UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CARRERA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO.

TEMA:

"CÁLCULO DE RIESGO DE EXPLOSIÓN POR GLP USANDO EL MÉTODO DE DISPERSIÓN GAUSSIANA EN EL HOSPITAL IESS DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR."

AUTORES:

MARINA ELIDA TOAINGA YANSAGUANO

ERIKA VANESSA VALENCIA APUNTES

TUTOR:

ING. MSc. PAÚL SANCHEZ FRANCO

GUARANDA - ECUADOR

2020 -2021

I. DEDICATORIA

Con mucho cariño para mis padres Francisco Toainga y María Inés Yansaguano les doy gracias por el apoyo incondicional que día a día depositaron en mí, lo cual me ayudó a luchar y vencer todos los obstáculos del camino para alcanzar mi meta.

Marina Toainga

Este trabajo lo dedico a Dios por haberme guiado, y haber puesto en mi vida a las mejores personas, mis padres quienes han sido los pilares fundamentales, han sabido forjar mi camino hasta formarme como una persona de bien, mis hermanos menores son mi inspiración para seguir adelante y a mi hermano mayor quien ha estado al pie de la lucha, en mi días buenos y malos, alentándome para seguir adelante.

Erika Valencia

II. AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarnos salud, vida, amor y sabiduría.

A la Universidad Estatal de Bolívar por abrirnos las puertas de la facultad Ciencias de la Salud y del Ser Humano, en especial a la Carrera de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo en donde fue nuestro centro de formación académica,

A nuestros estimados docentes quienes nos impartieron sus conocimientos,

A nuestro tutor el Ing. Paul Sánchez quien nos brindó su apoyo y supo guiarnos.

A nuestros padres quienes nos brindaron su apoyo para luchar, superar las adversidades y alcanzar nuestras metas.

Marina Toainga y Erika Valencia

III. TÍTULO

"CÁLCULO DE RIESGO DE EXPLOSIÓN POR GLP USANDO EL MÉTODO DE DISPERSIÓN GAUSSIANA EN EL HOSPITAL IESS DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR."

IV. ÍNDICE

I. DEDICATORIA.....i
II. AGRADECIMIENTO.....ii
III. TÍTULO..... iii
IV. ÍNDICE iv
V. CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO EMITIDO POR EL TUTOR (A).....ix
VII. INTRODUCCIÓN.....xii
CAPÍTULO 1 14
EL PROBLEMA.....14
1.1. Planteamiento del problema 14
1.2. Formulación del problema.....14
CAPÍTULO 2 18
MARCO TÉORICO 18
2.1. Antecedentes investigativos 18
2.2. Bases Teóricas.....19
2.2.2. Explosión.....24
2.2.3. Vulnerabilidad.....28
2.2.4. Gas Licuado de Petróleo - GLP.....31
2.2.5. Sistema de Gestión de Riesgos.....38
2.3. Marco Legal 39
CAPÍTULO 3 48
MARCO METODOLÓGICO 48
3.1. Nivel de Investigación.....48
3.2. Diseño.....48
3.3. Población.....49
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos 50
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 50
CAPÍTULO 4 52

RESULTADOS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....52
4.1 Resultados según el objetivo 1 52
4.2 Resultados según el objetivo 2 59
4.3. Resultados según el objetivo 3 61
CAPÍTULO 5 72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 72
5.1. Conclusiones 72
5.2. Recomendaciones.....74
6. BIBLIOGRAFÍA.....75
ANEXOS 81

CUADROS

Tabla N° 1: Categorías de estabilidad Pasquil- Gifford 21
Tabla N° 2: Valores de rugosidad utilizadas en el modelo de dispersión. 22
Tabla N° 3: Distancia mínima desde el área útil de alamcenamineto de GLP a zonas externas a la planta (m)…….. 34
Tabla N° 4: Distancias mínimas desde el área útil de almacenamiento de GLP a otras áreas de la planta (m)……. 35
Tabla N°5: Distancias mínimas del área de almacenamiento de GLP a tanques de oxígeno o hidrógeno (m)……... 35
Tabla N° 6. Reserva mínima de agua para incendios 36
Tabla N° 7. Operacionalización de la Variable Independiente 46
Tabla N° 8. Operacionalización de la Variable Dependiente 47
Tabla N° 9: Distribución del personal del establecimiento 49
Tabla N° 10: Descripción del tanque de GLP 53
Talabla N° 11: Especificaciones para los tanques 54
Tabla N° 12: Especificaciones de conexiones y accesorios del tanque de almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo. …….. 55
Tabla N° 13: Nivel de Riesgo según la severidad de las consecuencias 57
Tabla N° 14: Cuadro de afectación a la Salud 57
Tabla N° 15: Cuadro de afectación al ambiente 57
Tabla N° 16: Cuadro de afectación a la propiedad 58
Tabla N° 17: Escalas para establecer los niveles de vulnerabilidad 59
Tabla N° 18: Grupo de involucrados 60
Tabla N° 19: Matriz de Identificación del nivel de vulnerabilidad del personal, pacientes y población flotante 60

GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Mapa de ubicación del GLP.....52
Gráfico N° 2: Tanque de almacenamiento G.L.P. Horizontal.....54
Grafica N° 3: Grado de toxicidad por fuga del GLP 63
Grafica N° 4: Área Geográfica de afectación por toxicidad.....64
Grafica N° 5: Nube de Vapor 65
Grafica N° 6: Área de afectación por explosión del tanque del GLP.....67
Grafica N° 7: Represantación gráfica de la fuerza de explosión del tanque de GLP 68
Grafica N°8: Representación Geográfica de la fuerza de explosión del tanque de GLP 69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1: Ficha de observación del almacenamiento de GLP en el Hospital Básico Guaranda IESS 82
Anexo N° 2: Modelo de entrevista 83
Anexo N° 3: Evidencia fotográfica 84

V. CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO EMITIDO POR EL TUTOR (A)

El suscrito, Ing. Paúl Sánchez Franco

CERTIFICO

Que el trabajo de investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Administración para Desastres y Gestión de Riesgo, con el tema:

CÁLCULO DE RIESGO DE EXPLOSIÓN POR GLP USANDO EL MÉTODO DE DISPERSIÓN EN EL HOSPITAL IESS DEL CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.

Elaborado por Toainga Yansaguano Marina Elida y Valencia Apuntes Erika Vanessa, han cumplido con los requisitos académicos y legales, por lo que me permito autorizar su presentación.

Ing. MsC. Paúl Sánchez Franco
Director

VI. RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación realizado en el Hospital Básico IESS Guaranda, se enfoca en determinar el cálculo de Riesgo de explosión de Gas Licuado de Petróleo utilizando el método de dispersión, se analizó las características de almacenamiento del GLP, para valorar la ubicación actual y su posible incidencia a la vida, ambiente y propiedad.

Para identificar el nivel de vulnerabilidad se realizó la obtención de datos cualitativos y cuantitativos, mediante la información remitida por la institución y la observación directa realizada en el lugar de estudio.

Para realizar el área de limitación por la afectación de Explosión de GLP se manejó el software ALOHA donde se analizó la distancia de afectación producida por la fuga de la sustancia, estudiando la toxicidad, y sus consecuencias en caso de no alejarse del lugar en un tiempo limitado. También se examinó el área de inflamabilidad y explosión categorizándola por zonas, siendo la roja con afección directa, la naranja con consecuencias no tan severas y la amarilla menos expuesta, no ocurren daños mayores.

Palabras clave: Riesgo de explosión, método de dispersión gaussiana, nivel de vulnerabilidad, zonas de riesgo, almacenamiento de GLP.

SUMMARY

This research work carried out at the Basic Hospital IESS Guaranda, focuses on determining the calculation of risk of explosion of Liquefied Petroleum Gas using the dispersion method, analyzed the storage characteristics of LPG, to assess the current location and its possible impact on life, environment and property.

Qualitative and quantitative data were carried out to identify the level of vulnerability, using the information submitted by the institution and the direct observation carried out at the study site.

To carry out the area of limitation by the affectation of LPG Explosion was handled the ALOHA software where the distance of affectation caused by the leakage of the substance was analyzed, studying the toxicity, and its consequences in case of not moving away from the place in a limited time, it was also examined the area of flammability and explosion categorizing it by zones , being red with direct condition, orange with not-so-severe consequences and less exposed yellow, no major damage occurs.

Keywords: Risk of explosion, Gaussian dispersion method, vulnerability level, risk zones, LPG storage.

VII. INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos ha aumentado el consumo de GLP por parte de la población ecuatoriana a partir de la década de los ochenta inicialmente se propago como combustible doméstico y al pasar el tiempo como combustible industrial, agrícola y en los últimos años como combustible automotor.

El gas licuado de petróleo, es un combustible que proporciona energía a equipos y maquinarias para su funcionamiento. El manejo y utilización del GLP genera riesgos hacia el personal laboral, pacientes y población flotante que transitan en el área de emergencia del Hospital IEES, el riesgo de explosión no puede ser eliminado, pero si mitigado, si se lo opera de forma técnica.

EL cálculo del riesgo evalúa la probabilidad y las consecuencias en caso de ocurrir un incidente en particular. El proceso consiste en evaluar la vulnerabilidad ante la posible explosión de GLP en el área de emergencia. (Rodriguez, 2015)

Utilizamos el modelo de dispersión gaussina para describir el proceso por el que una nube de gas tóxica o inflamable se transporta o difunde en la atmósfera, diluyéndose por la entrada de aire dentro de la nube y alejándose de la fuente de emisión. La dispersión incluye el desplazamiento de la masa en la dirección del viento y su expansión en sentido transversal (horizontal y vertical) al viento. (Izcapa, 2015)

También se utilizó el software ALOHA, nos permite modelar escenarios de riesgos químicos reales o potenciales, tiene la capacidad de generar estimaciones de zona amenaza para diversos tipos de peligros, puede modelar nubes tóxicas de gas, nubes de gas inflamable, BLEVE (Boiling Liquid Ampliación de explosiones de vapor), incendios, jet fires, pool fires. (Hernández, 2016)

A través de la observación realizada se identificó como problema principal la necesidad de Calcular el Riesgo de explosión por GLP usando el método de dispersión en el Hospital IESS del Cantón Guaranda, Provincia Bolívar.

Debido al riesgo identificado se procedió a obtener la ubicación actual del GLP y la incidencia que puede producir a las personas y estructuras del hospital y las viviendas cercanas.

Para identificar los niveles de vulnerabilidad se realizó entrevista, observación de campo y la observación directa, se desarrolla la matriz de vulnerabilidad, identificando a la población con mayor afectación.

Para obtener el área de limitación se realizó proyecciones gráficas y modelamiento a través del simulador ALOHA, se ha indicado cual es el área afectada en el Hospital Básico IESS Guaranda y su sector por la explosión por el Gas Licuado Petróleo (GLP).

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El estudio se lleva a cabo en el área urbana de la ciudad de Guaranda específicamente en las instalaciones del Hospital General Básico Guaranda IEES, ubicado en el sector norte, cubre a la población afiliada, jubilados, pensionistas, y población en general.

El riesgo de explosión de GLP constituye un riesgo de desastres potencialmente alto, debido a su errónea ubicación, y poco mantenimiento. La necesidad de utilizar el gas licuado de Petróleo para el funcionamiento de equipos, calentamiento de calefones, y en el área de cocina, hacen que sea imposible eliminar este riesgo, pero si mitigar el posible desastre, a través de medidas como la revisión periódica del tanque para prevenir posibles fugas.

En caso de una liberación accidental de GLP puede causar una explosión poniendo en riesgo la vida del personal laboral, pacientes, población flotante, y de la ciudadela, trayendo consigo perdidas en la estructura de la institución que estamos analizando, como en las edificaciones aledañas. Por este motivo es importante calcular el riesgo de explosión de GLP para determinar qué áreas van a ser más afectadas, y que acciones se deben tomar para reducir el riesgo de desastre.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el riesgo de explosión por GLP en el Hospital IESS del Cantón Guaranda de la Provincia Bolívar?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Calcular el Riesgo de explosión por GLP usando el método de dispersión Gaussiana en el Hospital IESS del Cantón Guaranda Año 2020.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Valorar la ubicación actual del GLP y su posible incidencia a la vida, ambiente y propiedad en el Hospital IESS del Cantón Guaranda Año 2020

- Identificar los niveles de vulnerabilidad en el personal, pacientes y población flotante del Hospital IESS del Cantón Guaranda Año 2020.

- Realizar mapa de limitación del área de afectación por explosión (tipo bleve), GLP en el Hospital IESS del Cantón Guaranda Año 2020.

1.4. Justificación de la investigación

El Hospital Básico IESS, está situado en la parroquia Urbana, del cantón Guaranda, geográficamente ubicada a 2 km al Norte del centro de la ciudad de Guaranda, en cumplimiento de la Constitución de la Republica, el Art.32 que establece la salud como derecho para que toda persona disfrute del más alto nivel posible de salud física y mental. (Ponce, 2014)

Es importante realizar el presente proyecto de investigación, para diagnosticar la vulnerabilidad porque para la institución su prioridad es brindar bienestar al personal, pacientes y familiares que se encuentra bajo los cuidados de los profesionales en el área, de la misma manera al realizar el cálculo de riesgo nos permite determinar daños y afectaciones producidas por la explosión del GLP en el Hospital IESS.

Uno de los factores condicionantes a la explosión es la fuga de GLP, la cual consiste en la formación de nubes inflamables que pueden producir un evento peligroso, esto depende de la cantidad de sustancia emitida por la fuga accidental, el área de afectación depende de la distancia de la deflagración.

Este proyecto es necesario implementarse para minimizar el impacto que pueda provocar una situación de emergencia en la institución en caso de producir una explosión del Gas Licuado de Petróleo (GLP), tomando en cuenta que diariamente están expuestos por el agente amenazante, a su vez fomentar la concientización sobre los daños que puede provocar de forma directa a las personas y la infraestructura de la institución ya que son bienes de uso prioritario.

Los beneficiarios directos son las personas que se encuentran laborando, pacientes y población flotante del hospital IESS ya que serán los que mayor afectación tendrán en caso de producir un evento peligroso al saber sobre la identificación del nivel de vulnerabilidad y el área de afectación. De esta manera las autoridades y el personal que conforma la institución deberán tomar en cuenta sobre la importancia de proteger la vida, los bienes y el ambiente.

1.5. Limitaciones

En el proyecto a realizar damos a conocer las limitaciones que se encontró, lo cual pasamos a resolver los inconvenientes encontrado en el mismo:

- Riesgo Biológico por motivo COVID-19
- Pocas fuentes de investigación en base al método a utilizar

CAPÍTULO 2

MARCO TÉORICO

2.1. Antecedentes investigativos

El Hospital IESS Guaranda se creó como dispensario tipo C de salud en 1939, posteriormente y mediante resolución CI 056 de 2000-01-28 clasificados como centro de atención ambulatoria. Con fecha 2005-11-07 el consejo directivo recategoriza el centro a "hospital nivel 1" y partir de junio del 2007 entra en funcionamiento como hospital con los servicios de consulta externa, emergencia 24 horas, hospitalización, quirófano, sala de partos y servicios complementarios. Contando con una sala de hospitalización común con 19 camas, para las cuatro especialidades básicas: cirugía general, gineco – obstetricia, medicina interna y pediatría, además de contar con traumatología, cardiología, endocrinología, urología, oftalmología y gastroenterología (Ponce, 2014).

El Hospital desde su creación ha tratado de responder a la demanda ciudadana en sus expectativas en salud, mismas que con el transcurso de los años se ha visto dificultado en gran parte por factores como:

- Extensión de la cobertura del seguro social a cónyuges e hijos menores de 18 años. Se ha venido incrementando la cantidad de pensionistas, afiliados y cotizantes.
- Infraestructura no concluida.
  La infraestructura del hospital construida fue para 70 camas y hasta el año 2007 estaban habilitadas 19 camas que representa el 27% de lo programado.
- Demanda insatisfecha.
  Las 19 camas de dotación en Hospitalización fueron insuficientes para cubrir la demanda de la población de la provincia Bolívar. Tasa de ocupacion llegó al 100% en Medicina general y al 140% en cirugia.
- Falta de especialistas y equipamiento.
  El no contar con el servicio de cuidados intermedios, unidad de diálisis y especialistas disminuyó el poder resolutivo lo cual conlleva a referencias

permanentes con la consiguiente insatisfaccion de afiliados y familiasres. (Ponce, 2014)

En base a los inconvenientes planteados se realizo un proyecto de ampliacion que detalla a continuacion:

- Ampliacion del área de emergencias.
- Habilitacion del área norte de hospitalización de (19 a 40 camas)
- Remodelación y ampliación de rehabilitación (sala de terapia respiratoria)
- Habilitación servicio de cuidados intermedios con tres camas.
- Implementar el centro de diálisis
- Construcción del área de bodega.
- Habilitación de dietética, alimentación, lavandería y limpieza.
- Reubicación y ampliación del centro quirúrgico. (Ponce, 2014)

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Dispersión

Cuando se libera un líquido o un gas a la atmósfera, como consecuencia de la evaporación de la sustancia al mezclarse con el aire, puede formarse una nube de vapor. Dicha nube puede viajar por efecto del viento y ser diluida al mezclarse con mayores cantidades de aire. De manera eventual la nube de vapor puede extenderse hasta niveles en los cuales no se superen los valores de toxicidad que puedan dañar a las poblaciones. En este caso, son de especial importancia las características de la nube que se forma (longitud, ancho, altura y cobertura) (Alcántara & Gonzalez, 2001)

2.2.1.1. Características de la dispersión de gases

Un aspecto importante a considerar en la dispersión atmosférica es la duración del escape, pueden establecerse dos grandes categorías:

Escapes instantáneos: Suelen definirse como aquellos en los que el tiempo requerido para que la nube llegue a un punto determinado es mayor que el tiempo de fuga del producto. La nube originada es arrastrada por el viento y se dispersa con el tiempo; la forma de la misma es casi esférica. Un escenario común se produce cuando la rotura es muy grande o la masa contenida en el recipiente es pequeña; en este caso, se libera prácticamente todo el inventario muy rápidamente, formándose una nube conocida con el término inglés "puff" que no se halla unida a la fuente del derrame ya que se separa rápidamente de la misma bajo la acción del viento, modificándose su posición y tamaño a lo largo del tiempo.

Escapes continuos: Se consideran continuos aquellos en los que el tiempo de emisión es mayor que el tiempo necesario para que la nube alcance un determinado punto. Se forma una nube de forma alargada (pluma) que alcanza un estado estacionario cuando el gas suministrado al interior de la nube es igual al dispersado en el ambiente. Un escenario para una pérdida continua ocurre cuando el orificio por donde se produce el escape es relativamente pequeño o la masa contenida en el recipiente es muy grande, con lo que el período durante el que se desarrolla el derrame resultará muy extenso. Bajo estas condiciones los gases se dispersarán formando una pluma, cuya máxima extensión se mantendrá durante el tiempo que dure el derrame.

Escape continuo: $x^{\circ} > 1.8 * u_w * t^{\circ}$

Escape discontinuo: $x^{\circ} < 1.8 * u_w * t^{\circ}$

siendo:

u_w= velocidad del viento(m/s).

t°= tiempo de duración de la emisión (s).

x°= distancia dese el punto de emisión (m).

2.2.1.2. Parámetros que afectan a la dispersión

La dispersión es afectada por las condiciones atmosféricas locales, principalmente la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica, así como por la rugosidad del terreno. Para llevar a cabo los estudios de dispersión es necesario tener datos meteorológicos del lugar en el que ésta transcurre.

- **Velocidad del viento**

La influencia del viento se puede apreciar en la clase de estabilidad atmosférica y obviamente es importante a la hora de determinar el comportamiento de la emisión a la atmósfera. La velocidad del viento varía con la altura, existiendo una capa límite cuyo espesor es función de la rugosidad del terreno. En general, se toma como referencia la velocidad del viento a 10 m de altura. Con respecto a líquidos refrigerados y almacenados a presión atmosférica (LPG, GNL, etc.), se ha observado que cuando la velocidad del viento aumenta también se incrementa la distancia alcanzada por la pluma.

- **Estabilidad atmosférica**

La estabilidad es una medida del grado de turbulencia atmosférica. La atmósfera puede ser estable, neutra, o inestable. Sin embargo, para estimar la dispersión, estos niveles de estabilidad se clasifican en seis clases según las categorías de Pasquill-Gifford, de A a F (que se calculan en función de las variables meteorológicas: temperatura, dirección y velocidad de viento y radiación solar.

Tabla N° 1: Categorías de estabilidad Pasquil-Gifford

Clase	**Definición**
A	Muy inestable
B	Inestable
C	Ligeramente inestable
D	Neutra
E	Ligeramente Estable
F	Estable

Fuente: Pasquill & Gifford, 2009

Elaborado por: Marina Toainga y Erika Valencia

2.2.1.3. Rugosidad de la superficie

La rugosidad de la superficie sobre la que tiene lugar la dispersión provoca turbulencias. Dispersión atmosférica desde vertidos de gases licuados denominada "longitud de rugosidad" de la superficie. Técnicamente, la longitud de rugosidad de la superficie es un factor de escala que afecta a los perfiles verticales de velocidad del viento, cuyos valores son establecidos mediante ajuste por mínimos cuadrados de datos de perfiles de velocidad del viento observados previamente. Así por ejemplo para una estabilidad neutra, el perfil de

velocidad del viento puede ser modelado como una función logarítmica de altura, z, con la siguiente expresión (Woodward & Pitblado, 2010)

Tabla N° 2: Valores de rugosidad utilizadas en el modelo de dispersión.

Clasificación del terreno	Descripción	Rugosidad, z (m)
Altamente poblado	Núcleos urbanos con edificios altos, zona muy accidentada montañosa.	3 – 10
Área Urbana	Comunidades, aldeas, con poco desnivel.	1 – 3
Área Residencial	Áreas pobladas, pero con edificios de baja altura, zona arbolada, industrial, sin grandes obstáculos.	1
Grandes Refinerías	Columnas de destilación y otras piezas de gran altura.	1
Pequeñas Refinerías	Equipos pequeños sobre un área menor.	0.5
Áreas cultivadas	Áreas abiertas, casas dispersas	0.3
Terreno	Pocos árboles, hierba de una altura considerable, llanuras.	0.1
Desierto	Desierto, Superficies planas.	0.001
Mar	Mar en calma, nieve que cubre una superficie plana.	0.0001

Fuente: Woodward & Pitblado, 2010

2.2.1.4. Modelos de dispersión

Los modelos de dispersión permiten conocer o en otro caso, se predice una situación de desplazamiento entre gases y partículas que emergen de cualquier fuente de contaminación existente, bien sea de tipo estacionario, de área, volumen, puntual, etc. El mecanismo bajo el cual trabajan, consiste en una serie de datos e informes meteorológicos, cuyas

características cuentan con las principales fuentes de emisión, los tipos de suelos, las áreas en las que se cultiva, la topografía con relación al terreno. (Contaminación Ambiental, 2015)

1) Modelo de dispersión Gaussiano.

Los modelos Gaussianos de dispersión atmosférica emplean la ecuación de distribución gaussiana y son ampliamente usados para estimar el impacto de contaminación no reactivos, ya que tratan de simular el comportamiento en conjunto de las plumas emitidas desde fuentes a una altura de la chimenea determinada. (Buitrago, 2003)

2) Modelo de dispersión DEGADIS

Los modelos como DEGADIS son utilizados ampliamente en el sector público y privado debido a la conveniencia del rápido tiempo de ejecución de cálculo, facilidad de uso y acceso libre. Existen algunos modelos de este tipo, tales como GASTAR, desarrollado por Cambridge Environmental Research Consultants (CERC), que incorporan los efectos del terreno tales como cambios de pendiente o la rugosidad variable de la superficie, incluyendo los obstáculos entre otras características. Según diversos autores, este tipo de modelos son físicamente realistas, computacionalmente baratos y adecuados para su uso en la evaluación del riesgo; son pues una alternativa muy práctica en comparación con otros modelos como pueden ser los de dinámica de fluidos computacional (CFD).

3) Modelo ALOHA

Para realizar el cálculo de riesgo de explosión de GLP hemos utilizado el código de cálculo ALOHA, el mismo que detallamos a continuación.

ALOHA realiza los cálculos de dispersión utilizando una versión simplificada del modelo DEGADIS. Este modelo fue elegido por ser aceptado en forma generalizada y haber sido extensamente probado por sus autores. Los modelos implementados en ALOHA permiten considerar dispersiones originadas en fuentes continuas o instantáneas. Como resultado de la resolución de los modelos implementados se obtiene la distancia máxima a la cual se alcanza determinada concentración de interés. A partir de esta información el programa establece el contorno de la nube formada para la concentración elegida (valor umbral) y predice, en forma gráfica, el perfil de concentración y la dosis para cualquier punto de

coordenadas (x, y) a cierta distancia de la fuente. (Carrari, Aparicio, Bandoni, & Tonelli, 2004)

2.2.2. Explosión

Expansión violenta y rápida de un sistema de energía, y puede tener origen en distintas formas de transformación física o química, acompañada de un cambio de energía potencial y generalmente seguida de una onda expansiva que actúa de forma destructiva sobre el recipiente o estructura que lo contiene. (Escuela profesional de medicina del trabajo - UCM, 2014)

Para que ocurra es necesario:

- Acumulación de un gas
- Estar dentro del rango de inflamabilidad
- Que se produzca una chispa o llama que inflame la mezcla (UCM, 2014)

2.2.2.1. Tipos de Explosión

- **Explosión de polvos**
  Sólidos pulverizados partículas de diámetro < 0.5 mm
- **Expansión explosiva de un líquido en ebullición (BLEVE)**
  Gas licuado a presión
- **Nube de vapor confinada (VCE)**
  Gas o vapores inflamables en un recinto cerrado
- **Nube de vapor no confinada (UVCE)**
  Gas inflamable o de vapores procedentes de un derrame de líquido inflamable. (Izcapa, 2015).

2.2.2.2. Explosión BLEVE

Para que se produzca una explosión BLEVE no es necesaria la existencia de reacciones químicas ni fenómenos de combustión. Podría producirse incluso en calentadores de agua y calderas de vapor. En principio podría originarse en cualquier líquido almacenado en un

recipiente hermético, aunque hay explosiones que pueden confundirse con una BLEVE sin serio. Las BLEVES son exclusivas de los líquidos o gases licuados en determinadas condiciones. Normalmente las BLEVE se originan por un incendio externo que incide sobre la superficie de un recipiente a presión, especialmente por encima del nivel líquido, debilitando su resistencia y acabando en una rotura repentina del mismo, dando lugar a un escape súbito del contenido, que cambia masivamente al estado de vapor, el cual si es inflamable da lugar a la conocida bola de fuego (fireball). Esta última se forma por deflagración (combustión rápida) de la masa de vapor liberada. Debido a que esta circunstancia es el escenario normal, al hablar de explosiones BLEVE's y sus consecuencias, se incluye en sentido amplio a la bola de fuego, aunque debe quedar claro que ésta última sólo ocurre cuando el producto es inflamable. (Bestratén & Turmo, 2019)

2.2.2.3. Condiciones para que se produzca una explosión BLEVE

Para que se origine una explosión BLEVE tienen que concurrir las condiciones siguientes:

1. **Producto en estado líquido sobrecalentado**.

Se entiende como tal cuando su temperatura es superior a la que lo correspondería si se hallara en equilibrio con su presión de vapor. Esta situación de inestabilidad se presenta bajo una exposición del recipiente a un incendio o en recipientes sobrellenados. No toda temperatura de sobrecalentamiento permite la formación de BLEVES. Debe superarse una temperatura límite. En caso de fisura de un depósito, incluso pequeña, y producirse un descenso de la presión para igualarse a la atmosférica, el gas licuado estará ineludiblemente en condiciones de sobrecalentamiento que podría fácilmente llegar a ser muy peligroso. (Bestratén & Turmo, 2019)

2. **Bajada súbita de la presión (isoentrópica) en el interior del recipiente.**

Tal descenso de presión puede ser debido a causas tales como: desprendimiento del disco de ruptura, pérdida de resistencia del recipiente en un incendio con la consiguiente rotura del mismo, perforación del recipiente por impacto, rotura por sobrellenado e incluso disparo de válvulas de seguridad mal diseñadas. Cuanto mayor sea la caída de presión, mayores serán también los efectos de la BLEVE caso de producirse. El tamaño de la abertura inicial del

depósito es determinante en la celeridad de la bajada de presión y en la zona afectada por la nucleación. En determinadas condiciones de presión y temperatura un líquido sobrecalentado que se ha expuesto a un descenso súbito de presión puede evaporarse de forma extremadamente violenta al cambiar de estado masivamente por un proceso de formación espontánea y generalizada de burbujas de vapor (nucleación) (Bestratén & Turmo, 2019).

2.2.2.4. Incendio

Un incendio se genera por la interacción simultánea de tres elementos: un objeto combustible; la presencia de oxígeno; y el aumento en la temperatura. Cuando alguno de estos tres elementos no está presente o se ve reducido, es en ese momento cuando las llamas comienzan a extinguirse. De esta manera es como se erradican los incendios, atacando a alguno de los agentes, principalmente, los más vulnerables, la temperatura y los niveles de oxígeno. (Blancarte, 2018)

2.2.2.5. Emisión

Emisión, que está condicionada por el contenedor, las características termodinámicas de la sustancia, las condiciones de almacenamiento (temperatura y presión) la posición y dimensiones de la rotura. En función de estos parámetros los fluidos irrumpen el exterior de forma monofásica (totalmente gasificado o prácticamente líquido) o bifásica. La fase líquida se extiende sobre el terreno y se evapora en función de mecanismos térmicos (transmisión de calor desde el suelo y el aire) y másicos (por transferencia desde el charco al aire). (Gonzales, y otros, 2003)

Tipos de emisiones

- Fuga de gases por rotura catastrófica del contenedor.
- Fuga de gases a través de orificios.
- Fuga de gases licuados por rotura catastrófica del contenedor.
- Fuga de gases licuados a través de orificios.
- Fuga de líquidos en equipos. (González, et al, 2003)

2.2.2.6. Ignición

Usualmente, una fuente de ignición es la energía en forma de calor que hace que el combustible llegue a su temperatura de ignición. Aunque los incendios son inusuales en la mayoría de ocupaciones, una fuente de ignición implica por lo general alguna circunstancia inusual de presente de otra forma. (Riesgos Patrimoniales - RIMAC, 2006)

Focos de Ignición

- Focos térmicos (chispas, superficies calientes, radiación solar, llamas): no fumar, no atmósferas inflamables, cámara aislante.
- Focos eléctricos (chispas, arco eléctrico): interruptores, diferenciales contra corrientes de fuga, puestas a tierra, pararrayos.
- Focos mecánicos (calor de fricción, calor de compresión,) lubrificación contra roces mecánicos, herramientas antichispa.
- Focos químicos (calor de combustión, descomposición, soluciones, calentamiento espontáneo) y biológicos (fermentaciones): separación y almacenamiento adecuado de sustancias reactivas, ventilación y control de la humedad ambiental en sustancias antioxidantes. (Molina J. , 2014)

Fórmula para calcular la Bleve

Para comprender mejor la situación de inestabilidad de los líquidos sobrecalentados es necesario analizar el comportamiento de los gases licuados según la ecuación de Van der Waals: (Turmo Sierra, 2019)

$$(p+ \frac{p}{v^3})* (3v - f) = 8t$$

En donde: se procede a realizar la ecuación

$$p+\frac{p}{p_c} \quad v+ \frac{v}{v_c} \quad t+\frac{t}{t_c}$$

siendo:

P = presión p = presión reducida

V = volumen v = volumen reducido

T = temperatura absoluta t = temperatura reducida

Pc, Vc y Tc = constantes críticas

2.2.3. Vulnerabilidad

Condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes o los sistemas a los efectos de las amenazas. (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2016)

2.2.3.1. Tipos de Vulnerabilidad

- **Vulnerabilidad Física**

Está relacionada con el medio físico en que se ubican los asentamientos, comunidades, urbanizaciones, etc. La ocupación de este medio, el uso de suelo, la zonificación de asentamientos, las edificaciones, los materiales y sistemas constructivos, su antigüedad, nivel de almacenamiento, son elementos claves en la vulnerabilidad física. (Ellis & Guardado Lacaba , 2012)

- **Vulnerabilidad Económica**

Es la poca capacidad de ahorro y/o poder adquisitivo que posee la población, la cual lógicamente se agrava según sean los ingresos familiares. Incluye la falta de recursos económicos y la mala utilización de los disponibles la población involucrada, la capacidad de gastos, priorización de inversiones, etc. (Ellis & Guardado Lacaba , 2012)

- **Vulnerabilidad Social**

La población tiene poco con cocimiento sobre la naturaleza de las amenazas, si origen y evolución por lo que no realiza acciones de prevención y se expone con mayor frecuencia a estas. (Ellis & Guardado Lacaba , 2012)

- **Vulnerabilidad Educativa**

Se refiere a una adecuada implementación de las estructuras curriculares, en los diferentes niveles de la educación formal, con la inclusión de temas relacionados a la prevención y atención de desastres, orientado a preparar (para las emergencias) y educar (crear una cultura de prevención) a los estudiantes con un efecto multiplicador en la sociedad.
El análisis de la vulnerabilidad educativa está vinculado a variables como programas educativos formales en gestión del riesgo de desastres, programas de capacitación a la población, campañas de difusión, cobertura de los programas educativos, entre otras. (Wilches & Chaux, 2012)

- **Vulnerabilidad Cultural e Ideológica**

Abarca visión, conceptos y perjuicios, rol social, identidad, pertinencia, mitos, leyendas, percepción del riesgo conocimientos, conciencia, costumbres, memoria histórica, modelos, patrones de adaptación al entorno, nivel técnico y científico.
La vulnerabilidad no es un componente absoluto, sino relativo a un sistema en un contexto dado, y frente a una clase determinada de cambios o peligros. En otras palabras, un sistema puede ser vulnerable frente a ciertas perturbaciones, pero ser robusto frente a otras. (Ellis & Guardado Lacaba , 2012)

- **Vulnerabilidad Natural y Ecológica**

Es la capacidad de protección del medio, de los ecosistemas expuestos a determinadas peligrosidades, el aire, las aguas, el suelo, el medio biótico, etc. En ello influye las practicas, uso y dependencia de los agroquímicos, la industria y su producción contaminante, los flujos de sustancias contaminantes y peligrosas, los desechos sólidos, líquidos, gaseosos, los niveles de deforestación, el irracional uso del suelo, etc. (Ellis & Guardado Lacaba , 2012)

- **Vulnerabilidad Política e Institucional**

La vulnerabilidad política e institucional constituye el valor recíproco del nivel de autonomía que posee las instituciones públicas sobre una comunidad para la toma de las decisiones que

la afectan. Es decir que, mientras mayor sea esa autonomía, menor será la vulnerabilidad política. (Wilches & Chaux, 2012)

- **Vulnerabilidad Científica y Tecnológica**

Es el nivel de conocimiento científico y tecnológico que la población debe tener sobre los peligros de origen natural, y tecnológico, especialmente los existentes en el centro poblado de residencia.
Así mismo, está vinculado con el acceso a la información y el uso de técnicas para ofrecer mayor seguridad a la población frente a los riesgos.
El análisis de la vulnerabilidad científica, y tecnológica está vinculado a variables como existencia de trabajos de investigación sobre desastres de origen natural en la localidad, existencia de instrumentos para medición de fenómenos completos, conocimiento sobre la existencia de estudios, entre otras. (PERUGRD, 2017)

2.2.8 Tanques de almacenamiento de GLP

Los tanques fijos para el almacenamiento del GLP que se importen, deberán ser nuevos, diseñados, construidos y aprobados de acuerdo a las normas INEN vigentes o a las normas internacionales aplicables para estos casos. Similar norma se deberá observar para los tanques fabricados en el país; Previamente a su operación, deberán contar con el certificado de conformidad con la norma técnica emitida por el INEN. Los tanques fijos para almacenamiento del GLP deberán llevar una placa de identificación en la que conste los siguientes datos: Capacidad de almacenamiento en m^3 de agua, norma técnica de construcción, presión de diseño, presión de prueba, espesores de chapa, nombre del fabricante y fecha de fabricación, material del cuerpo, material de casquetes y presión de trabajo. (Ministerio de Energía y Minas, 2004)

Los tanques fijos de almacenamiento del GLP, deberán ser sometidos a pruebas técnicas de vida útil en períodos no mayores a cinco años hasta un máximo de cinco pruebas, luego de lo cual serán dados de baja, retirados y reemplazados por unidades nuevas. Dichas pruebas deberán ser presenciadas y certificadas por funcionarios de la Dirección Nacional de

Hidrocarburos. Estos locales deberán estar construidos con materiales incombustibles y tendrán amplia y natural ventilación a fin de evitar la acumulación del GLP en el piso, el mismo que será de materiales no absorbentes y no tendrá desagües ni alcantarillas. Las construcciones serán de un solo piso; los materiales de las paredes y el techo podrán ser de tipo ligero y no inflamables. Si fueren de tipo pesado, deberán contar con aberturas convenientes para el escape de las ondas, en caso de explosión. (Ministerio de Energía y Minas, 2004)

2.2.4. Gas Licuado de Petróleo - GLP

El GLP tiene dos orígenes: el 60% de la producción se obtiene durante la extracción de gas natural y petróleo del suelo. El 40% restante se produce durante el refinado de crudo de petróleo. El GLP es, por tanto, un producto secundario que existe de forma natural. En el pasado, el GLP se destruía por venteo o quema en antorcha (era un producto indeseable y se quemaba). Con ello, se desperdiciaba el enorme potencial de esta fuente de energía excepcional. (Exeptional Energy - LPG, 2017)

EL GLP es obtenido de la refinación del crudo del petróleo o del proceso de separación del crudo o gas natural en los pozos de extracción. Los gases que componen el GLP son los productos que se desprenden a lo largo del proceso, quedando libres de azufre, plomo y con bajo contenido de carbono, convirtiéndolo una energía limpia, amigable y socio de los recursos naturales renovables, Como el GLP no tiene color ni olor, por razones de seguridad antes de ser almacenado se le agrega una sustancia llamada Mercaptano, la cual le da ese olor característico, facilitando su detección en caso de fugas o escapes. (Corporagas UNIGAS - Colombia, 2013)

2.2.4.1. Componentes del GLP

Los dos componentes del GLP son el propano C_3H_8 y Butano C_4H_{10}
El propano y butano básicamente se diferencian porque:

- El propano se vaporiza a temperaturas por encima de -44ºF (-42ºC) a presión atmosférica.

- A diferencia del propano, el butano no vaporizara adecuadamente a una temperatura por debajo de los 32ºF (0 ºC).
- El propano tiene una mayor presión de vapor (es una fuerza ejercida por el vapor en equilibrio con la fase sólida o líquida de la misma sustancia. aumenta a medida que incrementa la concentración de sustancia en el aire) que el butano a una temperatura determinada.
- Cuando se produce una combustión, el propano produce menos calor en comparación con la misma cantidad de gas butano
- Un galón de gas propano pesa menos que un galón de gas butano. (Organismo supervisor de la inversión de la energía y mineral - OSINERGMIN, 2011)

2.2.4.2. Propiedades físico-químicas

Propiedades químicas El GLP es un gas inflamable que, como cualquier gas inflamable, puede a crear mezclas explosivas con el aire o el oxígeno, así como con otras sustancias oxidantes tales como cloro, flúor y óxido nitroso. Las mezclas de GLP y aire son explosivas con un contenido de vapor de aproximadamente 20-10 vol. % Y se pueden encender con una energía de ignición relativamente baja, por ejemplo, chispas. (Abelló, 2009)

Propiedades físicas En estado gaseoso en condiciones atmosféricas, el GLP es significativamente más pesado que el aire. Esto significa que el GLP sobre todo fluye hacia abajo y se pueden acumular, por ejemplo, en minas, bodegas, sistemas de drenaje o depresiones en el suelo. Donde hay poco movimiento del aire, la acumulación de GLP puede permanecer durante varias horas. Presión de vapor de propano y butano La presión en un recipiente que contiene mezclas de líquidos de gas se encuentra entre las dos curvas, en función de la composición y la temperatura. El GLP debe su nombre al hecho de que se licua bajo una presión relativamente baja. En este estado licuados bajo presión el GLP se almacena en cilindros y tanques. (Abelló, 2009)

La presión en el recipiente depende de la temperatura y en las proporciones de los componentes. La presión a 20 ° C es de aproximadamente 2 bar (butano) y 8 bar (propano). La presión no es una medida de la cantidad de GLP en el recipiente. Esto sólo puede ser determinada por la determinación del peso. Cuando la presión sobre él se alivia, por ejemplo,

al sacarlo del cilindro, se transforma en estado gaseoso. Dependiendo de su composición, 1 litro de líquido produce aproximadamente 260 a 350 litros de gas. El GLP requiere de calor con el fin de vaporizarse, este calor lo toma inmediatamente del ambiente, como resultado se produce el enfriamiento del envase y el resto de la sustancia. Todas las superficies que entran en contacto con el GLP vaporizado también se enfrían de la misma manera. (Abelló, 2009)

2.2.4.3. Instalación de tanques sobre el nivel del terreno

1) Localización

Los tanques deben localizarse de acuerdo a las tablas 3, 4, 5, 6 a continuación:

a) Las plantas de almacenamiento y envasado de GLP deben localizarse fuera de los límites urbanos de ciudades y poblaciones, observando además las disposiciones de las autoridades competentes en el lugar de instalación.

b) Si las distancias mínimas establecidas no se pueden mantener para tanques de capacidad mayor a 7,5 m3 por razones operativas de la planta, dichas distancias se podrán reducir a la mitad, pero debe proveerse de separación, mediante paredes cortafuego de altura mínima de 1,8 m herméticas al GLP. Las aberturas que se dispongan en dichas paredes, para comunicar las áreas adyacentes, deben proveerse de puertas cortafuego clasificadas para 3 horas de resistencia al fuego, que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 754. (Instituto Ecuatoriano de Normailización - INEN, 1998)

c) Respecto a distancias mínimas, desde el área de almacenamiento de GLP a las instalaciones internas, a más de lo establecido en la tabla 2, se aplicarán también las siguientes restricciones:

d.1). La distancia mínima a materiales combustibles sólidos, sueltos o apilados, así como a paja, hierba alta o material vegetal combustible, debe ser de 3 m.

d.2) La distancia mínima hacia tanques de combustibles líquidos que se encuentren separados del área de almacenamiento de GLP, mediante diques o áreas amuralladas (de resistencia al fuego de una hora), será de 3 metros hasta el eje del dique o pared de separación.

d.3) La distancia horizontal mínima entre tanques de GLP (área de almacenamiento) sobre el terreno, y tanques superficiales que contienen líquidos inflamables (punto de inflamación menor a 94°C) debe ser de 6 m. Esta restricción no se aplica a tanques de GLP (o almacenamiento total) menores a 0,5 m3, instalados junto a tanques de suministro de petróleo o aceites pesados de capacidad total menor a 2,5 m3.

d.4) De existir eventualmente almacenamiento de oxígeno o hidrógeno, se aplicarán las distancias mínimas de la tabla 3. Las instalaciones deben ser previamente aprobadas por las autoridades competentes

Tabla N°3: Distancia mínima desde el área útil de almacenamineto de GLP a zonas externas a la planta (m)

Capacidad total almacenada (m^3)	TANQUES SOBRE EL TERRENO				TANQUES ENTERRADOS*
	a edificaciones próximas	a calles, carreteras y vías férreas	a lugares de concentración pública	a subestaciones de energía eléctrica	a edificaciones próximas
hasta 100	30	30	45	100	15
sobre 100 a 260	50	40	60	150	15
sobre 260 a 500	90	80	120	150	15
sobre 500 a 2 000	130	120	180	150	15
más de 2 000	150	140	210	150	15

* Para tanques enterrados no se establecen distancias mínimas a otras instalaciones externas, pero deben ser determinadas por las autoridades competentes en cada caso particular.

Fuente: Intituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, 1998

Tabla N° 4: Distancias mínimas desde el área útil de almacenamiento de GLP a otras áreas de la planta (m).

Capacidad total almacenada (m^3)	Distancia mínima entre tanques adyacentes	TANQUES SOBRE EL TERRENO						TANQUES ENTERRADOS* Distancias mínimas entre tanques contiguos***	ESTAC. DE CARGA Y DESC. A sala de bombas y área de envasado
		A surtidores de GLP	A oficinas propias**	A sala de bombas y compresores	A generadores transformadores	A talleres, fuegos abiertos, calderos, quemadores	Caminos internos		
hasta 100	1	10	15	10	25	15	8	1	6
sobre 100 a 260	*	15	18	20	30	20	10	3	8
sobre 260 a 500	*	15	20	20	30	20	10	3	10
sobre 500 a 2000	*	20	25	30	30	25	15	3	12
más de 2 000	*	25	30	30	35	30	15	3	15

* 0,25 veces la suma de los diámetros de tanques adyacentes.
** Con instalaciones eléctricas contra explosión, obligatorias.
*** Para tanques enterrados no se establecen distancias mínimas a otras instalaciones externas, pero deben ser determinadas por las autoridades competentes en cada caso particular.

Fuente: Intituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, 1998

Tabla N°5: Distancias mínimas del área de almacenamiento de GLP a tanques de oxígeno o hidrógeno (m).

Capacidad	A tanques de oxígeno de capacidad hasta			A tanques de hidrógeno de capacidad hasta		
total almacenada (m^3)	11 m^3	11a 570 m^3	más de 570 m^3	11 m^3	11 m^3 a 85 m^3	más de 85 m^3
hasta 4,5	ninguna	6	7,5			
más de 4,5	ninguna	6	15			
hasta 2				ninguna	3	7,5
más de 2				ninguna	7,5	15

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, 1998

La normativa adicionalmente establece parámetros generales para prevención de incendios y se indican a continuación.

a) No se debe permitir llamas abiertas y otras fuentes de ignición en toda el área de peligro de la planta.

b) Todas las plantas de almacenamiento y envasado de GLP requieren de pararrayos, ubicados de conformidad con los planos de construcción debidamente aprobados.

c) Para prevenir la corrosión electrolítica, debe procederse a proveer a las instalaciones de la protección necesaria.

d) Dentro de las áreas de peligro no deben permitirse las llamas abiertas, inclusive las operaciones de corte y soldadura, herramientas eléctricas portátiles y extensiones eléctricas capaces de producir chispas, a menos que los dispositivos hayan sido totalmente drenados de GLP y bajo condiciones controladas, con servicio para extinción de incendios a mano.

e) Debe establecerse la prohibición de fumar, y la señalización adecuada se colocará en las entradas a cada área en particular, con señales y rótulos en conformidad con la NTE INEN 439.

Equipos contra incendio

a) Para prevenir y combatir posibles flagelos, los lugares de almacenamiento y de envasado de GLP contarán con sistemas de agua a presión por red y anhídrido carbónico como agente ignífugo. b) Debe instalarse un número suficiente de hidrantes para combatir, desde cualquier ángulo, un eventual incendio. c) Las bombas de agua contra incendio contarán con dos fuentes independientes de alimentación de energía. (Instituto Ecuatoriano de Normailización - INEN, 1998)

Tabla N° 6. Reserva mínima de agua para incendios

Capacidad de los tanques de GLP (m^3)		Reserva de agua (m^3)
de	hasta	
	100	25
101	200	100
201	300	200
301	500	250
501	700	300
701	900	350
901	1 100	400
1 101	1 300	450
1 301	1 500	500
1 501	2 000	600

Fuente: Intituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, 1998

f) Cada instalación debe planificarse aisladamente; los planos de la instalación contra incendios se confeccionarán de acuerdo a la NTE INEN 1 469.

g) Las tomas de agua para hidrantes, extintores y otros equipos de lucha contra incendios, deben señalarse de acuerdo a la NTE INEN 1 470, así como las vías de escape en caso de emergencia, de acuerdo a la NTE INEN 439.

h) Además, se debe disponer de extintores portátiles o montados sobre ruedas del tipo de polvo químico, localizados en lugares de fácil acceso.

i) Es conveniente utilizar aislamiento resistente para recubrir el metal de los tanques contra el fuego.

j) Las empresas que almacenan GLP deben contar con un plan de emergencia (contingencia).

k) Las instalaciones que almacenen GLP deben disponer de una brigada de emergencia contra incendios, que puede estar formada por personal de la misma planta. La organización, entrenamiento, magnitud y equipo de dicha brigada, deben establecerse conforme a las instrucciones impartidas por el Cuerpo de Bomberos local. Las brigadas deben efectuar prácticas por lo menos una vez al mes.

l) Se debe disponer en cada planta de un programa de mantenimiento preventivo para todos los equipos y para los tanques, que debe observarse rigurosamente sobre todo en cuanto se refiere a fugas de GLP líquido o gaseoso. El programa de mantenimiento debe estar a cargo de personal calificado.

a) m)De acuerdo al tipo de instalación, deben llevarse a cabo las inspecciones necesarias para prevenir explosiones, por parte de la autoridad competente.

m) Además, las instalaciones de tuberías y accesorios deben cumplir los requisitos de la Norma NFPA 58, hasta cuando el INEN expida la norma nacional correspondiente. (Instituto Ecuatoriano de Normailización - INEN, 1998)

Normas NFPA La NFPA (National Fire Protection Association) es reconocida internacionalmente y referenciada en la Reglamentación Nacional.

Este compendio de normas es considerado como una fuente autorizada de datos técnicos y recomendaciones para el campo de prevención, protección y control del fuego. El diseño del sistema de contra incendio objeto de este proyecto se basa principalmente en las normas:

- NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores.
- NFPA14, Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería Vertical y mangueras.
- NFPA 20, Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias de Protección de Incendio.

- NFPA 22, Norma de Depósitos de agua para Protección de Incendio.
- NFPA 24, Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendio y sus Accesorios.
- NFPA 25, Norma para la inspección, prueba y Mantenimiento de Sistemas Hidráulicos de Protección contra Incendios.

2.2.5. Sistema de Gestión de Riesgos

Mediante este proceso nos ayuda a identificar la probabilidad de ocurrencia del riesgo, de esta manera nos permite fomentar la resiliencia y la recuperación ante eventos peligrosos, es fundamental que la autoridad de la institución de importancia a la gravedad de la amenaza a la que se encuentra expuesto y su vulnerabilidad.

2.2.5.1. Tipos de gestión

Pueden darse tres tipos de gestión para reducir el riesgo:

- **Gestión correctiva**

Se refiere a la adopción de medidas y acciones de manera anticipada para reducir las condiciones de riesgo ya existentes. Se aplica en base a los análisis de riesgos teniendo en cuenta la memoria histórica de los desastres, buscando fundamentalmente revertir o cambiar los procesos que construyen los riesgos. (Ulloa, 2011)

- **Gestión prospectiva**

implica adoptar medidas y acciones en la planificación del desarrollo para evitar que se generen nuevas condiciones de riesgo. Se desarrolla en función de riesgos aún no existentes y se concreta a través de regulaciones, inversiones públicas o privadas, planes de ordenamiento territorial. (Ulloa, 2011)

- **Gestión reactiva**

Implica la preparación y la respuesta a emergencias, de tal modo que los costos asociados a las emergencias sean menores, se presente un cuadro de daños reducido y la resiliencia sea alta. (Ulloa, 2011)

2.3. Marco Legal

El proyecto de investigación sustenta en:

Gestión de Riesgos

Art.389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad.

El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgos este compuesto por las unidades de gestión de riesgos de toda las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El estado ejercerá la rectoría a través de los organismos técnicos establecido en la ley, tendrán como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afectan al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.
3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgos en su planificación y gestión.
4. Fortalecer en la ciudanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.
5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfréntalos, recupere y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastres.
6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencia en el territorio nacional.
7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgos.

Art.390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicara la responsabilidad directa de las instituciones dentro su ámbito geográfico.

Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindad el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos a su responsabilidad. (Asamblea Cosntiutyente, 2011)

Capítulo Segundo

Ambiente y naturaleza

Bioseguridad y recursos naturales

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas. Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

1. Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado.
2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.
3. Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente.
4. Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. El manejo y administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado.
5. Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad. (Asamblea Cosntiutyente, 2011)

Reglamento de operaciones hidrocarburíferas

Capitulo IX

Almacenamiento y transporte de hidrocarburos y sus derivados

Art. 69.- Disposiciones generales. - Se observarán todas las disposiciones generales establecidas en el Capítulo IV de este Reglamento en cuanto sean pertinentes.

Art. 70.- Estudios Ambientales. - Se presentarán los Estudios Ambientales del área de influencia, incluyendo una actualización y/o profundización del Diagnóstico Ambiental Línea Base, para la construcción de ductos (oleoductos principales y secundarios, gasoductos y poliductos, estaciones de bombeo) e instalaciones para el almacenamiento de petróleo y sus derivados. Además de lo establecido en el artículo 41 de este Reglamento, deberá presentarse la siguiente descripción específica de las actividades del proyecto para esta fase:

Descripción del Proyecto:

b) Recipientes a presión para GLP:

b.1) Las esferas y los tanques horizontales de almacenamiento de gas licuado de petróleo (GLP) deberán estar fijos sobre bases de hormigón y mampostería sólida, capaces de resistir el peso del tanque lleno de Gas Licuado de Petróleo, a fin de garantizar su estabilidad y seguridad y así evitar cualquier accidente que pudiera causar contaminación al ambiente;

b.2) Todas las operaciones de mantenimiento que se realicen en tanques de almacena-miento de combustibles y/o esferas de GLP, se ejecutarán bajo los condicionantes de las normas de seguridad del sistema PETRO-ECUADOR, a fin de evitar cualquier derrame o fuga que pudiera afectar al ambiente. (Normativa Hidrocarburífica, 2011)

Normativa Nacional respecto al GLP.

NTE INEN 2 260:2010 Esta norma establece los requisitos técnicos y las medidas de seguridad mínimas que deben cumplirse al diseñar, construir, ampliar, reformar, revisar y operar las instalaciones receptoras de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial; así como las exigencias mínimas de los sitios donde se ubiquen los equipos y artefactos que consumen gases combustibles, las condiciones técnicas de su conexión, ensayos de comprobación y su puesta en marcha. (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 2010)

NFPA es una asociación comercial establecida en 1896 que crea y mantiene más de 300 normas y códigos privados con derechos de autor destinados a eliminar la muerte, lesiones, pérdidas económicas y de propiedad debido a incendios, riesgos eléctricos y otros relacionados. La NFPA también realiza investigación, capacitación, educación, divulgación y defensa que están diseñados para minimizar el riesgo y los efectos del fuego mediante el

establecimiento de criterios para la construcción, el procesamiento, el diseño, el servicio y la instalación en todo el mundo. (Koepler, 2020)

2.4. Definición de Términos (Glosario)

Amenaza. - Proceso, fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos en la salud, daños a los bienes, disrupciones sociales y económicas o daños ambientales. (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2016)

Bleve. - Es un tipo de explosión mecánica cuyo nombre procede de sus iniciales en inglés Boiling Liquid Expanding Vapor Explosión cuya traducción sería "Expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición" (Bestratén & Turmo, 2019)

Cálculo. - Son todas aquellas operaciones (en su mayoría, matemáticas) que tienen por objetivo el alcance de cierto dato o información y que requieren el desarrollo de un proceso previo a la obtención de ese resultado. El cálculo es la acción de calcular y aunque por lo general se lo relaciona con operaciones de tipo matemático y científico, el término también puede ser utilizado para muchas otras acepciones en las cuales las nociones de proveer y proyectar están presentes. (Bembibre, 2010)

Capacidad. - Combinación de todas las fortalezas, los atributos y los recursos disponibles dentro de una organización, comunidad o sociedad que pueden utilizarse para gestionar y reducir los riesgos de desastres y reforzar la resiliencia. (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2016)

Desastre. - Disrupción grave del funcionamiento de una comunidad o sociedad en cualquier escala debida a fenómenos peligrosos que interaccionan con las condiciones de exposición, vulnerabilidad y capacidad, ocasionando uno o más de los siguientes: pérdidas e impactos humanos, materiales, económicos y ambientales. (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2016)

Dispersión. - Es un sistema en el que partículas discretas de un material se dispersan en un continuo de fase de otro material. Las dos fases pueden estar en el mismo o diferentes estados de la materia. Son diferentes de las soluciones, en las moléculas disueltas no forman una fase separada del soluto. (Wikipedia, 2020)

Emisión. - Se refiere a una sustancia química emitida al aire, descargada al agua o colocada en algún tipo de unidad de disposición en el suelo. (TRI Chemical List , 2013)

Espacio confinado. - Un espacio confinado se entiende por cualquier espacio con abertura limitada de entrada, salida y ventilación natural desfavorable, en el que pueden acumularse contaminantes tóxicos, inflamables o tener una atmósfera deficiente de oxígeno y que no está concebido para ser ocupado continuamente por los trabajadores. (Ministerio de Relaciones Laborales, 2013)

Explosión. - Es la liberación simultánea de energía calórica, lumínica y sonora (y posiblemente de otros tipos) en un intervalo temporal ínfimo. De esta forma, la potencia de la explosión es proporcional al tiempo requerido y su orden de magnitud ronda los gigavatios (Mariaxhe, 2012)

Exposición. - Situación en que se encuentran las personas, las infraestructuras, las viviendas, las capacidades de producción y otros activos humanos tangibles situados en zonas expuestas a amenazas (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2016)

GLP. - Gas constituido por mezclas de hidrocarburos extraídos del procesamiento del gas natural o del petróleo que se licua fácilmente por enfriamiento o por compresión, constituidos fundamentalmente por propano y butano. (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 2015)

Incendio. - Fuego de grandes proporciones que se desarrolla sin control, el cual puede presentarse de manera instantánea o gradual, pudiendo provocar daños materiales, interrupción de los procesos de producción, pérdida de vidas humanas y afectación al ambiente. (UNAM, 2015)

Isoentrópica. - Un proceso isentrópico es un proceso termodinámico, en el cual la entropía del fluido o gas permanece constante. También se llama un proceso de entropía constante. (Connor, 2019)

Ondas de presión. - Producidas por la súbita combustión de una nube o acumulación de vapores inflamables en un lugar cerrado. Las ondas de presión parten de un foco inicial donde se originan, y se propagan en todas las direcciones del espacio**.** (Lamirán, 2010)

Punto de inflamación. - Es la temperatura mínima a la que un líquido desprende suficiente cantidad de vapores que, en contacto con el aire, forman una mezcla capaz de arder en las proximidades de la superficie del líquido. (Lamirán, 2010)

Riesgo de desastres. - Posibilidad de que se produzcan muertes, lesiones o destrucción y daños en bienes en un sistema, una sociedad o una comunidad en un período de tiempo concreto, determinados de forma probabilística como una función de la amenaza, la exposición, la vulnerabilidad y la capacidad. (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2016)

Vulnerabilidad. - La vulnerabilidad es la disposición interna a ser afectado por una amenaza. Si no hay vulnerabilidad, no hay destrucción o pérdida. Se define como la propensión interna de un ecosistema o de algunos de sus componentes a sufrir daño ante la presencia de determinada fuerza o energía potencialmente destructiva (Vargas, 2002)

2.5. Sistema de Hipótesis

Mediante el cálculo de Riesgos de Explosión por GLP utilizando el método de dispersión gaussiana, se reducirá el nivel de explosión del GLP en el área de emergencia del Hospital IESS del Cantón Guaranda Provincia Bolívar Año 2020-2021.

2.5.1. Variables

Variable Independiente

Método de dispersión.

Variable dependiente

Cálculo del nivel de explosión del GLP

2.5.2. Operacionalización de variables

Tabla N° 7. Operacionalización de la Variable Independiente

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Escala Cualitativa	Escala Cuantitativa	Instrumento de Medición
Método de dispersión Gaussiana.	Pronostica el desplazamiento de la nube de vapor que emerge desde las bombonas de GLP.	Ubicación Geográfica	Coordenadas Geográficas	Ecuador-Bolívar-Guaranda-IESS		Google Eart
		Condiciones Climatológicas	Velocidad del Viento		3.61 m/s	Datos proporcionados de la página de climatología de la ciudad de Guaranda.
			Temperatura		18 C°	
			Nubosidad	Cubierto completo Nublado Parcialmente nublado Claro		
			Humedad		53%	
		Rugosidad de la superficie	Clasificación del terreno	Campo abierto Urbano o forestal Agua abierta	0.01m 1-3 m 0.0001m	Revisión Bibliográfica

Elaborado por: Marina Toainga y Erika Valencia

Tabla N° 8. Operacionalización de la Variable Dependiente

Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Escala Cualitativa	Escala Cuantitativa	Instrumento de Medición
Cálculo del nivel de explosividad del GLP	Es un riesgo tecnológico que consiste en la expansión violenta de energía, debido a que el Gas Licuado de Petróleo se encuentra en el ambiente.	Capacidad del contenedor de GLP	Tamaño	Diámetro Longitud Volumen	m m m^3	Ficha de observación, documentos IESS
		Composición Química	Propano	C_3H_8	70 %	Hoja de Datos de Seguridad del GLP
			Butano	C_4H_{10}	30%	
		Fuga	Tóxico	Se intoxican Pueden huir en 30 minutos y no intoxicarse No se intoxican	0-132 132- 213 < 213	Software ALOHA
			Área inflamable de nube de Vapor	Es poco probable que se inflame. Muy probable que se inflame. No existe posibilidad de que se inflame	<10 m 10-11m < 11 m	Software ALOHA
			Área de explosión de la nube de vapor	Ondas de sobrepresión Radiación térmica	Psi Wh	Software ALOHA

Elaborado por: Marina Toainga y Erika Valencia

CAPÍTULO 3

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Nivel de Investigación

Según Carrasco Díaz (2013), caracteriza los niveles de investigación según el propósito en:

Exploratorio: Es la etapa de reconocimiento del terreno de la investigación, en la cual se pone en contacto directo con la realidad del problema de afectación en caso ocurrir una explosión del GLP, ya que esta sustancia es de uso diario en el Hospital IEES, de manera que no se había solucionado.

Descriptivo: Se determinó la descripción de todos los parámetros que inciden en la amenaza por explosión del GLP.

Analítico de tipo Explicativo y Documental: Estos niveles nos permitieron establecer el cálculo de riesgo, partiendo del análisis de los componentes de la sustancia, el escape accidental de la misma y su incidencia respecto a las estaciones climáticas en el Hospital IEES, provincia Bolívar (Carrasco, 2013).

3.2. Diseño

No Experimental: Es aquella en la que no se realiza la manipulación de datos referente al cálculo de riesgo de explosión del GLP del área de estudio, los datos a utilizar son establecidos por la institución a la misma que se solicitó la información.

Analítico y descriptivo: Se determinó el análisis y su descripción de cada uno de los factores que inciden en la explosión del GLP (la compasión química, área confinada).

Heurístico: Se aplicó en los principios, reglas, estrategias y programas que facilitaron en la búsqueda para dar solución al problema planteado. (Zapata, 2012)

Estadístico: Este método ayudó en los procedimientos y manejo de datos cuantitativos (determina los valores climáticos y matemáticos para realiza el cálculo de riesgo por explosión de GLP) y cualitativos (las características de la población). (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONACYT, 2020)

3.3.Población

La población es la cantidad de personas que se encuentra en un determinado momento o lugar específico, las mismas que comparten características en común, limitada por el estudio, de tal manera que la población es grande que es difícil estudiarla en su totalidad, por esta razón el investigador tiene la opción de tomar una muestra para realizar el trabajo.

Tabla N° 9: Distribución del personal del establecimiento

Población involucrada	**Número de personas**
Personal Médico y Enfermeras	233
Personal Administrativo y servicio	20
Personal de Seguridad	4
Población flotante	341
Total	**598**

Fuente: Hospital General Básico Guaranda IEES

Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Aplicación de la fórmula media poblacional para obtener un promedio de pacientes diarios

Día 1 = 335

Día 2 = 350

Día 3 = 310

Día 4 =350

Día 5 = 360

$$\overline{\mathbf{X}} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots x_n}{n}$$

$$\overline{\mathbf{X}} = \frac{335 + 350 + 310 + 350 + 360}{5} = \frac{1705}{5}$$

$$\overline{\mathbf{X}} = 341$$

El promedio obtenido de la población flotante es de 341 personas diarias

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos utilizadas para nuestras variables de interés son:

Entrevista

Se utilizó esta técnica de la investigación para obtener información directa, de la población objetivo, conocer la capacidad de respuesta ante la emergencia, y de esta forma evaluar el nivel de vulnerabilidad.

Instrumento: Se realizó un cuestionario semiestructurado a través de un dialogo entre la encargada del área de Gestión de Riesgos y nosotras las investigadoras. (Anexo 1)

Observación

Esta técnica nos permitió recopilar información sobre las características físicas del área donde se encuentran ubicados los tanques o contenedores de GLP, y de esta manera nos permiten evaluar las condiciones en las cuales se pueda producir un desastre y determinar el tipo de explosión a generarse.

Instrumento: Se elaboró una ficha de observación, en función de los objetivos planteados. (Anexo 2)

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para la elaboración del proyecto y cumplimiento de los objetivos específicos utilizamos las siguientes técnicas que ayudaron a organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información.

A través del Software ArcGIS versión 10.5 se pudo valorar la ubicación actual del GLP, analizando las características de almacenamiento y posteriormente la incidencia a la vida, ambiente y propiedad.

Para obtener la cantidad de participantes que deben incluirse en nuestro estudio, calculamos el tamaño de la muestra de la población, ya que permite a los investigadores

saber cuántos individuos son necesarios estudiar, y poder detectar una determinada diferencia entre los grupos de estudio. (García, Reding, & López, 2013)

Luego de identificar los grupos involucrados, se utilizó el programa Excel para el procesamiento y análisis de datos, por lo tanto, se determinó el número de personas directamente expuestas y posteriormente elaboramos la matriz de vulnerabilidad, tomando en cuenta los criterios de exposición y la capacidad de respuesta.

Finalmente, para realizar el mapa de limitación del área de afectación e identificar el área más susceptible se utilizó el software ALOHA de igual forma este código realiza cómputos de dispersión permitiendo calcular el riesgo de explosión del GLP.

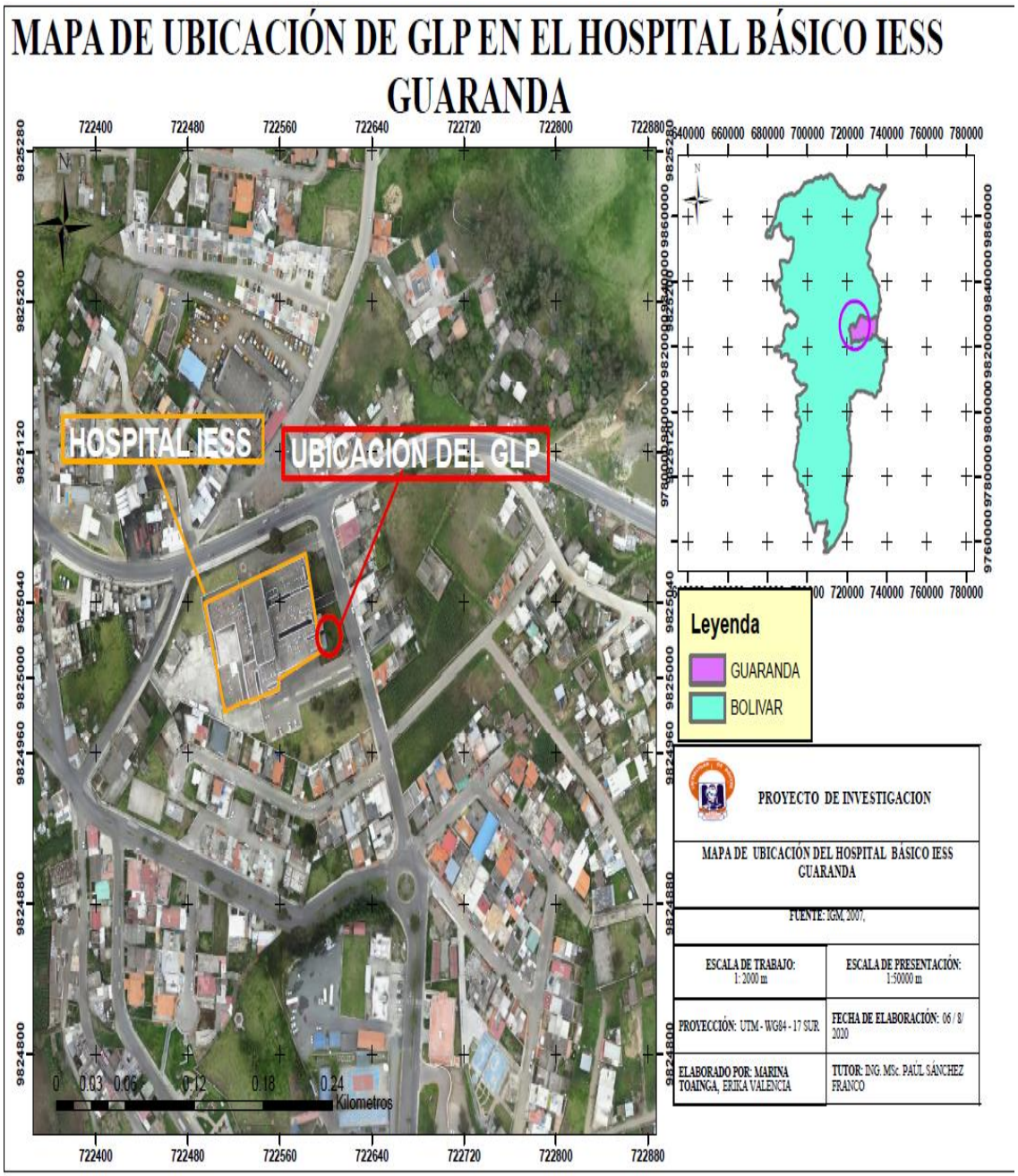
CAPÍTULO 4

RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

4.1 Resultados según el objetivo 1

Valorar la ubicación actual del GLP, su posible incidencia a la vida, ambiente y propiedad.

Gráfico N° 1: Mapa de ubicación del GLP.



Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Los tanques contenedores de GLP se encuentran en espacios ventilados, protegidos del sol, agua, lluvia, humedad y de ambientes corrosivos, en el área de almacenamiento no se encuentra identificado claramente la señalética, siendo un lugar muy transitado diariamente y de libre acceso, esto crea un ambiente inseguro, ya que tampoco hay avisos visibles prohibiendo fuentes de ignición de cigarrillos encendidos, llamas abiertas o calor intenso.

Al existir una fuga la sustancia se va a dispersar, hasta encontrar una fuente de ignición, y desencadenar la explosión.

Para evitar posibles fugas se realizan revisiones diarias del tanque.

La ubicación del tanque de GLP se encuentra a nivel del terreno N+0.00 teniendo una de las distancias de seguridad como lo específica NTE INEN 2260 AÑOS 2010.

La distancia es de 3 metros tomada de las válvula de alivio al lindero de la propiedad, aberturas de inmueble, focos fijo de inflamación, motores de explosión, vías públicas, vías férreas o fluviales, proyección de líneas áreas de alta tension, equipos eléctricos no protegidos, sótanos, alcantarrilas y desagües.

La conexión al tanque se realiza con mangueras de alta presión con acople macho de ½ NPT y contecor POOL.

Tabla N° 10: Descripción del tanque de GLP

Cantidad	2
Tipo de almacenamiento	Almacenamineto de GLP.
Tipo de tanque	Estacionario Horizontal
Capacidad	4 m^3 cada uno

Fuente: Ponce, 2014

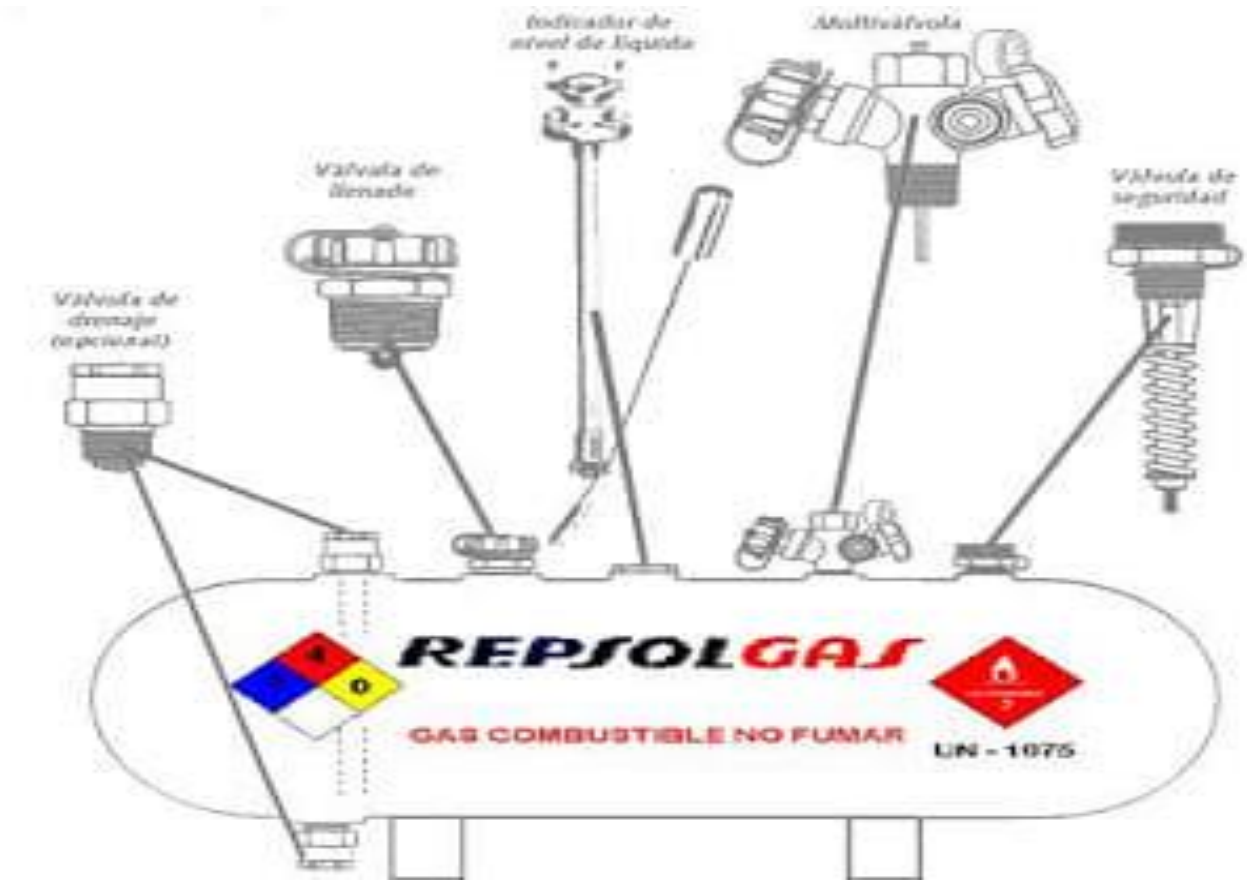
Ubicación del tanque estacionario GLP

Talabla N° 11: Especificaciones para los tanques

Capacidad demandada total de equipos	604.756 [Btu/h]	
Mezcla de G L.P	70% Propano, 30%Butano	
Tanque lleno al:	20%	
Temperatuta ambiente:	10°C	
Presión en los tanques:	60 psi	
Ubicación del lugar	2.980 msnm	
Capacidad de vaporizacion Natural Trinity: LxDxKxf		
Largo (L)	3580 [mm]	140.94 [pulg]
Diametro (D)	1143 [mm]	45.00 [pulg]

Fuente: Ponce, 2014

Gráfico N° 2: Tanque de almacenamiento G.L.P. Horizontal



Fuente: Serrano, et al., 2014

El tanque esta equipado con todo implementos para el control de suministro de gas

Tabla N° 12: Especificaciones de conexiones y accesorios del tanque de almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo.

Válvulas y accesorios	**Conecciones de entrada**	**Conecciones de salida**
Multiválvulas	¾ ” NPT	Punta pool
Válvula de llenado	11/4” NPT	13/4” ACME
Válvula de exceceso de flujo “Check Lock”	¾” NPT	¾” NPT
Válvula de seguridad	1” NPT	
Medidor magnético a nivel de liquido	1” NPT	

Fuente: Ponce, 2014

Tipo de Tubería

Para la red de distribución de primera etapa (troncal) se utilizó tuberia de Hierro Negro, S/C, cédula 40 de diámetro 1 ½”, 1” y ¾”, misma que se encuentra protegida con pintura amarilla y debidamente señalizado de acuerdo a la NTE INEN 2260 año 2010.

Para la red de distribución de segunda etapa se utilizaron accesorios normalizados como manera de alta presión de diámetro ½”, misma que se encuentra protegida con pintura amarilla y debidamente señalizada de acuerdo a la NTE INEN 2260 año 2010.

El sistema de enfriamiento sobre el tanque de GLP, se instalo utilizando tubería de hierro galvanizado de diametro ½” según norma ASTM B88, ISO 1640, la tuberia esta protegida con pintura roja, acorde con la NTE – INEN 440, la válvula de corte esta afuera del área del tanque de GLP en un nivel N+0,00.

No cuentan con la instalación de línea de carga, debido a que el abastecimiento de GLP se lo realiza por medio del auto tanque, que ingresa hasta el área del estacionamiento y realiza dierectamente la carga al tanque.

Incidencia a la vida, ambiente y propiedad

Explosión

Vida

- Las ondas de choque provocan rotura de tímpanos y hemorragia pulmonar.
- Los fragmentos despedidos pueden ocasionar heridas o muerte por impacto.
- Personas proyectadas (muerte instantánea)

- Muerte o lesión por caída de estructura.

Ambiente

- No produce daños a la capa de ozono.
- Perdida de la flora (en caso de existir)

Propiedad

- Sonido fuerte, fractura de vidrios
- Demolición parcial de casas
- Destrucción casi completa de casas
- Destrucción total de edificios

Riesgos asociados a la explosión

Incendio

Vida

- El 62.4% de los fallecimientos son a causa de la inhalación de humo y vapores.
- El 26% corresponde a las quemaduras, existen tres tipos.
- De primer grado donde es afectada la capa externa de la piel (epidermis)
- De segundo grado daña la capa externa y la que se encuentra debajo de ella (dermis)
- De tercer grado destruye la capa interna de la piel (hipodermis).
- El 10.7% muere por lesiones traumáticas.
- El 0.6% corresponde a enfermedades criticas como ataques al corazón.
- Otras causas como la deshidratación pertenecen al 0.3%.

Ambiente

- Produce contaminación al ambiente por la combustión de los diferentes materiales.

Propiedad

- Daño en la infraestructura por el colapso de ventanas, muros, y estructuras de soporte.

Fuga

Vida

- **Por inhalación. -** Causa tos, coloración azulada de piel y mucosas, sensación intensa de falta de aire, obnubilación, sensación de mareo, vértigos, dolor de cabeza, pérdida de consciencia, y coma. Si se prolonga la falta de aire puede provocar fallecimientos.
- **Por contacto. -** Con el gas licuado frío puede provocar una irritación de la piel, mucosas u ojos, pudiendo llegar a provocar lesiones por congelación, que cursarán

como quemaduras químicas. Sobre el ojo produce irritación y en ocasiones quemaduras por congelación.

Ambiente

- El GLP no genera efecto invernadero.

Propiedad

- No genera daños.

Tabla N° 13: Nivel de Riesgo según la severidad de las consecuencias

Escala	Nivel de Riesgo
1	Bajo
2	Medio
3	Alto
4	Muy Alto

Fuente: (Zagal, 1996)

Recuperado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Tabla N° 14: Cuadro de afectación a la Salud

Escala	Indicadores de factor de riesgos
1	Golpes leves
2	Trauma
3	Incapacidad
4	Muerte

Fuente: (Zagal, 1996)

Recuperado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Tabla N° 15: Cuadro de afectación al ambiente

Escala	Indicadores de factor de riesgos
1	No hay contaminación significativa
2	Afectación a áreas internas
3	Afectación a áreas externas o internas
4	Afectación a comunidades y áreas Principales

Fuente: Fuente: (Zagal, 1996)

Recuperado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Tabla N° 16: Cuadro de afectación a la propiedad

Escala	Indicadores de factor de riesgos
1	< $ 700
2	$ 700 - $1400
3	$1400 - $2100
4	>$2100

Fuente: (Zagal, 1996)

Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Tabla N° 17: Cuadro del nivel de Riesgo.

Fuente: Fuente: (Zagal, 1996)

GRUPO	LUGAR	AMENAZA	PROBABILIADAD	CONSECUENCIA	RIESGO GENERAL	NIVEL DE RIESGO
Vida	HOSPITAL BÁSICO GUARANDA (IESS)	EXPLOSIÓN POR GAS LICUADO DE PRETÓLEO	3	4	12	MUY ALTO
Ambiente			2	2	4	MEDIO
Propiedad			3	4	12	MUY ALTO

Fuente: (Zagal, 1996)

Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Tabla N° 18: Cuadro del nivel de Riesgo por Explosión del Gas Licuado de Petróleo.

GAS LICUADO DE PETRÓLEO	LUGAR	AMENAZA	PROBABILIADAD	CONSECUENCIA	RIESGO GENERAL	NIVEL DE RIESGO
Mantenimiento de las bombonas	HOSPITAL BÁSICO GUARANDA (IESS)	EXPLOSIÓN POR GAS LICUADO DE PRETÓLEO	2	2	4	MEDIO
Inspecciones periodicas			2	2	4	MEDIO
El área de almacenamiento se identificada claramente			3	4	12	MUY ALTO
Tienen avisos visibles prohibiendo fuentes de ignición			4	4	16	MUY ALTO
Accesible solamente a personal entrenado y autorizado			2	2	4	MEDIO
Esta aislada de áreas muy transitadas.			4	4	16	MUY ALTO
Cantidad de la sustancia 8 m^3			3	3	9	ALTO

Fuente: Fuente: (Zagal, 1996)

Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

4.2 Resultados según el objetivo 2

Identificar los niveles de vulnerabilidad en el personal, pacientes y población flotante del Hospital IESS, Cantón Guaranda Año 2020

4.2.1 La vulnerabilidad

El grado de daño o pérdida susceptibles de experimentar por un elemento o grupos de elementos bajo riesgos como resultados de la probable ocurrencia en un evento de una magnitud expresada en una escala de daño. (Ellis & Guardado Lacaba , 2012)

También son las características de una persona o grupo, desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza, la vulnerabilidad no solo es medida como susceptibilidad intrínseca de un elemento a sufrir daños, sino que, además, estos, pueden ser la fuente generadora de otros daños o nuevas vulnerabilidades en otros elementos del territorio. (Piesrs & Ian , 1994)

Para el estudio se analiza los factores condicionantes de la vulnerabilidad.

- El grado de exposición, del personal, pacientes y población flotante que se encuentran constantemente en el hospital.
- La protección, las defensas de sus elementos, que reduce o elimina los efectos que puede causar una explosión (Brigadas, de primeros auxilios y contra incendios)

Tabla N° 19: Escalas para establecer los niveles de vulnerabilidad

Rangos	**Nivel de Vulnerabilidad**		
0 – 3	Bajo	1	
4 -6	Medio	2	
7 - 10	Alto	3	
> 11	Muy Alto	4	

Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Tabla N° 20: Grupo de involucrados

Grupos involucrados	Número de personas
Personal que labora	130
Pacientes	10
Población Flotante	341
Población de la Ciudadela (por familias)	300
TOTAL	681

Fuente: Hospital General Básico Guaranda IEES

Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Tabla N° 21: Matriz de Identificación del nivel de vulnerabilidad del personal, pacientes y población flotante

VARIABLE	INDICADOR	ESCALA	TOTAL	NIVEL DE VULNERABILIDAD
POBLACION EXPUESTA	Personal (médicos, enfermeras)	4	19	MUY ALTO
	Pacientes	1		
	Población Flotante	4		
	Personal de servicio	4		
	Personal de seguridad	2		
	Personas de la Ciudadela	4		
CAPACIDAD DE RESPUESTA	Identificación del Riesgo	1	9	ALTO
	Gravedad de la exposición	4		
	Cuentan con medida de seguridad	1		
	Las brigadas están capacitadas	1		
	Cuentan con sistema de alarmas contra incendios	1		
	Realizan simulacros.	1		

Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

4.3. Resultados según el objetivo 3

Realizar el mapa de limitación del área de afectación por explosión de GLP en el Hospital IESS Cantón Guaranda Año 2020-2021

Graficación e identificación del área de afectación

Ya identificado la amenaza en el Hospital Básico IESS Guaranda se procedió a realizar el área de afectación, por fuga, jet fire y bleve.

Modelación de explosión de GLP

Grado de toxicidad por fuga

DATOS DEL SITIO:

Ubicación: GUARANDA BOLIVAR ECUADOR.

Edificios de intercambios de aire por hora: 0,76 (piso único sin refugio)

Hora: 12 de agosto de 2020 1811 horas ST (usando el reloj de la computadora)

DATOS QUIMICOS:

Nombre químico: PROPANO

Número CAS: 74-98-6 Peso molecular: 44,10 g / mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Punto de ebullición ambiental: -56,6 ° F

Presión de vapor a temperatura ambiente: más de 1 atm

Concentración de saturación ambiental: 1,000,000 ppm o 100.0%

DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE DATOS)

Viento: 3,61 metros / segundo desde ese a 3 metros

Rugosidad del suelo: campo abierto Cubierto de nubes: 5 décimas

Temperatura del aire: 19 ° C Clase de estabilidad: C

Altura sin inversión Humedad relativa: 50%

FUERZA FUENTE:

Fuga por orificio en tanque cilíndrico horizontal

Producto químico inflamable que escapa del tanque (no se quema)

Diámetro del tanque: 1,3 metros Longitud del tanque: 3 metros

Volumen del tanque: 3.982 litros

El tanque contiene líquido Temperatura interna: 19 ° C

Masa química en el tanque: 1.608 kilogramos

El tanque está lleno al 80%

Diámetro de apertura circular: 3 centímetros

La apertura es de 1,30 metros desde el fondo del tanque

Duración del lanzamiento: 6 minutos

Tasa de liberación sostenida promedio máximo: 1,240 libras / min

(promediado durante un minuto o más)

Cantidad total liberada: 3,238 libras

Nota: El producto químico escapó como una mezcla de gas y aerosol (flujo de dos fases).

ZONA DE AMENAZA:

Ejecución del modelo: Gas pesado

Rojo: 132 metros --- (2100 ppm = IDLH)

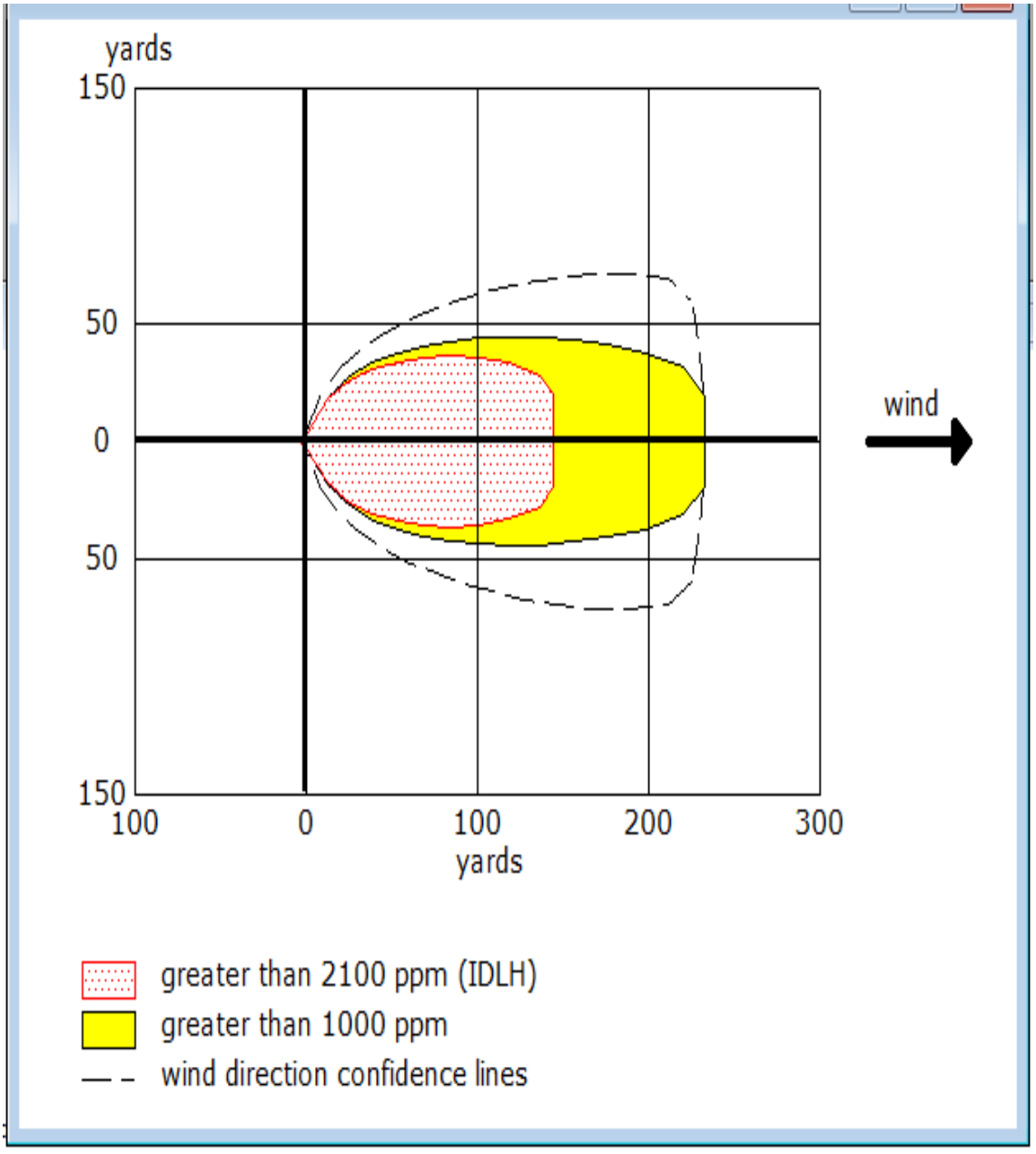
Amarillo: 213 metros --- (1000 ppm)

IDLH

Son las siglas de Inmediatamente Peligroso para la Vida o la Salud. Para los propósitos de selección de respirador, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) define la concentración IDLH como concentración del aérea que presenta una amenaza de exposición para contaminantes aéreos cuando la exposición tiene probabilidades de provocar muerte o efectos adversos relacionados con la salud inmediatos o retrasados o cuando previene el escape de este tipo de ambiente. El propósito de establecer una concentración de exposición IDLH es asegurar que el trabajador pueda escapar de un ambiente contaminado determinado en el caso de fallo del equipo de

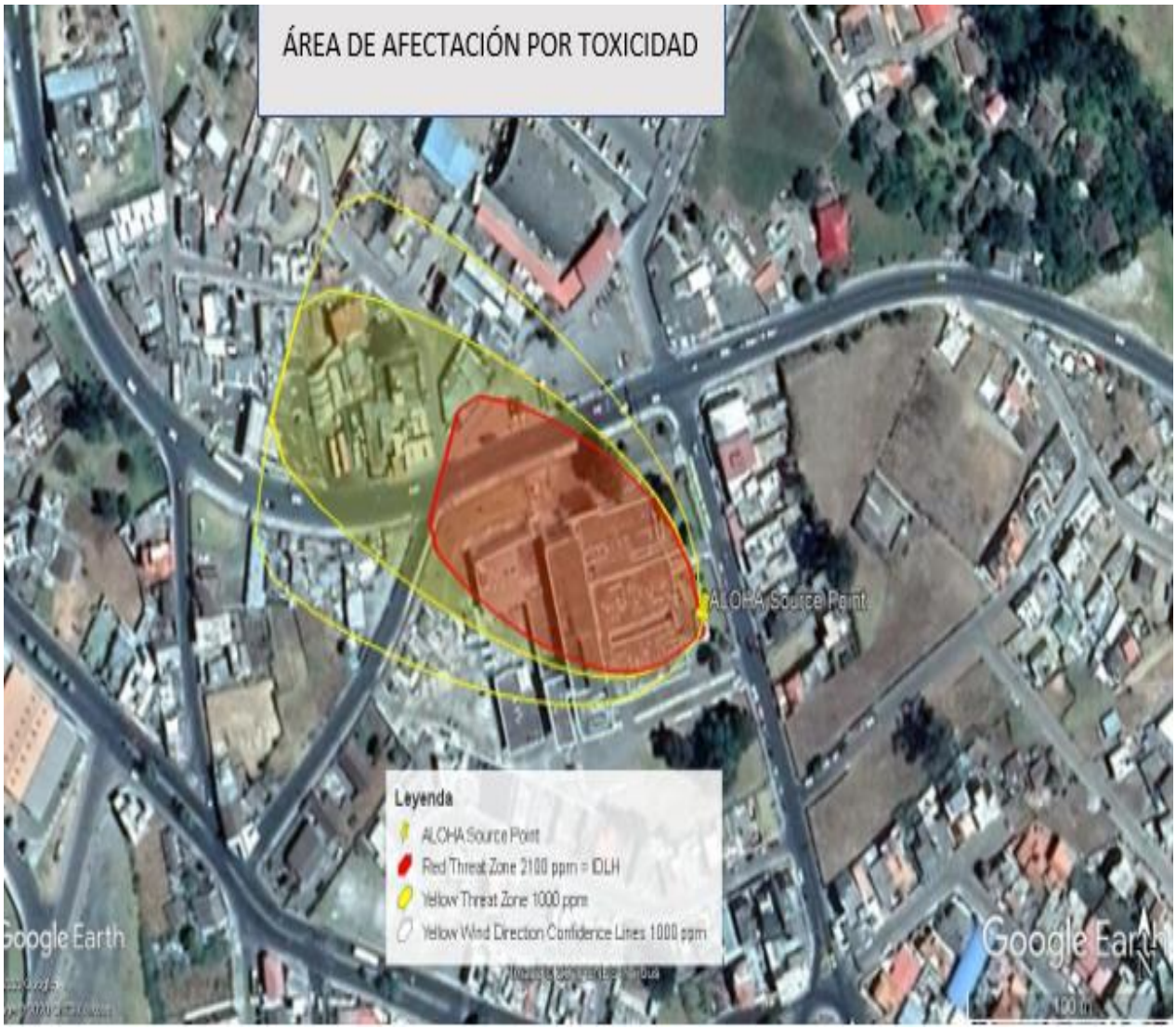
protección respiratoria. En caso de fallo del equipo de protección respiratoria, se deben hacer todos los esfuerzos posibles para salir inmediatamente. (Centro Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional - CCSSO, 2006)

Gráfica N° 3: Grado de toxicidad por fuga del GLP



Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Gráfica N° 4: Área Geográfica de afectación por toxicidad



Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Modelamiento por área inflamable de nube de vapor

ZONA DE AMENAZA:

Modelo de amenaza: área inflamable de nube de vapor

Ejecución del modelo: Gas pesado

Rojo: menos de 10 metros --- (12600 ppm = 60% LEL = Bolsillos de llama)

Amarillo: 10-11 metros --- (2100 ppm = 10% LEL)

LEL

límite inferior de explosividad, es la mínima concentración de sustancia combustible (gases o vapores) en el aire capaz de continuar una explosión. (Universidad de Guanajuato, 2010)

Área de explosión de la nube de vapor

FUERZA FUENTE:

Fuga por orificio en tanque cilíndrico horizontal

Producto químico inflamable que escapa del tanque (no se quema)

Diámetro del tanque: 1,14 metros Longitud del tanque: 3,61 metros

Volumen del tanque: 3681 litros

El tanque contiene líquido Temperatura interna: 18 ° F

Masa química en tanque: 1,593 kilogramos

El tanque está lleno al 80%

Diámetro de apertura circular: 3 centímetros

La abertura está a 1,14 metros del fondo del tanque

Duración del lanzamiento: 8 minutos

Tasa de liberación sostenida promedio máximo: 784 libras / min (promediado durante un minuto o más)

Cantidad total liberada: 3,231 libras

Nota: El producto químico escapó como una mezcla de gas y aerosol (flujo de dos fases).

ZONA DE AMENAZA:

Modelo de amenaza: sobrepresión (fuerza de explosión) de la explosión de una nube de vapor

Tipo de ignición: encendido por chispa o llama

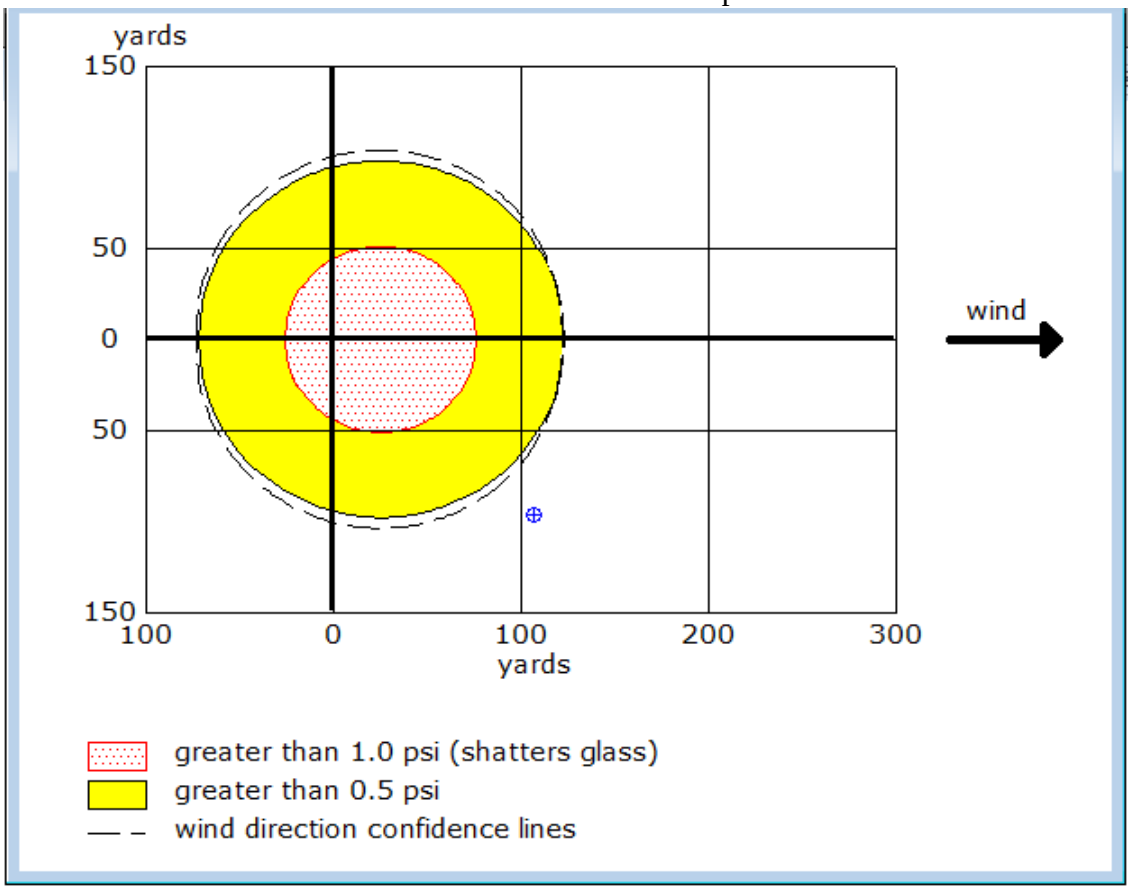
Nivel de congestión: congestionado

Ejecución del modelo: Gas pesado

Rojo: 69 metros --- (1.0 psi = vidrio roto)

Amarillo: 112 metros --- (0,5 psi)

Gráfica N° 5: Nube de Vapor



Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Modelación por jet fire

FUERZA FUENTE:

Fuga por orificio en tanque cilíndrico horizontal

La sustancia química inflamable se quema al escapar del tanque

Diámetro del tanque: 1,14 metros Longitud del tanque: 3,61 metros

Volumen del tanque: 3681 litros

El tanque contiene líquido Temperatura interna: 18 ° F

Masa química en tanque: 1,593 kilogramos

El tanque está lleno al 80%

Diámetro de apertura circular: 3 centímetros

La abertura está a 1,14 metros del fondo del tanque

Longitud máxima de la llama: 17 yardas Duración de la combustión: 8 minutos

Tasa máxima de quemado: 917 libras / min

Cantidad total quemada: 3,231 libras

Nota: El producto químico escapó del tanque y se quemó como un chorro de fuego.

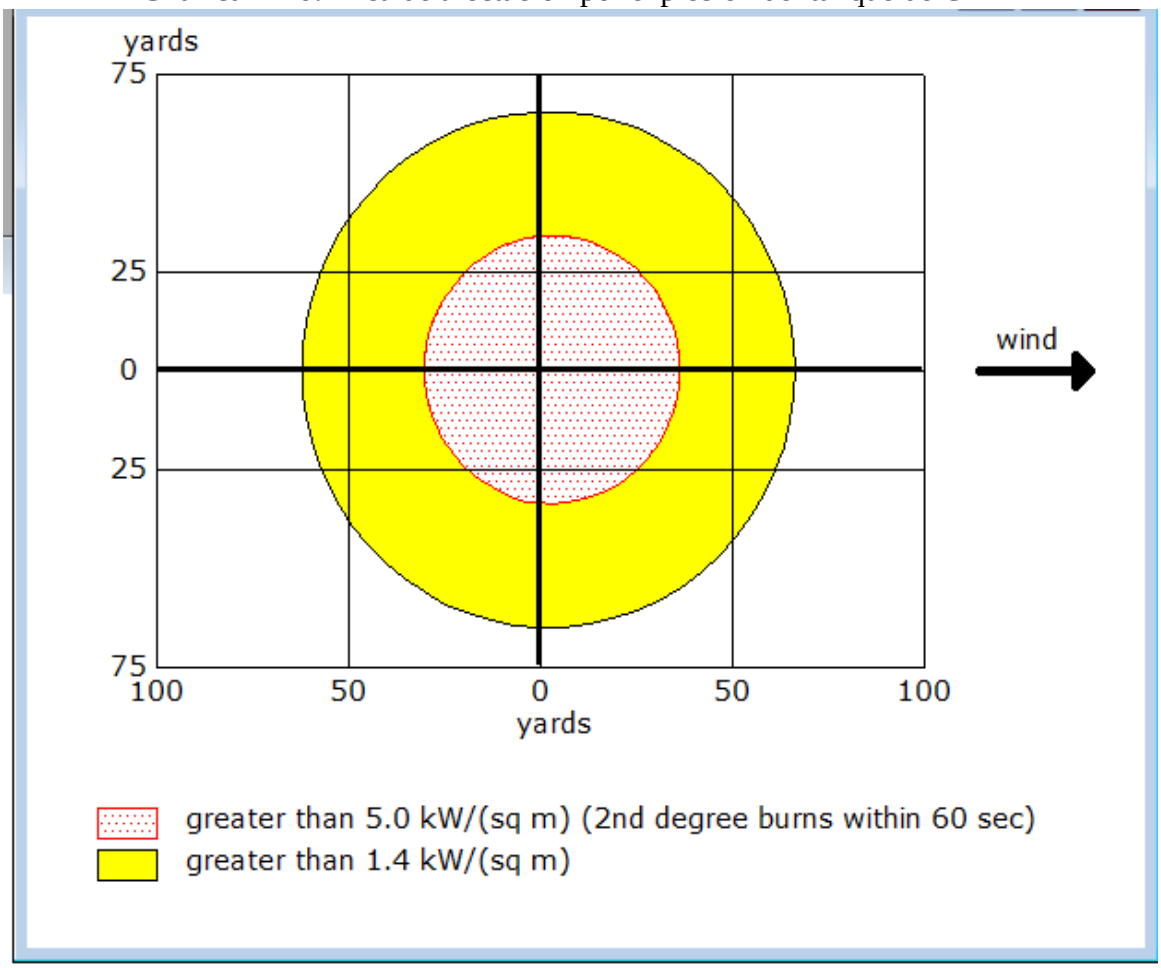
ZONA DE AMENAZA:

Modelado de amenaza: radiación térmica de chorro de fuego

Rojo: 33 metros --- (5,0 kW / (m2) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos)

Amarillo: 61 metros --- (1,4 kW / (m2))

Grafica N° 6: Área de afectación por explosión del tanque de GLP



Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Explosión tipo bleve

FUERZA FUENTE:

BLEVE de líquido inflamable en tanque cilíndrico horizontal

Diámetro del tanque: 1,14 metros Longitud del tanque: 3,61 metros

Volumen del tanque: 3681 litros

El tanque contiene líquido

Temperatura de almacenamiento interno: 18 ° F

Masa química en tanque: 1,593 kilogramos

El tanque está lleno al 80%

Porcentaje de masa del tanque en bola de fuego: 100%

Diámetro de la bola de fuego: 67 metros Duración de la combustión: 6 segundos

ZONA DE AMENAZA:

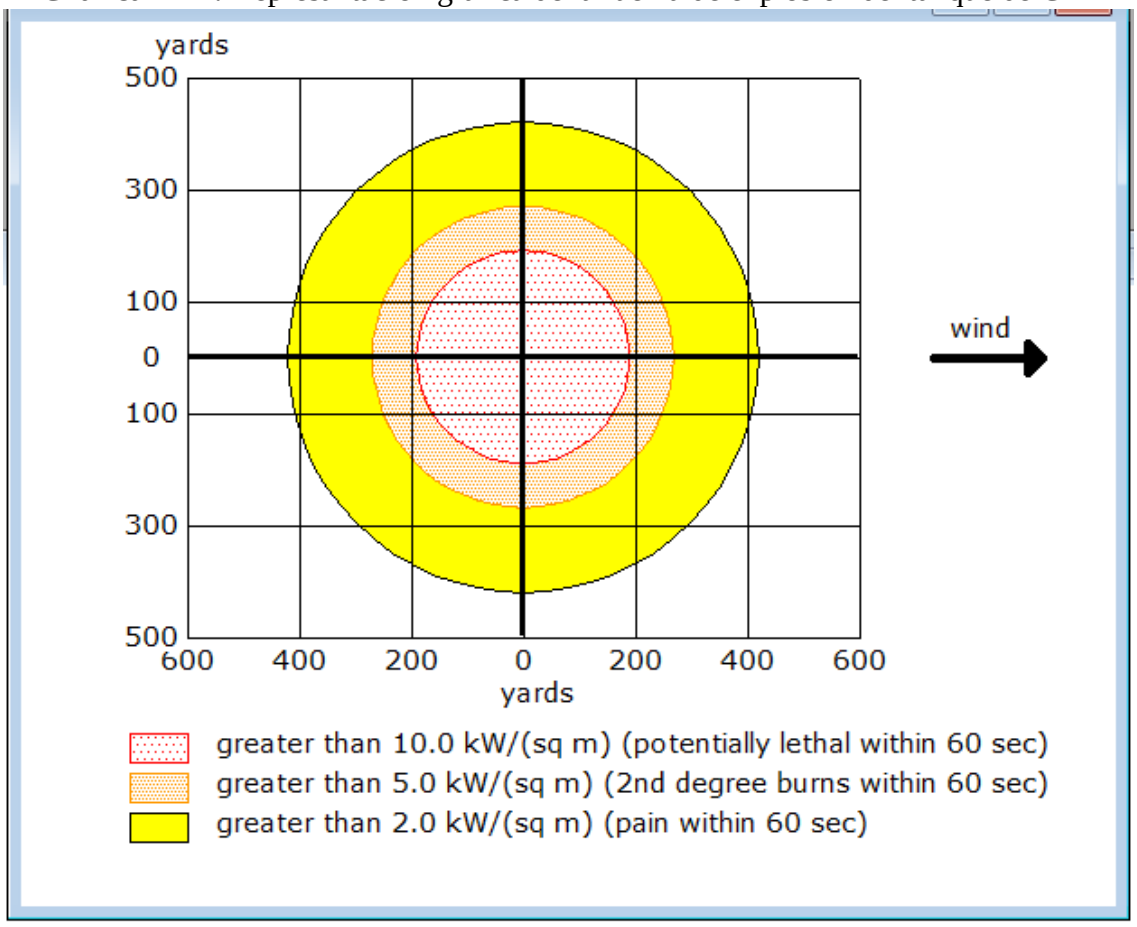
Modelado de amenaza: radiación térmica de bola de fuego

Rojo: 173 metros --- (10,0 kW / (m2) = potencialmente letal en 60 segundos)

Naranja: 245 metros --- (5,0 kW / (m2) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos)

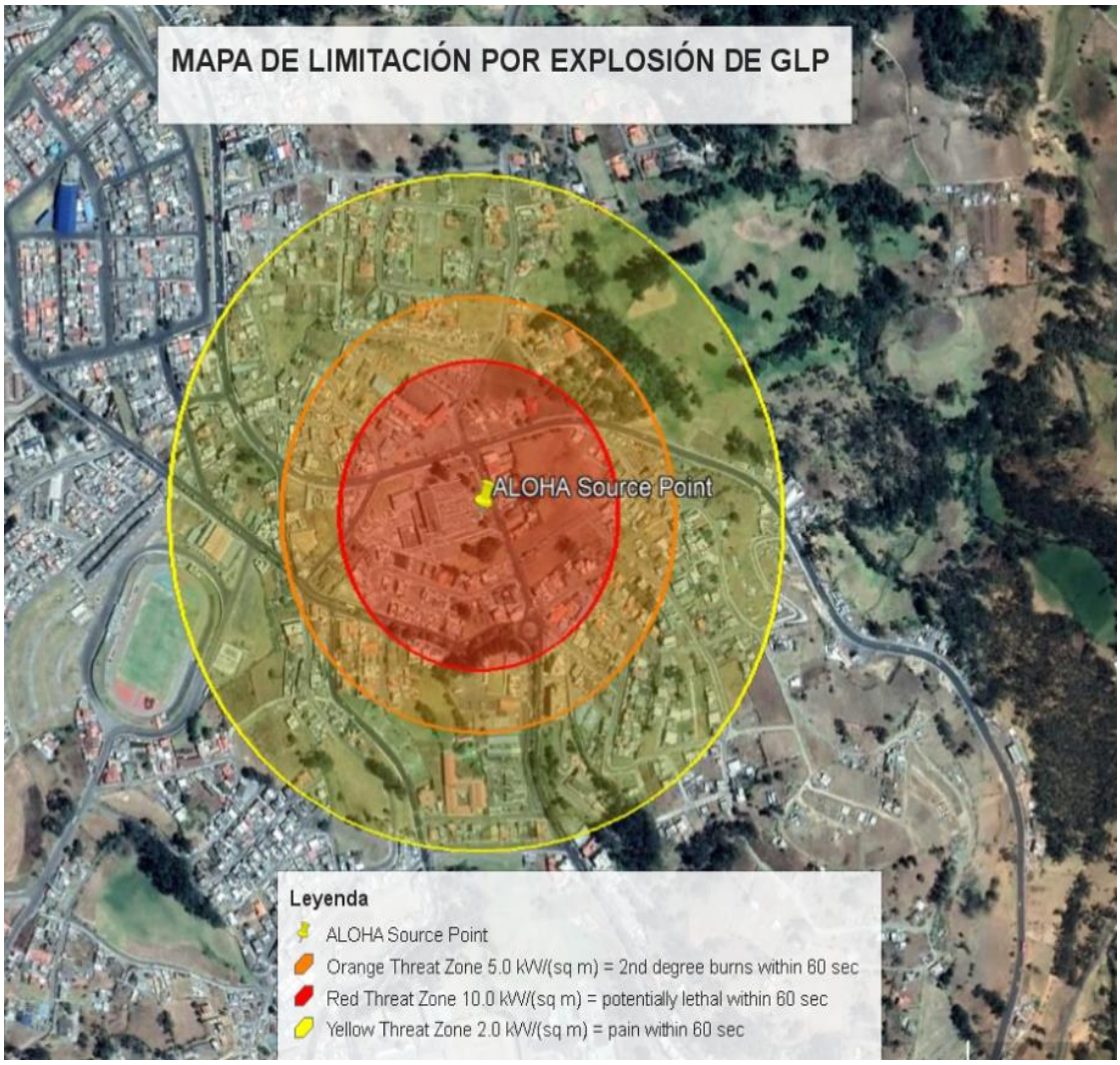
Amarillo: 384 metros --- (2,0 kW / (m2) = dolor en 60 segundos)

Grafica N° 7: Represantación grafica de la fuerza de explosión del tanque de GLP



Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Grafica N°8: Represantación Goegráfica de la fuerza de explosión del tanque de GLP



Elaborado por: Marina Toainga & Erika Valencia

Desarrollo de la herramienta siguiendo la metodología multicriterio para la identificación del área afectada ante la amenaza de explosión, analizando los siguientes escenarios que son:

- Tanque con Fuga, el producto químico no se quema y se escapa a la atmosfera
- El químico arde como un chorro de fuego
- El tanque explota y forma una bola de fuego

Para realizar el cálculo explosión de Gas Licuado de Petróleo en el Hospital Básico IESS Guaranda, se procede a realizar los siguientes parámetros: composición química de GLP, ubicación, temperatura, presión, altitud, velocidad del viento, diámetro, volumen, longitud.

Con los datos obtenidos de la modelación en el software libre ALOHA se obtuvo las gráficas que nos ayudan a analizar las zonas que van a ser afectadas si llegara a producirse una explosión en el hospital.

Al analizar la fuga de la sustancia emanada a la atmósfera determinamos la toxicidad, área de inflamabilidad y explosión.

Las zonas de amenaza, de color roja nos indica que de 0 a 132 metros las personas se intoxican de manera inmediata, la zona de color naranja nos muestra que de 132 - 213 metros las personas pueden salir sin sufrir daños en un tiempo de 30 minutos, y las persona que se encuentran a mayor distancia de 213 metros no sufren daños por intoxicación.

En el modelamiento del área inflamable de la nube de vapor se consideró, que en una distancia menor de 10 metros es poco probable que se inflame debido a la gran concentración de sustancia emitido a la atmósfera, de 10 a 11 metros cualquier fuente de ignición puede inflamarla, mayor de 11 metros no existe posibilidad que se inflame debido a la cantidad de O_2 existente en el ambiente.

Por otro lado, la atmósfera no es congestionada por lo que el área de explosión de la nube de vapor solo llega hasta los 112 metros, debemos tomar en cuenta que para determinar los daños de una explosión hay que analizar los datos de sobre presión, tomando en consideración que desde 0 a 69 metros existen colapsos de estructuras y a partir de los 112 metros solo tenemos fisuras leves en las edificaciones.

En la explosión de tipo jet fire la zona de amenaza nos indica que de 0 - 33 metros con una radiación térmica de 5 kW en metros cuadrados se presentan quemaduras de segundo grado en 60 segundos y después de 61 metros solo se va a sentir un calor leve.

La explosión tipo bleve determina la radiación térmica de bola de fuego la zona de color Rojo es más propensa a sufrir daños causadas por la flama, de 0 - 173 metros con una radiación térmica 10.0 kW / (m2) es potencialmente letal en 60 segundos, la zona Naranja: expresa un área afectada de 245 metros con una radiación de 5.0 kW / (m2) tienen

quemaduras de segundo grado en 60 segundos y la Amarilla manifiesta en 384 metros con radiación de 2.0 kW / (m2) con dolor en 60 segundos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Según la última certificación realizada en el año 2016, la institución cumple con los requisitos establecido en la norma NTE INEN 226010, donde se realizaron la prueba de hermeticidad, hidrostática, y de medición de espesores, las mismas que tienen una vigencia de 4 años de duración.

- La implementación de las bombonas de Gas Licuado de Petróleo se realizó en el año 2006, tomando en cuenta que la vida útil del contenedor de almacenamiento es de 16 años, por tal razón existen revisiones diarias para evitar posibles fugas que desencadenen un evento peligroso. Mediante la investigación realizada ha dejado en evidencia que la institución que no cuenta con señaléticas de prohibiciones visibles para el público.

- Con los datos remitidos por la institución se logró realizar el análisis cuantitativo de la población expuesta, dando como prioridad la identificación de los niveles de vulnerabilidad del personal, pacientes y población flotante, ante la ocurrencia de una emergencia por explosión del Gas Licuado de Petróleo en el Hospital IESS.
  Cantidad del personal de influencia.
  Personal que labora 130, pacientes 10, población flotante 341, población de la ciudadela (por familias) 300, mediante el análisis realizado obtuvimos un total de 681, de la población expuesta a sufrir afectaciones en caso de producir un evento peligro.
  El nivel de vulnerabilidad.
  Para identificar el nivel de vulnerabilidad se consideró, a la población expuesta que su nivel de vulnerabilidad muy alto desacuerdo a los rangos determinados (0-3 bajo; 1, color blanco), (4-6 medio; 2 color amarillo), (7-10 alto color naranja) (mayor de10; muy alto, color rojo), capacidad de respuesta se consideró el nivel de vulnerabilidad medio.

- El GLP es utilizado para la generación de aire caliente, subministrar los equipos de aire acondicionado en el Hospital Básico IES Guaranda, mediante la simulación realizada en el software ALOHA se determinó el área de afectación y las consecuencias que trae consigo una explosión tipo bleve, dando conocer que la zona roja es la más afectada de 0 a 173 metros con una radiación térmica de 10.0 kW / (m2) es potencialmente letal en 60 segundos, la zona Naranja: expresa un área afectada de 245 metros con una radiación de 5.0 kW / (m2) tienen quemaduras de segundo grado en 60 segundos y la Amarilla manifiesta en 384 metros con radiación de 2.0 kW / (m2) con dolor en 60 segundos.

5.2. Recomendaciones

- Se debe continuar con el mantenimiento de las bombonas de GLP y con la inspección visual interna y externa para identificar si existe corrosión, abolladuras, hundimientos, fisuras, verificar que las válvulas estén en buen estado para recalibrar en caso de ser necesario.

- Se recomienda colocar señaléticas de prohibición en el área de ubicación del GLP para evitar errores humanos y acceso del personal no autorizado.

- Para mejorar la capacidad de respuesta es recomendable priorizar la amenaza a la que se encuentran expuestos realizando un plan de contingencia, realizar capacitaciones a las brigadas de incendio y primeros auxilios de forma periódica, mínimo 4 veces por año a la comunidad Hospitalaria.

6. BIBLIOGRAFÍA

Bembibre, C. (S.f de 2 de 2010). *Definición de Cálculo*. Obtenido de www.definicionabc.com: https://www.definicionabc.com/general/calculo.php

Blancarte, W. (17 de 07 de 2018). *El triángulo del fuego: ¿Cómo se origina un incendio?* Obtenido de industria/seguridad-industrial-y-ecologia: https://www.visionindustrial.com.mx/industria/seguridad-industrial-y-ecologia/el-triangulo-del-fuego-como-se-origina-un-incendio

Carrari, C., Aparicio, L., Bandoni, J., & Tonelli, S. (S.f de S.f de 2004). *https://cimec.org.ar.* Obtenido de UTILIZACION DE MODELOS DE DISPERSION ATMOSFERICA: https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/download/381/368

Centro Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional - CCSSO. (30 de 10 de 2006). *Glosario de términos MSDS*. Obtenido de Recurso Nacional Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional: http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/glossary/msds_gloss_h.html?fbclid=IwAR38wSMCcIuYiW3jZbG75R8MCpUqav10SbNF6rJlkKfzSh8NQHgdCZxY49g

Lamirán, J. (2010). *Incendios de combustibles líquidos.* Obtenido de Curso de formación básica para bomberos: https://www.bombersdv.es/wp-content/uploads/2016/08/6.4-COMBUSTIBLES-LIQUIDOS-2010.pdf

Abelló, L. (07 de 2009). *Manipulación del gas licuado del petróleo.* Obtenido de Consejo de seguridad 14 v 12: https://www.linde-gas.es/es/images/CS_14_%20v%2012%20%28manipulaci%C3%B3n%20del%20gas%20licuado%20del%20petr%C3%B3leo%29_tcm316-25940.pdf

Alcántara, M., & Gonzalez, T. (10 de 12 de 2001). *Modelos de radios de afectación por explosiones en instalaciones de gas.* Obtenido de Centro Nacional de Prevención de Desastres, Primera edición, Méjico D.F.: http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/373/1/images/it_mraeig.pdf

Asamblea Cosntiutyente. (7 de 05 de 2011). *Constitución de la República del Ecuador 2008.* Obtenido de www.asambleanacional.gob.ec: https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf

Asamblea General de las Naciones Unidas. (1 de 12 de 2016). *Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres.* Obtenido de www.preventionweb.net: https://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportspanish.pdf

Bermejo, E. (11 de 08 de 2020). *¿Qué es la tecnología ARCGIS?* Obtenido de geoinnova.org: https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-la-tecnologia-arcgis/

Bestratén, M., & Turmo, E. (2019). *NTP 293: Explosiones BLEVE (I): evaluación de la radiación térmica.* Obtenido de Centro Nacional de Condiciones de Trabajo, La Paz - Bolivia:

https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_293.pdf/ea4f0605-43a9-4207-b54b-870440eb6206

Bestratén, M., & Turmo, E. (2019). *NTP 293: Explosiones BLEVE (I): evaluación de la radiación térmica.* Obtenido de MInisterio de Trabajo y Asuntos Sociales, España: https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_293.pdf/ea4f0605-43a9-4207-b54b-870440eb6206

Botta, N. A. (2015). *Dinámica de las Explosiones Industriales.* Argentina: 1ª Edición . Obtenido de Dinámica de las Explosiones Industriales.

Buitrago, J. (2003). *Aplicación del Modelo Gaussiano para determinar la calidad del aire en Manizales.* Obtenido de Tesis de Maestría en medio ambiente y desarrollo, con énfasis en áreas urbanas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales: http://bdigital.unal.edu.co/969/1/jaimehernanbuitragoarango.2003.pdf

Carrasco, D. (28 de 06 de 2013). *Investigación*. Obtenido de http://grsanchez.blogspot.com: http://grsanchez.blogspot.com/2013/06/niveles-de-investigacion_28.html

Casado, C. (2006). *Manual Básico de Matlab.* Obtenido de Servicio Informáticos U.C.M.: http://webs.ucm.es/centros/cont/descargas/documento11541.pdf

Connor, N. (26 de 9 de 2019). *¿Qué es el proceso isentrópico?* Obtenido de Thermal Engineering: https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-proceso-isentropico-definicion/

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONACYT. (21 de 07 de 2020). *Métodos Estadísticos Básicos.* Recuperado el 21 de 07 de 2020, de CIMAT, Centro de Investigación en Matemáticas A.C. Gobierno de México: https://www.cimat.mx/es/node/798

Contaminación Ambiental. (2015). *Los modelos de dispersión y concentración de los contaminantes atmosféricos*. Obtenido de https://contaminacionambiental.info/los-modelos-dispersion-concentracion/

Coorporación IRCONGAS. (15 de 07 de 2019). *Historia del GLP*. Recuperado el 09 de 07 de 2020, de https://www.ircongas.com/historia-del-glp/

Corporagas UNIGAS - Colombia. (2013). *Qué es el GLP*. Recuperado el 09 de 07 de 2020, de unigas.com: http://unigas.com.co/nosotros/que-es-glp

Duran, A. (04 de 11 de 2014). *gasglptecnologo.blogspot.com*. Recuperado el 09 de 07 de 2020, de Riesgos ligados a las condiciones de seguridad: https://gasglptecnologo.blogspot.com/2014/11/elgas-licuado-del-petroleo-glp-es-la_4.html

Ellis , J., & Guardado Lacaba , R. (2012). *Deslizamientos : Efectos , Evaluación y Gestión de Riesgos* . Quito : UNESCO.

Escuela profesional de medicina del trabajo - UCM. (2014). *Explosiones.* Obtenido de https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2014-12-17-Tema%205.%20Explosiones.pdf

Exeptional Energy - LPG. (07 de 2017). *Características del Gas Licuado de Petróleo - GLP.* Recuperado el 09 de 07 de 2020, de Exceptional Energy LGP: http://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2017/07/WLPGA-EE-PDF-ES.V1.pdf

Garcia, H. (11 de 04 de 2016). *sig-geek.blogspot.com.* Obtenido de sig-geek.blogspot.com: http://sig-geek.blogspot.com/2016/04/aloha-programa-de-modelado-de-riesgos.html

García, J., Reding, A., & López, J. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *ELSEVIER*, 217.

Gestión del riesgo de desastres. (15 de 10 de 2017). *Tipos de vulnerabilidad.* Obtenido de http://perugrd.blogspot.com: http://perugrd.blogspot.com/2017/10/tipos-de-vulnerabilidad.html

Gómez, Á. (10 de 10 de 2018). *Qué es y para qué sirve el muestreo estadístico.* Recuperado el 23 de 07 de 2020, de Fundación comunicación: https://isdfundacion.org/2018/10/10/que-es-y-para-que-sirve-el-muestreo-estadistico/

Gonzales, E., Ruiz, F., Doval, M., Jiménez, T., Miñana, A., Ruiz, J., & Martínez, J. R. (2003). *Zonas de planificación para accidentes gravesde tipo tóxico.* Obtenido de Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Murcia. Editorial F.G. GRAF, S.L. Murcia - España: https://www.um.es/grupos/grupo-seguridad-higiene/guias/Guia_tecnica_Zonas_planificacion_para_accidentes_graves_de_tipo_toxico.pdf

Grupo LAARCOM. (2020). *Tipos de incendio.* Obtenido de www.laarcom.com: https://www.laarcom.com/tipos-de-incendio

Hernández, H. (11 de 04 de 2016). *ALOHA, Programa de Modelado de Riesgos Químicos*. Obtenido de sig-geek.blogspot.com: http://sig-geek.blogspot.com/2016/04/aloha-programa-de-modelado-de-riesgos.html

Instituto Ecuatoriano de Normailización - INEN. (1998). *Prevención de incendios, requisitos de seguridad en plantas de almacenamiento y envasados de gas licuado de petróleo (GLP).* Obtenido de Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 536: 98 Segunda Revición. Primera edición. Quito - Ecuador: http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-1536-PREVENCI%C3%93N-DE-INCENDIOS.-REQUISITOS-DE-SEGURIDAD-EN-PLANTAS-DE-ALMACENAMIENTO-Y-ENVASADO-DE-GAS-LICUADO-DE-PETR%C3%93LEO-GLP.pdf

Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (2010). Cliasificación de las instalaciones. En *Instituto Ecuatorina de Normalización* (pág. 40). Quito - Ecuador: INEN.

Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (2010). Norma Técnica Ecuatoriana. En I. 1. 534:2001. Quito - Ecuador: Primera Edición.

Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (12 de 2015). *Prevención de incendios, almacenaje de cilindros para gas licuado de petróleo (GLP), reguisitos.* Obtenido de Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1534, Segunda revisión 2015 - 12. Quito - Ecuador: http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-1534-PREVENCI%C3%93N-DE-INCENDIOS.-ALMACENAJE-DE-CILINDROS-PARA-GAS-LICUADO-DE-PETROLEO-GLP.-REQUISITOS.pdf?fbclid=IwAR2q9EGd8_4U0TPsa2MhsGoM-C0E41zlFM85BNMpX7FKatByqGM14B6bEUg

Izcapa, C. (04 de 2015). *Propiedades físico químicas y características de peligrosidad de las sustancias químicas.* Recuperado el 14 de 07 de 2020, de Coordinación Nacional de Portección Civil - México: http://www.cenapred.gob.mx/es/documentosWeb/Enaproc/Presentacion_IPQ.pdf

Koepler, R. (02 de 2020). *Como proteger el almacenamiento de líquidos Clase IIIB contenidos en envases de plástico*. Recuperado el 09 de 07 de 2020, de nfpa-30-codigo-de-liquidos-inflamables-y-combustibles: https://www.nfpajla.org/archivos/exclusivos-online/ocupaciones-industriales-almacenamiento/875-como-proteger-el-almacenamiento-de-liquidos-de-clase-iiib-contenidos-en-envases-de-plastico

Mariaxhe. (23 de 09 de 2012). *Explosiones*. Obtenido de https://www.taringa.net: https://www.taringa.net/+offtopic/explosiones_12y3s0

Ministerio de Energía y Minas. (25 de 05 de 2004). *Reglamento técnico de comercialización de gas licuado.* Obtenido de Acuerdo Ministerial 116. Registro Oficial 313 de 08-may-1998. Quito - Ecuador: https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/acuerdo-ministerial-116-de8-may-de-1998.pdf

Ministerio de Relaciones Laborales. (13 de 8 de 2013). *Espaios confinados.* Obtenido de http://www.trabajo.gob.ec: http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NT-12-Espacios-Confinados.pdf

Molina , J. (2014). *Riesgo: incendios y explosiones*. Recuperado el 09 de 07 de 2020, de Prevención, protección y protocolos de emergencia: https://sites.google.com/site/prevencionderiesgosyaccidentes/tipos-de-riesgos-y-su-prevencion/riesgo-incendios-y-explosiones

Molina, S. (S.f de S.f de 2015). *https://repositorio.uisek.edu.ec.* Obtenido de Evaluación%20del%20nivel%20de%20riesgo%20y%20propuesta%20de%20un%20sistema%20contra%20incendios%20para%20tanques%20de%20almacenamiento%20de%20gas%20licuado%20de%20petróleo%20para%20minimizar%20el%20riesgo%20de%20incendio%20y%20explosión.pdf: https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1384/1/Evaluación%20del%20nivel%20de%20riesgo%20y%20propuesta%20de%20un%20sistema%20contra%20incendios%20para%20tanques%

Normativa Hidrocarburífica. (24 de 11 de 2011). *www.secretariahidrocarburos.gob.ec.* Obtenido de www.secretariahidrocarburos.gob.ec: http://www.secretariahidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/08/NORMATIVA_HIDROCARBURIFERA.pdf

Organismo supervisor de la inversión de la energía y mineral - OSINERGMIN. (09 de 2011). *Propiedades y Caracteristicas del Gas Licuado de Petroleo.* Recuperado el 09 de 07 de 2020, de https://es.slideshare.net: https://es.slideshare.net/rgrados/propiedades-y-caractersticas-del-glp-9166571

PERUGRD. (15 de 10 de 2017). *Tipos de vulnerabilidad.* Obtenido de http://perugrd.blogspot.com: http://perugrd.blogspot.com/2017/10/tipos-de-vulnerabilidad.html

Piesrs , B., & Ian , D. (S.f de Julio de 1994). *http://cidbimena.desastres.hn.* Obtenido de http://cidbimena.desastres.hn/pdf: S.f

Ponce, G. (2014). *Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social IESS - Guaranda 1.* Obtenido de Historia del Hospital Humberto del Pozo Saltos: https://mydokument.com/hospital-iess-guaranda-1-humberto-del-pozo-saltos.html

Riesgos Patrimoniales - RIMAC. (S.f de S.f de 2006). *Incendios - Fuentes de ignición*. Obtenido de https://prevencionrimac.com/riesgospatrimoniales/Herramientas/Causa-siniestros/Incendios/Fuentes-ignicion

Rodriguez, D. (04 de 04 de 2015). *Calculo del Riesgo de un Proyecto*. Recuperado el 14 de 07 de 2020, de Prezi: https://prezi.com/efyepbtwocgi/calculo-del-riesgo-de-un-proyecto/

Serrano, J., Pedroso, I., Pérez, O., Chang, S., Pérez, R., Fonseca, E., & Santiago, A. (2014). *Metodologías para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial.* (G. d. (AMA), Ed.) La Habana - Cuba: Primera parte.

Sistema de Transporte para la Industria Química - Venezuela. (S.f de 02 de 2007). *Gas Liuado de Petróleo GLP.* Recuperado el 22 de 07 de 2020, de Hoja de datos de seguridad para sustancias químicas: https://www.buenaventura.com/assets/uploads/hoja_de_datos_de_seguridad_del_material_hdsm/2018/HDSM_0181-A_GLP%20LLAMA%20GAS_N.E..pdf

Taco, R., & Llumiguano, J. (2017). Capítulo I. En *Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social* (pág. 6). Guaranda: IESS.

TRI Chemical List . (S.f de S.f de 2013). *https://19january2017snapshot.epa.gov.* Obtenido de https://19january2017snapshot.epa.gov: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj-1tPH9pDrAhVJmeAKHRXGAcQQFjAEegQIBBAB&url=https%3A%2F%2F19january2017snapshot.epa.gov%2Fsites%2Fproduction%2Ffiles%2F2015-01%2Fdocuments%2F3-2013-tri-na-releases-of-

Turmo Sierra, E. (2019). *Explosiones BLEVE, evaluación de la radiación térmica*. Obtenido de Ministerio del trabajo y asuntos sociales de España: https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_293.pdf/ea4f0605-43a9-4207-b54b-870440eb6206

Ulloa, F. (2011). *Manual de Gestión de Riesgos de Desastre para comunicadores sociales.* Obtenido de Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura. Representación en Perú: http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2344/doc2344-contenido.pdf

Universidad de Guanajuato. (05 de 2010). *http://www.dcne.ugto.mx/Contenido/CCESH/Fichas Seguridad.* Obtenido de http://www.dcne.ugto.mx/Contenido/CCESH/Fichas Seguridad: http://www.dcne.ugto.mx/Contenido/CCESH/Fichas%20Seguridad/Gas%20Liquado%20de%20Petroleo.pdf?fbclid=IwAR1l06oxpc1Hfwp0RVNedl-0LDV2goPrbK7BqJpdt6xWcdFUphJOfrWOJvU

Vargas, J. (4 de 2002). *Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio naturales.* Obtenido de División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile: https://core.ac.uk/download/pdf/38672979.pdf

Venegas. V, D., & Ayabaca.S, C. (2019). Análisis del almacenamiento ensistemas de gas licuado de petróleo:tanques estacionarios vs. cilindros. *INGENIUS*, 113-114.

Villafañe, D. (s.f de s.f de 2013). *bitstream/handle/10803/128931.* Obtenido de Estudiodela dispersión e incendio de nubes inflamablesde gas(GNL y GLP): https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/128931/TDVS1de1.pdf?sequence=1

Wikipedia. (15 de 07 de 2020). *Dispersión Química*. Obtenido de Dispersion_(chemistry): https://es.qwe.wiki/wiki/Dispersion_(chemistry)

Wilches, G., & Chaux. (S.f de S.f de 2012). *Vulnerabilidad Global.* Obtenido de www.desenredando.org: https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap2.htm

Woodward, J., & Pitblado, R. (2010). *LNG Risk Based Safety: Modeling and Consequence Analysis.* Tapa dura: WILEY.

Zagal, J. (S.f de Diciembre. de 1996). Método de evaluación de riesgos en accidentes químicos. *Memorias del Simposio*. México.

Zapata, J. (07 de 2012). *Metodo Heuristico.* Recuperado el 21 de 07 de 2020, de Instituto Universitario Politécnico "SANTIAGO MARIÑO: https://analisisheuristicos.wordpress.com/metodo-heuristico/

ANEXOS

Anexo N° 1: Ficha de observación del almacenamiento de GLP en el Hospital Básico Guaranda IESS

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CARRERA ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

Ficha de observación sobre almacenamiento de GLP en el Hospital Básico de Guaranda IESS

Indicadores	Escala	
	SI	NO
Los tanques están en espacios bien ventilados, protegidos del sol, del agua, de la lluvia, de la humedad y de ambientes corrosivos	X	
El área de almacenamiento se identificada claramente		X
Accesible solamente a personal entrenado y autorizado.		X
Esta aislada de áreas muy transitadas.		X
La distancia a límites de propiedad es de 3 metros medidos desde las paredes del tanque.	X	
El tanque es de color oscuro		X
Se realizan controles periódicos que incluyan la revisión del tanque para prevenir posibles fugas.	X	
Está conectado eléctricamente a tierra el tanque y las tuberías de conducción para evitar que la generación de energía electrostática provoque un incendio.	X	
Los tanques cuentan con una instalación separada y segura que impida la manipulación de registros y válvulas de personal inexperto.	X	
Tienen avisos visibles prohibiendo fuentes de ignición como cigarrillos encendidos, llamas abiertas o calor intenso en la zona de almacenamiento o en sus entradas y salidas.		X
El depósito está instalado a nivel del suelo	X	
Se mantiene seca la superficie del área de almacenamiento para proteger los tanques contra la corrosión.	X	
Disponen por lo menos con un extintor por cada 200 metros cuadrados	X	
Disponen de suficiente número de tomas de agua con sus correspondientes mangueras. El agua se usa en forma de rocío para enfriar los contenedores expuestos al fuego en caso de incendio, pero no para intentar extinguir el fuego, puesto que ésta es inefectiva al no ser capaz de enfriar el material por debajo de su punto de inflamación.	X	
Tienen sistemas de alarma para detección de conatos de incendio, activadas manual o automáticamente.	X	

Anexo N° 2: Modelo de entrevista

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO

CARRERA ADMINISTRACIÓN PARA DESATRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

Entrevista

Cuestionario semi estructurado

1. ¿Conoce sobre la vulnerabilidad tecnológica?

   ---

2. ¿A qué tipo de riesgos están expuestos en el Hospital Básico IESS?

   ---

3. ¿Conocen que sustancias o materiales podrían producir una explosión o un incendio inesperado?

   ---

4. ¿En las áreas que cuentan en el hospital cual sería la más vulnerable en caso de ocurrir una explosión?

   ---

5. ¿En la institución alguna ves a ocurrido un incidente (explosión o incendio)?

   ---

6. ¿Cuentan con gabinetes contra incendios y a que distancia están ubicado cada uno de ellos?

   ---

7. ¿Cuenta con un plan de contingencia ante emergencia en caso de ocurrir un evento peligroso?

   ---

8. ¿En caso de producir un evento peligro, saben cómo actuar?

Anexo N° 3: Evidencia fotográfica

Ubicación de los tanques de GLP










AgipGas
EMERGENCIAS
1800 - AgipGas
1800 - 2 447-427

