.6	30.9	30.9	29.8	28.8	27
2008	25.9	25.9	28.1	29.8	30.9	30.5	30.9	30.8	31.9	29.5	26	26.5
2009	26.9	25.4	28.6	30.5	31.8	30.6	31.7	31.9	30.5	30	27.9	25
Media	26.15	25.92	28.2	29.71	30.94	30.54	31.43	31.3	30.82	29.54	27.32	26.54
coef.variac	2.6448	2.7808	1.3056	2.3929	2.1177	2.3972	1.3668	1.5506	2.4842	2.3572	2.9726	2.6949
desv.estand	0.6916	0.7208	0.3681	0.7109	0.6552	0.7321	0.4295	0.4853	0.7656	0.6963	0.8121	0.7152

Anexo 5: Continuación.**Tabla 5c:** Comportamiento de los valores medio de la **temperatura media** para el período estudiado.

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	20.7	20.6	22.6	24.3	25.5	25.8	26.4	26.2	25.6	24.7	22.8	21.3
2001	22.6	21.7	23	25.4	25.8	28	27.4	25	24.8	24.6	22.8	22.7
2002	19.8	19.6	24	25.6	26.6	24.5	27	26.6	26.4	23.5	19.8	20.8
2003	20.1	20.2	22.8	24.9	26.4	24.9	26	25.9	26.6	23.8	22	21.5
2004	19.9	21.2	19.8	22.6	24.8	25.4	26.6	26.9	25.8	25.7	23.8	20.8
2005	19.8	19.7	23.8	25.7	24.3	25.8	25.8	26.7	24.6	25.7	24	19.8
2006	21.2	20.5	22	22.8	26.8	26.5	26.2	25.5	26.8	25.6	23.5	22.6
2007	20.8	21	24.1	23.5	23.9	24.2	25	25.4	23.9	24.9	23.6	19.9
2008	22.4	21.4	19.9	24.6	24.9	25.7	26	26.5	24.9	23.8	20.9	21.6
2009	18.8	19.9	23.6	22.9	25.5	26.8	27	27	25.7	23.9	24.1	20.9
media	20.6	20.5	22.5	24.2	25.4	25.7	26.3	26.1	25.5	24.6	22.7	21.2
coef.variac	5.8109	3.5618	6.9811	4.9603	3.8464	4.3965	2.6557	2.6354	3.7117	3.4507	6.3009	4.5940
desv.estand	1.1361	0.6958	1.4942	1.1402	0.9288	1.0745	0.6637	0.6546	0.8982	0.806	1.3587	0.9235

Anexo 5: Continuación.

Tabla 5d: Comportamiento de los valores medio de la **temperatura mínima** para el período estudiado.

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	15.6	15.5	17	18.5	20.6	21.7	21.8	21.7	21.6	20.7	18.6	16.5
2001	16.2	16.2	16.8	18.4	19.5	22.2	23.5	22.5	21.8	19.3	18.7	16.6
2002	16.1	16.1	18.5	18.5	21.3	22.5	22.5	21.7	21.6	21.3	18.4	17.2
2003	15.8	15.5	17	18.5	20.1	21.6	23.1	20.8	21.7	20.1	19.5	16.5
2004	15.9	15.4	16.6	19.5	20.3	21.7	20.9	21.9	20.8	20.5	19.3	15.8
2005	15.3	14.8	17.3	17.8	21.7	20.9	21.7	22	22.5	21.5	17.6	15.9
2006	14.9	15.4	16.8	17.9	19.8	20.8	20.8	22.8	21.9	20.9	18.5	17.2
2007	15.6	15.9	17.1	18.9	21.6	22.8	21	20.9	20.9	21.4	18.9	16.6
2008	15.8	16	17.5	19.2	21.5	21.9	21.9	21.6	22.5	21.7	19.5	16.7
2009	16	15.2	16.9	18.8	20.5	22	22	22.2	21.8	20.6	18.2	17
media	15.7	15.6	17.1	18.6	20.7	21.8	21.9	21.8	21.7	20.8	18.7	16.6
coef.variac	2.487	2.834	3.149	2.833	3.822	2.887	4.146	2.887	2.573	3.511	3.222	2.868
desv.estand	0.391	0.4422	0.5400	0.5270	0.790	0.6297	0.9089	0.6297	0.5586	0.7302	0.6033	0.4760

Anexo 5: Continuación.

Tabla 5e: Comportamiento de los valores medio de la **humedad relativa** para el período estudiado.

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	78	75	74	73	78	83	81	82	84	84	81	79
2001	79	74	74	74	77	84	79	83	83	84	82	78
2002	78	76	74	72	78	83	80	81	83	83	81	80
2003	79	74	75	74	79	82	83	83	84	84	82	79
2004	77	75	73	73	77	82	81	83	85	85	81	78
2005	78	75	74	73	78	84	82	82	83	83	83	80
2006	78	76	75	72	79	83	81	81	84	83	80	80
2007	78	75	73	74	79	83	82	82	84	85	79	78
2008	76	74	73	72	78	82	81	81	85	85	80	79
2009	79	76	75	73	77	84	80	82	85	84	81	79
Media	78	75	74	73	78	83	81	82	84	84	81	79
coef.variac	1.2087	1.0886	1.1033	1.1184	1.0467	0.9837	1.4255	0.9957	0.972	0.972	1.4255	1.0335
desv.estand	0.9448	0.8164	0.8164	0.8164	0.8164	0.8164	1.1547	0.8164	0.8164	0.8164	1.1547	0.8164

Anexo 5: Continuación

Tabla 5f: Comportamiento de los valores medio de la **velocidad y frecuencia** de ocurrencia de los vientos para la década 2000 - 2009.

Rumbos	Frecuencia (%)	Velocidad media (Km/h)
N	6.7	12.5
NNE	5.8	14.7
NE	9.4	15
ENE	9.1	16.9
E	15.7	15.4
ESE	4	14.3
SE	1.5	12.7
SSE	1.5	10.9
S	3.5	10.6
SSW	3	10
SW	1.8	8.7
WSW	2.1	8.4
WSW	0.7	9.9
WNW	0.7	12
NW	0.4	12.5
NNW	1.1	13.4

Anexo 6: Resultados del software ALOHA.

Anexo 6 a: Resumen del comportamiento de las áreas de riesgos de la nube tóxica en los diferentes meses del año.

Temperatura(°C)		20.6	Enero		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		78			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	TEEL-3 (117000)	4.3	6	TEEL-3 (34 minutos)
		TEEL-2 (17400)	10	14	TEEL-2 (46 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.5	No
NNE	4,08	TEEL-3 (152000)	4.8	6	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	12.4	TEEL-2 (47 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.8	No
NE	4,17	TEEL-3 (152000)	4.9	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	12.4	TEEL-2 (48 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.8	No
ENE	4,69	TEEL-3 (150000)	5	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (17400)	10	11	TEEL-2 (46 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12	No
E	4,28	TEEL-3 (121000)	5	5	TEEL-3 (22 minutos)
		TEEL-2 (16600)	10	11	TEEL-2 (50 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	TEEL-3 (105000)	3.5	5	TEEL-3 (26 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	15	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SSW	2,78	TEEL-3 (104000)	3.5	6	TEEL-3 (27 minutos)
		TEEL-2 (170100)	10	16	TEEL-2 (55 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	16.2	No
SW	2,42	TEEL-3 (78800)	3	8	TEEL-3 (38 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	16	TEEL-2 (56 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	16.2	No
WSW	2,33	TEEL-3 (100000)	3.2	6.5	TEEL-3 (27 minutos)
		TEEL-2 (170100)	10	10	TEEL-2 (55 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	10.2	No
W	2,75	TEEL-3 (69200)	3	6	TEEL-3 (42 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	16	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	16.2	No

Anexo 6 a: Continuación

Temperatura(°C)		20.5	Febrero		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		75			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	TEEL-3 (154000)	4.3	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (16400)	10	12	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
NNE	4,08	TEEL-3 (152000)	4.9	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (16700)	10	12.4	TEEL-2 (52 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.6	No
NE	4,17	TEEL-3 (152000)	4.93	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	12.4	TEEL-2 (49 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.6	No
ENE	4,69	TEEL-3 (150000)	5	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (17700)	10	11	TEEL-2 (46 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	11.2	No
E	4,28	TEEL-3 (138000)	5	5.5	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (16900)	10	12	TEEL-2 (50 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
S	2,94	TEEL-3 (105000)	3	4	TEEL-3 (25 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	14	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14	No
SSW	2,78	TEEL-3 (82600)	3.2	6	TEEL-3 (36 minutos)
		TEEL-2 (17400)	10	15	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15	No
SW	2,42	TEEL-3 (65600)	3	6	TEEL-3 (44 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	16	TEEL-2 (55 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	16	No
WSW	2,33	TEEL-3 (100000)	3	6	TEEL-3 (28 minutos)
		TEEL-2 (17500)	10	16	TEEL-2 (52 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	16	No
W	2,75	TEEL-3 (82300)	3	6	TEEL-3 (35 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	14	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14	No

Anexo 6 a: Continuación

Temperatura(°C)		22.5	Marzo		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		74			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (m)	Ancho (m)	Afectación de locales interiores
N	3,47	TEEL-3 (154000)	4.3	6.5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (16700)	10	14	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No
NNE	4,08	TEEL-3 (152000)	4.9	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	12	TEEL-2 (48 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	TEEL-3 (152000)	5	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	12	TEEL-2 (47 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	TEEL-3 (140000)	5	5	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	10	TEEL-2 (47 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12	No
E	4,28	TEEL-3 (152000)	5	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (17700)	10	12	TEEL-2 (46 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
S	2,94	TEEL-3 (105000)	3.5	6	TEEL-3 (27 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	14	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No
SSW	2,78	TEEL-3 (139000)	3.5	6	TEEL-3 (21 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	14	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No
SW	2,42	TEEL-3 (101000)	3	7.2	TEEL-3 (28 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	18	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.2	No
WSW	2,33	TEEL-3 (101000)	3	7.2	TEEL-3 (28 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	18	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.2	No
W	2,75	TEEL-3 (139000)	3	7.2	TEEL-3 (21 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	16	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	16.2	No

Anexo 6 a: Continuación

Temperatura(°C)		24.2	Abril		
Nubosidad		3			
Humedad (%)		73			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	TEEL-3 (159000)	4.3	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (16500)	10	14	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No
NNE	4,08	TEEL-3 (138000)	4.9	5	TEEL-3 (21 minutos)
		TEEL-2 (16700)	10	12	TEEL-2 (51 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	TEEL-3 (152000)	5	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (16600)	10	12	TEEL-2 (52 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	TEEL-3 (140000)	5	5	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (17700)	10	10	TEEL-2 (46 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	11	No
E	4,28	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (16900)	10	12	TEEL-2 (51 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
S	2,94	TEEL-3 (84300)	3.5	7	TEEL-3 (35 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	15	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SSW	2,78	TEEL-3 (104000)	3.5	7	TEEL-3 (25 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	15	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SW	2,42	TEEL-3 (102000)	3.5	7.2	TEEL-3 (26 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	18	TEEL-2 (56 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.1	No
WSW	2,33	TEEL-3 (101000)	3.5	7.2	TEEL-3 (27 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	18	TEEL-2 (56 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.2	No
W	2,75	TEEL-3 (82400)	3.5	5	TEEL-3 (37 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	14	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No

Anexo 6 a: Continuación

Temperatura(°C)		25.4	Mayo		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		78			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (m)	Ancho (m)	Afectación de locales interiores
N	3,47	TEEL-3 (154000)	4.3	5	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (16500)	10	14	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No
NNE	4,08	TEEL-3 (157000)	4.9	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	12	TEEL-2 (49 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	TEEL-3 (152000)	5	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	12	TEEL-2 (50 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17500)	10	11	TEEL-2 (46 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	11.2	No
E	4,28	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (16600)	10	12	TEEL-2 (50 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
S	2,94	TEEL-3 (139000)	4	6	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	16	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	TEEL-3 (82800)	3.5	6	TEEL-3 (34 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	16	TEEL-2 (55 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	16.2	No
SW	2,42	TEEL-3 (102000)	3.4	7	TEEL-3 (26 minutos)
		TEEL-2 (16400)	10	18	TEEL-2 (57 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.1	No
WSW	2,33	TEEL-3 (101000)	3.5	7.5	TEEL-3 (26 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	18	TEEL-2 (55 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.2	No
W	2,75	TEEL-3 (104000)	3.5	6	TEEL-3 (26 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	16	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	16.2	No

Anexo 6 a: Continuación

Temperatura(°C)		25.7	Junio		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		83			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	TEEL-3 (136000)	4.3	5	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (16500)	10	14	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No
NNE	4,08	TEEL-3 (151000)	4.5	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	12	TEEL-2 (50 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	TEEL-3 (156000)	4.5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	12	TEEL-2 (48 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17200)	10	11	TEEL-2 (47 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	11.2	No
E	4,28	TEEL-3 (156)	4.6	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17200)	10	12	TEEL-2 (47 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
S	2,94	TEEL-3 (137000)	4	6	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (17200)	10	15	TEEL-2 (46 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SSW	2,78	TEEL-3 (104000)	3.5	6	TEEL-3 (26 minutos)
		TEEL-2 (16700)	10	16	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	16.2	No
SW	2,42	TEEL-3 (102000)	3.5	7	TEEL-3 (25 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	18	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.1	No
WSW	2,33	TEEL-3 (77900)	3	7.5	TEEL-3 (37 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	18	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.2	No
W	2,75	TEEL-3 (82500)	3.5	7	TEEL-3 (35 minutos)
		TEEL-2 (17700)	10	14	TEEL-2 (52 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No

Anexo 6 a: Continuación

Temperatura(°C)		26.3	Julio		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		81			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	TEEL-3 (160000)	4.3	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (16700)	10	14	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No
NNE	4,08	TEEL-3 (152000)	4.5	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	12	TEEL-2 (48 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	TEEL-3 (156000)	4.9	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	12	TEEL-2 (48 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	TEEL-3 (155000)	5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17500)	10	11	TEEL-2 (47 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	11.2	No
E	4,28	TEEL-3 (138000)	5	5	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (17200)	10	12	TEEL-2 (49 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
S	2,94	TEEL-3 (84300)	3.5	6	TEEL-3 (33 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	15	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SSW	2,78	TEEL-3 (104000)	3.5	6	TEEL-3 (27 minutos)
		TEEL-2 (17400)	10	15	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SW	2,42	TEEL-3 (79000)	3	6	TEEL-3 (37 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	18	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.1	No
WSW	2,33	TEEL-3 (77900)	3	7	TEEL-3 (38 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	18	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.2	No
W	2,75	TEEL-3 (82500)	3	6	TEEL-3 (36 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	15	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No

Anexo 6 a: Continuación

Temperatura(°C)		26.1	Agosto		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		82			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	TEEL-3 (138000)	4.3	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (16700)	10	14	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No
NNE	4,08	TEEL-3 (120000)	4.5	5	TEEL-3 (22 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	12	TEEL-2 (49 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	TEEL-3 (105000)	4.9	5	TEEL-3 (23 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	12	TEEL-2 (48 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17500)	10	11	TEEL-2 (47 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	11.2	No
E	4,28	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (16900)	10	12	TEEL-2 (47 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
S	2,94	TEEL-3 (84300)	3.5	6	TEEL-3 (34 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	15	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SSW	2,78	TEEL-3 (104000)	3.5	6	TEEL-3 (28 minutos)
		TEEL-2 (16400)	10	15	TEEL-2 (56 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SW	2,42	TEEL-3 (79000)	3	7	TEEL-3 (37 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	18	TEEL-2 (55 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.1	No
WSW	2,33	TEEL-3 (77900)	3	7	TEEL-3 (38 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	18	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.2	No
W	2,75	TEEL-3 (104000)	3.5	7	TEEL-3 (29 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	14	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No

Anexo 6 a: Continuación

Temperatura(°C)		25.5	Septiembre		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		84			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (m)	Ancho (m)	Afectación de locales interiores
N	3,47	TEEL-3 (159000)	4.3	5	TEEL-3 (17 minutos)
		TEEL-2 (16500)	10	14	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No
NNE	4,08	TEEL-3 (138000)	4.5	5	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	12	TEEL-2 (52 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	TEEL-3 (157000)	4.5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	12	TEEL-2 (47 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17900)	10	11	TEEL-2 (46 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	11.2	No
E	4,28	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (17 minutos)
		TEEL-2 (17400)	10	12	TEEL-2 (47 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
S	2,94	TEEL-3 (140000)	3.5	6	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (17200)	10	15	TEEL-2 (52 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SSW	2,78	TEEL-3 (140000)	3.5	6	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	15	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SW	2,42	TEEL-3 (102000)	3	7	TEEL-3 (26 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	18	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.1	No
WSW	2,33	TEEL-3 (78300)	3	7	TEEL-3 (38 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	18	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.2	No
W	2,75	TEEL-3 (83000)	3.5	7	TEEL-3 (35 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	14	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No

Anexo 6 a: Continuación

Temperatura(°C)		24.6	Octubre		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		84			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	TEEL-3 (138000)	4.3	5	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (16700)	10	14	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No
NNE	4,08	TEEL-3 (138000)	4.5	5	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	12	TEEL-2 (50 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	TEEL-3 (152000)	4.5	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	12	TEEL-2 (47 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17900)	10	11	TEEL-2 (45 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	11.2	No
E	4,28	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	12	TEEL-2 (49 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
S	2,94	TEEL-3 (156000)	3.5	6	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	15	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SSW	2,78	TEEL-3 (82000)	3.5	6	TEEL-3 (35 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	15	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SW	2,42	TEEL-3 (102000)	3	7	TEEL-3 (26 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	18	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.1	No
WSW	2,33	TEEL-3 (101000)	3	7	TEEL-3 (26 minutos)
		TEEL-2 (16700)	10	18	TEEL-2 (55 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.2	No
W	2,75	TEEL-3 (69300)	3.5	7	TEEL-3 (43 minutos)
		TEEL-2 (17700)	10	14	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No

Anexo 6a: Continuación

Temperatura(°C)		22.7	Noviembre		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		81			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (m)	Ancho (m)	Afectación de locales interiores
N	3,47	TEEL-3 (118000)	4.3	5	TEEL-3 (22 minutos)
		TEEL-2 (16200)	10	14	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No
NNE	4,08	TEEL-3 (138000)	4.5	5	TEEL-3 (20 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	12	TEEL-2 (50 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	TEEL-3 (120000)	4.5	5	TEEL-3 (22 minutos)
		TEEL-2 (17600)	10	12	TEEL-2 (46 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17500)	10	11	TEEL-2 (46 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	11.2	No
E	4,28	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (17 minutos)
		TEEL-2 (17400)	10	12	TEEL-2 (48 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
S	2,94	TEEL-3 (105000)	3.5	6	TEEL-3 (25 minutos)
		TEEL-2 (16900)	10	15	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SSW	2,78	TEEL-3 (69600)	3.5	6	TEEL-3 (42 minutos)
		TEEL-2 (17400)	10	15	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SW	2,42	TEEL-3 (78900)	3	7	TEEL-3 (36 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	18	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.1	No
WSW	2,33	TEEL-3 (64600)	3	7	TEEL-3 (37 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	18	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.2	No
W	2,75	TEEL-3 (82500)	3.5	7	TEEL-3 (34 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	14	TEEL-2 (52 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No

Anexo 6a: Continuación

Temperatura(°C)		21.2	Diciembre		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		79			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (m)	Ancho (m)	Afectación de locales interiores
N	3,47	TEEL-3 (138000)	4.3	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (16700)	10	14	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No
NNE	4,08	TEEL-3 (152000)	4.5	5	TEEL-3 (18 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	12	TEEL-2 (51 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	TEEL-3 (138000)	4.5	5	TEEL-3 (19 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	12	TEEL-2 (49 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (17 minutos)
		TEEL-2 (17700)	10	11	TEEL-2 (46 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	11.2	No
E	4,28	TEEL-3 (156000)	5	5	TEEL-3 (17 minutos)
		TEEL-2 (17400)	10	12	TEEL-2 (47 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	12.2	No
S	2,94	TEEL-3 (71100)	3.5	6	TEEL-3 (41 minutos)
		TEEL-2 (17300)	10	15	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SSW	2,78	TEEL-3 (82600)	3.5	6	TEEL-3 (34 minutos)
		TEEL-2 (16700)	10	15	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	15.2	No
SW	2,42	TEEL-3 (101000)	3	7	TEEL-3 (27 minutos)
		TEEL-2 (17100)	10	18	TEEL-2 (53 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.1	No
WSW	2,33	TEEL-3 (77800)	3	7	TEEL-3 (39 minutos)
		TEEL-2 (16800)	10	18	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	18.2	No
W	2,75	TEEL-3 (104000)	3.5	7	TEEL-3 (27 minutos)
		TEEL-2 (17000)	10	14	TEEL-2 (54 minutos)
		TEEL-1 (-)	10	14.2	No

Anexo 6b: Resumen del comportamiento de las áreas de riesgos generadas por la explosión de una nube de vapor en los diferentes meses del año

Temperatura(°C)		20.6	Enero		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		78			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.1	No
		LOC-1 (2.71)	7.1	8.2	No
NNE	4,08	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.1	2.1	No
		LOC-1 (2.57)	7.2	8.2	No
NE	4,17	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.6)	7.2	8.2	No
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1	No
		LOC-1 (2.46)	7.2	8.2	No
E	4,28	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.59)	7.2	8.2	No
S	2,94	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.4	No
		LOC-1 (1.52)	7	8.2	No
SSW	2,78	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.7	2.4	No
		LOC-1 (1.54)	6.8	8.2	No
SW	2,42	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.2	2.4	No
		LOC-1 (1.67)	6.4	8.2	No
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4	No
		LOC-1 (1.82)	6.3	8.2	No
W	2,75	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.5	2.4	No
		LOC-1 (1.67)	6.5	8.2	No

Anexo 6b: Continuación

Temperatura(°C)		20.5	Febrero		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		75			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.1	No
		LOC-1 (2.76)	7.1	8.2	No
NNE	4,08	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.1	2.1	No
		LOC-1 (2.51)	7.2	8.2	No
NE	4,17	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.5)	7.2	8.2	No
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1	No
		LOC-1 (2.66)	7.2	8.2	No
E	4,28	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.53)	7.2	8.2	No
S	2,94	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.4	No
		LOC-1 (2.51)	7	8.2	No
SSW	2,78	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.7	2.4	No
		LOC-1 (2.54)	6.8	8.2	No
SW	2,42	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.2	2.4	No
		LOC-1 (2.92)	6.4	8.2	No
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4	No
		LOC-1 (2.53)	6.3	8.2	No
W	2,75	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.5	2.4	No
		LOC-1 (2.72)	6.5	8.2	No

Anexo 6b: Continuación

Temperatura(°C)		22.5	Marzo		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		74			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.1	No
		LOC-1 (3.03)	7.1	8.2	No
NNE	4,08	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.1	2.1	No
		LOC-1 (2.98)	7.2	8.2	No
NE	4,17	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.94)	7.2	8.2	No
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1	No
		LOC-1 (2.72)	7.2	8.2	No
E	4,28	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.78)	7.2	8.2	No
S	2,94	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.4	No
		LOC-1 (2.57)	7	8.2	No
SSW	2,78	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.7	2.4	No
		LOC-1 (2.61)	6.8	8.2	No
SW	2,42	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.2	2.4	No
		LOC-1 (2.84)	6.4	8.2	No
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4	No
		LOC-1 (2.72)	6.3	8.2	No
W	2,75	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.5	2.4	No
		LOC-1 (2.75)	6.5	8.2	No

Anexo 6b: Continuación

Temperatura(°C)		24.2	Abril		
Nubosidad		3			
Humedad (%)		73			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.1	No
		LOC-1 (2.75)	7.1	8.2	No
NNE	4,08	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.1	2.1	No
		LOC-1 (2.95)	7.2	8.2	No
NE	4,17	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.89)	7.2	8.2	No
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1	No
		LOC-1 (3.01)	7.2	8.2	No
E	4,28	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (3)	7.2	8.2	No
S	2,94	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.4	No
		LOC-1 (2.7)	7	8.2	No
SSW	2,78	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.7	2.4	No
		LOC-1 (2.71)	6.8	8.2	No
SW	2,42	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.2	2.4	No
		LOC-1 (2.8)	6.4	8.2	No
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4	No
		LOC-1 (2.83)	6.3	8.2	No
W	2,75	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.5	2.4	No
		LOC-1 (2.75)	6.5	8.2	No

Anexo 6b: Continuación

Temperatura(°C)		25.4	Mayo		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		78			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.1	No
		LOC-1 (2.7)	7.1	8.2	No
NNE	4,08	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.1	2.1	No
		LOC-1 (3.22)	7.2	8.2	No
NE	4,17	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.89)	7.2	8.2	No
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1	No
		LOC-1 (2.82)	7.2	8.2	No
E	4,28	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.92)	7.2	8.2	No
S	2,94	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.4	No
		LOC-1 (2.7)	7	8.2	No
SSW	2,78	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.7	2.4	No
		LOC-1 (2.89)	6.8	8.2	No
SW	2,42	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.2	2.4	No
		LOC-1 (2.72)	6.4	8.2	No
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4	No
		LOC-1 (2.98)	6.3	8.2	No
W	2,75	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.5	2.4	No
		LOC-1 (2.95)	6.5	8.2	No

Anexo 6b: Continuación

Temperatura(°C)		25.7	Junio		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		83			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.1	No
		LOC-1 (2.83)	7.1	8.2	No
NNE	4,08	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.1	2.1	No
		LOC-1 (2.96)	7.2	8.2	No
NE	4,17	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.81)	7.2	8.2	No
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1	No
		LOC-1 (3.22)	7.2	8.2	No
E	4,28	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.97)	7.2	8.2	No
S	2,94	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.4	No
		LOC-1 (2.84)	7	8.2	No
SSW	2,78	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.7	2.4	No
		LOC-1 (2.82)	6.8	8.2	No
SW	2,42	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.2	2.4	No
		LOC-1 (2.72)	6.4	8.2	No
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4	No
		LOC-1 (2.94)	6.3	8.2	No
W	2,75	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.5	2.4	No
		LOC-1 (2.75)	6.5	8.2	No

Anexo 6b: Continuación

Temperatura(°C)		26.3	Julio		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		81			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.1	No
		LOC-1 (2.85)	7.1	8.2	No
NNE	4,08	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.1	2.1	No
		LOC-1 (2.76)	7.2	8.2	No
NE	4,17	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.82)	7.2	8.2	No
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1	No
		LOC-1 (2.92)	7.2	8.2	No
E	4,28	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (3.19)	7.2	8.2	No
S	2,94	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.4	No
		LOC-1 (2.7)	7	8.2	No
SSW	2,78	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.7	2.4	No
		LOC-1 (2.85)	6.8	8.2	No
SW	2,42	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.2	2.4	No
		LOC-1 (2.86)	6.4	8.2	No
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4	No
		LOC-1 (2.94)	6.3	8.2	No
W	2,75	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.5	2.4	No
		LOC-1 (2.71)	6.5	8.2	No

Anexo 6b: Continuación

Temperatura(°C)		26.1	Agosto		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		82			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.1	No
		LOC-1 (2.87)	7.1	8.2	No
NNE	4,08	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.1	2.1	No
		LOC-1 (2.67)	7.2	8.2	No
NE	4,17	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.82)	7.2	8.2	No
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1	No
		LOC-1 (2.65)	7.2	8.2	No
E	4,28	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.54)	7.2	8.2	No
S	2,94	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.4	No
		LOC-1 (2.63)	7	8.2	No
SSW	2,78	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.7	2.4	No
		LOC-1 (2.86)	6.8	8.2	No
SW	2,42	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.2	2.4	No
		LOC-1 (2.72)	6.4	8.2	No
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4	No
		LOC-1 (2.83)	6.3	8.2	No
W	2,75	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.5	2.4	No
		LOC-1 (2.71)	6.5	8.2	No

Anexo 6b: Continuación

Temperatura(°C)		25.5	Septiembre		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		84			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.1	No
		LOC-1 (2.86)	7.1	8.2	No
NNE	4,08	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.1	2.1	No
		LOC-1 (2.76)	7.2	8.2	No
NE	4,17	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.89)	7.2	8.2	No
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1	No
		LOC-1 (3)	7.2	8.2	No
E	4,28	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (3.05)	7.2	8.2	No
S	2,94	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.4	No
		LOC-1 (2.77)	7	8.2	No
SSW	2,78	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.7	2.4	No
		LOC-1 (2.69)	6.8	8.2	No
SW	2,42	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.2	2.4	No
		LOC-1 (2.71)	6.4	8.2	No
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4	No
		LOC-1 (2.61)	6.3	8.2	No
W	2,75	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.5	2.4	No
		LOC-1 (2.7)	6.5	8.2	No

Anexo 6b: Continuación

Temperatura(°C)		24.6	Octubre		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		84			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.1	No
		LOC-1 (3)	7.1	8.2	No
NNE	4,08	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.1	2.1	No
		LOC-1 (2.72)	7.2	8.2	No
NE	4,17	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.64)	7.2	8.2	No
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1	No
		LOC-1 (2.82)	7.2	8.2	No
E	4,28	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.77)	7.2	8.2	No
S	2,94	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.4	No
		LOC-1 (2.6)	7	8.2	No
SSW	2,78	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.7	2.4	No
		LOC-1 (2.78)	6.8	8.2	No
SW	2,42	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.2	2.4	No
		LOC-1 (2.69)	6.4	8.2	No
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4	No
		LOC-1 (2.71)	6.3	8.2	No
W	2,75	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.5	2.4	No
		LOC-1 (2.61)	6.5	8.2	No

Anexo 6b: Continuación

Temperatura(°C)		22.7	Noviembre		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		81			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.1	No
		LOC-1 (2.86)	7.1	8.2	No
NNE	4,08	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.1	2.1	No
		LOC-1 (3.08)	7.2	8.2	No
NE	4,17	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (3.02)	7.2	8.2	No
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1	No
		LOC-1 (2.95)	7.2	8.2	No
E	4,28	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.92)	7.2	8.2	No
S	2,94	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.4	No
		LOC-1 (2.59)	7	8.2	No
SSW	2,78	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.7	2.4	No
		LOC-1 (2.5)	6.8	8.2	No
SW	2,42	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.2	2.4	No
		LOC-1 (2.83)	6.4	8.2	No
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4	No
		LOC-1 (2.82)	6.3	8.2	No
W	2,75	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.5	2.4	No
		LOC-1 (2.71)	6.5	8.2	No

Anexo 6b: Continuación

Temperatura(°C)		21.2	Diciembre		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		79			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Sobrepresión (psi)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.1	No
		LOC-1 (2.63)	7.1	8.2	No
NNE	4,08	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.1	2.1	No
		LOC-1 (2.75)	7.2	8.2	No
NE	4,17	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (2.83)	7.2	8.2	No
ENE	4,69	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.4	2.1	No
		LOC-1 (2.95)	7.2	8.2	No
E	4,28	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	5.2	2.1	No
		LOC-1 (3.06)	7.2	8.2	No
S	2,94	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.8	2.4	No
		LOC-1 (2.48)	7	8.2	No
SSW	2,78	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.7	2.4	No
		LOC-1 (2.57)	6.8	8.2	No
SW	2,42	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.2	2.4	No
		LOC-1 (2.7)	6.4	8.2	No
WSW	2,33	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.1	2.4	No
		LOC-1 (2.83)	6.3	8.2	No
W	2,75	LOC-3 (-)	-	-	
		LOC-2 (6.33)	4.5	2.4	No
		LOC-1 (2.75)	6.5	8.2	No

Anexo 6c: Resumen del comportamiento de la nube inflamable de vapor en los diferentes meses del año

Temperatura(°C)		20.6	Enero		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		78			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LEL-3 (154000)	10	12	LEL-3 (8 minutos)
		LEL-1 (-)	10	14.8	No
NNE	4,08	LEL -3 (138000)	9.4	10	LEL-3 (7 minutos)
		LEL -1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	LEL-3 (120000)	9.4	9.8	LEL-3 (10 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	LEL-3 (127000)	9.1	8	LEL-3 (9 minutos)
		LEL-1 (-)	10	11.8	No
E	4,28	LEL-3 (106000)	9.3	9.6	LEL-3 (13 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	LEL-3 (84100)	10	14.2	LEL-3 (18 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	LEL-3 (69500)	10	15	LEL-3 (20 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.6	No
SW	2,42	LEL-3 (57000)	10	16.6	LEL-3 (26 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
WSW	2,33	LEL-3 (64500)	9.5	16	LEL-3 (22 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
W	2,75	LEL-3 (69200)	10	14.6	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	17	No

Anexo 6c: Continuación

Temperatura(°C)		20.5	Febrero		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		75			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LEL-3 (117000)	9.8	12	LEL-3 (12 minutos)
		LEL-1 (-)	10	14.8	No
NNE	4,08	LEL -3 (105000)	9.4	10	LEL-3 (14 minutos)
		LEL -1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	LEL-3 (105000)	9.4	9.8	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	LEL-3 (140000)	9	8	LEL-3 (7minutos)
		LEL-1 (-)	10	10.8	No
E	4,28	LEL-3 (121000)	9.3	9.6	LEL-3 (11 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	LEL-3 (84100)	10	14.2	LEL-3 (18 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	LEL-3 (82600)	10	15	LEL-3 (19 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.6	No
SW	2,42	LEL-3 (78800)	10	16.6	LEL-3 (20 minutos)
		LEL-1 (-)	10	19.5	No
WSW	2,33	LEL-3 (64500)	9.5	16.2	LEL-3 (22 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
W	2,75	LEL-3 (82300)	10	14.6	LEL-3 (19 minutos)
		LEL-1 (-)	10	17	No

Anexo 6c: Continuación

Temperatura(°C)		22.5	Marzo		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		74			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LEL-3 (117000)	10	12	LEL-3 (12 minutos)
		LEL-1 (-)	10	14.8	No
NNE	4,08	LEL -3 (138000)	9.4	10	LEL-3 (7 minutos)
		LEL -1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	LEL-3 (94000)	9.4	9.8	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	LEL-3 (140000)	9	8	LEL-3 (9 minutos)
		LEL-1 (-)	10	10.8	No
E	4,28	LEL-3 (106000)	9.3	9.8	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	LEL-3 (62300)	10	14.2	LEL-3 (22 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	LEL-3 (104000)	10	15	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.6	No
SW	2,42	LEL-3 (78900)	10	16.6	LEL-3 (19 minutos)
		LEL-1 (-)	10	19.5	No
WSW	2,33	LEL-3 (49700)	9.5	16.2	LEL-3 (31 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
W	2,75	LEL-3 (69200)	10	14.6	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	17	No

Anexo 6c: Continuación

Temperatura(°C)		24.2	Abril		
Nubosidad		3			
Humedad (%)		73			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LEL-3 (117000)	10	12	LEL-3 (12 minutos)
		LEL-1 (-)	10	14.8	No
NNE	4,08	LEL -3 (152000)	9.4	10	LEL-3 (7 minutos)
		LEL -1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	LEL-3 (105000)	9.4	9.8	LEL-3 (13 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	LEL-3 (140000)	9	8	LEL-3 (9 minutos)
		LEL-1 (-)	10	10.8	No
E	4,28	LEL-3 (138000)	9.3	9.8	LEL-3 (9 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	LEL-3 (84300)	10	14.2	LEL-3 (18 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	LEL-3 (69600)	10	15	LEL-3 (20 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.6	No
SW	2,42	LEL-3 (65700)	10	16.6	LEL-3 (22 minutos)
		LEL-1 (-)	10	19.5	No
WSW	2,33	LEL-3 (101000)	9.5	16.2	LEL-3 (16 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
W	2,75	LEL-3 (82400)	10	14.6	LEL-3 (19 minutos)
		LEL-1 (-)	10	17	No

Anexo 6c: Continuación

Temperatura(°C)		25.4	Mayo		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		78			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LEL-3 (118000)	10	12	LEL-3 (12 minutos)
		LEL-1 (-)	10	14.8	No
NNE	4,08	LEL -3 (120000)	9.4	10	LEL-3 (11 minutos)
		LEL -1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	LEL-3 (138000)	9.4	9.8	LEL-3 (9 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	LEL-3 (140000)	9	8	LEL-3 (8 minutos)
		LEL-1 (-)	10	10.8	No
E	4,28	LEL-3 (121000)	9.3	9.8	LEL-3 (10 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	LEL-3 (71200)	10	14.2	LEL-3 (22 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	LEL-3 (69600)	10	15	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.6	No
SW	2,42	LEL-3 (65700)	10	16.6	LEL-3 (22 minutos)
		LEL-1 (-)	10	19.5	No
WSW	2,33	LEL-3 (64600)	9.5	16.2	LEL-3 (23 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
W	2,75	LEL-3 (60500)	10	14.6	LEL-3 (23 minutos)
		LEL-1 (-)	10	17	No

Anexo 6c: Continuación

Temperatura(°C)		25.7	Junio		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		83			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LEL-3 (99300)	9.6	12	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	14.8	No
NNE	4,08	LEL -3 (151000)	9.4	9.8	LEL-3 (7 minutos)
		LEL -1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	LEL-3 (93000)	9.4	9.8	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	LEL-3 (156000)	9	8	LEL-3 (6 minutos)
		LEL-1 (-)	10	10.8	No
E	4,28	LEL-3 (93800)	9.3	9.8	LEL-3 (13 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	LEL-3 (61700)	10	14.2	LEL-3 (23 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	LEL-3 (69600)	10	15	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.6	No
SW	2,42	LEL-3 (79000)	10	16.6	LEL-3 (19 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
WSW	2,33	LEL-3 (79900)	9.5	16.2	LEL-3 (20 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
W	2,75	LEL-3 (69300)	10	14.6	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	17	No

Anexo 6c: Continuación

Temperatura(°C)		26.3	Julio		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		74			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LEL-3 (159000)	10	12	LEL-3 (9 minutos)
		LEL-1 (-)	10	14.8	No
NNE	4,08	LEL -3 (120000)	9.4	10	LEL-3 (11 minutos)
		LEL -1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	LEL-3 (121000)	9.4	9.8	LEL-3 (12 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	LEL-3 (128000)	9	8	LEL-3 (9 minutos)
		LEL-1 (-)	10	10.8	No
E	4,28	LEL-3 (94900)	9.3	9.8	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	LEL-3 (62400)	10	14.2	LEL-3 (23 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	LEL-3 (69600)	10	15	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.6	No
SW	2,42	LEL-3 (79000)	10	16.6	LEL-3 (19 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
WSW	2,33	LEL-3 (64600)	9.5	16.2	LEL-3 (22 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
W	2,75	LEL-3 (69300)	10	14.6	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	17	No

Anexo 6c: Continuación

Temperatura(°C)		26.1	Agosto		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		74			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LEL-3 (88700)	10	12	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	14.8	No
NNE	4,08	LEL -3 (93400)	9.4	10	LEL-3 (13 minutos)
		LEL -1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	LEL-3 (138000)	9.4	9.8	LEL-3 (8 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	LEL-3 (128000)	9	8	LEL-3 (9 minutos)
		LEL-1 (-)	10	10.8	No
E	4,28	LEL-3 (121000)	9.3	9.8	LEL-3 (11 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	LEL-3 (62400)	10	14.2	LEL-3 (22 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	LEL-3 (69600)	10	15	LEL-3 (20 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.6	No
SW	2,42	LEL-3 (102000)	10	16.6	LEL-3 (12 minutos)
		LEL-1 (-)	10	19.5	No
WSW	2,33	LEL-3 (56000)	9.6	16.2	LEL-3 (26 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
W	2,75	LEL-3 (60500)	10	14.6	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	17	No

Anexo 6c: Continuación

Temperatura(°C)		25.5	Septiembre		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		84			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LEL-3 (118000)	10	12	LEL-3 (10 minutos)
		LEL-1 (-)	10	14.8	No
NNE	4,08	LEL -3 (120000)	9.4	10	LEL-3 (9 minutos)
		LEL -1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	LEL-3 (94000)	9.4	9.8	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	LEL-3 (155000)	9	8	LEL-3 (7 minutos)
		LEL-1 (-)	10	10.8	No
E	4,28	LEL-3 (121000)	9.3	9.8	LEL-3 (9 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	LEL-3 (71700)	10	14.2	LEL-3 (20 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	LEL-3 (83600)	9.8	15	LEL-3 (18 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.6	No
SW	2,42	LEL-3 (79400)	9.3	16.6	LEL-3 (19 minutos)
		LEL-1 (-)	10	19.5	No
WSW	2,33	LEL-3 (65000)	9.3	16.2	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
W	2,75	LEL-3 (83000)	9.9	14.6	LEL-3 (18 minutos)
		LEL-1 (-)	10	17	No

Anexo 6c: Continuación

Temperatura(°C)		24.6	Octubre		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		84			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LEL-3 (118000)	10	12	LEL-3 (12 minutos)
		LEL-1 (-)	10	14.8	No
NNE	4,08	LEL -3 (105000)	9.4	10	LEL-3 (13 minutos)
		LEL -1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	LEL-3 (85400)	9.4	9.8	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	LEL-3 (150000)	9	8	LEL-3 (9 minutos)
		LEL-1 (-)	10	10.8	No
E	4,28	LEL-3 (121000)	9.3	9.8	LEL-3 (11 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	LEL-3 (71200)	10	14.2	LEL-3 (20 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	LEL-3 (69600)	10	15	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.6	No
SW	2,42	LEL-3 (51700)	10	16.6	LEL-3 (31 minutos)
		LEL-1 (-)	10	19.5	No
WSW	2,33	LEL-3 (49700)	9.5	16.2	LEL-3 (32 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
W	2,75	LEL-3 (69300)	10	14.6	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	17	No

Anexo 6c: Continuación

Temperatura(°C)		22.7	Noviembre		
Nubosidad		5			
Humedad (%)		81			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LEL-3 (79700)	10	12	LEL-3 (19 minutos)
		LEL-1 (-)	10	14.8	No
NNE	4,08	LEL -3 (120000)	9.4	10	LEL-3 (11 minutos)
		LEL -1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	LEL-3 (138000)	9.4	9.8	LEL-3 (8 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	LEL-3 (150000)	9	8	LEL-3 (7 minutos)
		LEL-1 (-)	10	10.8	No
E	4,28	LEL-3 (106000)	9.3	9.8	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	LEL-3 (56100)	10	14.2	LEL-3 (27 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	LEL-3 (83200)	9.9	15	LEL-3 (18 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.6	No
SW	2,42	LEL-3 (66000)	9.3	16.6	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	19.5	No
WSW	2,33	LEL-3 (56300)	9.3	16.2	LEL-3 (26 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
W	2,75	LEL-3 (54300)	9.8	14.6	LEL-3 (27 minutos)
		LEL-1 (-)	10	17	No

Anexo 6c: Continuación

Temperatura(°C)		21.2	Diciembre		
Nubosidad		4			
Humedad (%)		74			
Dirección del Viento	Vel Media del Viento (m/s)	Conc (ppm)	Largo (km)	Ancho (km)	Afectación de locales interiores
N	3,47	LEL-3 (117000)	10	12	LEL-3 (12 minutos)
		LEL-1 (-)	10	14.8	No
NNE	4,08	LEL -3 (93300)	9.4	10	LEL-3 (17 minutos)
		LEL -1 (-)	10	12.2	No
NE	4,17	LEL-3 (105000)	9.4	9.8	LEL-3 (15 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12.2	No
ENE	4,69	LEL-3 (140000)	9	8	LEL-3 (9 minutos)
		LEL-1 (-)	10	10.8	No
E	4,28	LEL-3 (121000)	9.3	9.8	LEL-3 (11 minutos)
		LEL-1 (-)	10	12	No
S	2,94	LEL-3 (71100)	10	14.2	LEL-3 (20 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.2	No
SSW	2,78	LEL-3 (104000)	10	15	LEL-3 (14 minutos)
		LEL-1 (-)	10	16.6	No
SW	2,42	LEL-3 (65600)	10	16.6	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	19.5	No
WSW	2,33	LEL-3 (64500)	9.5	16.2	LEL-3 (22 minutos)
		LEL-1 (-)	10	20	No
W	2,75	LEL-3 (69200)	10	14.6	LEL-3 (21 minutos)
		LEL-1 (-)	10	17	No