



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**FACULTAD DE 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:**

Análisis de riesgo de explosión por transporte de GLP y modelamiento gráfico de exposición con el método ALOHA para reducir consecuencias en el área urbana del cantón Guaranda. Periodo

noviembre 2022 – febrero 2023.

**AUTORES:**

Diana Karolina Ramos Valdiviezo

Luis Alejandro Gutiérrez Guamán

**TUTOR:**

Ing. Paúl Sánchez Franco

**PERIODO ACADÉMICO**

2022 – 2023

# I.CERTIFICADO EMITIDO POR EL TUTOR PARA EL PROCESO DE EMPASTADO



Guaranda, 19 de junio de 2023

El suscrito Ingeniero Paúl Sánchez Franco, en calidad de **TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, docente de la Universidad Estatal De Bolívar.

## CERTIFICA

Que el Sr. **Gutiérrez Guamán Luis Alejandro**, portador de la cédula de ciudadanía N°. **0202026928**, y la Srta. **Ramos Valdiviezo Diana Karolina**, portadora de la de cédula de ciudadanía N°. **0202493292**, estudiantes de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO, culminados en la **Carrera Administración para Desastres y Gestión del Riesgo**, modalidad presencial, una vez revisado el documento *“Análisis de riesgo de explosión por transporte de GLP y modelamiento gráfico de exposición con el método ALOHA para reducir consecuencias en el área urbana del cantón Guaranda. Periodo noviembre 2022 – febrero 2023.”*, pueden proceder a realizar el proceso del empaste de su proyecto de investigación.

**Atentamente,**



---

Sr. Paúl Sánchez Franco  
**Tutor del Proyecto de Investigación**

## II. DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR



**BIBLIOTECA  
GENERAL**

### DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, **Gutiérrez Guamán Luis Alejandro** y **Ramos Valdiviezo Diana Karolina** portadores de la Cédula de Identidad No. 0202026928 y 0202493292 en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: “Análisis de riesgo de explosión por transporte de GLP y modelamiento gráfico de exposición con el método ALOHA para reducir consecuencias en el área urbana del cantón Guaranda. Periodo noviembre 2022 – febrero 2023.”, modalidad presencial, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Luis Alejandro Gutiérrez Guamán

Diana Karolina Ramos Valdiviezo



.....  
Firma



.....  
Firma

**III. CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR  
EL TUTOR(A)**

**CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO  
INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.**

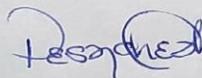
**Guaranda, 11 de abril de 2023.**

El suscrito Ingeniero Paúl Sánchez Franco, en calidad de Tutor del Proyecto de Investigación, docente de la Universidad Estatal de Bolívar

**CERTIFICA:**

Que el proyecto de investigación titulado: “Análisis de riesgo de explosión por transporte de GLP y modelamiento gráfico de exposición con el método ALOHA para reducir consecuencias en el área urbana del cantón Guaranda. Periodo noviembre 2022 – febrero 2023.”; realizado por los señores: Gutiérrez Guamán Luis Alejandro y Ramos Valdiviezo Diana Karolina ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad, facultando a los interesados dar al presente documento el uso legal que estimen conveniente.



**ING. PAUL SANCHEZ FRANCO.**

**TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE PRE GRADO**

#### **IV.DEDICATORIA**

A Dios por darme la bendición de estar con vida y poder cumplir uno de mis grandes objetivos.

El presente trabajo está dedicado con todo mi corazón a mi madre Leidy Guamán, sin ella no lo habría logrado. Su bendición a diario, su apoyo incondicional a lo largo de mi vida me ha llevado por el camino del bien. A mis abuelitos mis segundos padres que me enseñaron el valor del sacrificio, trabajo, humildad y honradez y que ahora desde el cielo me iluminan para seguir adelante y a toda mi familia por su apoyo moral, este logro es por ustedes, gracias por todo ese apoyo.

**Luis Alejandro Gutiérrez Guamán**

A Dios por su amor incondicional y por todas sus bendiciones que día a día me han mantenido de pie para llegar a ser una profesional.

A mis padres Laura y Hugo que son mis pilares fundamentales por todo el apoyo brindado, por la constancia, la dedicación y el amor por ser siempre ese ejemplo a seguir gracias Papi gracias Mami por todo el sacrificio que han hecho para sacarme adelante

Finalmente, a mi hermano Marlon que siempre estuvo pendiente de mí, de mis estudios para que pudiera ser como él una gran profesional.

**Diana Karolina Ramos Valdiviezo**

## **V. AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por ser el motor que impulsa mi vida y por estar conmigo en cada paso que doy. A mi madre por ser quien me ha acompañado en todo el trayecto de mi vida.

A la Universidad Estatal de Bolívar y a todos los profesores de la carrera de Administración para Desastres y Gestión Del Riesgo quienes nos han transmitido un legado de conocimiento y experiencia reflejado en este proyecto de investigación.

También agradezco a mi tutor de tesis al Ing. Paúl Sánchez Franco por habernos brindado sus conocimientos y experiencias, así como también por haber tenido toda la predisposición y paciencia para guiarnos durante todo el desarrollo de este trabajo.

**Luis Alejandro Gutiérrez Guamán**

Le agradezco a Dios infinitamente por toda la fortaleza que me ha brindado para llegar a donde estoy ahora.

Les agradezco a mis padres Laura Valdiviezo, Hugo Ramos y a mi hermano Marlon Ramos que, aunque no tuvieron los recursos para ayudarme siempre estuvieron conmigo brindándome su amor y miles de consejos que me han ayudado a superar muchas situaciones y a convertirme en una mejor persona

También quiero agradecer al Ing. Paúl Sánchez por sus conocimientos e inteligencia brindada durante este proceso de titulación.

**Diana Karolina Ramos Valdiviezo**

## **VI. TEMA**

**“ANÁLISIS DE RIESGO DE EXPLOSIÓN POR TRANSPORTE DE GLP Y  
MODELAMIENTO GRÁFICO DE EXPOSICIÓN CON EL MÉTODO ALOHA PARA  
REDUCIR CONSECUENCIAS EN EL ÁREA URBANA DEL CANTÓN GUARANDA.  
PERIODO NOVIEMBRE 2022 – FEBRERO 2023.”**

## VII. INDICE

I.	CERTIFICADO EMITIDO POR EL TUTOR PARA EL PROCESO DE EMPASTADO.....	2
II.	DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....	3
III.	CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR(A).....	4
IV.	DEDICATORIA.....	5
V.	AGRADECIMIENTO .....	6
VI.	TEMA .....	7
VII.	INDICE .....	8
VIII.	RESUMEN .....	15
IX.	SUMMARY .....	16
X.	INTRODUCCIÓN .....	17
	CAPÍTULO I.....	19
1.	EL PROBLEMA.....	19
1.1.	Planteamiento del Problema .....	19
1.2.	Formulación del Problema.....	21
1.3.	Objetivos.....	22
1.3.1.	Objetivo General.....	22
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	22
1.4.	Justificación de la Investigación .....	23

1.5.	Limitaciones.....	24
CAPÍTULO II.....		25
2.	MARCO TEÓRICO.....	25
2.1.	Antecedentes de la Investigación .....	25
2.2.	Bases Teóricas.....	27
2.2.1.	Origen del GLP .....	27
2.2.2.	Composición del GLP .....	27
2.2.3.	¿Para qué?.....	28
2.2.4.	Ventajas del GLP .....	28
2.2.5.	Características del Gas Licuado del Petróleo .....	28
2.2.6.	Propiedades del Gas Licuado de Petróleo .....	29
2.2.7.	Presión y Temperatura .....	29
2.2.8.	Inflamabilidad.....	30
2.2.9.	Propano.....	30
2.2.10.	Butano .....	33
2.2.11.	Dispersión.....	33
2.2.12.	Causas de las explosiones.....	34
2.2.13.	Transporte de GLP.....	35
2.2.14.	Riesgo de transporte de GLP.....	39
2.2.15.	Programa CAMEO.....	45

2.2.16.	ALOHA.....	45
2.2.17.	Tipos de escenarios de incendio y explosión .....	46
2.2.18.	Metodología Total Risk Evaluation System (TRES).....	49
2.3.	Definición de Términos .....	50
2.4.	Base legal.....	55
2.5.	Sistemas de hipótesis.....	60
2.6.	Sistemas de Variables.....	60
2.7.	Operacionalización de variables .....	61
CAPÍTULO III.....		63
3.	MARCO METODOLÓGICO .....	63
3.1.	Nivel de Investigación.....	63
3.2.	Tipo de investigación .....	63
3.3.	Diseño.....	63
3.4.	Población y Muestra.....	64
3.4.1.	Población.....	64
3.4.2.	Muestra.....	65
3.5.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	66
3.6.	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos, para cada uno de los objetivos específicos .....	67
CAPITULO IV .....		69
4.	RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	69

4.1.	Resultados según objetivo 1.....	69
4.1.1.	Resultados de encuestas sobre percepción del riesgo en la población.....	74
4.2.	Resultados según objetivo 2.....	76
4.3.	Resultados según objetivo 3.....	105
CAPÍTULO V.....		110
5.1.	CONCLUSIONES .....	110
5.2.	RECOMENDACIONES.....	111
BIBLIOGRAFÍA .....		112
ANEXOS.....		120

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Ubicación de la zona n° 1.....	70
Ilustración 2. Ubicación de la zona n° 2.....	71
Ilustración 3. Ubicación de la zona n° 3.....	72
Ilustración 4. Ubicación de la zona n° 4.....	73
Ilustración 5. Zona de amenaza de radiación térmica zona 1 .....	78
Ilustración 6. Modelamiento explosión de transporte de GLP “Zona 1” .....	79
Ilustración 7. Zona de amenaza de radiación térmica zona 2 .....	85
Ilustración 8. Modelamiento explosión de transporte de GLP “Zona 2” .....	86
Ilustración 9. Zona de amenaza de radiación térmica zona 3 .....	93
Ilustración 10. Modelamiento explosión de transporte de GLP "Zona 3" .....	94
Ilustración 11. Zona de amenaza de radiación térmica zona 4 .....	99
Ilustración 12. Modelamiento explosión de transporte de GLP "Zona 4" .....	100

## Índice de Tablas

Tabla 1. Características del gas propano .....	32
Tabla 2. Fórmula del propano.....	33
Tabla 3. Operacionalización de la variable independiente.....	61
Tabla 4. Operacionalización de variable dependiente.....	62
Tabla 5. Población de estudio .....	64
Tabla 6. Número de encuestados por zonas de estudio.....	74
Tabla 7. TOTAL RISK EVALUATION SYSTEM "Zona 1: Universidad Estatal de Bolívar" ...	80
Tabla 8. TOTAL RISK EVALUATION SYSTEM "Zona 2: Hospital del IESS" .....	87

Tabla 9. TOTAL RISK EVALUATION SYSTEM "Zona 3: Centro Gerontológico Residencial del Buen Vivir para Adultos Mayores “Amawta Wasi Samay”” .....	95
Tabla 10. TOTAL RISK EVALUATION SYSTEM "Zona 4: Hospital Básico Enrique Becerra" .....	101
Tabla 11. Medidas del sistema de reducción de riesgo de desastres para las zonas en estudio.	106

### **Índice de Figuras**

Figura 1. Camión cisterna o auto tanque de GLP a granel.....	37
Figura 2. Clasificación de riesgo DOT.....	38
Figura 3. Número ONU del GLP .....	38
Figura 4. Rombo de seguridad NFPA-704 para transporte de GLP .....	39
Figura 5. Diseño y capacidad del transporte de GLP.....	41
Figura 6. Representación de una cisterna con parasol .....	41
Figura 7. Boca de Hombre o tapa en una cisterna .....	42
Figura 8. Conducciones de carga y descarga.....	43
Figura 9. Válvula de corte de la cisterna .....	43
Figura 10. Indicador de nivel de GLP.....	44
Figura 11. Matriz del sistema TRES .....	49
Figura 12. Ítems para evaluación del riesgo del sistema TRES .....	50
Figura 13. Resultados de la encuesta de percepción del riesgo sobre el transporte de GLP.....	75

### **Índice de Anexos**

Anexo 1. Parámetros del sistema TRES (Total Risk Evaluation System) .....	120
Anexo 2. Encuesta semiestructurada percepción del riesgo.....	121
Anexo 3. Ficha de observación de campo .....	122

Anexo 4. Registro del transporte de autotanques de GLP.....	123
Anexo 5. Registro fotográfico .....	125

## VIII. RESUMEN

El presente proyecto de investigación se refiere al “**Análisis de riesgo de explosión por transporte de GLP y modelamiento gráfico de exposición con el método ALOHA para reducir consecuencias en el área urbana del cantón Guaranda**”, dicho estudio tuvo lugar en cuatro zonas susceptibles a sufrir daños con mayor concentración de vidas, propiedades y ambiente en el área urbana del cantón Guaranda.

Para determinar los radios potenciales de afectación por explosión en el transporte de GLP en auto tanques, se realizó mediante los software libres ALOHA y Google Earth, donde se contabilizó el número de afectados directos de acuerdo al modelamiento, además se empleó la matriz de la metodología TRES (TOTAL RISK EVALUATION SYSTEM) que permite categorizar los riesgos y conocer las afectaciones a la vida, propiedad y ambiente, estableciendo parámetros con enfoque mixto (Cuali-cuantitativo) de acuerdo a las áreas de estudio con el fin de establecer los niveles de riesgo.

Tiene como resultado el modelamiento gráfico de una explosión tipo BLEVE de acuerdo a la capacidad de transporte de GLP ( $45\text{m}^3$ ), donde se visualiza las zonas de afectación, además se consideró las pérdidas económicas, la velocidad de propagación del evento, probabilidad y prioridad. Una vez determinado el nivel de riesgo de explosión y sus consecuencias se exponen medidas de reducción de riesgo que son necesarias, con el fin de reducir daños a la vida, propiedad y ambiente de las diferentes zonas de estudio en el área urbana del cantón Guaranda.

**Palabras claves:** Análisis de riesgo, BLEVE, modelamiento, medidas reducción de riesgo, categorizar riesgos, afectación.

## IX. SUMMARY

This research project refers to the "Analysis of the risk of explosion due to the transport of LPG and graphic modeling of exposure with the ALOHA method to reduce consequences in the urban area of the Guaranda canton", said study took place in four areas susceptible to damage. with the highest concentration of lives, properties and environment in the urban area of Guaranda canton.

To determine the potential radius of affectation by explosion in the transport of LPG in auto tanks, it was carried out using the free software ALOHA and Google Earth, where the number of direct affected persons was counted according to the modeling, in addition the matrix of the methodology was used. TRES (TOTAL RISK EVALUATION SYSTEM) that allows categorizing risks and knowing the effects on life, property and the environment, establishing parameters with a mixed approach (Quali-quantitative) according to the study areas in order to establish risk levels .

It results in the graphic modeling of a BLEVE-type explosion according to the LPG transport capacity (45m<sup>3</sup>), where the affected areas are visualized, in addition to considering economic losses, the speed of propagation of the event, probability and priority. Once the level of explosion risk and its consequences have been determined, necessary risk reduction measures are exposed, in order to reduce damage to life, property and the environment in the different study areas in the urban area of the Guaranda canton.

Keywords: Risk analysis, BLEVE, modeling, risk reduction measures, categorize risks, affectation.

## X. INTRODUCCIÓN

El transporte de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en autotankes o camiones cisterna conllevan peligros y riesgos, debido a las propiedades físico-químicas altamente combustibles y explosivas. El presente proyecto de investigación se efectuó en cuatro zonas del área urbana del cantón Guaranda, donde se encuentra una mayor concentración de vida, propiedades y medio ambiente (Universidad Estatal de Bolívar, Hospital del IESS, Centro Gerontológico Residencial del Buen Vivir para Adultos Mayores “Amawta Wasi Samay”, Hospital Básico Enrique Becerra). El mayor riesgo que pueden presentar las zonas antes mencionadas del casco urbano del cantón Guaranda es la materialización de una explosión de gran magnitud, razón por la que se vuelve una necesidad analizar el riesgo de explosión por transporte de GLP.

Con el método de observación y de campo realizado en cada una de las zonas del área urbana del cantón Guaranda, se obtuvo información sobre el transporte de autotankes de GLP, ante una posible explosión de tipo BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion – Expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición). Donde se obtuvieron datos para realizar el modelamiento gráfico utilizando el método ALOHA de las Naciones Unidas (Areal Locations of Hazardous Atmospheres – Ubicaciones Zonales de Atmosferas Peligrosas), modelando las áreas de afectación ocasionadas por la explosión.

Esta investigación propone medidas de reducción de riesgo de desastres considerando las zonas de afectación ante una posible explosión por transporte de GLP en las diferentes zonas de estudio.

El presente documento se encuentra estructurado en capítulos:

Capítulo I: tenemos el planteamiento del problema, en el cuál se pretende dar a conocer importancia de realizar un análisis de riesgo del transporte de GLP.

Capítulo II: se da a conocer los antecedentes de investigaciones similares al presente documento, así como también una fundamentación teórica y base legal sobre el transporte de GLP en el Ecuador.

Capítulo III: se presenta las metodologías que se utilizaron para este trabajo de investigación.

Capítulo IV: se demuestra los resultados de acuerdo a cada objetivo planteado en la investigación.

Capítulo V: se determinan las conclusiones y recomendaciones en función a los objetivos planteados.

## CAPÍTULO I

### 1. EL PROBLEMA

#### 1.1. Planteamiento del Problema

El análisis de riesgos es una herramienta que se utiliza para estimar el nivel de peligro potencial de una actividad industrial para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales, en términos de cuantificar la magnitud del daño y la probabilidad de ocurrencia, por lo tanto trata de estudiar, evaluar, medir, prevenir los fallos y las averías de los sistemas técnicos y de los procedimientos operativos que pueden iniciar y desencadenar accidentes. (Gutiérrez, 2004)

En la publicación realizada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo establece que el riesgo de explosión de GLP es siempre un riesgo grave, ya que las consecuencias en caso de materializarse son graves o muy graves. Por eso, este riesgo debe estar controlado y las medidas preventivas a tomar deberían tener un carácter prioritario. (INSST, 2021)

El transporte en vehículos cisterna o auto-tanques del GLP es una fuente comercial existente a nivel mundial, donde el comercio exterior maneja una economía de más de 230.000 millones de dólares solamente en exportaciones, es así que dicha distribución a granel en “auto-tanques” se ha convertido en un punto clave de este negocio, para proveer el consumo masivo por parte de la población mundial que utiliza el GLP para el uso doméstico, comercial, industrial, entre otras aplicaciones. (Bajaña & Roldán, 2013)

Cabe mencionar que en el mundo han ocurrido explosiones de gran magnitud como el 19 de noviembre de 1984 en San Juan de Ixhuatepec, México, sucedió una decena de explosiones

BLEVES en una planta de gas de petróleos mexicanos debido al sobrellenado de uno de los depósitos y sobrepresión en la línea de transporte, uno de los depósitos viajó hasta 1.200 metros de distancia, dejando daños materiales a kilómetros de distancia, 500 muertos, más de 7.000 heridos y la planta quedó prácticamente destruida en su totalidad. (GUIAR, 2017)

En tanto a nivel regional se puede mencionar el hecho suscitado en Perú el 23 de enero del 2020 en un distrito del sur de Lima, que debido a una explosión de un camión que transportaba gas dejó al menos 15 muertos y 45 heridos, además de 20 casas afectadas, la causa de la explosión del accidente en el camión cisterna se habría producido debido a una fuga de gas por el desprendimiento de una manguera cuando el vehículo habría pasado por un reductor de velocidad. (El Comercio, 2020)

En Ecuador, el acontecimiento más relevante sucedió el 22 de diciembre del año 2008 en la ciudad de Portoviejo en Manabí, tras la explosión de un tráiler que transportaba 933 cilindros de GLP hacia un centro de acopio de la empresa Agip Gas, el accidente habría ocurrido al ser impactado por un automóvil, tras el choque los dos vehículos se habrían incendiado y provocaron que las bombonas de gas explotaran y salgan disparadas a una distancia de hasta 1 kilómetro, en la cual resultó una persona fallecida y varios heridos. (Diario, 2008)

Guaranda, al ser una ciudad que une la región sierra y costa, en la que se ha evidenciado el transporte de auto tanques con GLP por las principales vías del área urbana de la ciudad donde se efectuará el estudio, el Cuerpo de Bomberos de Guaranda, Policía Nacional, Agencia de Regulación y Control de Hidrocarburos (ARCH), Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no renovables (ARCERNNR) y autoridades del cantón, son las entidades encargadas del control y monitoreo, hasta la actualidad no se han evidenciado accidentes

mayores de relevancia a diferencia con otras ciudades, provincias y países, por lo que es importante la ejecución del proyecto de investigación.

En caso de un accidente por GLP puede causar una explosión poniendo en riesgo la vida de los habitantes, así como las propiedades en estudio y el medio ambiente del área urbana del cantón Guaranda debido a su alta concentración química e inflamabilidad, toxicidad y volatilidad del material peligroso, ante esta problemática, es importante realizar un análisis de riesgo de explosión por transporte de GLP para determinar las zonas de afectación, y qué medidas o acciones se pueden proponer para la reducción de riesgos de desastres.

De acuerdo al proceso de prácticas pre profesionales realizado en el Cuerpo de Bomberos de Guaranda se realizó el levantamiento de información sobre materiales peligrosos en el área urbana del cantón Guaranda, donde se pudo evidenciar una inadecuada gestión de riesgos con respecto al transporte de GLP, ya que no se evidencian investigaciones o estudios que identifiquen, evalúen y controlen los riesgos que conlleva el transporte de dicho material peligroso, de igual manera, el desconocimiento del personal de primera respuesta respecto a medidas de control, consecuencias y cómo se debe actuar en caso de llegar a producirse un accidente por transporte de GLP. Además, los organismos de respuesta no cuentan con personal capacitado, equipos e instrumentos especializados para atender una emergencia por transporte de GLP.

## **1.2. Formulación del Problema**

¿Cuáles son los riesgos de explosión por transporte de GLP y modelamiento gráfico de exposición con el método ALOHA para la reducción de consecuencias en el área urbana del cantón Guaranda, en el periodo noviembre 2022 a febrero 2023?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Analizar los riesgos de explosión por transporte de GLP y modelamiento gráfico de exposición con el método ALOHA para la reducción de consecuencias en el área urbana del cantón Guaranda.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las zonas de mayor concentración humana, propiedad y ambiente por medio de la georreferenciación en el área urbana del cantón Guaranda.
- Categorizar los riesgos de BLEVE por explosión de GLP mediante el programa CAMEO de NACIONES UNIDAS en el área urbana del cantón Guaranda.
- Proponer las medidas del sistema de reducción de riesgo de desastres para cada modelamiento en el área urbana del cantón Guaranda en el periodo noviembre 2022 a febrero 2023.

#### **1.4. Justificación de la Investigación**

El transporte de GLP representa un gran riesgo debido a sus gases que la componen como el butano y propano que son altamente volátiles que podría ocasionar una explosión de gran magnitud dependiendo de la capacidad de los auto tanques que lo transportan, este riesgo podría ocasionar múltiples accidentes en cuestión de segundos. Los principales factores causales de una explosión pueden ser: fuga de gases, accidentes de tránsito, malas condiciones climáticas, chispas, etc.

La presente investigación servirá para analizar el riesgo de explosión por transporte de GLP en el área urbana del cantón Guaranda, dado que representa graves consecuencias para la vida, propiedad y medio ambiente, mismo que se llevará a cabo en 4 zonas donde representan más afectaciones sobre los ítems mencionados anteriormente, esto se puede evidenciar en los exteriores de la “Universidad Estatal de Bolívar” donde se encuentra un gran número de estudiantes, tráfico vehicular, viviendas y las instalaciones de la institución que al suscitarse un accidente por explosión de GLP se vería afectada; de la misma manera cabe resaltar que en las calles “Eloy Alfaro” y “Av. Monseñor Cándido Rada” sector del “Centro Gerontológico Residencial del Buen Vivir para Adultos Mayores “Amawta Wasi Samay”” es crítico debido a que las calles no son las indicadas para el transporte de GLP, así como en los exteriores de las casas de salud “Hospital Básico Enrique Becerra” y “Hospital del IESS” que son entes de primera respuesta en caso de emergencias y cuidan la salud de la población guarandea, son los lugares que representarían mayores afectaciones al presentarse una emergencia por transporte de GLP.

El interés de desarrollo del trabajo de investigación se orientará en analizar el riesgo de explosión por transporte de GLP con el método ALOHA, mismo que permitirá conocer el área

de exposición y afectación en diferentes escenarios, de este modo se tendrá una idea de la magnitud de posibles eventos adversos de llegar a materializarse.

De ahí la necesidad de desarrollar el presente trabajo de investigación, debido al riesgo de explosión por transporte de GLP en el área urbana del cantón Guaranda, donde se evidencia la exposición a la vida, propiedad y medio ambiente al agente amenazante. Al no existir investigaciones sobre el transporte de GLP y al ser un gas de gran inflamación, se tendría graves afectaciones y daños que pueden llegar a ser incontrolables, hasta tal punto del colapso en la capacidad de respuesta de las instituciones de primera línea del cantón Guaranda, es por ello que se propone ejecutar este tema de investigación.

En base a los resultados obtenidos en el estudio, se contribuirá a reducir el riesgo de desastres ante posibles accidentes por explosión de transportes de GLP en el área urbana del cantón Guaranda, además se realizará un aporte técnico de medidas de reducción de riesgos para cada escenario en estudio.

### **1.5. Limitaciones**

Las limitaciones con las que se ha dificultado este trabajo de investigación son:

- Poca colaboración por parte de las instituciones públicas y privadas a la aplicación de encuestas sobre la percepción del riesgo por explosión de transporte de GLP.
- Falta de compromiso por parte de la Policía Nacional para realizar operativos de control a los transportes de GLP y se nos imposibilite tener un acercamiento directo con los conductores de los mismos.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación

El GLP es uno de los mayores hallazgos de la industria petrolera, a principios del siglo XX la gente empezó a utilizar este combustible en las cocinas de sus hogares, debido a su completa combustión se le empezó a aplicar en los sectores industriales, agrícolas y automotrices, lo que ha significado un aumento de la demanda cada año. (Quinde, 2012)

Efectuando investigaciones se puede mencionar trabajos similares que se pudieron encontrar en diferentes repositorios digitales de las universidades nacionales e internacionales:

Tema: Plan de transporte de gas licuado de petróleo y su influencia en el número de accidentes en la empresa de transporte M.A.R.A.S.A.C. (Ruiz, 2020).

Resumen: En el trabajo de investigación analizaron una de las problemáticas más comunes en el transporte de GLP, cuyo objetivo fue determinar la influencia de un plan de transportes de GLP en el N° de accidentes de la empresa de transportes M.A.R.A.S.A.C., realizado por Rafael Ruiz donde fundamentó en diseñar y aplicar un plan de transportes de GLP para prevenir el N° de accidentes en la empresa de transportes y determinar el número de accidentes luego de aplicar el plan de transportes en la empresa, lográndose determinar que el tipo de accidentes producidos en el transporte de GLP, son fugas, choques, explosiones, fallas mecánicas; y además determinó que el número de accidentes luego de aplicar el plan en sus fases preventiva y correctiva, obtuvo resultados positivos de dos fugas, 2 choques y una mecánica, esto mediante capacitaciones al personal y revisando periódicamente los vehículos usados.

Tema: “Análisis y evaluación de impacto y zonas de afección en caso de accidente mayor ocurrido por un incendio y/o explosión en la estación de servicio Beltrán, Santa Isabel 2019.”

(Cordero, 2019)

Resumen: Este proyecto de investigación para la obtención de título de magister en salud ocupacional y seguridad en el trabajo realizado por el Ing. Wilmer Cordero, tiene como finalidad analizar y evaluar el impacto, y las zonas de afección, donde se estimará las consecuencias de una posible explosión por medio de la aplicación del programa informático ALOHA, en el cual por medio de la simulación se determina las áreas de mayor afección como las áreas de seguridad. Una vez determinado el nivel de riesgo de incendio/explosión, y las consecuencias de estas elaboró un plan de emergencia y contingencia, con el fin de salvaguardar la integridad de los colaboradores de la empresa y usuarios.

Tema: “Cálculo de riesgo de explosión por GLP usando el método de dispersión Gaussiana en el hospital IESS del cantón Guaranda, provincia Bolívar.” (Toinga & Valencia, 2021)

Resumen: En este estudio realizado en el hospital del IESS del cantón Guaranda se enfocó en determinar el cálculo de riesgo de explosión de GLP en los cilindros estacionarios de la casa de salud, donde analizaron las características de almacenamiento del gas y su posible incidencia a la vida, ambiente y propiedad. Además, se determinaron las áreas de limitación por la afectación de explosión de GLP mediante el software ALOHA donde determinaron la distancia de afectación, así como también 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 con menos posibilidad a exponerse a la sustancia.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Origen del 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. (LPG Exceptional energy, 2015)

La historia del GLP está documentada a partir de principios del siglo XX, entre los años 1900 y 1912, en los Estados Unidos. En aquel tiempo, la gasolina que se producía se evaporaba muy rápido mientras estaba almacenada, debido a que el combustible contenía elementos inestables. Esto constituía un serio inconveniente para la industria. Una investigación llevada a cabo por el químico norteamericano Walter O. Snelling en 1911 descubrió que la evaporación era provocada por el propano y el butano que contenía la gasolina. Esto le llevó a crear un sistema que le permitió separar el butano y metano de la gasolina y a desarrollar un combustible nombrado como Gas Licuado de Petróleo, el cual posee la compatibilidad y portabilidad de un combustible líquido. (LPG Exceptional energy, 2015)

### **2.2.2. Composición del GLP**

El GLP es una combinación de moléculas de propano y butano, con trazas de otros compuestos. El GLP es incoloro e inodoro, se le añade un agente fuertemente “odorizante” para detectar con facilidad cualquier fuga, por pequeña que sea. En condiciones normales de temperatura, el GLP es un gas. Cuando se somete a presiones moderadas o se enfría, se transforma en líquido. En estado líquido, se transporta y almacena con facilidad; una vez

enfriado o presurizado, el GLP suele almacenarse en contenedores de acero o aluminio. (LPG Exceptional energy, 2015)

### **2.2.3. ¿Para qué?**

El GLP se utiliza de más de mil maneras. En la actualidad, cientos de millones de personas lo utilizan y dependen de él para aplicaciones muy variadas, en el sector terciario, la industria, el transporte, la agricultura, la generación de energía o para cocinar, como combustible de calefacción y en aplicaciones recreativas. (LPG Exceptional energy, 2015)

### **2.2.4. Ventajas del GLP**

- Eficiente: poder calorífico más alto que otros combustibles.
- Portátil: puede ser transportado fácilmente por tierra, mar o ferrocarril.
- Limpio: Bajo en carbono, no emite humo negro y no se derrama.
- Versátil: tiene múltiples usos en el hogar, transporte, industria, agricultura y diversión.
- Accesible: No requiere grandes inversiones en infraestructura para transportarlo.

### **2.2.5. Características del Gas Licuado del Petróleo**

- Permanece en estado gaseoso a la temperatura normal y a presión atmosférica se almacena y transporta en estado líquido en tanques.
- Es muy inflamable, cuando se escapa y se vaporiza se enciende violentamente con la menor llama o chispa.
- No tiene olor cuando se produce y licúa, pero se le agrega una sustancia de olor penetrante para detectarlo cuando se fugue, llamada etil mercaptano, no es tóxico, solo desplaza el oxígeno, por lo que no es propio para respirarlo mucho tiempo.
- No tiene color, es transparente como el agua en su estado líquido.

- El GLP, es excesivamente frío, porque cuando se licua se lo somete a muy bajas temperaturas, por lo cual al contacto con la piel producirá siempre quemaduras de la misma manera que lo hace el fuego.
- No es corrosivo y se disuelve en muchos productos. El Gas Licuado de Petróleo se puede suministrar a granel o envasados.
- Es más pesado que el aire, por lo que al escaparse, tenderá a ocupar las partes más bajas, como el piso, fosas y pozos que haya en el área.

#### **2.2.6. Propiedades del Gas Licuado de Petróleo**

Tiene la propiedad de pasar a estado líquido al someterlo a una presión relativamente superior a la atmosférica, propiedad que le confiere la gran ventaja de poder ser almacenado en estado líquido, ocupando un volumen muy reducido. Para comprender las características físicas – químicas y propiedades del butano y propano es necesario conocer que los mismos están compuestos por partículas extremadamente pequeñas en constante movimiento y a medida que aumenta la temperatura, más rápido es el movimiento de las partículas (Becerra, 2012)

Es importante señalar que el GLP es inflamable en concentraciones normales de oxígeno en el aire. El comportamiento de GLP dentro de recipientes obedece a características tales como la densidad, la relación líquido – vapor, la presión y temperatura, considerando que coexista las fases, permanecerá equilibradas siempre y cuando la temperatura del ambiente permanezca estable y las condiciones de operaciones y conservación de los recipientes sean apropiadas (Becerra, 2012).

#### **2.2.7. Presión y Temperatura**

Son las propiedades que más afectan el comportamiento de los gases. Su control es muy importante para la prevención y manejo de emergencias. Por acción de la presión y la

temperatura, el GLP líquido almacenado en el cilindro pasa a vapor, es decir, se vaporiza. (Ulloa, 2008)

Para permitir que el líquido se expanda libremente sin someter el recipiente a presiones excesivas, no se deben llenar los recipientes al 100%, sino que se deja un espacio de vapor, fijado por las normas técnicas. (Ulloa, 2008)

### **2.2.8. Inflamabilidad**

Esta propiedad muestra la facilidad de un material para encenderse o hacer combustión

Para que haya combustión deben estar presentes los siguientes elementos:

- Combustible (gas inflamable)
- Oxígeno del aire
- Fuente de ignición (chispas, llama, calor, etc)

Cuando estos elementos se mezclen en las cantidades apropiadas, producirán la combustión. Es decir, que la mezcla gas-aire solo será explosiva si la concentración del gas se encuentra dentro de los límites de inflamabilidad. (Ulloa, 2008)

### **2.2.9. Propano**

El propano es un Gas Licuado del Petróleo, es decir, un gas obtenido de los yacimientos del petróleo y del gas natural que se transforma en líquido para su distribución y uso doméstico o industrial. (PropanoGas, 2022)

No obstante, la definición de propano suele variar dependiendo de la naturaleza del tema. Podrás encontrar información diciendo que el gas propano es un elemento o un compuesto en

relación a su fórmula química, pero también, definiéndolo como un combustible o como un gas licuado. (PropanoGas, 2022)

### **2.2.9.1. ¿Cómo se obtiene el gas propano?**

El gas propano puede ser obtenido mediante el procesamiento del petróleo crudo en las refinerías y, en algunos casos, como un subproducto de las plantas químicas. Específicamente, se realiza una extracción a partir de corrientes de petróleo crudo y gas natural desde un depósito o un yacimiento. (PropanoGas, 2022)

Por tanto, los diferentes puntos de suministros que existen a la hora de extraer el gas propano del hidrocarburo determinan la pureza y la calidad del GLP. A continuación, te informamos sobre cada componente base y del lugar del cual se extrae para producir el propano.

- Gas natural a partir de un depósito de gas.
- Gas e hidrocarburos líquidos livianos desde un yacimiento de gas condensado
- Petróleo crudo y gas desde un yacimiento combinado de petróleo y gas

Cabe destacar que, antes del almacenamiento o transporte del petróleo crudo en barcos-cisternas, se debe bajar la presión de vapor para que pueda almacenarse en el tanque de forma segura. Esta reducción, conocida como estabilización del petróleo crudo y gas natural adicional, se logra mediante la eliminación del GLP y especies más ligeras. (PropanoGas, 2022)

### **2.2.9.2. Características del Gas Propano**

El propano es mucho más barato y eficiente que otro tipo de energías como la electricidad o el gasoil. Por eso, el gas propano al igual que el otro GLP, el gas butano, son usados para la calefacción, cocina y el agua sanitaria de los hogares, negocios e industrias. (PropanoGas, 2022)

Los dos gases principales que componen los gases licuados del petróleo son el gas butano y el gas propano. Estos gases son fácilmente licuables por sus características físicas, con lo que tienen una alta facilidad tanto para ser transportados en grandes cantidades como envasarlos en pequeñas bombonas o botellas. (PropanoGas, 2022)

**Tabla 1**

*Características del gas propano*

Densidad del propano	Masa molar del propano	Punto de ebullición del propano	Punto de fusión del propano	Temperatura crítica del propano	Poder calorífico del propano
1,83 kg/m <sup>3</sup>	44g/mol	-42 °C	-188 °C	94 °C	22000 kcal/m <sup>3</sup>

Nota. Esta tabla muestra las principales características del gas propano.

### 2.2.9.3. Composición del propano

La composición química del propano consiste en tres átomos de carbono y ocho átomos de hidrógeno, unidos por enlaces simples. Estos enlaces simples son lo que determinan de nombre en -ano, a diferencia de otros compuestos que por ejemplo terminan en -eno.

(PropanoGas, 2022)

Usualmente, el propano incluye componentes saturados como el propano, el butano y el isobutano, así como también componentes insaturados como propeno (o propileno) y el buteno (o butileno). Sin embargo, la composición del gas propano más exacta dependerá del proceso que se realice en la refinería. (PropanoGas, 2022)

A continuación, te mostraremos la fórmula del gas propano y la fórmula semi desarrollada de este compuesto.

## Tabla 2

### *Fórmula del propano*

Fórmula química desarrollada	Fórmula semi desarrollada
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>

Nota. Se presenta la fórmula química del gas propano.

### 2.2.10. Butano

Su punto de ebullición es aproximadamente de -0.6 °C, lo cual significa que no se vaporizará en temperaturas muy frías. Esta es la razón de que el butano tenga usuarios más limitados y se mezcle con el propano en lugar de usarse por sí mismo. Se lo denomina Gas Licuado de Petróleo, porque se produce en estado de vapor, pero se convierte en líquido mediante compresión y enfriamiento simultáneos de estos vapores, necesitándose 273 litros de vapor para obtener un litro de gas líquido (Becerra, 2012).

#### 2.2.10.1. Densidad del Butano

El gas butano tiene una densidad de 2.522 kg/m<sup>3</sup> siempre y cuando este se encuentre en condiciones normales de presión y temperatura, es decir, a 1 bar (una atmósfera) y a unos 15° C. (Becerra, 2012).

### 2.2.11. 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). (Villafañe, 2013)

#### **2.2.11.1. 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. (Villafañe, 2013)

**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

La velocidad de propagación superiores a 1 m/s generan ondas de choque que, en función de sí se desarrollan en espacios abiertos o cerrados, tendrán facilidad para su disipación o sufrirían un proceso aún mayor de compresión.

#### **2.2.12. Causas de las explosiones**

Las causas de las explosiones se pueden analizar desde 3 puntos de vista:

- Lo que sucede dentro del recipiente
- Lo que sucede en el recipiente
- Lo que sucede fuera del recipiente

### **2.2.12.1. Lo que sucede dentro del recipiente**

En determinados casos el aumento de la presión se genera por medios mecánicos o por fenómenos sin presencia de una transformación química de la sustancia involucrada. El gas puede alcanzar alta presión por sobrellenado, o por calentamiento, o bien un líquido sobrecalentado que puede generar alta presión por evaporación repentina (Morales, 2016).

### **2.2.12.2. Lo que sucede en el recipiente**

El fallo de las paredes del contenedor se puede deber a corrosión interna o externa, espesor no adecuado de las paredes, fallos del material, fallos en las soldaduras, etc. Es decir, un debilitamiento del recipiente por fenómenos de diseño, fabricación, transporte, montaje, uso, control o mantenimiento (Morales, 2016).

### **2.2.12.3. Lo que sucede fuera del recipiente**

El fallo estructural del recipiente se puede producir por un calentamiento localizado o generalizado externo (por ejemplo, por un incendio en sectores adyacentes) que produce una disminución en la resistencia mecánica del recipiente, por un proyectil (por ejemplo, otra explosión) o por un impacto mayor como puede ser el choque de un vehículo o la onda de choque de una explosión en el exterior (Morales, 2016).

### **2.2.13. Transporte de GLP**

El GLP se transporta y almacena en recipientes en estado líquido, debido a que en este estado ocupan un volumen unas 250 veces menor que en el gaseoso. En los recipientes, la fase líquida ocupa la parte inferior y el vapor la superior a modo de burbuja, coexistiendo en equilibrio de presiones. (Hurtado, 2002)

Aprovechando la cualidad del GLP de licuarse a temperatura ambiente, cuando se le somete a una presión moderada, se almacena y transporta de esta forma en recipientes de acero (botellas, depósitos cilíndricos o esféricos, cisternas de ferrocarril y carretera, etc). (Hurtado, 2002)

Los recipientes fijos o móviles más comúnmente utilizados para el transporte, almacenamiento y uso del GLP son los siguientes:

#### **2.2.13.1. Depósitos fijos**

Cuando la instalación de consumo necesita disponer de una capacidad superior a 980 kg, que corresponde al máximo que puede proporcionar una batería de botellas (28 botellas de 35kg), se puede instalar uno o varios depósitos fijos. Los depósitos están fabricados con chapas de acero y están calculados para resistir una presión máxima de trabajo de  $20 \text{ kg/cm}^3$  (19,6 bar) que corresponde a la tensión de vapor del propano comercial a  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  (Becerra, 2012).

#### **2.2.13.2. Camión cisterna de GLP a granel**

Se considera que la cisterna de abastecimiento de GLP a granel sale llena en su totalidad (85% de su capacidad), y realiza una sola entrega en cada viaje (supuesto). En realidad, puede realizar más viajes, dependiendo de la capacidad de cada cisterna, de los clientes a granel que tiene que despachar y la ruta que debe seguir. (Salazar & Martinez, 2011)

**Figura 1**

*Camión cisterna o auto tanque de GLP a granel*



Nota. En la figura 1 se muestra los autotankes de transporte de GLP en el Ecuador. Fuente: (Eni Ecuador, 2022)

Las comercializadoras de GLP que están calificados por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), la ex denominada Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH) son: ENIECUADOR, AUSTROGAS, AUTOGAS, CONGAS, DURAGAS, ECOGAS, ESAIN, GASGUAYAS, LOJAGAS, MENDOGAS, KINGAS. (Romero, 2013)

Los tipos de clientes que usan GLP a granel son:

- Canalizado comercial y/o industrial: comercios o industrias que para el funcionamiento de sus maquinarias usan GLP como combustible y son abastecidos por medio de una cisterna de GLP a granel
- Canalizado doméstico: hogares donde se instala un tanque GLP granel, usualmente de 0.45 m<sup>3</sup> y sirve para abastecer de GLP para el consumo de todo el hogar.

**Clasificación de riesgo DOT (Departamento de transporte de USA): Clase 2; División 2.1**

Clase 2: gases (comprimidos, licuados o disueltos bajo presión); División 2.1 – gases inflamables.

**Figura 2**

*Clasificación de riesgo DOT*



Nota. En la figura se muestra la etiqueta de la clasificación del riesgo según la DOT que corresponde al gas inflamable. Fuente: (Ministerio de Transporte de Colombia, 2008)

**Número ONU:** 1075; número de identificación del peligro “23”

**Figura 3**

*Número ONU del GLP*

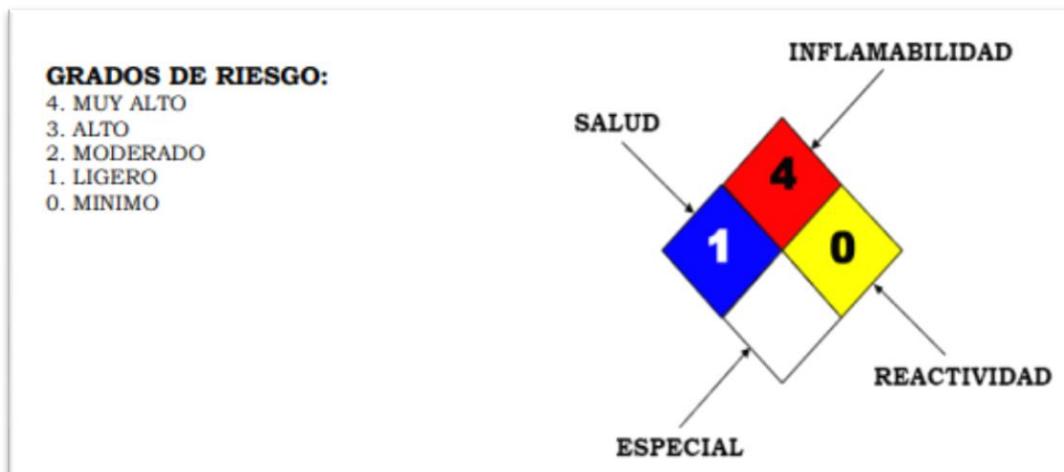


Nota. La figura representa la clasificación del GLP según la ONU. Fuente: (Ministerio de Transporte de Colombia, 2008)

## Rombo de seguridad NFPA-704 para transporte de GLP

**Figura 4**

*Rombo de seguridad NFPA-704 para transporte de GLP*



Nota. La figura representa el rombo de seguridad de la NFPA-704 para transporte de materiales peligrosos (GLP). Fuente: (Ministerio de Transporte de Colombia, 2008)

### 2.2.14. Riesgo de transporte de GLP

Debido a que la transportación de GLP, se considera como un producto de alto riesgo por aspectos como los siguiente: inflamabilidad, valor, tendencia a explotar, facilidad de robo; entonces ciertas restricciones se fuerzan en el sistema de distribución. Los costos de transporte y almacenamiento son más altos en dólares y como porcentaje del precio de venta. (Salazar & Martinez, 2011)

#### 2.2.14.1. Accesorios y dispositivos de seguridad

##### a) Cisterna de gas inflamable (GLP)

Las características de la cisterna de GLP:

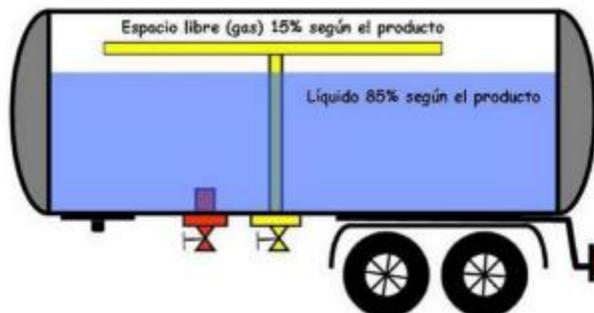
- Capacidad: 45 m<sup>3</sup> - 45.000 L.
- Límite máximo de carga: 85% según indica la normativa ADR.
- Longitud: 18 metros aprox.
- Material: Acero al carbono.
- Compartimiento: 1.
- Válvula de seguridad: Opcional.

**b) El depósito**

Es de sección transversal circular (nunca elíptica) para soportar la presión. El depósito puede ser de forma recta o en cuello de cisne.

El grado máximo de llenado según indica el ADR (Acuerdo Europeo sobre el transporte internacional de cargas peligrosas por vía terrestre) corresponde al 85% de su capacidad volumétrica, considerando la masa en volumen del gas a 20°C, dado que por cuestiones de seguridad es preciso que el depósito disponga de un volumen mínimo libre del 15%, para permitir la expansión del gas en caso de aumento de temperatura en el interior del depósito. (Hurtado, 2002)

Según lo establecido por el ADR la cisterna nunca se debe llenar totalmente, hay que dejar un espacio libre, esto debido a que hay que respetar el equilibrio de fase líquido y gas. Todo producto genera vapores que dependen de las condiciones de presión y temperatura. (Hurtado, 2002)

**Figura 5***Diseño y capacidad del transporte de GLP*

Nota. En la figura se puede apreciar el diseño y la capacidad permisible de transporte de GLP en autotanques. Fuente: (Hurtado, 2002)

**c) Parasol**

El parasol es característico de las cisternas de GLP. Es una plancha curvada puesta longitudinalmente a unos 4 cm encima del depósito, evitando que la radiación solar incida directamente y caliente el producto, evitando la subida de la presión interior. (Hurtado, 2002)

**Figura 6***Representación de una cisterna con parasol*

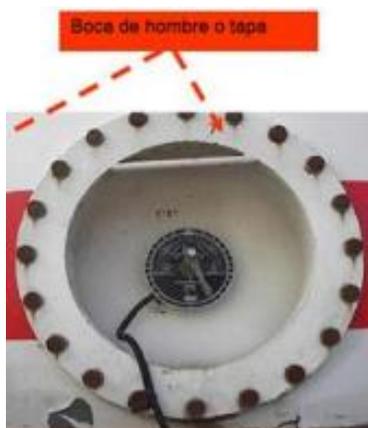
Nota. Se puede apreciar en la figura uno de los accesorios de seguridad en los autotankes de transporte de GLP. Fuente: (Hurtado, 2002)

**d) Boca de hombre**

La tapa (boca de hombre) es fija. Solo se puede quitar en talleres especializados. Puede estar situada en la parte delantera, trasera o central. (Hurtado, 2002)

**Figura 7**

*Boca de Hombre o tapa en una cisterna*



Nota. En la figura se puede evidenciar la tapa de una cisterna o autotankes. Fuente: (Hurtado, 2002)

**e) Conducciones de carga y descarga**

Tiene dos tubos en la parte baja de la cisterna, uno es la entrada/salida fase líquida y otra entrada/salida de la fase gas. El tubo de la fase líquida, en la gran mayoría de cisternas es de sección mayor que el de fase gas y pintado en color rojo. La fase de gas suele estar pintado de color amarillo. (Hurtado, 2002)

**Figura 8**

*Conducciones de carga y descarga*



Nota. En la figura se aprecia las conducciones de carga y descarga del GLP. Fuente: (Hurtado, 2002)

**f) Válvulas de corte**

Las válvulas de corte de las cisternas de GLP, pueden ser de palanca o de volante, las dos actúan de la misma manera. (Hurtado, 2002)

**Figura 9**

*Válvula de corte de la cisterna*



Nota. Se puede evidenciar uno de los accesorios de seguridad en la cisterna o autotanque.

Fuente: (Hurtado, 2002)

**g) Galga rotativa o indicador de nivel**

La galga rotativa es una herramienta que sirve para conocer el nivel de líquido contenido en el depósito. La galga rotativa es característica de las cisternas de GLP (butano, propano, butadieno, amoniaco, etc.) y está ubicada en una concavidad en el exterior del depósito. Está compuesta de una palanca giratoria, un purgador colocado en el eje de la palanca y un disco indicador del porcentaje %. (Hurtado, 2002)

**Figura 10**

*Indicador de nivel de GLP*



Nota. En la figura se muestra el accesorio en el cual indica el nivel de GLP en el autotanque.

Fuente: (Hurtado, 2002)

**h) Manómetro**

Se encarga de medir la presión del gas en el interior de la cisterna.

**i) Termómetro**

Permite conocer la temperatura del producto contenido en la cisterna.

### 2.2.15. Programa CAMEO

**Cameo:** se usa ampliamente para planificar y responder a emergencias químicas, la cual consta de 4 programas principales:

- CAMEO Chemical – Base de datos de materiales peligrosos.
- CAMEO Data Manager – Aplicación de base de datos para ayudar en la planificación y respuesta a emergencias en su comunidad local.
- MARPLOT – Aplicación de mapeo para tareas de respuesta, planificación y operativos locales.
- ALOHA – Modelo de dispersión atmosférica para evaluar liberaciones de vapores químicos peligrosos.

Para el desarrollo del proyecto de investigación se utilizó el programa ALOHA.

### 2.2.16. ALOHA

Areal locations of Hazardous Atmospheres – Ubicaciones zonales de Atmósferas Peligrosas.

Es un programa informático diseñado especialmente para su uso por las personas que respondieron a los escapes de sustancias químicas, así como para la planificación y capacitación de emergencias. ALOHA modela peligros claves: toxicidad, inflamabilidad, radiación térmica (calor) y sobrepresión (explosión fuerza) – relacionada con liberaciones químicas que resultan en dispersiones de gases tóxicos, incendios y/o explosiones. (ALOHA, 2007)

ALOHA solo modela la amenaza tóxica: específicamente, como una nube de gas tóxico podría dispersarse en la atmósfera después de una liberación química accidental. ALOHA está diseñado para ser fácil de usar para que pueda operarlo con éxito durante la alta presión, su

biblioteca química contiene información sobre las propiedades físicas de aproximadamente 1.000 productos químicos peligrosos comunes. (ALOHA, 2007)

Los detalles sobre una liberación real o potencial de sustancias químicas/materiales peligrosos y generará estimaciones de zonas de amenaza para varios tipos de peligros. La zona de amenaza roja representa el peor nivel de peligro; las zonas de amenaza naranja y amarilla representan áreas de peligros decrecientes. (EPA, 2022)

Para el modelamiento gráfico en ALOHA se utilizaron diferentes datos que se detallan a continuación:

- Datos del sitio
- Datos climáticos
- Datos del químico
- Tipo de Escenario
- Tipo de recipiente

#### **2.2.16.1. Introducción al modelaje aéreo**

ALOHA es un modelo de dispersión aérea que se puede usar como herramienta para predecir el movimiento y dispersión de los gases. Predice concentraciones contaminantes a favor del viento desde la fuente de un derrame, tomando en consideración las características del sitio del derrame, las condiciones meteorológicas, y las circunstancias de la descarga. (ALOHA, 2007)

#### **2.2.17. Tipos de escenarios de incendio y explosión**

ALOHA modela los cinco tipos de escenarios de incendio y explosión que se asocian con mayor frecuencia a emisiones químicas, y explosiones de nubes de vapor.

### **Jet Fires (fuegos de chorro)**

Un chorro de fuego, también conocido como chorro de llama, ocurre cuando un químico inflamable se libera rápidamente de un recipiente e inmediatamente prende fuego, como la llama de un soplete. ALOHA puede modelar un chorro de fuego desde las fuentes de gasoductos y tanques. Para la fuente tanque, ALOHA puede modelar gas y chorros de fuego bifásicos. Un chorro de fuego de dos fases se produce cuando un gas que se ha licuado bajo presión se ha liberado. (ALOHA, 2007)

### **Pool Fire (Piscina de fuego)**

Un incendio de charco ocurre cuando un líquido inflamable forma un charco en el suelo y se prende fuego. ALOHA solo modela piscinas de fuegos en tierra; no modela fuegos de piscina en el agua. La radiación térmica es el principal peligro asociado con un incendio en una piscina. Otros peligros potenciales de incendio en piscinas incluyen humo, subproductos tóxicos del fuego, e incendios secundarios y explosiones en el área circundante (aunque ALOHA no modela estos peligros) (ALOHA, 2007)

### **BLEVE**

Bleve significa explosión de vapor de expansión de líquido en ebullición. Los BLEVE generalmente ocurren en almacenamiento cerrado tanques que contienen un gas licuado, generalmente un gas que ha sido licuado bajo presión. Un gas puede ser licuado enfriándolo (refrigerándolo) a una temperatura por debajo de su punto de ebullición o almacenándolo a una temperatura alta presión. Aunque tanto los gases licuados inflamables como los no inflamables pueden estar involucrados en una BLEVE. (ALOHA, 2007)

### 2.2.17.1. Los principales peligros de una BLEVE de GLP son:

- **Fuego:** Si la sustancia liberada se enciende, habrá inmediatamente una bola de fuego.
- **Radiación térmica:** A una distancia de aproximadamente 4 veces el radio de una bola de fuego, el calor irradiado por una bola de fuego es suficiente para quemar la piel expuesta en 2 segundos. Usar ropa protectora limita la dosis de radiación térmica.
- **Explosión:** Una onda expansiva causada por la liberación repentina de la sustancia presurizada. Para una BLEVE que ocurra al aire libre, la onda expansiva a una distancia de 4 veces el radio de una bola de fuego puede romper el vidrio de la ventana y puede causar daños menores a los edificios.
- **Proyectiles:** La falla del tanque puede arrojar fragmentos de metal a grandes distancias. Estos fragmentos pueden y han sido mortales.

### Flash Fire (Incendios repentinos, área inflamable)

Cuando una nube de vapor inflamable encuentra una fuente de ignición, la nube puede incendiarse y arder rápidamente en lo que se llama un incendio relámpago. Los peligros potenciales asociados con un incendio repentino incluyen radiación térmica, humo y subproductos tóxicos del fuego. ALOHA predecirá el área inflamable de la nube de vapor, es decir, el área donde podría ocurrir un incendio repentino en algún momento después del escape. El área inflamable está delimitada por el Límite Inferior de Explosión (LEL) y el Límite Superior de Explosión (UEL). Estos límites son porcentajes que representan la concentración del combustible, es decir, el vapor químico en el aire. (ALOHA, 2007)

### 2.2.18. Metodología Total Risk Evaluation System (TRES)

Se utilizó como base la metodología TRES “TOTAL RISK EVALUATION SYSTEM” de la Universidad Estatal de Bolívar creado por el Ing. Paúl Sánchez, la cual consiste en una matriz, donde se evalúa el nivel de riesgo de acuerdo al objeto, operación, peligro, tipo de riesgo, objeto amenazado, consecuencia, se obtiene un valor debido a daños y afectaciones a la vida, ambiente y propiedad, así como la velocidad del evento, prioridad y probabilidad, que se lo realiza mediante operaciones básicas; donde se establecen parámetros con un rango del 1 al 4 para cada uno de los ítems mencionados y así se puede obtener el nivel de riesgo del escenario en estudio, tal como se muestra en las figuras 11 y 12.

Esta metodología pretende proporcionar las directrices de rápida evaluación usando la observación, el criterio y uso de parámetros de calificación, con el fin de obtener riesgos caracterizados para el territorio específico de forma fácil y efectiva. (Sánchez, 2018)

#### Figura 11

*Matriz del sistema TRES*

OBJETO (1)	OPERACIÓN (2)	PELIGRO (3)	TIPO DE RIESGO (4)	OBJETO AMENAZADO (5)	CONSECUENCIA (6)	GRAVEDAD					
						VI (7)	AM (8)	PRO (9)	VE (10)	PR (11)	PR (12)

Nota. Indicadores de evaluación del riesgo del sistema “Total Risk Evaluation System”; fuente (Sánchez, 2018).

## Figura 12

### Ítems para evaluación del riesgo del sistema TRES

**Matriz de riesgos:** la matriz se divide en 13 columnas, cada una de las cuales mide:

- 1=¿Cuál objeto se está analizando?
- 2=¿qué tipo de operaciones se llevan a cabo?
- 3=¿cuáles peligros (cantidad, toxicidad, inflamabilidad, etc.) están involucrados en estas operaciones?
- 4=¿qué tipo de riesgos pueden generar estos peligros al combinarse con otros?
- 5=¿dónde se encuentran los objetos amenazados?, ¿qué tan vulnerables son?
- 6=¿en qué forma pueden verse afectados?, ¿cuáles serían las consecuencias?, ¿cuáles son las zonas de riesgo en el lugar y fuera de él?
- 7=¿qué tan seriamente se pueden ver afectadas las personas que se encuentren en el lugar o fuera de él?
- 8=¿cuáles serían las repercusiones para el ambiente y por cuánto tiempo?
- 9=¿cuál sería el costo de un accidente en función del número de muertes y personas hospitalizadas, de recuperación ambiental, de pérdidas y daños a la propiedad?
- 10=¿con qué rapidez se puede desencadenar el accidente?, ¿cuál puede ser su duración?
- 11=¿cuál es la probabilidad de que ocurran estos eventos?, ¿con qué frecuencia acontecen?, ¿cómo han sido en el pasado?
- 12=¿cuál es la prioridad entre los objetos riesgosos?, ¿qué tan severas pudieran ser las consecuencias?, ¿qué recursos son "el peor caso" y el "cálculo de daños"?
- 13=Comentarios y observaciones del análisis

Nota. Ítems de medición del nivel de riesgo del sistema "Total Risk Evaluation System"; fuente (Sánchez, 2018).

### 2.3. Definición de Términos

**AEGL:** Los niveles de referencia de exposición aguda (AEGL, por sus siglas en inglés)

describen los efectos en la salud humana de la exposición única o rara a sustancias químicas en el aire. Utilizado por los servicios de emergencias cuando se trata de derrames químicos u otras exposiciones catastróficas, los AEGL se establecen a través de un esfuerzo de colaboración de los sectores público y privado en todo el mundo. (EPA, 2022)

**Combustión simple:** Se da cuando la energía desprendida en parte se disipa en el ambiente y en parte de invierte en activar la mezcla manteniendo la reacción en cadena. La velocidad de propagación es inferior a 1m/seg. (Manjarrés & Pacheco, 2008).

**Deflagración:** Es la combustión iniciada en un punto que se transmite a una velocidad inferior a la del sonido. La gran producción de productos de la combustión origina una onda expansiva

rompedora seguida de un frente de onda. Puede llegar a ser explosión. (Manjarrés & Pacheco, 2008).

**Densidad:** Es la cantidad de masa contenida en determinado volumen. Cuanto mayor sea la densidad, más pesada será la sustancia. Los vapores de GLP son más pesados que el aire por lo que tienden a ubicarse en las partes bajas (Ulloa, 2008).

**Detonación:** Es la combustión que se inicia de forma generalizada en zonas que se encuentran a temperatura superior a la inflamación. La velocidad de transmisión es superior a la del sonido (340m/s), los gases combustibles comerciales solo pueden detonar si se encuentran en presencia de oxígeno puro (Manjarrés & Pacheco, 2008).

**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).

**Gas Licuado del Petróleo (GLP):** Es un gas licuado, compuesto por una mezcla de hidrocarburos, principalmente propanos y butanos. Se obtiene de los gases extraídos de pozos de gas o de la refinación del petróleo. Comúnmente se conoce como propano, nombre tomado de uno de sus componentes. (Ulloa, 2008)

**Gas Licuado:** Es aquel que bajo condiciones especiales de presión y temperatura puede almacenarse en estado líquido y que en condiciones atmosféricas normales cambia a estado gaseoso. (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2003)

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life or Health - Inmediatamente peligroso para la vida o la salud, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés) define una condición de peligro inmediato para la vida o la salud como una situación "que presenta una amenaza de exposición a contaminantes transportados por el aire cuando es probable que esa exposición cause la muerte o efectos adversos para la salud inmediatos o demorados permanentes o prevenir el escape de dicho entorno". (NOAA, 2022)

**Incendio:** Se puede definir como un accidente producido por un fuego no controlado que puede ser extremadamente peligroso para los seres vivos y las estructuras. La explosión a un incendio puede producir la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por ella y posteriormente quemaduras graves (Manjarrés & Pacheco, 2008).

**LEL:** Límite inferior de explosividad, es la concentración más baja de un gas en el aire que puede causar una combustión o generar una llama al combinarse con una fuente de ignición. (Industrial Scientific, 2020)

**Límites de inflamabilidad:** Definen las concentraciones mínimas y máximas del vapor o gas en mezcla con el aire, en las que son inflamables. Se expresan en tanto por ciento en el volumen de mezcla vapor de combustible-aire. (INSST, 1998)

**Número CAS:** Es un número de identificación único asignado a cada sustancia química por el "Chemical Abstracts Service" (CAS – de ahí su nombre). Proporciona una forma inequívoca de identificar una sustancia química o una estructura molecular cuando a veces se conocen múltiples nombres genéricos, históricos, comerciales o de mercado. (Foodcom, 2023)

**Peso molecular:** Es la suma de las masas atómicas de todos los átomos de una molécula de un compuesto específico. (YuBrain, 2020)

**Ppm:** Partes por millón (ppm), es una unidad de medida de concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de la sustancia (agente, etc) que hay por cada millón de unidades del conjunto. (Industrial Scientific, 2020)

**Proyectiles:** Cuando el tanque o recipiente falla, parte de éste u objetos cercanos pueden ser lanzados en grandes distancias. Estos fragmentos pueden ser pequeños pedacitos o grandes porciones del tanque. En cada caso, esos fragmentos pueden y han sido mortales. (CIQUIME, 2016)

**Punto de ebullición:** Temperatura a la que un líquido empieza a evaporarse.

**Rugosidad de la superficie:** La rugosidad de la superficie sobre la que tiene lugar la dispersión provoca turbulencia. En los modelos de dispersión se tiene en cuenta mediante la denominada “longitud de rugosidad” de la superficie,  $z$ . 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 el viento observados previamente. (Villafañe, 2013)

**Sistema de alerta temprana:** Más conocido genéricamente como un SAT, representa el conjunto de capacidades técnicas, institucionales, privadas y comunitarias necesarias para identificar y comunicar una situación de alerta, la cual es suministrada previamente a los actores públicos y/o privados y a comunidades expuestas en el área de aferencia donde se espera que se desarrolle una condición de amenaza con suficiente tiempo e información que permita responder y actuar apropiadamente frente a la ocurrencia del evento amenazante y mediante dichas acciones reducir el riesgo al cual están expuestos. Esto con el fin de reducir las pérdidas de vidas y los daños en las propiedades y al ambiente. (UNGRD, 2020)

**UEL:** Límite superior de explosividad, es la concentración más alta de un gas en el aire que puede causar una combustión o generar una llama al combinarse con una fuente de ignición.

(Industrial Scientific, 2020)

**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 10m de altura. Con respecto a líquidos refrigerados y almacenados a presión atmosférica, se ha observado que cuando la velocidad del viento aumenta también se incrementa la distancia alcanzada por la pluma. (Villafañe, 2013)

## 2.4. Base legal

### Constitución de la República 2008.

El art. 341 menciona que el estado debe generar condiciones enfocadas en la protección integral de sus habitantes en el transcurso de sus vidas, asegurando los derechos y principios reconocidos en la Constitución.

El art. 375 menciona que el estado elaborará, implementará y evaluará políticas, planes y programas de hábitat y de acceso universal a la vivienda, a partir de los principios de universalidad, equidad e interculturalidad, con enfoque en la gestión de riesgos.

### Sección novena

#### Gestión del Riesgo

**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.

**Art. 390.-** Los riesgos se gestionará bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de 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 brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

## **LEY DE DEFENSA CONTRA INCENDIOS**

### **CAPITULO SEGUNDO**

#### **Naturaleza y ambiente**

##### **Sección primera. Art.395.- Principios ambientales**

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.- Políticas, responsabilidad y sanción por daños ambientales.** 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.- Compromiso del Estado en caso de daños Ambientales**

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.

#### **Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios**

#### **MINISTERIO DE INCLUSIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL**

#### **Acuerdo Ministerial 01257**

#### **Capítulo II**

#### **Instalación y diseño del Sistema de Operación con Gas (GLP)**

#### **Art. 54.- Requisitos técnicos y medidas de seguridad mínimas**

Este reglamento establece los requisitos técnicos y las medidas de seguridad mínimas que deben cumplirse al diseñar, construir, ampliar, reformar, revisar y operar las instalaciones 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 deben estar en concordancia a la NTE INEN 2260.

En el caso de los centros históricos de las ciudades, las instalaciones, mantenimiento, inspección y control, se sujetarán también a las normas estipuladas y demás disposiciones de protección del patrimonio, arqueológico, arquitectónico y urbanístico.

#### **Art. 55.- Permisos y certificado del Cuerpo de Bomberos**

Para la implantación de estos proyectos deben contar con los permisos de factibilidad y certificado definitivo del Cuerpo de Bomberos, previo suministro y provisión de gas. El incumplimiento de esta norma, será notificado inmediatamente a la Dirección Nacional de Hidrocarburos a fin de que se adopten las medidas correctivas y se apliquen las sanciones que el caso amerita.

#### **Normas de Protección Contra Incendios en Vehículos**

#### **Art. 325.- Requisitos para vehículos que transportan combustibles o productos químicos peligrosos**

Los vehículos que transporten combustible y productos químicos peligrosos como: tanqueros, vehículos llamados tráiler, camiones, camionetas, etc., deben portar los extintores correspondientes. Además, tienen la obligación de llevar arresta llamas y leyendas pintadas en los vehículos como: COMBUSTIBLE – INFLAMABLE – PELIGRO – NO FUMAR Y LA RESPECTIVA SEÑALIZACIÓN EN CASO DE TRANSPORTAR PRODUCTOS QUIMICOS PELIGROSOS.

## **De la Normativa de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero**

### **Registro Oficial Suplemento 621 de 05-nov-2015**

El directorio regional de centro de hidrocarburos y combustibles considera que, el número 11 del artículo 261 de la Constitución de la República del Ecuador, establece que, el Estado Central tiene competencia exclusiva sobre los hidrocarburos;

**Art. 313** de la Constitución de la República del Ecuador, dispone que, el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Se considera sectores estratégicos la energía en todas sus formas, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos y los de más que determina la ley.

**Art. 11** de la Ley de Hidrocarburos vigente, dispone la creación de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, ARCH, como organismo técnico-administrativo, encargado de regular, controlar y fiscalizar las actividades técnicas y operacionales en las diferentes fases de la industria hidrocarburífera, que realicen las empresas públicas o privadas, nacionales, extranjeras, empresas mixtas, consorcios, asociaciones, u otras formas contractuales y demás personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras que ejecuten actividades hidrocarburíferas en el Ecuador.

**Art. 68** de la Ley de Hidrocarburos, señala que el almacenamiento, distribución y venta al público en el país, o una de estas actividades, de los derivados de los hidrocarburos será realizada por PETROECUADOR o por personas naturales o por empresas nacionales o extranjeras, de reconocida competencia en esta materia y legalmente establecidas en el país, y todo caso tales personas y empresas deberán sujetarse a los requisitos técnicos, normas de

calidad, protección ambiental y control que fije la Agencia de regulación y Control Hidrocarburífero, con fin de garantizar un óptimo y permanente servicio al consumidor.

### **Instituto Ecuatoriano de Normalización**

**NTE INEN 1533:** Prevención de incendios. Requisitos para el transporte de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en vehículos cisterna (tanqueros).

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los vehículos cisterna (tanqueros) destinados al transporte de gas licuado de petróleo (GLP) bajo presión, con el fin de prevenir incendios y salvaguardar la seguridad del personal operativo y público en general que puede estar involucrado. (NTE INEN 1533, 2013)

#### **2.5. Sistemas de hipótesis**

Mediante el método ALOHA se podrá realizar el análisis de riesgos que permita reducir las consecuencias de explosión por transporte de GLP en el área urbana del cantón Guaranda. Periodo noviembre 2022 – febrero 2023.

#### **2.6. Sistemas de Variables**

Análisis de riesgo de explosión por transporte de GLP y modelamiento gráfico de exposición con el método ALOHA para reducir consecuencias en el área urbana del cantón Guaranda. Periodo noviembre 2022 – febrero 2023.

**Variable dependiente:** Reducción de consecuencias en el área urbana.

**Variable independiente:** Riesgo de explosión por transporte de GLP.

## 2.7. Operacionalización de variables

**Tabla 3**

*Operacionalización de la variable independiente*

Variable	Descripción	Dimensión	Indicador	Escala
Riesgo de explosión por transporte de GLP	El riesgo de explosión es siempre un riesgo grave, ya que las consecuencias en caso de materializarse pueden llegar a ser mortales y/o catastróficas.	Explosión BLEVE	Fuga de GLP	Instantánea
				Continua
			Concentración de nube de gas	Gases ligeros
				Gases pasivos
				Gases pesados
			Onda de Sobrepresión	Detonaciones
				Deflagraciones
			Masa involucrada	Líquido
			Radiación térmica	Diámetro de la bola de fuego
				Altura de dicha bola
				La duración máxima de la deflagración
			Fragmentos desprendidos por la explosión	Calor
				Luz
				Gases
				Proyectiles
Dimensión de la bola de fuego	204 m			
	253 m			
	273 m			
Duración	15 s			
	17 s			
	20 s			
Capacidad de los auto - tanques o cisternas	45 m <sup>3</sup>			

Nota. Operacionalización de la variable independiente, elaborado por: (Gutiérrez & Ramos, 2023)

**Tabla 4***Operacionalización de variable dependiente*

Variable	Descripción	Dimensión	Indicador	Escala
Reducción de consecuencias en el área urbana	Es un proceso que busca modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes y evitar nuevo riesgo en el territorio a través de medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar y minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos.	Vida, ambiente y propiedad	Explosión	Jet Fire (fuegos de chorro) Pool Fire (Piscina de fuego) Bleve Flash fire (área inflamable)
			Incendio	Clase A Clase B Clase C Clase D Clase F
			Intoxicación	Accidentales Agudas Crónicas
			Enfermedades Pulmonares	Asma Colapso parcial o total del pulmón Cáncer pulmonar Infección pulmonar
			Quemaduras	Primer grado Segundo Grado Tercer Grado
			Evacuados	100 evacuados 200 evacuados
			Heridos	50 o más Cientos de heridos
			Muertes	Más de 10 Más de 30 Más de 50
			Medio Ambiente	No existe contaminación Baja contaminación Alta contaminación Muy alta contaminación

Nota. Operacionalización de la variable dependiente, elaborado por: (Gutiérrez & Ramos, 2023)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Nivel de Investigación

En la elaboración del presente proyecto de investigación referente al análisis de riesgo de explosión por transporte de GLP y modelamiento gráfico de exposición con el método ALOHA para reducir consecuencias en el área urbana del cantón Guaranda, se aplica el siguiente nivel de investigación que se indica a continuación:

**Exploratorio:** se empleó debido a las escasas investigaciones relacionadas con el tema en estudio en nuestro territorio, además, con el fin de indagar y crear un nuevo documento que permita fortalecer a estudios posteriores sobre riesgos de explosión por transporte de GLP.

#### 3.2. Tipo de investigación

**Cuali-cuantitativa:** La presente investigación se relaciona al enfoque mixto debido a que se combinan parámetros cualitativos y cuantitativos. Donde se adaptaron parámetros de afectación (vida, propiedad y ambiente) e indicadores numéricos que nos permitieron dar un valor a los parámetros cualitativos, con el fin de conocer el nivel de riesgo de cada zona de estudio.

#### 3.3. Diseño

**No experimental:** Es aquella que las variables no son manipuladas ni controladas, tan sólo se limita a observar los sucesos tal y como ocurren en tiempo y espacio, para después analizarlos. Esta investigación partió desde la recolección de datos hasta la identificación de zonas de afectación por explosión en el transporte de GLP mediante el método ALOHA.

**Heurístico:** Se aplicaron métodos, programas y técnicas con el fin de encontrar y solucionar el problema planteado.

### 3.4. Población y Muestra

#### 3.4.1. Población

En este proyecto de investigación dado que se trabajó en cuatro zonas diferentes del área urbana del cantón Guaranda, donde se evidencia el transporte de GLP se trabajó con la totalidad de la población que se vería afectada directamente en cada zona de intervención de acuerdo a los modelamientos realizados (zona roja)

Cabe mencionar que se contabilizó las propiedades que se encontraban dentro de la zona roja y de acuerdo al censo de población y vivienda 2010 se estima un promedio de 4 personas por hogar, para lo cual se realizó una operación matemática básica para conocer un valor aproximado de afectados.

**Tabla 5**

*Población de estudio*

Zonas de estudio	Afectaciones	
	Propiedades	Personas
Zona1: Universidad Estatal de Bolívar	271	6.084 aprox
Zona 2 : Hospital del IESS	413	2771 aprox

Zona 3: Centro Gerontológico		
Residencial del Buen Vivir para Adultos Mayores “Amawta Wasi Samay”	594	9.013 aprox
Zona 4 : Hospital Básico Enrique Becerra		
	428	5.650 aprox
Total aproximado de afectados	1076	23.518

Nota. Zonas y población de estudio, elaborado por: (Gutiérrez & Ramos, 2023).

### 3.4.2. Muestra

De la población indicada en la investigación (Tabla 5) se procedió a calcular el tamaño de la muestra para la aplicación de las encuestas de percepción del riesgo, para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2 (N-1) + Z^2 \sigma^2}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra.

N: tamaño de la población.

$\sigma$  = desviación estándar de la población. Cuando este dato es desconocido, se utiliza una constante que equivale a 0.5.

Z = valor que se obtiene a través de niveles de confianza. Es un número constante, que generalmente adquiere dos valores según el nivel de confianza que se quiera. El 99% es el

valor más elevado (equivale a 2.58) y el 95% (equivale a 1.96) es el valor mínimo admitido para que la investigación se considere confiable.

e = es el límite de error muestral admisible. Comúnmente oscila entre el 1% (0.01) y el 9% (0.09). El 5% (0.5) es el valor estándar que se usa en investigaciones.

$$n = \frac{1,96^2 * 0,05^2 * 23,518}{0,05^2 (23,518 - 1) + 1,96^2 * 0,05^2}$$

El resultado del tamaño de la muestra es de 378 personas.

### **3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Las técnicas de recolección de datos empleados en este proyecto de investigación son:

#### **Observación de campo**

Se realizará visitas a las diferentes zonas de estudio del área urbana del cantón Guaranda, donde se encuentra expuesta la vida, propiedad y ambiente ante una explosión por transporte de GLP, y poder obtener información sobre el transporte de este químico peligroso por las principales vías de la ciudad.

#### **Encuesta**

Se empleó esta técnica con el fin de conocer la percepción del riesgo sobre el transporte del GLP por el área urbana del cantón Guaranda, mediante un cuestionario semiestructurado a los habitantes afectados de las diferentes zonas de estudio. (Anexo 2)

## **Ficha de observación**

Se utilizó una hoja de registro que permitió establecer las principales características sobre el transporte de GLP en las zonas de estudio del área urbana del cantón Guaranda, además se consideró la hora y coordenadas de los mismos. (Anexo 3)

## **Bibliográfica**

La investigación tiene esta particularidad debido a que se acudirá a fuentes de material existente en libros, documentales, investigaciones relacionadas, páginas de internet, con el fin de interpretar, mejorar, comparar y crear una nueva investigación.

### **3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos, para cada uno de los objetivos específicos**

#### **Objetivo 1**

Para la identificación, georreferenciación y toma de la ubicación actual de las cuatro zonas con mayor concentración vehicular y peatonal por donde frecuente el transporte de GLP en el área urbana del cantón Guaranda se utilizó Google Earth Pro, es una app que permite explorar un globo terráqueo virtual, elaborado a partir de datos cartográficos e imágenes satelitales de alta calidad, que generan una visualización del globo terráqueo realista y cercana. (Collado, 2021)

Para el análisis de datos sobre la encuesta de percepción del riesgo se aplicó la estadística descriptiva, que nos permitió obtener información resumida sobre la percepción del riesgo en los afectados de cada una de las zonas en estudio.

## **Objetivo 2**

Se utilizó el método ALOHA para realizar el modelamiento sobre una posible explosión por transporte de GLP en el área urbana del cantón Guaranda, donde se utilizaron datos atmosféricos como la temperatura, nubosidad, humedad relativa y velocidad del viento, así como también nombre del químico y la cantidad transportada del químico, en la cual se consideró en el peor de los casos 45m<sup>3</sup> al 85% de capacidad. Así mismo, se utilizó Google Earth para poder visualizar e interpretar los resultados finales de cada uno de los modelamientos y establecer los afectados directos (zona roja) dato que se empleó para conocer nuestra población en estudio del presente trabajo de investigación.

Además, se empleó la metodología Total Risk Evaluation System (TRES) la cual consiste en establecer el nivel del riesgo con la ayuda de parámetros de evaluación sobre afectaciones a la vida, propiedad y ambiente, para el desarrollo de las matrices se utilizó el programa Excel debido a su interfaz y las facilidades que proporciona al momento de realizar operaciones y cálculos matemáticos.

## **Objetivo 3**

Los datos y resultados de cada objetivo servirán para ser analizados y proponer medidas de reducción de riesgo para cada modelamiento en caso materializarse un evento de explosión en el transporte de GLP, mismas que permitirán minimizar el impacto a la salud, la propiedad y el medio ambiente que podría generarse en dicha situación. Del mismo modo los resultados obtenidos permitirán generar toma de decisiones por parte de las principales autoridades del cantón Guaranda y demás entidades responsables.

## CAPITULO IV

### **4. RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

**4.1. Resultados según objetivo 1.** Determinar las zonas de mayor concentración humana, propiedad y ambiente por medio de la georreferenciación en el área urbana del cantón Guaranda.

#### **Ubicaciones geográficas de las zonas y rutas de transporte de GLP**

**Ubicación:** Se localiza en el centro del Ecuador en la Hoya de Chimbo al noreste de la Provincia Bolívar, dentro de las coordenadas 1° 36' 20" Latitud Sur, y 79° 0' 11". Longitud Oeste

**Límites:** Al Norte, las provincias de Tungurahua y Cotopaxi; al Sur, los cantones San José de Chimbo y San Miguel de Bolívar; al Este, las provincias de Chimborazo y Tungurahua; y al Oeste, los cantones Las Naves, Echeandía y Caluma.

**Superficie:** 189.209 Has. 189.2 Km<sup>2</sup>

**Altitud:** 2.668 msnm (ciudad de Guaranda)

**Temperatura:** 13. 5° C promedio en Guaranda. Existe una variación de 2° C en el páramo y 24° C en el subtrópico.

## Zona N° 1 – Universidad Estatal de Bolívar

**Emplazamiento:** La primera zona se encuentra en la Vía Estral 491 Guaranda – Ambato, al Este se encuentra la institución de educación superior “Universidad Estatal de Bolívar” que se ha considerado una zona vulnerable por su afluencia de población, propiedad y ambiente que estarían en riesgo ante una explosión por transporte de GLP.

### Ilustración 1

Ubicación de la zona n° 1



Nota. Mapa de ubicación de la zona de estudio número 1 (Universidad Estatal de Bolívar), elaborado por: (Gutiérrez & Ramos, 2023)

## Zona N° 2 - Hospital del IESS

**Emplazamiento:** La segunda zona se encuentra en la Vía Estatal 491 Guaranda – Ambato, al norte tenemos la estación de servicio “Siete Colinas”, al Oeste el “Hospital del IESS” (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social). Esta zona se consideró por ser una casa de salud de primera respuesta dentro del cantón Guaranda, además por la gran afluencia de usuarios, propiedades aledañas y ambiente que se encuentra alrededor de la ruta del transporte de GLP y debido a la existencia de un tanque estacionario de GLP que abastece a la casa de salud que puede ocasionar una explosión mucho mayor en la ruta identificada.

### Ilustración 2

Ubicación de la zona n° 2



Nota. Mapa de ubicación de la zona de estudio número 2 (Hospital del IESS), elaborado por: (Gutiérrez & Ramos, 2023)

### Zona N° 3 - Centro Gerontológico Residencial del Buen Vivir para Adultos Mayores

#### “Amawta Wasi Samay

**Emplazamiento:** La tercera zona se encuentra en la Av. Monseñor Cándido Rada y Eloy Alfaro, junto a esta ruta identificada se encuentra el “Centro Gerontológico Residencial del Buen Vivir para Adultos Mayores “Amawta Wasi Samay” y la Unidad Educativa “Verbo Divino” que permanecen con afluencia de niños, adolescentes y adultos, además se encuentra al sur la clínica Gamma Salud y varias propiedades aledañas que están expuestas al riesgo de explosión por GLP.

### Ilustración 3

#### *Ubicación de la zona n° 3*



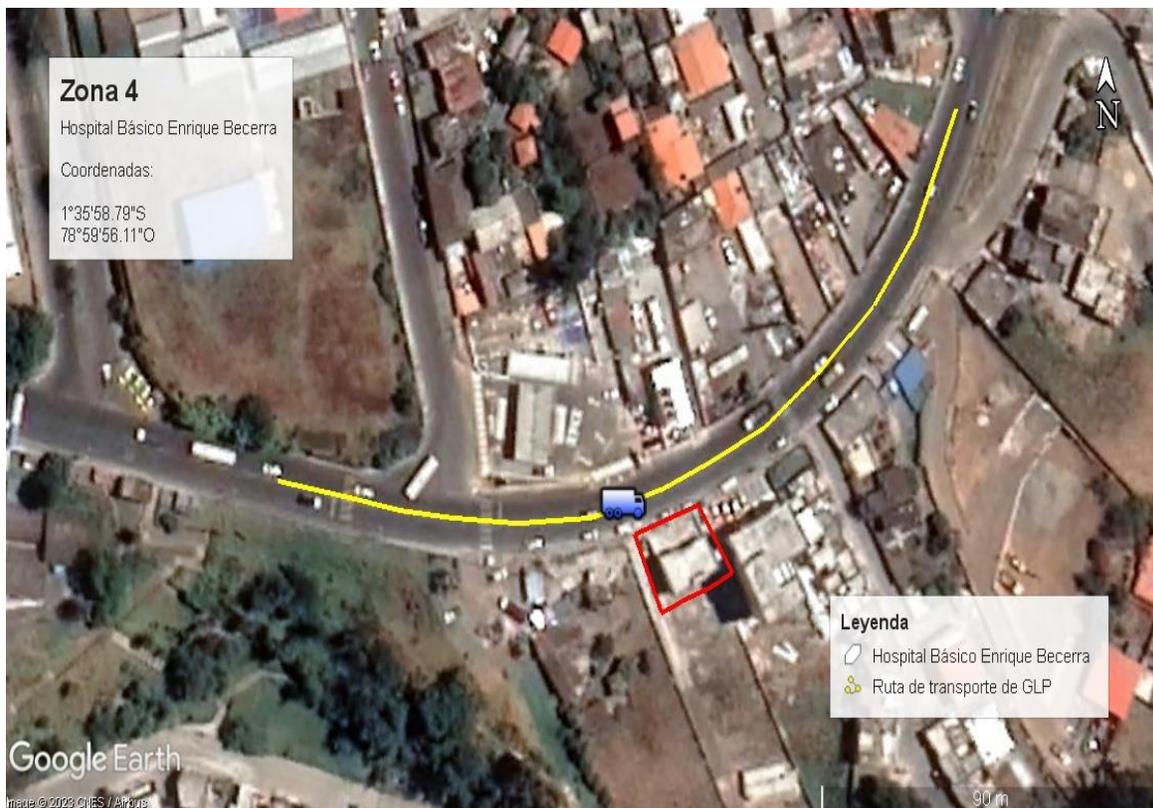
Nota. Mapa de ubicación de la zona de estudio número 3 (Centro Gerontológico para Adultos Mayores), elaborado por: (Gutiérrez & Ramos, 2023)

## Zona N° 4 - Hospital Básico Enrique Becerra

**Emplazamiento:** La cuarta zona se encuentra en la vía estatal 491 Guaranda – Babahoyo, junto a esta ruta se encuentra la casa de salud “Hospital Básico Enrique Becerra”, se consideró esta zona debido a la afluencia de usuarios, así como propiedades aledañas al hospital y el ambiente que se verían expuestos directamente, además junto a esta casa de salud se encuentra la estación de servicio “Gonzáles” que representa un riesgo adicional al de explosión por transporte de GLP.

### Ilustración 4

*Ubicación de la zona n° 4*



Nota. Mapa de ubicación de la zona de estudio número 4 (Hospital Básico Enrique

Becerra), elaborado por: (Gutiérrez & Ramos, 2023)

#### 4.1.1. Resultados de encuestas sobre percepción del riesgo en la población.

A la población afectada de las diferentes zonas de estudio, se aplicó una encuesta que nos permitió analizar la percepción del riesgo sobre el transporte de GLP en el área urbana del cantón Guaranda.

**Tabla 6**

*Número de encuestados por zonas de estudio*

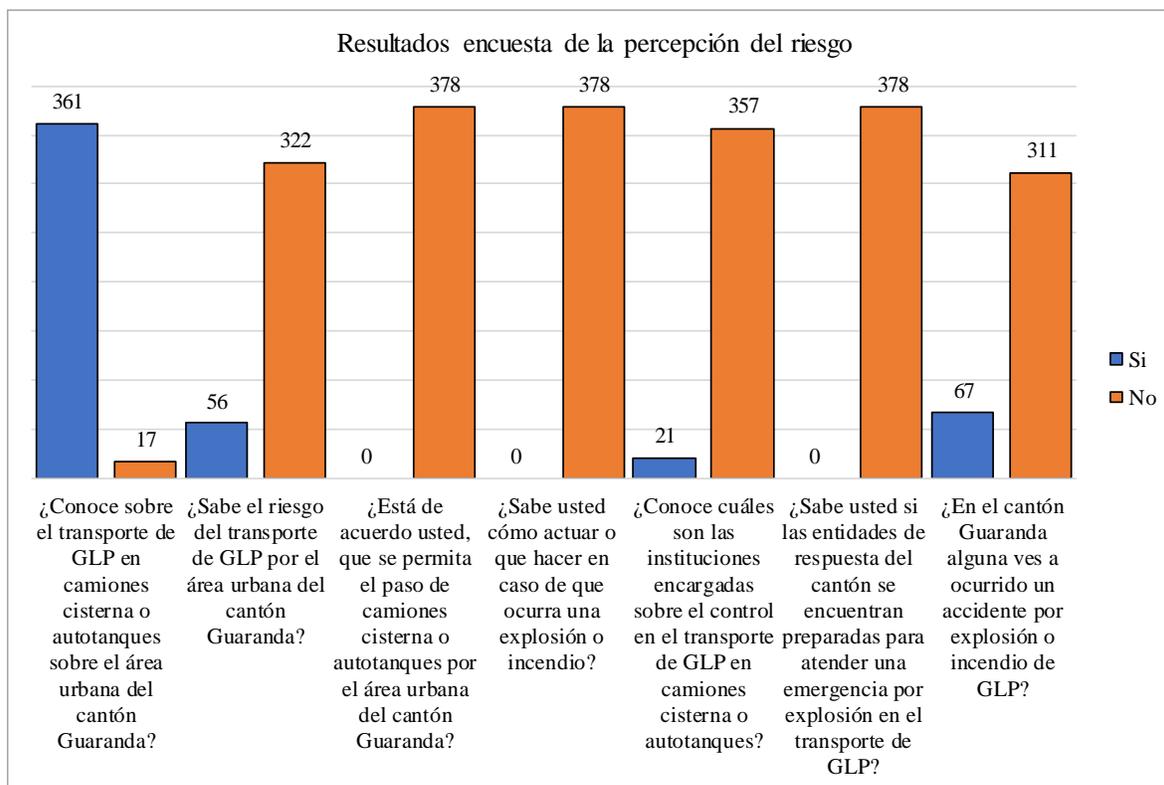
Zonas	Lugar	N° de afectados	%	N° de encuestados por zonas
<b>1</b>	Universidad Estatal de Bolívar	6084	25,87	98
<b>2</b>	Hospital del IESS	2771	11,79	44
<b>3</b>	Centro Gerontológico Residencial del Buen Vivir para Adultos Mayores “Amawta Wasi Samay	9013	38,32	145
<b>4</b>	Hospital Básico Enrique Becerra	5650	24,02	91
<b>TOTAL</b>		<b>23.518</b>	<b>100%</b>	<b>378</b>
		<b>(Población)</b>		<b>(Muestra)</b>

Nota. Tabla con el número total de afectados y encuestados por zonas de estudio.

Obteniendo los siguientes datos como resultado de la encuesta de percepción del riesgo, se dan a conocer en la siguiente figura:

**Figura 13**

*Resultados de la encuesta de percepción del riesgo sobre el transporte de GLP.*



Nota. Sistematización de las encuestas de percepción del riesgo aplicadas en la población de las diferentes zonas de estudio.

### **Análisis e interpretación**

Como se puede evidenciar en el gráfico, la mayor parte de la población tienen conocimiento sobre la circulación del transporte del GLP, sin embargo, la percepción del riesgo en las zonas de estudio es baja sobre los riesgos que representa en el área urbana del cantón Guaranda. Así también se evidenció que la población no se encuentra preparada para actuar ante una explosión por GLP y desconoce sobre el actuar profesional de las entidades de respuesta.

**4.2. Resultados según objetivo 2.** Categorizar los riesgos de BLEVE por explosión de GLP mediante el programa CAMEO de NACIONES UNIDAS en el área urbana del cantón Guaranda.

### **Modelamiento de explosión por transporte de GLP – BLEVE**

#### **Zona 1: Universidad Estatal De Bolívar**

##### **DATOS DEL SITIO:**

Ubicación: GUARANDA, BOLÍVAR, ECUADOR

Cambios de aire del edificio por hora: 0,36 (doble piso sin protección)

Hora: 2 de febrero de 2023 0720 horas ST (especificado por el usuario)

##### **DATOS QUÍMICOS:**

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: -42,0° C

Presión de vapor a temperatura ambiente: superior a 1 atm

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

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE DATOS)**

Viento: 2,22 metros/segundo desde el E a 3 metros

Rugosidad del terreno: campo abierto Nubosidad: 7 décimas

Temperatura del aire: 8° C Clase de estabilidad: C

Sin Inversión Altura Humedad Relativa: 76%

**FUERZA DE LA FUENTE:**

BLEVE de líquido inflamable en tanque esférico

Diámetro del tanque: 4,41 metros Volumen del tanque: 45 metros cúbicos

El tanque contiene líquido

Temperatura interna de almacenamiento: 8° C

Masa Química en Tanque: 19,861 kilogramos

El tanque está lleno al 85%

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

Diámetro de la bola de fuego: 157 metros Duración de la quemadura: 11 segundos

**ZONA DE AMENAZA:**

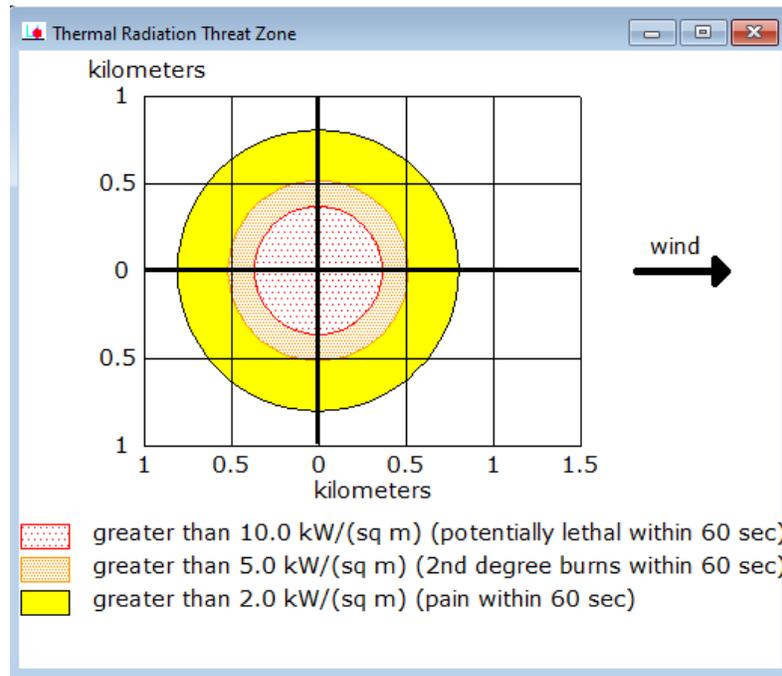
Amenaza modelada: radiación térmica de la bola de fuego

- Rojo: 366 metros --- (10,0 kW/(m<sup>2</sup>) = potencialmente letal en 60 segundos)
- Naranja: 517 metros --- (5,0 kW/(m<sup>2</sup>) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos)

- Amarillo: 806 metros --- ( $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^2)$ ) = dolor en 60 segundos)

### Ilustración 5

#### *Zona de amenaza de radiación térmica zona 1*

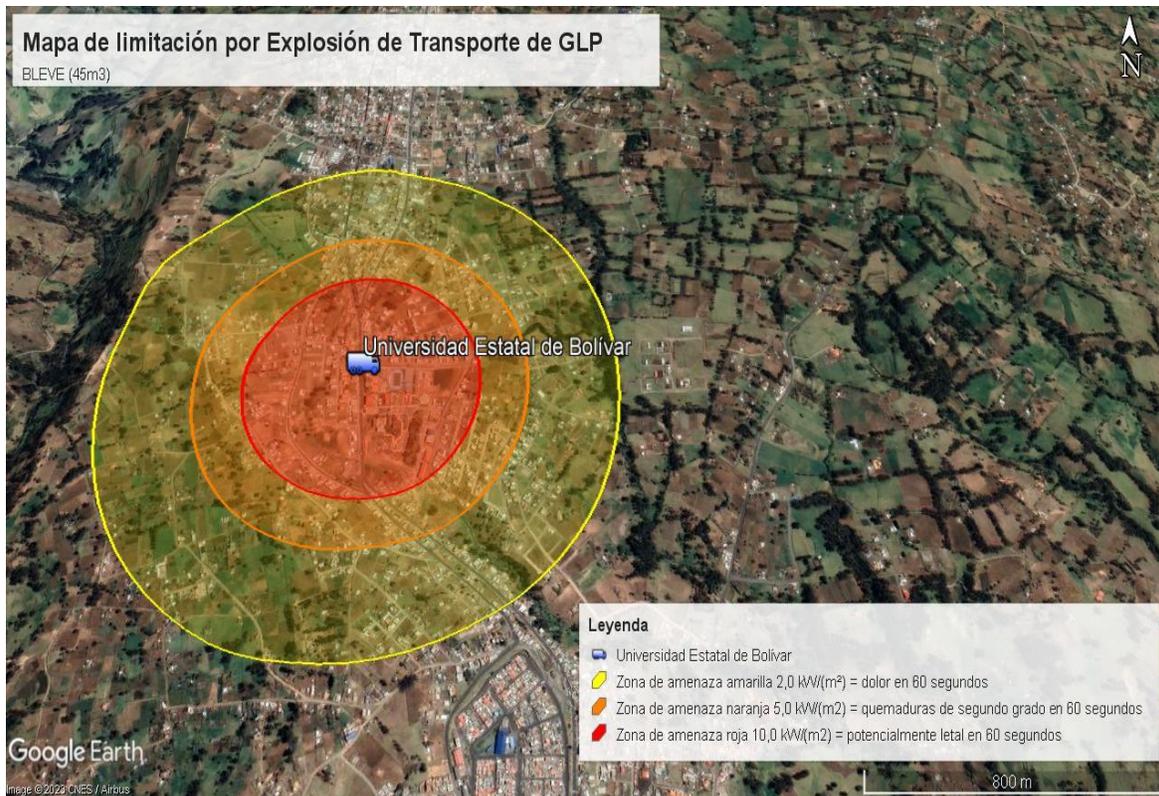


Nota. Zona de radiación térmica en la zona 1

En la ilustración 6 se visualiza el modelamiento realizado con el peor de los casos que es una explosión tipo BLEVE (Explosiones de vapor de expansión de líquido en ebullición) tomando en cuenta la capacidad máxima permisible de los transportes de GLP (85%), la cual cuenta con 3 zonas de amenazas, siendo la zona roja la más peligrosa (potencialmente letal en 60 segundos), teniendo como resultado 271 propiedades y 6.084 personas afectadas aproximadamente, lo más relevante del área es: Universidad Estatal de Bolívar (Campus Gabriel Galarza), la vía estatal 491 (vía Guaranda – Ambato), distribuidora de gas doméstico “Carballos y Hnos” y barrios aledaños, mientras que en la zona naranja y amarilla se muestra las áreas de menor peligro.

## Ilustración 6

### Modelamiento explosión de transporte de GLP “Zona 1”



Nota. Modelamiento de explosión por transporte de GLP con capacidad de carga de 45m<sup>3</sup> del autotanke.

**Tabla 7**

*TOTAL RISK EVALUATION SYSTEM "Zona 1: Universidad Estatal de Bolívar"*

OBJETO	OPERACIÓN	PELIGRO	TIPO DE RIESGO	OBJETO AMENAZADO	CONSECUENCIAS	GRAVEDAD						RIESGO
						V	M.A	P	V.E	Pb	Pr	
GLP	Transporte de GLP	Cantidad 45m <sup>3</sup>	Explosión	Establecimiento UEB (docentes, estudiantes, visitantes)	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	4	4	4	4	4	4,0
				Personas que habitan o circulan por la zona de peligro	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	4	4	4	4	4	4,0
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	3	4	4	4	3,6	3,6
			Incendio	Establecimiento UEB (docentes, estudiantes, visitantes)	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6
				Personas que habitan o circulan por la zona de peligro	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	3	3	4	4	3,4	3,4
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	3	4	3	4	3,4	3,4

			Contaminación	Suelo	Daños a la salud, desplazamientos de la población, impacto a la economía	3	4	3	3	3	3,2	2,4
				Aire	Infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón	3	4	2	3	4	3,2	3,2
				Agua	Destrucción de la biodiversidad, escasez de agua potable, mortalidad infantil.	3	4	2	3	3	3	2,3
GLP doméstico "distribuidora Carballo"	Distribuidora en la zona Urbana del Cantón Guaranda de Cilindros de gas doméstico	Cantidad 500 cilindros	Explosión	Personas que habitan o circulan por la zona de peligro	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	4	2	4	4	3,4	3,4
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	4	3	4	4	3,6	3,6
			fuga de gas	Personas que habitan o circulan por la zona de peligro	Asfixia, Intoxicación por inhalar monóxido de carbono	2	3	1	3	4	2,6	2,6
			Contaminación	Suelo	Daños a la salud, desplazamientos de la población, impacto a la economía	2	4	2	3	3	2,8	2,1

			Aire	Infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón	2	3	2	3	4	2,8	2,8
			Agua	Destrucción de la biodiversidad, escasez de agua potable, mortalidad infantil.	1	3	2	2	4	2,4	2,4
		Incendios	Personas que habitan o circulan por la zona de peligro	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	4	2	3	4	3,2	3,2
			Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	2	3	3	3	4	3	3,0
										Promedio	3,1
										Nivel de Riesgo	Muy Alto

Nota. Matriz del sistema TRES correspondiente a la zona 1, con un nivel de riesgo muy alto.

**Zona: Hospital del IESS****DATOS DEL SITIO:**

Ubicación: GUARANDA, BOLÍVAR, ECUADOR

Cambios de aire del edificio por hora: 0,25 (doble piso sin protección)

Hora: 1 de febrero de 2023 0730 horas ST (especificado por el usuario)

**DATOS QUÍMICOS:**

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: -42,0° C

Presión de vapor a temperatura ambiente: superior a 1 atm

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

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE DATOS)**

Viento: 1,11 metros/segundo de 0 a 3 metros

Rugosidad del terreno: campo abierto Nubosidad: 7 décimas

Temperatura del aire: 11° C Clase de estabilidad: B

Sin Inversión Altura Humedad Relativa: 82%

**FUERZA DE LA FUENTE:**

BLEVE de líquido inflamable en tanque esférico

Diámetro del tanque: 4,41 metros Volumen del tanque: 45 metros cúbicos

El tanque contiene líquido

Temperatura interna de almacenamiento: 11° C

Masa Química en Tanque: 19,700 kilogramos

El tanque está lleno al 85%

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

Diámetro de la bola de fuego: 157 metros Duración de la quemadura: 11 segundos

**ZONA DE AMENAZA:**

Amenaza modelada: radiación térmica de la bola de fuego

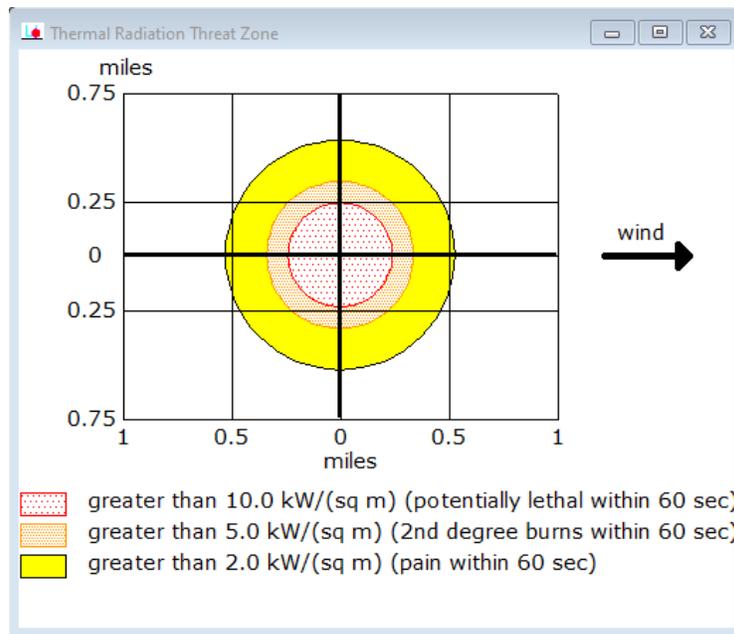
Rojo: 361 metros --- (10,0 kW/(m<sup>2</sup>) = potencialmente letal en 60 segundos)

Naranja: 509 metros --- (5,0 kW/(m<sup>2</sup>) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos)

Amarillo: 794 metros --- (2,0 kW/(m<sup>2</sup>) = dolor en 60 segundos)

## Ilustración 7

### Zona de amenaza de radiación térmica zona 2

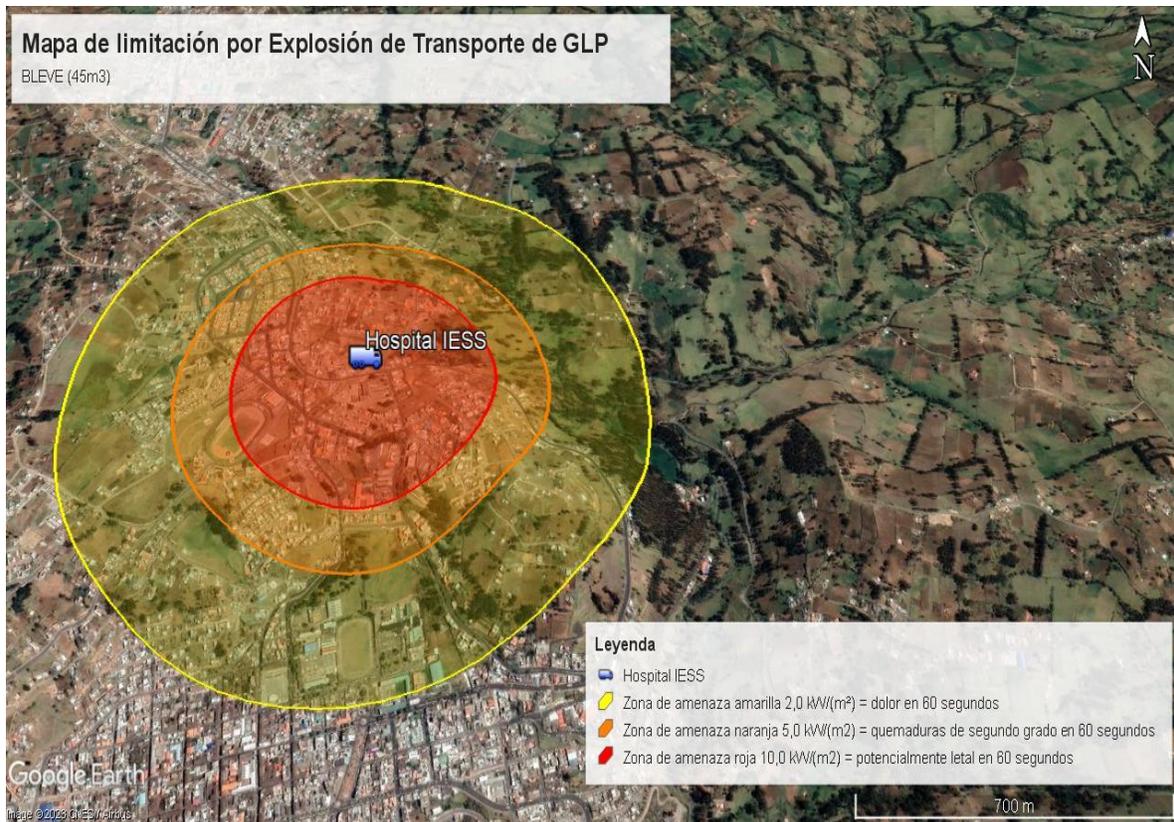


Nota. Zona de radiación térmica en la zona 2

En la ilustración 8 se visualiza el modelamiento realizado con el peor de los casos que es una explosión tipo BLEVE (Explosiones de vapor de expansión de líquido en ebullición) tomando en cuenta la capacidad máxima permisible de los transportes de GLP (85%), la cual cuenta con 3 zonas de amenazas, siendo la zona roja la más peligrosa (potencialmente letal en 60 segundos), teniendo como resultado 413 propiedades y 2771 personas afectadas aproximadamente, lo más relevante del área son: Hospital del IESS, la vía estatal 491 (vía Guaranda – Ambato), estación de servicio “7 Colinas”, comando de policía sub zona Bolívar N° 2, Corporación Nacional de Electricidad CNEL, Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda EP-EMAPAG y barrios aledaños, mientras que en la zona naranja y amarilla se muestra las áreas de menor peligro.

## Ilustración 8

### Modelamiento explosión de transporte de GLP “Zona 2”



Nota. Modelamiento de explosión por transporte de GLP con capacidad de carga de 45m<sup>3</sup> del autotanke.

Tabla 8

TOTAL RISK EVALUATION SYSTEM "Zona 2: Hospital del IESS"

OBJETO	OPERACIÓN	PELIGRO	TIPO DE RIESGO	OBJETO AMENAZADO	CONSECUENCIAS	GRAVEDAD						RIESGO	
						V	M. A	P	V. E	Pb	Pr		
GLP	Transporte de GLP	Cantidad 45m <sup>3</sup>	Explosión	IESS (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	4	4	4	4	4	4	
				Personas que circulan por la zona de peligro	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	4	4	4	4	4	4	
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	4	4	4	4	3,8	3,8	
			Incendio	IESS (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4
				Personas que circulan por la zona de peligro	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	3	4	4	4	4	3,6	3,6
			Contaminación	Suelo	Daños a la salud, desplazamientos de la población, impacto a la economía	2	4	3	4	3	3	3,2	2,4
				Aire	Infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón	3	4	2	4	3	3	3,2	2,4
				Agua	Destrucción de la biodiversidad, escasez de	2	4	3	4	3	3	3,2	2,4

					agua potable, mortalidad infantil.							
Tanques de almacenamiento de combustible EXTRA (estación de servicio "siete colinas")	Almacenamiento	Cantidad 8450 gl	Explosión	IESS (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Muerte, intoxicación, enfermedades pulmonares, pérdidas económicas y materiales	4	3	3	4	4	3,6	3,6
				Personas	Muerte, quemaduras, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	4	4	4	4	3,8	3,8
			Incendio	IESS (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	2	4	3,2	3,2
				Personas que circulan por la zona de peligro	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	2	4	3,2	3,2
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	3	4	4	4	3,6	3,6
			Contaminación	Suelo	Daños a la salud, desplazamientos de la población, impacto a la economía	2	4	2	3	3	2,8	2,1
				Aire	Infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón	3	4	2	4	4	3,4	3,4
				Agua	Destrucción de la biodiversidad, escasez de agua potable, mortalidad infantil.	3	4	1	3	3	2,8	2,1
Tanques de almacenamiento de combustible SUPER (estación de servicio "siete colinas")	Almacenamiento	Cantidad 2850 gl	Explosión	IESS (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	4	3	4	4	3,6	3,6
				Personas que circulan por la zona de peligro	Muerte, quemaduras graves, lesiones,	3	4	3	4	4	3,6	3,6

					intoxicación, enfermedades pulmonares								
					Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	3	4	4	4	3,6	3,6
			Incendio	IESS (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	3	2	4	4	3,2	3,2	
				Personas	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	3	2	4	4	3,2	3,2	
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	2	2	4	4	4	3,2	3,2	
			Contaminación	Suelo	Daños a la salud, desplazamientos de la población, impacto a la economía	2	4	2	3	3	2,8	2,1	
				Aire	Infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón	2	4	2	3	3	2,8	2,1	
				Agua	Destrucción de la biodiversidad, escasez de agua potable, mortalidad infantil.	1	4	1	3	4	2,6	2,6	
Tanques de almacenamiento de combustible DIESEL (estación de servicio "siete colinas")	Almacenamiento	Cantidad 7000 gl	Explosión	IESS (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	3	3	4	4	3,4	3,4	
				Personas	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	3	3	4	4	3,4	3,4	
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	4	4	4	4	3,8	3,8	
			Incendio	IESS (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	2	3	2	3	4	2,8	2,8	

				Personas que circulan por la zona de peligro	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	2	3	2	3	4	2,8	2,8
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	2	3	4	4	4	3,4	3,4
			Contaminación	Suelo	Daños a la salud, desplazamientos de la población, impacto a la economía	2	3	3	3	3	2,8	2,1
				Aire	Infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón	2	3	2	3	4	2,8	2,8
				Agua	Destrucción de la biodiversidad, escasez de agua potable, mortalidad infantil.	2	3	3	3	3	2,8	2,1
Tanque de Diésel IESS	Almacenamiento	Cantidad 4m <sup>3</sup>	Explosión	Personas (personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Intoxicación, enfermedades pulmonares, muerte	3	3	4	4	4	3,6	3,6
				Propiedades afectadas	Pérdidas económicas y materiales	3	2	3	4	4	3,2	3,2
			Incendio	Personas (personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Intoxicación, enfermedades pulmonares y muerte	2	3	2	3	4	2,8	2,8
				Propiedades afectadas	Pérdidas económicas y materiales	2	2	3	2	4	2,6	2,6
											Promedio	3,10
											Nivel de Riesgo	Muy Alto

Nota. Matriz del sistema TRES correspondiente a la zona 2, con un nivel de riesgo muy alto.

**Zona 3: Centro Gerontológico Residencial del Buen Vivir para Adultos Mayores**  
**“Amawta Wasi Samay”**

**DATOS DEL SITIO:**

Ubicación: GUARANDA, BOLÍVAR, ECUADOR

Cambios de aire del edificio por hora: 0,26 (doble piso sin protección)

Hora: 1 de febrero de 2023 0900 horas ST (especificado por el usuario)

**DATOS QUÍMICOS:**

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: -42,0° C

Presión de vapor a temperatura ambiente: superior a 1 atm

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

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE DATOS)**

Viento: 1,39 metros/segundo de OSS a 3 metros

Rugosidad del terreno: campo abierto Nubosidad: 7 décimas

Temperatura del aire: 12° C Clase de estabilidad: B

Sin Inversión Altura Humedad Relativa: 80%

**FUERZA DE LA FUENTE:**

BLEVE de líquido inflamable en tanque esférico

Diámetro del tanque: 4,41 metros Volumen del tanque: 45 metros cúbicos

El tanque contiene líquido

Temperatura interna de almacenamiento: 12° C

Masa Química en Tanque: 19,646 kilogramos

El tanque está lleno al 85%

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

Diámetro de la bola de fuego: 157 metros Duración de la quemadura: 11 segundos

**ZONA DE AMENAZA:**

Amenaza modelada: radiación térmica de la bola de fuego

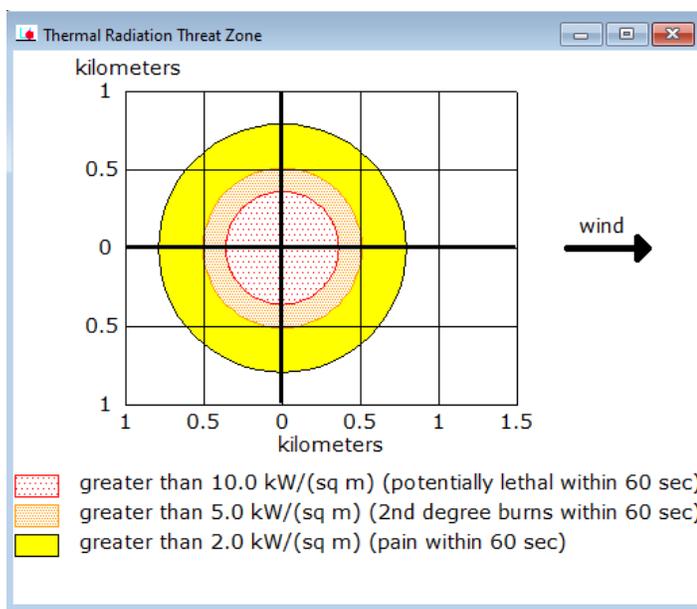
Rojo: 360 metros --- (10,0 kW/(m<sup>2</sup>) = potencialmente letal en 60 segundos)

Naranja: 508 metros --- (5,0 kW/(m<sup>2</sup>) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos)

Amarillo: 792 metros --- (2,0 kW/(m<sup>2</sup>) = dolor en 60 segundos)

## Ilustración 9

### Zona de amenaza de radiación térmica zona 3



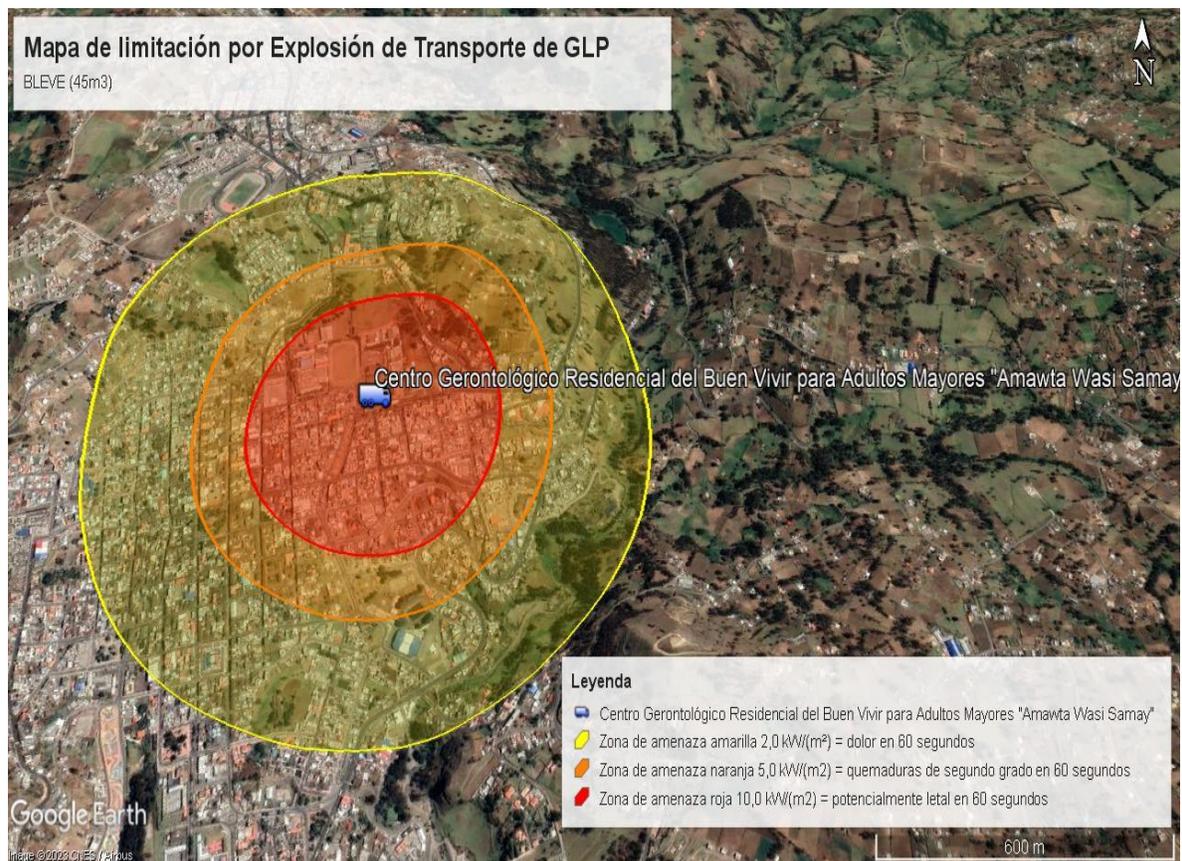
Nota. Zona de radiación térmica en la zona 3.

En la ilustración 10 se visualiza el modelamiento realizado con el peor de los casos que es una explosión tipo BLEVE (Explosiones de vapor de expansión de líquido en ebullición) tomando en cuenta la capacidad máxima permisible de los transportes de GLP (85%), la cual cuenta con 3 zonas de amenazas, siendo la zona roja la más peligrosa (potencialmente letal en 60 segundos), teniendo como resultado 594 propiedades y 9013 personas afectadas aproximadamente, lo más relevante del área son: Centro Gerontológico Residencial del Buen Vivir para Adultos Mayores “Amawta Wasi Samay”, la vía estatal 491 (vía Guaranda – Ambato), unidades educativas (Verbo Divino, Pedro Carbo, Manuel de Echeandía, Santa Mariana de Jesús), casas de salud (Hospital Alfredo Noboa Montenegro y clínica San Patricio), instituciones financieras, negocios comerciales y

barrios aledaños, mientras que en la zona naranja y amarilla se muestra las áreas de menor peligro.

### Ilustración 10

#### Modelamiento explosión de transporte de GLP "Zona 3"



Nota. Modelamiento de explosión por transporte de GLP con capacidad de carga de 45m<sup>3</sup> del autotank.

**Tabla 9**

*TOTAL RISK EVALUATION SYSTEM "Zona 3: Centro Gerontológico Residencial del Buen Vivir para Adultos Mayores "Amawta Wasi Samay""*

OBJETO	OPERACIÓN	PELIGRO	TIPO DE RIESGO	OBJETO AMENAZADO	CONSECUENCIAS	GRAVEDAD						RIESGO
						V	M.A	P	V.E	Pb	Pr	
GLP	Transporte de GLP	Cantidad 45m <sup>3</sup>	Explosión	Estudiantes, docentes y personal que trabaja en las unidades educativas (Pedro Carbo, Verbo Divino, Manuela Echeandía, Santa Mariana de Jesús), adultos mayores del centro del día para adultos mayores	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	4	4	4	4	4	4,0
				Personas que circulan por la zona de peligro	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	4	4	4	4	4	4,0
				Propiedades afectadas (vehículos, casas, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	3	4	4	4	3,6	3,6
			Incendio	Estudiantes, docentes y personal que trabaja en las unidades educativas (Pedro Carbo, Verbo Divino, Manuela Echeandía, Santa Mariana de Jesús), personas del centro gerontológico para adultos mayores	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	4	4	4	4	3,8	3,8

			Personas que circulan por la zona de peligro	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	4	4	4	4	3,8	3,8
			Propiedades afectadas (vehículos, casas, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	2	3	4	4	4	3,4	3,4
		Contaminación	Suelo	Daños a la salud, desplazamientos de la población, impacto a la economía	3	4	2	3	3	3	2,3
			Aire	Infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón	4	4	2	3	4	3,4	3,4
			Agua	Destrucción de la biodiversidad, escasez de agua potable, mortalidad infantil.	3	4	1	3	3	2,8	2,1
										Promedio	3,4
										Nivel de Riesgo	Muy Alto

Nota. Matriz del sistema TRES correspondiente a la zona 3, con un nivel de riesgo muy alto.

**Zona 4: Hospital Básico Enrique Becerra****DATOS DEL SITIO:**

Ubicación: GUARANDA, BOLÍVAR, ECUADOR

Cambios de aire del edificio por hora: 0,40 (doble piso sin protección)

Hora: 31 de enero de 2023 1130 horas ST (especificado por el usuario)

**DATOS QUÍMICOS:**

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: -43.7° F

Presión de vapor a temperatura ambiente: superior a 1 atm

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

**DATOS ATMOSFÉRICOS: (ENTRADA MANUAL DE DATOS)**

Viento: 3,05 metros/segundo de 0 a 3 metros

Rugosidad del terreno: campo abierto Nubosidad: 3 décimas

Temperatura del aire: 14° C Clase de estabilidad: B

Sin Inversión Altura Humedad Relativa: 81%

**FUERZA DE LA FUENTE:**

BLEVE de líquido inflamable en tanque esférico

Diámetro del tanque: 4,41 metros Volumen del tanque: 45 metros cúbicos

El tanque contiene líquido

Temperatura interna de almacenamiento: 14° C

Masa Química en Tanque: 19,537 kilogramos

El tanque está lleno al 85%

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

Diámetro de la bola de fuego: 156 metros Duración de la quemadura: 11 segundos

**ZONA DE AMENAZA:**

Amenaza modelada: radiación térmica de la bola de fuego:

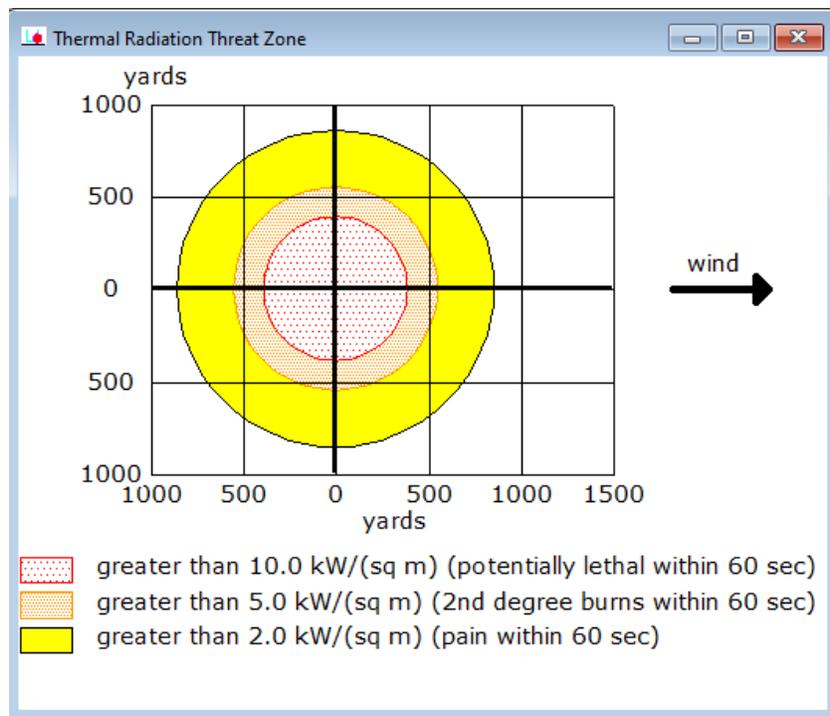
Rojo: 357 metros --- (10,0 kW/(m<sup>2</sup>) = potencialmente letal en 60 segundos)

Naranja: 503 metros --- (5,0 kW/(m<sup>2</sup>) = quemaduras de segundo grado en 60 segundos)

Amarillo: 785 metros --- (2,0 kW/(m<sup>2</sup>) = dolor en 60 segundos)

## Ilustración 11

*Zona de amenaza de radiación térmica zona 4*



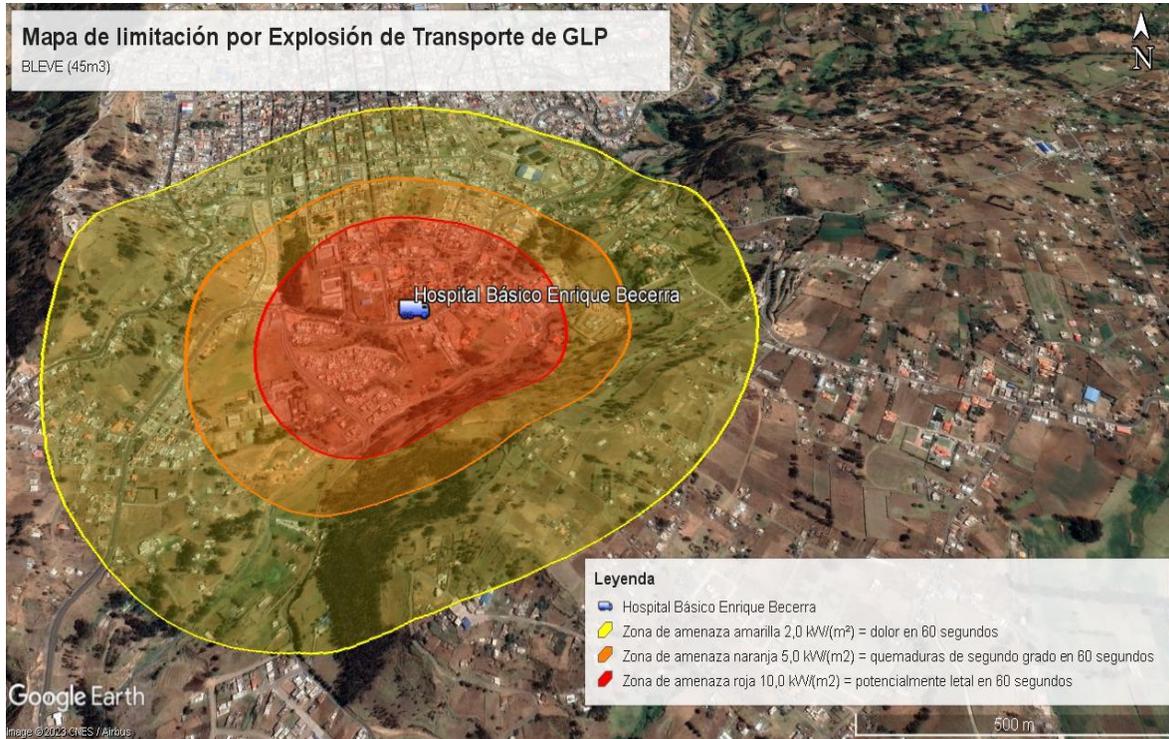
Nota. Zona de radiación térmica en la zona 4.

En la ilustración 12 se visualiza el modelamiento realizado con el peor de los casos que es una explosión tipo BLEVE (Explosiones de vapor de expansión de líquido en ebullición) tomando en cuenta la capacidad máxima permisible de los transportes de GLP (85%), la cual cuenta con 3 zonas de amenazas, siendo la zona roja la más peligrosa (potencialmente letal en 60 segundos), teniendo como resultado 428 propiedades y 5650 personas afectadas aproximadamente, lo más relevante del área son: Hospital Básico Enrique Becerra, la vía estatal 491 (vía Guaranda – Ambato), Estación de servicio “González”, unidades educativas (Ángel Polibio Chávez, Técnico Guaranda, San Juan

Bosco), Distrito de Educación, institución financiera, negocios comerciales y barrios aledaños, mientras que en la zona naranja y amarilla se muestra las áreas de menor peligro.

## Ilustración 12

### Modelamiento explosión de transporte de GLP "Zona 4"



Nota. Modelamiento de explosión por transporte de GLP con capacidad de carga de 45m<sup>3</sup> del autotanque.

Tabla 10

## TOTAL RISK EVALUATION SYSTEM "Zona 4: Hospital Básico Enrique Becerra"

OBJETO	OPERACIÓN	PELIGRO	TIPO DE RIESGO	OBJETO AMENAZADO	CONSECUENCIAS	GRAVEDAD						RIESGO
						V	M.A	P	V.E	Pb	Pr	
GLP	Transporte de GLP	Cantidad 45m <sup>3</sup>	Explosión	Hospital básico Enrique Becerra (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	4	4	4	4	4	4,0
				Personas que circulan por la zona de peligro	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	4	4	4	4	4	4,0
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	3	4	3	4	3,4	3,4
			Incendio	Hospital básico Enrique Becerra (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6
				Personas que circulan por la zona de peligro	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	3	4	3	4	3,4	3,4
			Contaminación	Suelo	Daños a la salud, desplazamientos de la población, impacto a la economía	2	4	1	4	3	2,8	2,1
				Aire	Infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón	3	4	1	4	3	3	2,3
				Agua	Destrucción de la biodiversidad, escasez de	2	4	1	4	3	2,8	2,1

					agua potable, mortalidad infantil.							
Tanques de almacenamiento de combustible EXTRA (estación de servicio "González")	Almacenamiento	Cantidad 15600 gl	Explosión	Hospital básico Enrique Becerra (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6
				Personas que circulan por la zona de peligro	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	4	3	3	4	4	3,6	3,6
			Incendio	Hospital básico Enrique Becerra (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6
				Personas que circulan por la zona de peligro	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	3	3	4	4	3,4	3,4
			Contaminación	Suelo	Daños a la salud, desplazamientos de la población, impacto a la economía	2	4	2	2	3	2,6	2,0
				Aire	Infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón	3	4	2	3	4	3,2	3,2
				Agua	Destrucción de la biodiversidad, escasez de agua potable, mortalidad infantil.	2	4	1	2	3	2,4	1,8
Tanques de almacenamiento de combustible SUPER (estación	Almacenamiento	Cantidad 4200 gl	Explosión	Hospital básico Enrique Becerra (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6

de servicio "González")				Personas que circulan por la zona de peligro	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6			
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	4	3	4	4	4	3,8	3,8			
			Incendio	Hospital básico Enrique Becerra (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6			
				Personas que circulan por la zona de peligro	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6			
				Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	3	3	3	4	4	3,4	3,4			
			Contaminación	Suelo	Daños a la salud, desplazamientos de la población, impacto a la economía	1	4	1	2	3	2,2	1,7			
				Aire	Infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón	2	4	1	2	4	2,6	2,6			
				Agua	Destrucción de la biodiversidad, escasez de agua potable, mortalidad infantil.	1	4	1	3	3	2,4	1,8			
			Tanques de almacenamiento de combustible DIESEL (estación de servicio "González")	Almacenamiento	Cantidad 9000 gl	Explosión	Hospital básico Enrique Becerra (Personal de salud, administrativos, seguridad, pacientes)	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6
							Personas que circulan por la zona de peligro	Muerte, quemaduras graves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	4	3	3	4	4	3,6	3,6
Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	4					3	4	4	4	3,8	3,8			
Incendio	Hospital básico Enrique Becerra (Personal de salud,	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares				3	3	3	3	4	3,2	3,2			

			administrativos, seguridad, pacientes)								
			Personas que circulan por la zona de peligro	Quemaduras leves, lesiones, intoxicación, enfermedades pulmonares	3	3	3	3	4	3,2	3,2
			Propiedades afectadas (casas, vehículos, instituciones)	Pérdidas económicas y materiales	2	3	3	3	4	3	3,0
		Contaminación	Suelo	Daños a la salud, desplazamientos de la población, impacto a la economía	1	3	2	3	4	2,6	2,6
			Aire	Infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, accidentes cerebrovasculares y cáncer de pulmón	2	3	2	3	4	2,8	2,8
			Agua	Destrucción de la biodiversidad, escasez de agua potable, mortalidad infantil.	1	3	1	2	4	2	2,0
										Promedio	3,1
										Nivel de Riesgo	Muy Alto

Nota. Matriz del sistema TRES correspondiente a la zona 4, con un nivel de riesgo muy alto.

**4.3. Resultados según objetivo 3.** Proponer las medidas del sistema de reducción de riesgo de desastres para cada modelamiento en el área urbana del cantón Guaranda en el periodo noviembre a febrero 2023.

En base a la categorización del riesgo y modelamientos realizados en el objetivo 2 se pretende reducir el riesgo de desastres ante una posible explosión de transporte de GLP tipo BLEVE que podría afectar significativamente al área urbana del cantón Guaranda, las mismas que se puntualizan a continuación para cada zona en estudio:

**Tabla 11**

*Medidas del sistema de reducción de riesgo de desastres para las zonas en estudio.*

Componente	Medida	Zonas				Responsables	Rol
		Universidad Estatal de Bolívar	Hospital IESS Guaranda	Centro Gerontológico Residencial del Buen Vivir Para Adultos Mayores	Hospital Básico “Enrique Becerra”		
Capacitación	Desarrollo de un plan de capacitación sobre normas y procedimientos de evacuación y medidas de autoprotección en caso de explosión por transporte de GLP.	X	X	X	X	GAD cantón Guaranda, Cuerpo de Bomberos Guaranda, Secretaría de Gestión de Riesgos.	Asesoramiento técnico y apoyo con recursos humanos.
	Desarrollo de un plan de capacitación sobre riesgos y accidentes del transporte de GLP.	X	X	X	X		Búsqueda y rescate, en caso de presentarse un conato de incendio o explosión.

	Capacitación sobre el manejo inicial de quemaduras.		X		X	Ministerio de Salud Pública	Asesoramiento técnico sobre el manejo inicial de quemaduras.
	Diseño e implementación de planes de contingencia contra explosiones por transportes de GLP.	X	X	X	X	Cuerpo de Bomberos Guaranda, GAD cantón Guaranda	Coordinar las acciones de los planes de contingencia y la logística para los planes de contingencia.
<b>Personas y edificaciones expuestas</b>	Implementar sistemas de alerta temprana (SAT) con el fin de reducir daños a la vida, propiedad y ambiente.	X	X	X	X	Secretaría de Gestión de Riesgos, GAD cantón Guaranda	Implementar los SAT en cada una de las zonas en estudio, con el fin de comunicar una situación de alerta a los actores de respuesta y a las comunidades expuestas en el área de estudio. Esto con el fin de reducir las pérdidas de vidas y los daños en las propiedades y al ambiente.
	Desarrollo de programas de simulacros de evacuación y acción	X	X	X	X	Universidad Estatal de Bolívar (Unidad de Gestión de	Organizar y coordinar los programas de simulacros y

	en caso de explosión por transporte de GLP.					Riesgos), Policía Nacional	solicitar apoyo logístico y de recursos a instituciones de respuesta. Brindar seguridad y el orden público en todo el perímetro del escenario.
<b>Recursos contra explosión e incendio</b>	Crear vías alternas para la circulación de camiones cisterna o auto tanques de GLP, con el fin de evitar en lo posible el tránsito por zonas habitadas.	X	X	X	X	Unidad Municipal de Tránsito del cantón Guaranda	Planificar, organizar, regular y controlar la circulación de los vehículos y servicios de transporte público y privado de carga.
	Vías de acceso y evacuación de las zonas de riesgo para organismos de respuesta.	X	X	X	X		
	Instalación de hidrantes en las zonas de estudio	X	X	X	X	EP-EMAPAG	Abastecer de hidrantes para una mejor respuesta por parte del Cuerpo de Bomberos Guaranda.
<b>Seguros</b>	Daños en infraestructura	X	X	X	X		Ofrecer diferentes tipos de seguros

Bienes materiales	X	X	X	X	Aseguradoras o compañías de seguros	para proteger a las personas, instituciones públicas – privadas y empresas de los riesgos a los que pueden estar expuestos sus bienes y propiedades.
Equipos tecnológicos	X	X	X	X		
Instrumentos de laboratorio	X	X	X	X		
Seguros de vida	X	X	X	X		
Insumos y equipos hospitalarios		X		X		

Nota. Medidas técnicas y operativas del sistema de reducción de riesgo de desastres, elaborado por: (Gutiérrez & Ramos, 2023).

## CAPÍTULO V

### 5.1. CONCLUSIONES

- ✓ En base a los modelamientos realizados por explosión de transporte de GLP tipo BLEVE en las diferentes zonas de estudio, se obtuvo como resultado la afectación directa de 1.076 propiedades y de 23.518 personas afectadas aproximadamente.
- ✓ Los riesgos a los cuáles se ven expuestas las instituciones públicas, privadas, hospitales, instituciones educativas y población de las zonas en estudio del área urbana del cantón Guaranda ante una posible explosión en el transporte de GLP es el impacto de proyectiles desprendidos del tanque o recipiente, radiación térmica, quemaduras e intoxicación por inhalación en grandes cantidades del GLP.
- ✓ Se concluye que las cuatro zonas en estudio del área urbana del cantón Guaranda presentan un nivel de riesgo muy alto, ante una posible explosión en el transporte de GLP en auto tanques de tipo BLEVE.
- ✓ De acuerdo a las encuestas de percepción del riesgo de explosión por transporte de GLP realizadas a personas de las diferentes zonas de estudio, en la cual se concluye que la población desconoce casi en su totalidad sobre el riesgo que representa la circulación de autotanques de GLP y sobre los protocolos de acción en caso de materializarse el evento peligroso de tipo BLEVE.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Crear una ordenanza municipal que permita controlar y regular el paso de auto tanques de GLP por las zonas con mayor concentración humana, propiedades y ambiente en el área urbana del cantón Guaranda.
- ✓ Informar a instituciones públicas, privadas, hospitales, instituciones educativas y habitantes del área urbana del cantón Guaranda que se ven afectadas por riesgo de explosión por transporte de GLP de acuerdo al modelamiento realizado en la investigación.
- ✓ Que se aplique la metodología TRES (Total Risk Evaluation System) periódicamente por parte de las principales autoridades del cantón en conjunto con la Unidad de Gestión de Riesgos de la Universidad Estatal de Bolívar, la cual permitirá mantener un monitoreo constante del riesgo en estudio que servirá para tomar acciones preventivas - correctivas y reducir costos por daños y afectaciones a la vida, propiedad y ambiente.
- ✓ Que el Cuerpo de Bomberos Guaranda realice los estudios necesarios para la implementación de una unidad de materiales peligrosos (MATPEL) para afrontar eventos relacionados al manejo, almacenamiento y transporte de químicos peligrosos en el cantón.
- ✓ Que las casas de salud del cantón implementen unidades de quemados para la atención inmediata en caso de ocurrir un evento peligroso tipo incendio o explosión.
- ✓ La aplicación de manera inmediata las medidas del sistema de reducción de riesgos planteadas en el trabajo de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

ALOHA. (Febrero de 2007). Manual Para Usuarios. Recuperado el 08 de Febrero de 2023, de Environmental Protection Agency:

<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P1003UZZB.PDF?Dockkey=P1003UZZB.PDF>

ArcGis Resources. (2020). Que es ArcGis. Recuperado el 2 de Septiembre de 2022, de

<https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

Bajaña, L., & Roldán, O. (2013). "Desarrollo de un Plan de mejoras del sistema de despachos de GLP en vehículos cisternas". Recuperado el 1 de Diciembre de 2022,

de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/4b9f3a63-41ce-4f14-b761-0bd94ffde0cc/D-79822.pdf>

Becerra, M. (2012). ESTUDIO DEL SISTEMA GLP COMO COMBUSTIBLE.

Recuperado el 12 de Diciembre de 2022, de UNIVERSIDAD DEL AZUAY:

<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/1421/1/09589.pdf>

CIQUIME. (2016). Centro de Información Química para Emergencias. Recuperado el 13 de Febrero de 2023, de BLEVE. Prevención y Respuesta:

<https://www.ciquime.org/files/at005.pdf>

Collado, C. (2021). Google Earth, guía completa: qué es, cómo usarlo. Recuperado el 6 de Diciembre de 2022, de Andro4all: [https://andro4all.com/google-maps/google-earth-guia-completa-que-es-como-usarlo-y-4-cosas-geniales-que-puedes-hacer-2021-03-](https://andro4all.com/google-maps/google-earth-guia-completa-que-es-como-usarlo-y-4-cosas-geniales-que-puedes-hacer-2021-03-08)

08

Comisión de Regulación de Energía y Gas. (6 de Marzo de 2003). GREG. Recuperado el 04 de Diciembre de 2022, de

[https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion\\_creg\\_0011\\_2003.htm#2](https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0011_2003.htm#2)

Cordero, W. (2019). Análisis y Evaluación de impacto y zonas de afección en caso de accidente mayor ocurrido por un incendio y/o explosión en la estación de servicio Beltrán, Santa Isabel 2019. Recuperado el 20 de Diciembre de 2022, de

<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9386/1/15024.pdf>

Diario, E. (2008). El choque entre un auto y un tráiler que transportaba 933 cilindros de gas que ocasionó un incendio seguido de explosiones. Recuperado el 10 de Diciembre de 2022, de <https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/102889-percance-aviva-la-polemica/>

El Comercio. (2020). Tragedia en Villa El Salvador: se eleva a 15 la cifra de muertos por fuga de gas e incendio. Recuperado el 10 de Diciembre de 2022, de <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/tragedia-en-villa-el-salvador-se-eleva-a-15-la-cifra-de-muertos-por-fuga-de-gas-e-incendio-ves-bomberos-policia-nacional-glp-incendios-noticia/?ref=ecr>

EPA. (2022). Environmental Protection Agency. Recuperado el 6 de Diciembre de 2022, de Software Aloha: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>

Escuela Profesional De Medicina Del Trabajo UCM. (2014). EXPLOSIONES. Recuperado el 12 de Diciembre de 2022, de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2014-12-17-Tema%205.%20Explosiones.pdf>

Foodcom. (Enero de 2023). Código SA y código CAS: una guía completa. Recuperado el 8 de Marzo de 2023, de <https://foodcom.pl/es/codigo-sa-y-codigo-cas-una-guia-completa/#:~:text=El%20c%C3%B3digo%20CAS%2C%20tambi%C3%A9n%20conocido,%E2%80%93de%20ah%C3%AD%20su%20nombre>).

Google Earth Pro. (2020). Google Earth Pro. Obtenido de [https://www.google.com/intl/es\\_ALL/earth/education/tools/google-earth-engine/](https://www.google.com/intl/es_ALL/earth/education/tools/google-earth-engine/)

GRE. (2020). Guia de Respuesta en Caso de Emergencia. Recuperado el 05 de Diciembre de 2020, de <https://www.ciquime.org/files/GRE2020.pdf>

Guerra, S. (2020). Periodico digital "Primicias". Recuperado el 1 de Diciembre de 2022, de La demanda de gas licuado de petróleo subió 3,5% en 2019: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/demanda-gas-licuado-petroleo-subio-2019/>

GUIAR. (2017). Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos. Recuperado el 1 de Diciembre de 2022, de Universidad de Zaragoza: [https://guiar.unizar.es/1/Accident/San\\_Juan.html](https://guiar.unizar.es/1/Accident/San_Juan.html)

Gutiérrez, E. (4 de Noviembre de 2004). Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos (GUIAR). Recuperado el 5 de Febrero de 2023, de Ingenieria de riesgos en la prevención de accidentes: [file:///D:/Descargas/INGENIERIA\\_DE\\_RIESGOS\\_EN\\_INGENIERIA\\_DE\\_R.pdf](file:///D:/Descargas/INGENIERIA_DE_RIESGOS_EN_INGENIERIA_DE_R.pdf)

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Recuperado el 26 de Enero de 2023, de Definición del alcance de la investigación que se realizará: exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo.

Hurtado, A. (2002). Camión cisterna de GLP. Recuperado el 10 de Enero de 2023, de [https://oa.upm.es/22103/1/PFC\\_Alejandro\\_Hurtado\\_de\\_Mendoza\\_Martin.pdf](https://oa.upm.es/22103/1/PFC_Alejandro_Hurtado_de_Mendoza_Martin.pdf)

Industrial Scientific. (2020). Niveles de Gases aceptables y peligrosos en espacios confinados. Recuperado el 13 de Febrero de 2023, de [https://www.indsci.com/es/blog/niveles-de-gas-aceptables-y-peligrosos-en-espacios-confinados#:~:text=L%C3%ADmite%20inferior%20de%20explosividad%20\(LEL,con%20una%20fuente%20de%20ignici%C3%B3n.](https://www.indsci.com/es/blog/niveles-de-gas-aceptables-y-peligrosos-en-espacios-confinados#:~:text=L%C3%ADmite%20inferior%20de%20explosividad%20(LEL,con%20una%20fuente%20de%20ignici%C3%B3n.)

INSST. (1998). Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Recuperado el 13 de Febrero de 2023, de NTP 379: Productos inflamables: variación de los parámetros de peligrosidad.: [https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp\\_379.pdf/a8bbcd8a-a6c1-4dca-b452-f32213e25752#:~:text=de%20l%C3%ADquidos%20inflamables%20,L%C3%ADmites%20de%20inflamabilidad,mezcla%20vapor%20de%20combustible%20aire.](https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_379.pdf/a8bbcd8a-a6c1-4dca-b452-f32213e25752#:~:text=de%20l%C3%ADquidos%20inflamables%20,L%C3%ADmites%20de%20inflamabilidad,mezcla%20vapor%20de%20combustible%20aire.)

INSST. (2010). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Recuperado el 15 de Diciembre de 2022, de Evaluación de los riesgos específicos derivados de las atmósferas explosivas: <https://www.insst.es/documents/94886/328681/876w.pdf/25739afd-5cd3-40c4-a4e2-4de40750867a#:~:text=El%20riesgo%20de%20explosi%C3%B3n%20es,ser%20mortales%20y%20fo%20catastr%C3%B3ficas.>

INSST. (2021). Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).

Recuperado el 6 de Febrero de 2023, de Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.:  
<https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+T%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+derivados+de+atm%C3%B3sferas+explosivas+en+el+lugar+de+trabajo/d54dcb4f-2814-4b12-a591-ba9be3b4b0da>

LPG Exceptional energy. (2015). Origen del GLP. Recuperado el 4 de Diciembre de 2022, de <https://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2017/07/WLPGA-EE-PDF-ES.V1.pdf>

Manjarrés, D., & Pacheco, L. (NOVIEMBRE de 2008). SEGURIDAD INDUSTRIAL EN INSTALACIONES CENTRALIZADAS GASODOMÉSTICAS. Recuperado el 12 de Diciembre de 2022, de ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL:  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1057/1/CD-1878.pdf>

Ministerio de Transporte de Colombia. (2008). Transporte de mercancías peligrosas en vehículos automotores de carga. Recuperado el 6 de Enero de 2023, de [https://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Cartillas%20Conductores/clase\\_glp.pdf](https://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Cartillas%20Conductores/clase_glp.pdf)

Morales, M. (Julio de 2016). Efecto de las ondas de presión de una explosión. Recuperado el 12 de Diciembre de 2022, de Universidad Nacional del Sur:  
<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2905/Efecto%20de%20las%20ondas%20de%20presi%C3%B3n%20de%20una%20explosi%C3%B3n>

%20sobre%20tanques%20de%20almacenamiento%20de%20sustancias%20pe2.pdf  
?sequence=1&isAllowed=y

Moyano, J., Lema, J., Guamán, Á., & García, G. (2020). Metodologías MESERI, índice de incendio y explosión, ALOHA, para determinar zonas de seguridad en estaciones de servicios de combustibles. Recuperado el 2 de Septiembre de 2022, de <https://knepublishing.com/index.php/KnE-Engineering/article/view/6251/11623#citations>

NOAA. (2022). Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. Recuperado el 13 de Febrero de 2023, de Límites de peligro inmediato para la vida y la salud (IDLH): <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/immediately-dangerous-life-health-limits-idlhs.html>

NTE INEN 1533. (2013). Instituto Ecuatoriano de Normalización. Recuperado el 11 de Enero de 2023, de NTE INEN 1533: Prevención de incendios. Requisitos para el transporte de gas licuado de petróleo (GLP) en vehículos cisterna (tanqueros): <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-1533-PREVENCI%C3%93N-DE-INCENDIOS.-REQUISITOS-PARA-EL-TRANSPORTE-DE-GAS-LICUADO-DE-PETR%C3%93LEO-GLP-EN-CARROS-CISTERNA-TANQUEROS.pdf?x42051>

Plan Nacional de Respuesta ante Desastres. (Abril, 2018). Marco Legal del Plan Nacional de Respuesta ante Desastres. Recuperado el 07 de Diciembre de 2021, de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Plan-de-Respuesta-EC.pdf>

- PropanoGas. (18 de Abril de 2022). Características del Propano. Recuperado el 4 de Diciembre de 2022, de <https://propanogas.com/faq/que-es-gas-propano>
- Quinde, C. (2012). Diseño de Cubo de Información que permita medir la Gestión Operativa del proceso de Gas licuado de Petróleo en la estación Salitral. Recuperado el 1 de Diciembre de 2022, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/78/1/T-UCSG-POS-MAE-3.pdf>
- Romero, L. (Septiembre de 2013). Elaboración de Procedimientos Para la Inspección Técnica, Mantenimiento y Reparación de Tanques de GLP. Recuperado el 08 de Febrero de 2023, de Escuela Politécnica Nacional:  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7039/1/CD-5214.pdf>
- Ruiz, R. (2020). Universidad César Vallejo. Recuperado el 5 de Diciembre de 2022, de Plan de transporte de gas licuado de petróleo y su influencia en el número de accidentes en la empresa de transporte M.A.R.A.S.A.C:  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/51562/Ruiz\\_RF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/51562/Ruiz_RF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Salazar, V., & Martinez, G. (2011). Modelo para la Determinación del tamaño Óptimo de un Tanque Estacionario de Almacenamiento de GLP. Recuperado el 08 de Febrero de 2023, de Escuela Superior Politécnica del Litoral:  
[file:///C:/Users/MARLON%20RAMOS/Downloads/Tesis%20VMSV%20-%20GEMU%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/MARLON%20RAMOS/Downloads/Tesis%20VMSV%20-%20GEMU%20(1).pdf)

- Sánchez, P. (2018). Directices de análisis de riesgos (Primera ed.). Guaranda. Recuperado el 11 de Mayo de 2023, de <file:///D:/Descargas/Directrices%20de%20ana%CC%81lisis%20de%20riesgo.pdf>
- Toaing, M., & Valencia, E. (2021). Cálculo de riesgo de explosión por GLP usando el método de dispersión Gaussiana en el hospital IESS del cantón Guaranda, provincia Bolívar. Recuperado el 19 de Enero de 2023
- Ulloa, A. (14 de Abril de 2008). Transporte de mercancías peligrosas en vehículos automotores de carga. Recuperado el 04 de Diciembre de 2022, de [https://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Cartillas%20Conductores/clase\\_glp.pdf](https://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Cartillas%20Conductores/clase_glp.pdf)
- UNGRD. (2020). Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia. Recuperado el 2 de Mayo de 2023, de Sistemas de Alerta Temprana como elementos para la gestión del riesgo de desastres: <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2020/Sistemas-de-Alerta-Temprana-como-elementos-para-la-gestion-del-riesgo-de-desastres.aspx>
- Villafañe, D. (2013). Estudio de la dispersión e incendio de nubes inflamables de gas. Recuperado el 5 de Diciembre de 2022, de Universidad Politécnica: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/128931/TDVS1de1.pdf?sequence=1>
- YuBrain. (2020). ¿Qué es el peso molecular? Recuperado el 8 de Marzo de 2023, de <https://www.yubrain.com/ciencia/quimica/peso-molecular/>

## ANEXOS

## Anexo 1

## Parámetros del sistema TRES (Total Risk Evaluation System)

Parámetros de Vida		
Clase	Parámetros	
1	Lesiones y quemaduras durante un tiempo / no existe muertes	
2	Lesiones y quemaduras graves, algunas muertes (más de 10), varios heridos (50 o más) y hasta 100 evacuados	
3	Algunas muertes (más de 30), varios heridos (50 ó más) de gravedad y hasta 100 evacuados	
4	Varias muertes (más de 50) cientos de heridos graves y más de 200 evacuados	
Parámetros de Medio Ambiente		
Clase	Parámetros	
1	No existe contaminación	
2	Baja contaminación, efectos contenidos	
3	Alta contaminación, efectos comprometedores	
4	Muy alta contaminación, efectos muy difundidos	
Parámetros de Velocidad de Propagación		
Clase	Parámetros	
1	Efectos contenidos, ningún daño	
2	Alguna propagación, pocos daños	
3	Propagación alta, daños mayores	
4	Desconocidos hasta que los efectos se han desarrollado completamente, efectos inmediatos (explosión)	
Parámetros de Probabilidad		
Clase	Parámetros	
1	Una vez cada 100 años o más	
2	Una vez cada 30 a 100 años	
3	Una vez cada 15 a 30 años	
4	Una vez cada 10 a 15 años	
Parámetros de Propiedad (costo total en miles \$)		
Clase	Parámetros	
1	De \$0,00 a \$100,000	
2	De \$101,000 a 300,000	
3	De \$301,000 a \$400,000	
4	Más de \$500,000	
<b>NIVEL IV (Riesgo muy alto)</b>	Daño totales al ambiente, propiedad y persona	<b>3.1 - 4</b>
<b>NIVEL III (Riesgo alto)</b>	Alta probabilidad de colapso integral, medidas de RRD deben tomarse inmediatamente	<b>2.1 - 3</b>
<b>NIVEL II (Riesgo medio)</b>	Propiedades e instituciones podrían colapsar, medidas a corto plazo y mediano plazo deben tomarse	<b>1.1 - 2</b>
<b>NIVEL I (Riesgo bajo)</b>	Propiedades e instituciones podrían seguir funcionando a pesar del Evento Adverso, el monitoreo es mandatorio	<b>0 - 1</b>

Nota. Parámetros del sistema TRES para conocer el nivel del riesgo en cada una de las zonas de estudio.

**Anexo 2***Encuesta semiestructurada percepción del riesgo*

**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**  
**FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO**  
**CARRERA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO**

**Encuesta semiestructurada sobre la percepción del riesgo**

Tema: Análisis de riesgo de explosión por transporte de GLP y modelamiento gráfico de exposición con el método ALOHA para reducir consecuencias en el área urbana del cantón Guaranda. Periodo noviembre 2022 – febrero 2023.

No	Preguntas	Respuesta	
		Si	No
1	¿Conoce sobre el transporte de GLP en camiones cisterna o autotankers sobre el área urbana del cantón Guaranda?		
2	¿Sabe el riesgo del transporte de GLP por el área urbana del cantón Guaranda?		
3	¿Está de acuerdo usted, que se permita el paso de camiones cisterna o autotankers por el área urbana del cantón Guaranda?		
4	¿Sabe usted cómo actuar o que hacer en caso de que ocurra una explosión o incendio?		
5	¿Conoce cuáles son las instituciones encargadas sobre el control en el transporte de GLP en camiones cisterna o autotankers?		
6	¿Sabe usted si las entidades de respuesta del cantón se encuentran preparadas para atender una emergencia por explosión en el transporte de GLP?		
7	¿En el cantón Guaranda alguna vez a ocurrido un accidente por explosión o incendio de GLP?		

Nota. Encuesta semiestructurada sobre la percepción del riesgo sobre el transporte de GLP en el área urbana del cantón Guaranda



Anexo 4

Registro del transporte de autotanques de GLP

**EVIDENCIA DEL TRANSPORTE DE GLP POR LAS DIFERENTES ZONAS DE ESTUDIO DEL ÁREA URBANA DEL CANTÓN GUARANDA**





Nota. Evidencia fotográfica del transporte de GLP en las diferentes zonas de estudio del área urbana del cantón Guaranda.

**Anexo 5***Registro fotográfico*

Nota. Evidencia fotográfica de la aplicación de encuestas de percepción del riesgo en las diferentes zonas de estudio del área urbana del cantón Guaranda.