



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL DE  
RIESGOS Y PLAN DE EMERGENCIA PARA EL TANQUE  
ESTACIONARIO DE GLP DE LA ESCUELA DE  
GASTRONOMIA DE LA ESPOCH, APLICANDO LA  
NORMATIVA SEVESO Y MÉTODO PROBIT”**

**GONZÁLEZ CÁRDENAS SANTIAGO ISMAEL  
VELA BARBA XAVIER GONZALO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

**Previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Riobamba–Ecuador  
2019**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2017-12-12

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

GONZÁLEZ CÁRDENAS SANTIAGO ISMAEL

Titulado:

**“IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS Y PLAN DE  
EMERGENCIA PARA EL TANQUE ESTACIONARIO DE GLP DE LA  
ESCUELA DE GASTRONOMIA DE LA ESPOCH, APLICANDO LA  
NORMATIVA SEVESO Y MÉTODO PROBIT”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Julio César Moyano Alulema  
**DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. Wilson Alejandro Huilca Álvarez  
**ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**ESPOCH**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

2017-12-12

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

**VELA BARBA XAVIER GONZALO**

---

Titulado:

**“IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS Y PLAN DE EMERGENCIA PARA EL TANQUE ESTACIONARIO DE GLP DE LA ESCUELA DE GASTRONOMIA DE LA ESPOCH, APLICANDO LA NORMATIVA SEVESO Y MÉTODO PROBIT”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Julio César Moyano Alulema  
**DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. Wilson Alejandro Huilca Álvarez  
**ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

# EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** GONZÁLEZ CÁRDENAS SANTIAGO ISMAEL

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS Y PLAN DE EMERGENCIA PARA EL TANQUE ESTACIONARIO DE GLP DE LA ESCUELA DE GASTRONOMIA DE LA ESPOCH, APLICANDO LA NORMATIVA SEVESO Y MÉTODO PROBIT”

**Fecha de Examinación:** 2019-06-26

## RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Julio Cesar Moyano Alulema <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Wilson Alejandro Huilca Álvarez <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

**ESPOCH**  
Facultad de Mecánica

---

# EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** VELA BARBA XAVIER GONZALO

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:** “IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS Y PLAN DE EMERGENCIA PARA EL TANQUE ESTACIONARIO DE GLP DE LA ESCUELA DE GASTRONOMIA DE LA ESPOCH, APLICANDO LA NORMATIVA SEVESO Y MÉTODO PROBIT”

**Fecha de Examinación:** 2019-06-26

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Julio César Moyano Alulema <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Wilson Alejandro Huilca Álvarez <b>ASESOR</b>			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Nosotros, GONZÁLEZ CÁRDENAS SANTIAGO ISMAEL y VELA BARBA XAVIER GONZALO, egresados de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, autores del proyecto de titulación denominado **“IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS Y PLAN DE EMERGENCIA PARA EL TANQUE ESTACIONARIO DE GLP DE LA ESCUELA DE GASTRONOMIA DE LA ESPOCH, APLICANDO LA NORMATIVA SEVESO Y MÉTODO PROBIT”**, nos responsabilizamos en su totalidad del contenido en su parte intelectual y técnica, y nos sometemos a cualquier disposición legal en caso de no cumplir con este precepto.

---

**González Cárdenas Santiago Ismael**

Cédula de Identidad: 1716091879

---

**Vela Barba Xavier Gonzalo**

Cédula de Identidad: 2100344874

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, GONZÁLEZ CÁRDENAS SANTIAGO ISMAEL y VELA BARBA XAVIER GONZALO, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**González Cárdenas Santiago Ismael**  
Cédula de Identidad: 1716091879

---

**Vela Barba Xavier Gonzalo**  
Cédula de Identidad: 2100344874

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación dedico a mi familia quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ellos siempre han estado presentes para apoyarme moral y psicológicamente.

También la dedico a mi hijo quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para él.

**González Cárdenas Santiago Ismael**

Este trabajo lo dedico con humildad a mis padres Gonzalo y Julia y mi hermana Jailine, maestros y para los estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo porque para ellos asido implementado este sistema de iluminación para facilitar sus estudios y mayor confort.

**Vela Barba Xavier Gonzalo**



## **AGRADECIMIENTO**

El agradecimiento de mi trabajo de titulación es principalmente a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza de seguir adelante.

También agradezco a mi familia por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

Y por último agradezco a mis docentes quienes me han inculcado y enseñado a lo largo de esta trayectoria.

**González Cárdenas Santiago Ismael**

A Dios y a la Virgen, por haberme guiado por un buen camino y me ha dado fuerza para seguir adelante en los momentos de adversidad y así llegar a la culminación de mis estudios universitarios.

A mis padres y hermana que siempre estuvieron apoyándome a lo largo de mis estudios.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo fuente inagotable de Ciencia y Conocimiento. A la Escuela de Ingeniería Industrial y a cada uno de mis profesores que han contribuido con los conocimientos adquiridos

**Vela Barba Xavier Gonzalo**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>CAPITULO I</b>	
<b>1. MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.3.1 Justificación teórica.....	2
1.3.2 Justificación metodológica.....	3
1.3.3 Justificación práctica.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos:.....	4
<b>CAPITULO II</b>	
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1 Gas licuado de petróleo.....	5
2.2 Uso de GLP.....	5
2.3 Importancia de GLP en la gastronomía.....	5
2.4 Tanque estacionario de GLP.....	6
2.5 Reglamento de actividades de GLP.....	6
2.6 Recomendaciones y medidas preventivas de protección civil para uso y manejo del GLP.....	7
2.6.1 En caso de detectar algún olor a gas o fugas.....	7
2.6.2 Control y verificación en tanques estacionarios.....	9
2.7 Condiciones seguras de operación de GLP.....	10
2.8 Gestión de riesgos.....	10
2.9 Riesgos laborales.....	10
2.10 Clasificación de riesgos.....	11
2.11 Identificación, evaluación y gestión de riesgos.....	11
2.12 Accidente mayor.....	12

2.12.1	Estimación. ....	12
2.13	Normativa Seveso .....	13
2.14	Directiva seveso .....	14
2.15	Metodología Probit .....	14
2.15.1	Número probit.....	15
2.16	Definiciones generales de termodinámica .....	15
2.16.1	Presión. ....	15
2.16.2	Presión atmosférica.....	15
2.16.3	Presión manométrica.....	16
2.16.4	Presión absoluta. ....	16
2.16.5	Presión relativa. ....	16
2.16.6	Energía. ....	16
2.16.7	La onda de presión. ....	16
2.16.8	Impulso mecánico. ....	17
2.16.9	Entalpia. ....	17
2.16.10	Entropía.....	17
2.17	Incendio .....	17
2.18	Combustible .....	17
2.19	Oxígeno.....	18
2.20	Explosión .....	18
2.20.1	Daños de una explosión. ....	18
2.20.2	Reacción en cadena.....	19
2.20.3	Efecto dominó.....	19
2.20.4	Elementos Vulnerables. ....	20
2.20.5	Zona de Intervención. ....	20
2.20.6	Zona de Alerta. ....	20
2.20.7	Agente de daño. ....	20
2.20.8	Causas. ....	22
2.20.9	Tipos de explosiones.....	25
2.21	Cálculo de consecuencias por explosión de tanque de GLP.....	29
2.21.1	Cálculo de la energía efectiva. ....	29

### CAPITULO III

<b>3.</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL DEL TANQUE ESTACIONARIO DE GLP DE LA CARRERA DE GASTRONOMÍA DE LA ESPOCH. ....</b>	<b>31</b>
3.1	Información general. ....	31
3.1.1	Misión. ....	31
3.1.2	Visión. ....	31
3.2	Identificación de áreas de trabajo .....	32
3.2.1	Área administrativa. ....	32
3.2.2	Laboratorio 1. ....	32
3.2.3	Laboratorios 2 y 3. ....	33
3.3	Situación inicial del tanque estacionario de GLP .....	33
3.3.1	Localización. ....	33
3.3.2	Condiciones del tanque estacionario de GLP. ....	34
3.3.3	Situación actual de seguridad y salud en el tanque estacionario. ....	35
3.4	Identificación de riesgos en el tanque de GLP .....	35
3.5	Evaluación de riesgos en el tanque de GLP .....	36

### CAPITULO IV

<b>4.</b>	<b>APLICACIÓN DEL MÉTODO PROBIT AL TANQUE DE GLP. ....</b>	<b>39</b>
4.1	Cálculo de la energía efectiva .....	39
4.1.1	Condiciones del estado inicial o estado 1 (GLP en estado líquido). ....	39
4.1.2	Condiciones del estado 2 (GLP en estado gaseoso). ....	40
4.1.3	Cálculo de energía interna para estado líquido y gaseoso. ....	41
4.2	La masa de líquido en el recipiente de GLP .....	51
4.2.1	Masa en el estado 1 fase líquido .....	51
4.2.2	Masa en estado 1 fase vapor .....	52
4.3	La energía total liberada <b><i>E<sub>av</sub></i></b> .....	53
4.4	Energía efectiva de la onda de presión <b><i>E<sub>x</sub></i></b> en ( <b><i>J</i></b> ) .....	53
4.5	Cálculo de la distancia-energía escalada, <b><i>R'</i></b> .....	55
4.5.1	Cálculos para una distancia estimada de 8 metros. ....	55
4.5.2	Determinación de la sobrepresión escalada <b><i>P'</i></b> e impulso escalado <b><i>i'</i></b> .....	55
4.6	Cálculo del número probit ( <b><i>Y</i></b> ) .....	58
4.7	Afectaciones. ....	59
4.7.1	Rotura de tímpano. ....	60

4.7.2	Daños estructurales menores en edificios.....	60
4.7.3	Daños estructurales mayores en edificios.....	61
4.7.4	Colapso de edificios.....	61
4.7.5	Rotura de vidrios.....	62
4.8	Resultados.....	64
4.8.1	Lesiones pulmonares.....	64
4.8.2	Rotura de tímpano.....	64
4.8.3	Daños estructurales menores.....	65
4.8.4	Daños estructurales mayores.....	67
4.8.5	Colapso de edificios.....	68
4.8.6	Rotura de cristales.....	69
4.8.7	Resumen de resultados.....	69

## **CAPITULO V**

<b>5.</b>	<b>ELABORACIÓN EL PLANDE EMERGENCIA .....</b>	<b>76</b>
5.1	Descripción del plan de emergencia .....	76
5.2	Información general .....	76
5.3	Ubicación .....	76
5.4	Antecedentes .....	77
5.5	Justificación .....	77
5.6	Objetivo .....	78
5.7	Identificación de factores de riesgos propios.....	78
5.7.1	Identificación de las situaciones de emergencia.....	80
5.8	Evaluación de factores de riesgo de incendio.....	81
5.9	Prevención y control del riesgo .....	87
5.10	Protocolo de actuación ante una emergencia.....	88
5.10.1	Organización de brigadas.....	88
5.10.2	Conformación de brigadas .....	88
5.10.3	Funciones y responsabilidades de las brigadas de intervención .....	89
5.11	Procedimiento de actuación .....	90
5.12	Procedimiento de evacuación .....	91
5.13	Procedimiento de mantenimiento .....	93
5.14	Procedimiento para la implantación del plan de emergencia .....	94
5.14.1	Objetivo del plan de capacitación.....	94

5.14.2	Alcance. ....	94
5.14.3	Responsabilidades.....	94
5.14.4	Desarrollo de la capacitación.....	94
5.14.5	Anexos del programa de capacitación .....	95
5.15	Conclusión del plan de emergencia propuesto .....	98
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>99</b>
	Conclusiones.....	99
	Recomendaciones .....	100
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>101</b>
<b>ANEXOS</b>		

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1-3.</b> Distribución de GLP a equipos de cocina. ....	35
<b>Tabla 2-3.</b> Resumen de la Identificación de Riesgos en el tanque estacionario de GLP	36
<b>Tabla 3-3.</b> Factores de riesgo de accidentes mayores .....	36
<b>Tabla 4-3.</b> Cualificación o estimación cualitativa del riesgo .....	37
<b>Tabla 5-3.</b> Factores de riesgo de accidentes mayores .....	37
<b>Tabla 6-3.</b> Cualificación o estimación cualitativa del riesgo .....	38
<b>Tabla 1-4.</b> Factores de conversión de unidades del Sistema Inglés al SI .....	41
<b>Tabla 2-4.</b> Factor de ajuste para recipientes cilindricos alejados del suelo .....	56
<b>Tabla 3-4.</b> Factor de ajuste para recipientes cilindricos cercanos al suelo .....	56
<b>Tabla 4-4.</b> Número Probit .....	59
<b>Tabla 5-4.</b> Resumen de valores calculados, en función de la distancia. ....	63
<b>Tabla 6-4.</b> Porcentaje de fatalidades por lesiones pulmonares .....	64
<b>Tabla 7-4.</b> Afectados con rotura de tímpano.....	65
<b>Tabla 8-4.</b> Porcentaje de daños estructurales menores. ....	66
<b>Tabla 9-4.</b> Porcentaje de daños mayores.....	67
<b>Tabla 10-4.</b> Porcentaje de colapso de edificios.....	68
<b>Tabla 11-4.</b> Porcentaje de rotura de cristales .....	69
<b>Tabla 12-4.</b> Resumen de % afectación.....	70
<b>Tabla 1-5.</b> Información general.....	76
<b>Tabla 2-5.</b> Matriz de análisis de elementos de vulnerabilidad institucional .....	78
<b>Tabla 3-5.</b> Matriz de análisis de la estructura física de la edificación y del entorno .....	80
<b>Tabla 4-5.</b> Análisis del entorno a la edificación (amenazas) .....	80
<b>Tabla 5-5.</b> Situaciones de emergencia .....	80
<b>Tabla 6-5.</b> Maquinaria, equipo, sistemas eléctricos y de combustión .....	81
<b>Tabla 7-5.</b> Materia prima utilizada.....	81
<b>Tabla 8-5.</b> Desechos generados.....	81
<b>Tabla 9-5.</b> Materiales peligrosos utilizados .....	81
<b>Tabla 10-5.</b> Factores externos que generen amenazas y vulnerabilidades.....	81
<b>Tabla 11-5.</b> Aplicación del método MESERI .....	82
<b>Tabla 12-5.</b> Brigadas operativas .....	88

<b>Tabla 13-5.</b> Tareas de brigadas .....	89
<b>Tabla 14-5.</b> Mantenimiento.....	93
<b>Tabla 15-5.</b> Formato de evaluación .....	95
<b>Tabla 16-5.</b> Registro de asistencia .....	96



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1-2.</b> Partes de un tanque estacionario de GLP .....	9
<b>Figura 2-2.</b> Estrategia de identificación y evaluación de riesgos.....	11
<b>Figura 3-2.</b> Cualificación matriz de análisis y evaluación por puesto de trabajo INSHT .....	13
<b>Figura 4-2.</b> Presión del gas con respecto a la presión atmosférica .....	19
<b>Figura 5-2.</b> Presión del gas liberada en el ambiente. ....	19
<b>Figura 6-2.</b> Elementos vulnerables .....	20
<b>Figura 7-2.</b> Agente de daño.....	21
<b>Figura 8-2.</b> Entorno de la explosión.....	22
<b>Figura 9-2.</b> Causas .....	23
<b>Figura 10-2.</b> Rotura del recipiente .....	24
<b>Figura 11-2.</b> Explosión del recipiente.....	25
<b>Figura 12-2.</b> Rotura del cilindro.....	27
<b>Figura 1-3.</b> Carrera de Gastronomía .....	31
<b>Figura 2-3.</b> Área administrativa .....	32
<b>Figura 3-3.</b> Laboratorio 1 .....	32
<b>Figura 4-3.</b> Laboratorio dos y tres.....	33
<b>Figura 5-3.</b> Localización del tanque estacionario de GLP.....	33
<b>Figura 6-3.</b> Tanque.....	34
<b>Figura 1-4.</b> Presión de Diseño.....	39
<b>Figura 2-4.</b> Presión de prueba hidrostática .....	40
<b>Figura 3-4.</b> Diferencia de recipientes elevados y no elevados.....	54
<b>Figura 4-4.</b> Resumen de distancia de afectación.....	71
<b>Figura 5-4.</b> Detector de GLP.....	72
<b>Figura 6-4.</b> Muro de protección sin aglutinante.....	73
<b>Figura 7-4.</b> Muro de protección con aglutinante.....	74
<b>Figura 8-4.</b> Propuesta de reubicación.....	75
<b>Figura 9-4.</b> Propuesta de reubicación.....	75
<b>Figura 1-5.</b> Escuela de Gastronomía .....	77
<b>Figura 2-5.</b> Croquis de geo-referencia de .....	77
<b>Figura 3-5.</b> Ruta del cuerpo de bomberos a la Escuela de Gastronomía .....	84

<b>Figura 4-5.</b>	Ruta de la cruz roja a la Escuela de Gastronomía.....	85
<b>Figura 6-5.</b>	Ruta del hospital provincial docente a la Escuela de Gastronomía.....	86
<b>Figura 4-5.</b>	Estructura organizacional.....	88
<b>Figura 5-5.</b>	Flujograma de respuesta ante incendios.....	91
<b>Figura 6-5.</b>	Cronograma de capacitación.....	97

## LISTA DE GRAFICOS

<b>Gráfico 1-4.</b>	Afectación vs Distancia (lesiones pulmonares) .....	64
<b>Gráfico 2-4.</b>	Afectación vs Distancia (rotura de tímpanos).....	65
<b>Gráfico 3-4.</b>	Afectación vs Distancia (daños estructurales menores).....	67
<b>Gráfico 4-4.</b>	Afectación vs Distancia (daños mayores) .....	68
<b>Gráfico 5-4.</b>	Afectación vs Distancia (colapso de edificios) .....	68
<b>Gráfico 6-4.</b>	Afectación vs Distancia (colapso de edificios) .....	69

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

<b>GLP</b>	Gas Licuado de Petróleo
<b>BLEVE</b>	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion" (Explosión De Vapores Que Se Expanden Al Hervir El Líquido

## LISTA DE ANEXOS

- A** Distancia mínima de seguridad
- B** Propiedades termodinámicas del gas propano
- C**  $R_+$  vs  $P'$
- D**  $R'$  vs  $i'$
- E** Probit (Y)
- F** Calculo del número Probit
- G** Lista de chequeo para la identificación de riesgos

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación se basa en identificar, evaluar y controlar los riesgos, además elaborar un plan de emergencia para el tanque estacionario de GLP de la Carrera de Gastronomía de la ESPOCH, en base al desarrollo de la normativa Seveso y el método Probit. Se evaluó la situación actual mediante la identificación y evaluación de los riesgos existentes aplicando la matriz de análisis y evaluación INSHT en la cual explosión e incendios son riesgos de accidentes mayores, se procede a la estimación del riesgo, mediante las consecuencias del daño, graduandole como extremadamente dañino y la probabilidad que ocurra el daño alta, esto resulta ser un riesgo intolerable. Se elaboró el método probit obteniendo los siguientes riesgos: muerte por lesiones pulmonares, rotura de timpano, daños estructurales menores, daños estructurales mayores, colapso de edificios y rotura de vidrios, una vez determinado el número probit se obtiene el porcentaje de afectación por el cambio súbito de presión o más conocido como la onda expansiva, se consideró las distancias desde 8 m, 12,5 m, 15 m, 30 m y hasta 135 m en el cual redujeron el porcentaje de afectación. Teniendo en cuenta el crecimiento poblacional aledaños a la ESPOCH, se debe considerar la reubicación del tanque GLP tomando en cuenta el análisis realizado, el cual se debe estimar un área libre de 135 m a la redonda. Por último se recomienda aplicar el presente plan de emergencia establecido, e incluir planes de capacitación y a la vez coordinar con el personal de la institución sobretodo de la Carrera de Gastronomía y el Cuerpo de Bomberos del cantón Riobamba; para la instrucción de la manera correcta de actuar frente a un accidente mayor.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <SEVESO>, <PROBIT (METODO)>, <GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)>, <AFECTACIÓN>, <MESERI (METODO)>.

## **ABSTRACT**

The present degree work is based on identifying, evaluating and controlling the risks, in addition to preparing an emergency plan for the stationary GLP tank of the ESPOCH Gastronomy Race, based on the development of the Seveso standard and the Probit method. The current situation was evaluated by identifying and assessing the existing risks by applying the INSHT analysis and evaluation matrix in which explosions and fires are major accident risks, the risk is estimated through the consequences of the damage, grading it as extremely harmful and the probability that high damage occurs, this turns out to be an intolerable risk. The probit method was developed, obtaining the following risks: death due to lung injuries, tympane rupture, minor structural damage, major structural damage, collapse of buildings and glass breakage. Once the probit number is determined, the percentage affected by the change is obtained. Sudden pressure or better known as the shock wave, we considered the distances from 8 m, 12.5 m, 15 m, 30 m and up to 135 m in which they reduced the percentage of affectation. Taking into account the population growth surrounding the ESPOCH, the relocation of the GLP tank should be considered taking into account the analysis carried out, which should estimate a free area of 135 m in all. Finally, it is recommended to apply the present emergency plan, and include training plans and at the same time coordinate with the staff of the institution, above all the Gastronomy Race and the Fire Department of the Riobamba canton; for the instruction of the correct way to act in the face of a major accident.

**KEY WORDS :** < ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCE >, < SEVESO >, < PROBIT (METHOD)>, < GAS LIQUEFIED OIL (GLP) >, < AFFECTION >, < MESERI (METHOD) >.

## INTRODUCCIÓN

A través del tiempo se ha promovido la gestión de la seguridad y salud en el trabajo, por lo que, tanto instituciones como las demás organizaciones públicas y privadas se ven obligadas a identificar, evaluar, controlar y reducir los riesgos a los que se exponen los trabajadores y/o el personal visitante dentro de sus instalaciones. De la misma manera al paso de los años, desde que se sustituyó el uso de carbón y leña por gas licuado de petróleo (GLP), aumentó considerablemente el riesgo de accidentes mayores, un suceso que marcó la historia sucedió en 1976, donde 30 personas resultaron heridas y 220 000 tuvieron que ser evacuadas de varias aldeas cuando el mal funcionamiento de un proceso ocasionó un pequeño escape de la sustancia química en Seveso, Italia. Los riesgos de accidentes mayores suceden principalmente en los lugares donde se almacenan tanques estacionarios y tanques de comercialización de GLP, en vista de que tienen alto punto de inflamabilidad y explosividad.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), desde su creación ha sido una de las Instituciones de alta categoría académica a nivel nacional, cada una de las carreras que integran esta prestigiosa Institución están en constante avance científico y tecnológico, por lo que han realizado una gran inversión en la implementación de un tanque estacionario de GLP para la Carrera de Gastronomía, aumentando así la capacidad de sustentar horas prácticas en los laboratorios y con ello han promovido el desarrollo de las habilidades culinarias de sus estudiantes. Con estos antecedentes se planteó como objetivo central identificar, evaluar y controlar los riesgos en el tanque estacionario de GLP, para prevenir riesgos y elaboración del plan de emergencia que contribuya a la reducción de afectación en caso de accidente mayor; preparando al personal docente, administrativo y estudiantes sobre la forma de proceder. La estructura del trabajo inicia con la descripción del problema y objetivos, continuando con el desarrollo del marco teórico; mientras que en el siguiente capítulo se lleva a cabo el aspecto metodológico que es el más importante, porque es allí donde se aplica las técnicas y métodos ingenieriles como la matriz de triple criterio y el método Probit, cuyos resultados sirven para plantear la propuesta de medidas de control de riesgos y elaborar el plan de emergencia para el tanque estacionario de GLP de la Carrera de Gastronomía de la ESPOCH, culminando con las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexo.



## **CAPÍTULO I**

### **1. MARCO REFERENCIAL**

#### **1.1 Antecedentes**

En nuestro país a partir del año 1956, se comercializa el gas licuado de petróleo (GLP) como un producto de primera necesidad, además se conoce que en la última década la demanda aumentado al 70% para el consumo doméstico mientras que el resto del porcentaje corresponde al mercado empresarial, institucional e industrial. La demanda radica en la adquisición de este producto en tanques comerciales de 15 Kilos, y cada vez la demanda es más común y frecuente por parte del sector no doméstico, ya que ven al producto como una fuente económica de energía alternativa. Por tal razón se les exige tanto a las empresas e industrias como a las instituciones públicas y privadas, invertir en la adquisición de tanques estacionarios de GLP. (Pesantes Moserrat, 2006)

La Carrera de Gastronomía se creó en el mes de abril del año dos mil, como una carrera para la formación de técnicos superiores en Gastronomía, desde entonces se ha consolidado como una carrera competitiva en el ámbito laboral, en la actualidad debido a la alta carga horaria en sus laboratorios, la carrera ha requerido de mayor abastecimiento de gas licuado de petróleo (GLP), ya que resulta ser uno de los elementos de mayor consumo. (Pesantes Moserrat, 2006)

Para satisfacer esta necesidad, además de cumplir con la normativa jurídica, se ha gestionado la adquisición e instalación de un tanque estacionario de GLP, y de esta manera sustituir el uso de tanques comerciales de GLP. (Pesantes Moserrat, 2006)

El gas licuado de petróleo tiene como propiedades la inflamabilidad y explosividad, mismas que definen el nivel de importancia de la gestión de riesgos y plan de emergencia, más aún cuando el análisis se refiere al almacenamiento de este derivado de petróleo en tanques estacionarios. El almacenamiento de GLP conlleva una gran cantidad de riesgos con un daño potencial (pérdidas de vidas humanas y daños materiales), la aplicación de herramientas para el control de accidentes mayores es imprescindible teniendo en cuenta la gestión de riesgos. (PULIDO MONTOYA, 2005).

Carlos Hoyos, realizó una investigación denominada “sistema de almacenamiento y distribución de GLP en Duragas S.A.”, con la finalidad de determinar el tipo de sistema de almacenamiento y distribución de GLP; al realizar el estudio determinó un nivel BAJO de protección contra los riesgos laborales en el tanque de GLP, por cuya razón estableció mejoras en el proceso de almacenamiento y distribución de GLP, ajustándose a las normas técnicas y a la legislación vigente en el país relacionada a la gestión de prevención de riesgos. (Hoyos Dávila, 2006)

## **1.2 Planteamiento del problema**

La instalación del tanque estacionario de gas licuado de petróleo representa un gran beneficio para la Carrera de Gastronomía, sobre todo para docentes y estudiantes, pero también representa riesgos considerables inherentes en el tanque, estos son: fugas, explosiones, incendios; y en caso de suscitarse un accidente debido a los riesgos mencionados, la población afectada sería la comunidad politécnica, locales comerciales y edificios residenciales que se encuentran en sus alrededores.

La Carrera de Gastronomía no realiza una adecuada gestión de riesgos en el tanque estacionario de GLP ya que no se evidencia ninguna identificación, evaluación y control de riesgos; por lo cual la carrera no dispone de un plan de emergencia en caso de un accidente mayor provocado por el tanque de GLP. Además no se tiene conocimiento de las posibles afectaciones que puede generar la explosión del tanque a las personas como por ejemplo lesiones pulmonares, daños o ruptura de tímpanos, y daños materiales o afectaciones a infraestructuras como derrumbes, rotura de vidrios, entre otras.

Todo este conjunto de problemas se refleja en el conocimiento del personal administrativo, docentes y estudiantes, respecto a los riesgos, medidas de control, y a cómo actuar y cuáles serían las afectaciones en caso de accidente mayor.

## **1.3 Justificación**

**1.3.1 Justificación teórica.** Este trabajo dispone de información técnica en materia de Seguridad y Salud Ocupacional aplicable a instituciones considerando el marco legal vigente en nuestro país, la cual sirve de referencia en el cumplimiento de los objetivos.

Complementario a esto el trabajo aportará al personal administrativo, docentes y estudiantes, conocimientos sobre medidas de control en la prevención de riesgos y planes de emergencia; inclusive puede ser útil para investigaciones futuras, mientras que en la práctica, puede servir para que la Carrera de Gastronomía fortalezca su sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional

**1.3.2** *Justificación metodológica.* Para el cumplimiento de los objetivos se emplea distintos aspectos metodológicos, estos consisten en la aplicación de la matriz de análisis y evaluación de los puesto de trabajo INSHT y el método Meseri como instrumentos para identificar y evaluar los riesgos determinados mediante la observación directa del tanque estacionario y su emplazamiento, en cuanto a las valoraciones otorgadas van de acuerdo al criterio ingenieril; así mismo se considera la utilización del método Probit previo al desarrollo del plan de emergencia.

Implícitamente se mantiene la revisión de las normas nacionales (lineamientos establecidos por la Secretaría de Gestión de Riesgos) e internacionales (ISO 45001, Seveso) en materia de gestión de riesgos a fin de que faciliten el diagnóstico de la situación actual y el cumplimiento de los objetivos del trabajo.

NFPA 101, Código para la Seguridad de la Vida Humana contra Incendios en Edificios y Estructuras. Minimizar el peligro para la vida humana en incendios, incluyendo humo, emanaciones y situaciones de pánico. Es una de las opciones para cumplir con la seguridad humana. Para diseño de egresos que permita un rápido escape de los ocupantes de edificios o áreas dentro de los edificios.

**1.3.3** *Justificación práctica.* A través del presente trabajo de titulación en caso de algún evento adverso (incendio, explosión) que acontezca en el tanque estacionario de GLP de la Escuela de Gastronomía de la ESPOCH se establecerá las medidas de prevención y los procedimientos de actuación necesarios para evitar la pérdida de vidas humanas y en lo posible los daños materiales.

Los beneficiarios serán todos los estudiantes, docentes y las personas aledañas a la Escuela de Gastronomía.

## **1.4       Objetivos**

**1.4.1**       *Objetivo general.* Identificar, evaluar y controlar los riesgos y elaborar el plan de emergencia para el tanque estacionario de GLP de la Carrera de Gastronomía de la ESPOCH, aplicando normativa Seveso y el método Probit.

**1.4.2**       *Objetivos específicos:*

- Realizar una revisión bibliográfica a fin de establecer un marco de referencia, definiciones conceptuales y operativas para la identificación, evaluación y control de riesgos en el tanque estacionario de GLP.
  
- Analizar la situación actual del tanque estacionario de GLP, mediante la identificación y evaluación de los riesgos existentes aplicando la matriz de análisis y evaluación INSHT, Meseri y el método Probit.
  
- Definir las afectaciones a las zonas vulnerables en el caso de accidente mayor por explosión del tanque estacionario de GLP mediante el método Probit y la normativa Seveso.
  
- Elaborar el plan de emergencia para el tanque estacionario de GLP, que contenga las medidas de control y las acciones a desarrollar en caso de producirse un accidente mayor

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Gas licuado de petróleo**

El gas licuado de petróleo (GLP) es un combustible de uso común, especialmente en áreas lejanas a las empresas de servicio de gas natural entubado. El GLP se describe como un conjunto de mezclas de hidrocarburos en la que los componentes principales son el propano, butano, isobutano, propileno y butenos. (Asfahl, 2000)

Comúnmente este término se aplica a mezclas de propano y butano, los mismos que son gaseosos a temperatura y presión normal, pero pueden ser licuados por enfriamiento, compresión, o una combinación de ambos procesos. (Asfahl, 2000)

#### **2.2 Uso de GLP**

El GLP suministrado en cilindros o entregado en grandes tanques a granel, encuentra un mercado en los sectores domésticos, comerciales, industriales e institucionales. (Argenis Revet, 2003)

En las instituciones educativas a nivel mundial emplean el GLP como combustible limpio para cocinar o como calefacción, a pesar que es adecuado para muchos usos donde se requiere un combustible de alta calidad. Los altos costos de almacenamiento y manejo normalmente limitan GLP a aquellas aplicaciones en las que se puede obtener un alto precio. (Argenis Revet, 2003)

#### **2.3 Importancia de GLP en la gastronomía**

El GLP tiene elevado poder calorífico y una densidad mayor que la del aire, estas características le convierten en un producto muy importante dentro de la gastronomía tanto en los domicilios como en las carreras donde se forman profesionales en esta área.

El principal uso que se le da al GLP en Gastronomía es en la cocción de alimentos. (López Flores, 2010).

El GLP es muy importante en la gastronomía en vista de que solamente los países industrializados pueden elegir entre numerosos tipos de cocinas y hornos que funcionan con GLP, gas natural y electricidad; pero en los países en desarrollo es más común el uso de cocinas básicas de GLP, gas natural o queroseno. Mucha gente utiliza cocinas de fabricación casera que queman biomasa (por ejemplo, madera, restos de cultivos y excrementos animales), con efectos adversos importantes para la salud humana y el medio ambiente.

El GLP es el combustible preferido para la gastronomía, porque proporciona un suministro de energía fiable y polivalente; además proporciona calor inmediato desde el instante mismo del encendido, sin necesidad de un periodo de calentamiento. Por otro lado, el calor que produce el GLP responde inmediatamente a los reguladores y se distribuye de manera más uniforme por la base de los recipientes de cocina. (Blumenkron, 2003)

#### **2.4 Tanque estacionario de GLP**

Son recipientes que contienen GLP a granel para la prestación de servicios, cuyo proceso de mantenimiento es importante así como sus condiciones de operación, para garantizar la calidad y seguridad de los usuarios y la comunidad en general.

#### **2.5 Reglamento de actividades de GLP**

Según la (Agencia de Regulación y Control Hidrocarburiífero, 2016) se menciona las siguientes obligaciones de las plantas donde se tienen tanques estacionarios de GLP.

- Envasar el GLP únicamente en cilindros que cumplan con las normas técnicas y de seguridad.
- Retirar de circulación los cilindros y válvulas que no cumplan con las normas, para su revisión, mantenimiento o destrucción.
- Utilizar sistemas de medición certificados por la autoridad competente para la entrega y recepción de GLP.

- Garantizar el volumen o cantidad del GLP envasado en cilindros, y en los despachos al granel, para los diferentes segmentos de consumo.
- Garantizar la seguridad en el proceso de envasado en cilindros y despachos al granel.

## **2.6 Recomendaciones y medidas preventivas de protección civil para uso y manejo del GLP**

La (Secretaría de Protección Civil, 2010) pone a disposición las recomendaciones y medidas de protección para el uso y manejo de GLP en tanques estacionarios, estas son:

- Por seguridad se debe cambiar entre 2 a 5 años como máximo las válvulas principales: llenado, desfogue, alivio, etc.
- Da mantenimiento continuamente al tanque: pintura.
- Preferentemente proteger el tanque de la intemperie: sol, lluvia, etc.
- Cuando te suministren gas no debe excederse del 85% de su capacidad.
- La vida útil de los tanques estacionarios con mantenimiento continuo es 20 años.
- Los tanques se debe colocar en todo momento en lugar alto (azoteas) y ventilados (no lugares confinados), por ningún motivo a nivel del suelo y alejados de las líneas de electricidad.
- Colocar las tuberías de suministro en lugares visibles (no ocultos) e identificarlos con el color que indica la norma (amarillo).

**2.6.1** *En caso de detectar algún olor a gas o fugas.* En el Reglamento para Transporte y uso de gas (Altamira, 2016) se establece que en caso de detectar algún olor a gas o fugas:

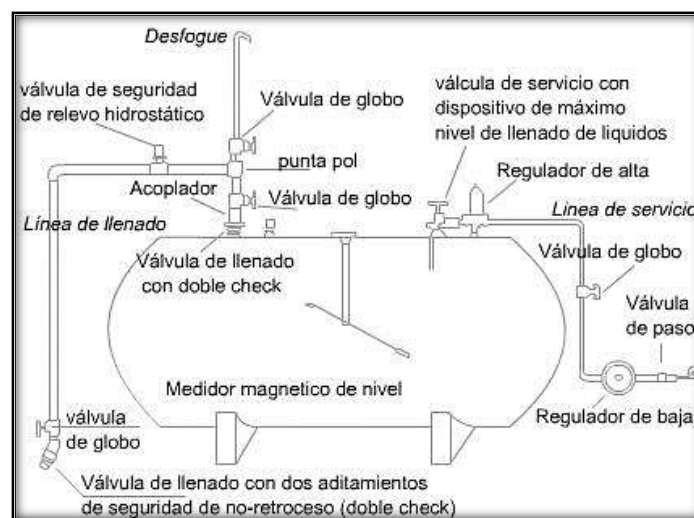
- Apaga inmediatamente cigarrillos u otras fuentes de ignición (flama o chispa)

- No enciendas las luces, ni uses teléfonos, celulares, radios de comunicación u otros aparatos electrónicos, ya que su funcionamiento genera chispas imperceptibles que pueden ocasionar una ignición o explosión.
- Cierra la válvula de la fuente de suministro de Gas L.P. ya sea del tanque estacionario o del cilindro (girara en el sentido de las manecillas del reloj).
- Abre puertas y ventanas para que el lugar se ventile
- Evacuar el área como medida precautoria
- Llama y/o reporta de inmediato a los teléfonos de supresión de fugas, bomberos, protección civil de tu localidad o municipio
- Por ningún motivo debes regresar al área hasta que las autoridades te indiquen que es seguro hacerlo.
- Si el tanque estacionario o cilindro, el GLP se escapa por la válvula de seguridad, es posible que tenga exceso de presión (interna), en ese caso, puedes mojarlo con agua fría.
- No obstruyas la válvula con pasta de jabón u otro elemento y repórtalo a la compañía de GLP, servicio de supresión de fugas, bomberos o protección civil o de su localidad
- Comprueba regularmente que no haya fugas en las conexiones y válvulas en la instalación, mediante la aplicación de agua jabonosa
- Si la llama del “piloto” de la estufa, boiler o calefactor repetidamente se apaga o es complicado de encenderlo, puede tener un problema de seguridad. No trates de arreglarlo, contacta a un técnico calificado para ello.
- No intentes modificar o reparar válvulas, reguladores, conexiones u otros accesorios de estufas y demás aparatos, así como los cilindros o tanques estacionarios, contacta a un técnico calificado



**2.6.2 Control y verificación en tanques estacionarios.** En el Reglamento para Transporte y uso de gas (Altamira, 2016) se establece que en caso de detectar algún olor a gas o fugas:

- Colocarse en las azoteas o lugares elevados (no en el suelo) y alejados de las líneas de electricidad
- Deben estar en buenas condiciones de operación (pintura, no corrosión, no golpeado, ni reparados, año de elaboración (placa)
- Válvulas: Verificar la fecha de caducidad de las válvulas de llenado, verificar que sirva la válvula de desfogue.
- Manómetro: En buenas condiciones de operación
- Que no tengan materiales combustibles cerca de ellos y alejados de fuentes de ignición
- Tierra física: Para los tanques estacionarios de 5,000 litros de capacidad o mayores.
- Verificar las demás partes del tanque estacionario, estas se muestran a continuación:



**Figura 1-2.** Partes de un tanque estacionario de GLP

Fuente: (Secretaría de Protección Civil, 2010)

## **2.7 Condiciones seguras de operación de GLP**

La operación de carga y descarga de GLP en tanques estacionarios, no podrá realizarse a una distancia menor a 3 metros entre ellos.

El elemento de seguridad en un tanque estacionario de GLP es la válvula de cierre de emergencia misma que deberá contar con los dispositivos de accionamiento, a través de un activador térmico cuando se empleen elementos fusibles, estos deberán estar a una temperatura de fusión que no supere los 121 °C. Además se instalara la válvula de cierre de emergencia con anclaje tal, que si por alguna causa se produjera una tracción excesiva, el daño que esta pudiera ocasionar, ocurra con la manguera con unión giratoria quedando, de esta manera, intacto al sistema. (Argenis Revet, 2003)

## **2.8 Gestión de riesgos**

La Gestión es un término que se asocia a la alta gerencia, por esta razón la Unidad de Seguridad y Salud Ocupacional debe contemplar en su plan estratégico las acciones correctivas y preventivas que contribuyan a la organización a mantener altos estándares de seguridad para garantizar el bienestar de los trabajadores y el crecimiento de la productividad empresarial. (Gutierrez Quiñonez, 2016)

Mantener bajo control los riesgos, es una estrategia para reducir costos, debido a que el medio ambiente laboral es uno de los factores que tiene una incidencia positiva en el desempeño del personal y este a su vez impacta directamente en el crecimiento de la productividad empresarial, para satisfacer adecuadamente a los clientes y elevar la competitividad en el mercado. (Gutierrez Quiñonez, 2016)

## **2.9 Riesgos laborales**

Se entiende por riesgo laboral el conjunto de factores físicos, psíquicos, químicos, ambientales, sociales y culturales que actúan sobre el individuo; la interrelación y los efectos que producen esos factores dan lugar a la enfermedad ocupacional. Pueden identificarse riesgos laborales relacionados globalmente con el trabajo en general, y además algunos riesgos específicos de ciertos medios de producción. (Badía Montalvo, 1985)

## 2.10 Clasificación de riesgos

La clasificación de los riesgos laborales sigue un orden sistemático, debido a que se pretende dividir el estudio de las acciones preventivas, según su alcance, enfocando el tipo de industria, la naturaleza de los peligros en los puestos de trabajo, entre otros aspectos que son de gran interés para alcanzar el propósito y los fines de la SST. En el caso del GLP, los riesgos laborales se circunscriben en el ámbito de los peligros a los que se exponen los trabajadores por causa de las propiedades de este derivado de petróleo, cuya alta inflamabilidad, explosividad y toxicidad, entrañan potenciales daños a la salud humana, en caso de su accionamiento. (Gutierrez Quiñonez, 2016)

## 2.11 Identificación, evaluación y gestión de riesgos

Como se ha descrito el objetivo esencial de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) es la gestión de los riesgos en el trabajo. A tal efecto, es preciso realizar evaluaciones de los peligros y los riesgos con miras a identificar aquello que podría resultar perjudicial para los trabajadores y la propiedad, para poder elaborar y aplicar las medidas de protección y prevención apropiadas. Una estrategia para la identificación y evaluación de los riesgos, comprende de cinco pasos que se muestra a continuación, misma que ha sido elaborada por el Organismo Ejecutivo de Salud y Seguridad (Health and Safety Executive) en el Reino Unido como un enfoque sencillo de la gestión de los riesgos, en particular en las empresas de pequeña escala (PyME), y se ha apoyado a escala mundial. (OIT, 2011)



**Figura 2-2.** Estrategia de identificación y evaluación de riesgos  
Fuente. (OIT, 2011)

## **2.12 Accidente mayor**

Consiste en que únicamente un profesional podrá cualificar el Riesgo (estimar cualitativamente) tomando en cuenta criterios inherentes a su materialización en forma de accidente de trabajo, enfermedad profesional o repercusiones en la salud mental.

**2.12.1 Estimación.** Este método analiza la estimación de riesgo de la siguiente manera:

### **Consecuencias**

- Partes del cuerpo que se verán afectadas
- Naturaleza del daño, graduándolo desde ligeramente dañino, dañino y extremadamente dañino, tomando como ligeramente dañino a un corte menor y extremadamente dañino una amputación o la muerte.

### **Probabilidad de que ocurra el daño**

La probabilidad de que ocurra el daño se puede graduar, desde baja hasta alta, con el siguiente criterio:

- Probabilidad alta: El daño ocurrirá siempre o casi siempre
- Probabilidad media: El daño ocurrirá en algunas ocasiones
- Probabilidad baja: El daño ocurrirá raras veces

**Niveles de riesgo**

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

**Figura 3-2.** Cualificación matriz de análisis y evaluación por puesto de trabajo INSHT  
Fuente. INSHT

### 2.13 Normativa Seveso

Tras el grave accidente de Seveso (Italia) y otros similares, la Unión Europea desarrolló una normativa dirigida a prevenir los accidentes en determinados sectores industriales. Esta normativa determinó, entre otros aspectos, la inclusión de nuevas actividades y sustancias en el ámbito de aplicación de la norma, y la exigencia de aportar mayor información a todas las personas que pudieran verse afectadas por un accidente, tanto trabajadores como población en general.

La normativa Seveso se define fundamentalmente, para aprobar medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, para incorporar la última modificación europea (Directiva Seveso III) y para trasponer algunas obligaciones a juicio de la Comisión Europea, ya que la legislación en cualquier estado no ofrecía la protección adecuada al público ni al medio ambiente en cuanto al cumplimiento de los planes de emergencia, el control de la urbanización, la información pública y las inspecciones, todos ellos de especial relevancia para la prevención y el control de accidentes.

Las principales actividades afectadas por esta normativa son el almacenamiento y distribución de gases e hidrocarburos (37%), la producción, manipulación y almacenamiento de productos químicos (22%) y la fabricación y almacenamiento de abonos, productos fitosanitarios, plaguicidas y similares (15%). (Ferrer Márquez, 2006)

## **2.14 Directiva seveso**

Tiene como objetivo establecer las acciones necesarias para la prevención de accidentes graves y siendo de obligado cumplimiento para todas aquellas industrias que trabajan con sustancias calificadas como peligrosas. De este modo las acciones establecidas por la directiva son las siguientes, según (Abas, 2016):

- Identificación de riesgos, mediante métodos adecuados.
- Determinación de consecuencias asimilando los sucesos accidentales.
- Realización de informes de seguridad para empresas SEVESO.
- Diseño e implementación de políticas en el SGSST
- Elaboración del plan de emergencia para accidentes graves.
- Revisión trianual de planes de emergencia

## **2.15 Metodología Probit**

Es el análisis de consecuencias derivadas de los fenómenos peligrosos asociados a los accidentes mayores se realiza mediante la aplicación de la "Metodología Probit". El cual se fundamenta en la cuantificación probabilística de la vulnerabilidad de personas e instalaciones ante efectos físicos de una magnitud determinada que se suponen conocidos.

La vulnerabilidad de personas se expresa como el número de individuos que, previsiblemente pueden resultar afectados con un cierto nivel de daño a causa de un accidente. (Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos, 2015)

Por otra parte, la vulnerabilidad de instalaciones se puede cuantificar utilizando magnitudes económicas, aunque se va a reducir el análisis a las estimaciones de daños en estructuras y roturas de cristales. (Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos, 2015)

El método consiste en la aplicación de correlaciones estadísticas para estimar las consecuencias desfavorables sobre la población u otro elemento vulnerable a los fenómenos físicos peligrosos consecuencia de los accidentes, enfocado en un punto específico aquí se relaciona la probabilidad del daño. Además este procedimiento

permite determinar el porcentaje de población y edificaciones que resulten afectados a consecuencia del accidente en un punto dado. Consiste en asociar la probabilidad de un daño, con las denominadas unidades Probit que van desde 2,67 hasta 8,09 y en porcentajes se considera desde el 1% al 99,9%. (Matheu, 2014)

**2.15.1** *Número probit.* Entendiéndose que todo número Probit mayor a 8,09 corresponde a un porcentaje del 100%. El número Probit se obtiene de acuerdo a las mismas fórmulas que el método propone para analizar cada consecuencia, y resume las principales ecuaciones Probit. (Matheu, 2014)

## **2.16 Definiciones generales de termodinámica**

**2.16.1** *Presión.* Según (Cengel, 2009) “Es la fuerza ejercida por unidad de superficie. El gas contenido en un recipiente se encuentra sometido a presión la que se aprovecha para trasladarlo a los aparatos de consumo a través de la conducción”. Su valor puede reducirse mediante reguladores y aumentarse mediante bombas y compresores. Se mide mediante manómetros. Se mide en Pascales pero al resultar una unidad muy pequeña, en la Unión Europea se ha generalizado el uso del bar, múltiplo del Pascal. El sistema inglés utiliza el psi (lbf/in<sup>2</sup>).

Se debe tener en cuenta la relatividad de la presión. La presión del gas se mide con relación a la atmosférica del sitio, obteniéndose valores relativos o manométricos, es decir, los que se mide es la diferencia de presión con respecto a la atmosférica. Los valores absolutos (resultado de añadir la presión atmosférica a la relativa). En el sistema inglés, se distingue, como en el Sistema Internacional, (SI) entre los valores absolutos y relativos.

**2.16.2** *Presión atmosférica.* (Cengel, 2009)“El hecho de estar rodeados por una masa gaseosa (aire), y al tener este aire un peso actuando sobre la tierra, quiere decir que estamos sometidos a una presión (atmosférica), la presión ejercida por la atmósfera de la tierra, tal como se mide normalmente por medio del barómetro (presión barométrica). Al nivel del mar o a las alturas próximas a este, el valor de la presión es cercano a 14.7 lb/plg<sup>2</sup> (101,35Kpa), disminuyendo estos valores en función de la altura del sitio.

**2.16.3** *Presión manométrica.* Según (Bueche, F; Hecht, E., 2001) “Son normalmente las presiones superiores a la atmosférica, que se mide por medio de un elemento que se define la diferencia entre la presión que es desconocida y la presión atmosférica que existe, si el valor absoluto de la presión es constante y la presión atmosférica aumenta, la presión manométrica disminuye”.

Esta diferencia generalmente es pequeña mientras que en las mediciones de presiones superiores, dicha diferencia es insignificante, es evidente que el valor absoluto de la presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro.

**2.16.4** *Presión absoluta.* (Cengel, 2009) Expresa la "presión absoluta", tomando como cero la ausencia total de presión, o sea que cuando el manómetro marca cero la presión es cero absoluto (vacío total), también se expresa solamente como PSI. La presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro”.

$$\text{Presión Absoluta} = \text{Presión Manométrica} + \text{Presión Atmosférica.}$$

**2.16.5** *Presión relativa.* (Cengel, 2009) Se refiere a la presión contando desde la presión atmosférica, o sea que cuando el manómetro marca cero la presión es de una atmosfera, PSIG: pound square inch gauge (libra/pulgada cuadrada manométrica).

**2.16.6** *Energía.* (Sistemas de unidades. Conceptos básicos, 2001) “Esta magnitud es usada para medir energías de todo tipo (calor, trabajo, etc.). Recordemos que la energía y el trabajo son la misma magnitud. El trabajo deriva de la fuerza aplicada por la distancia recorrida. Además el trabajo se relaciona con el calor, que es lo que en general mediremos nosotros”.

**2.16.7** *La onda de presión.* (Diaz, 2006) “El efecto más característico de una explosión es el brusco aumento de la presión que se produce en el aire circundante y que se propaga en forma de onda en todas las direcciones libres del espacio. La forma, características y magnitud de la onda dependen del tipo de explosión, del entorno y de la distancia al origen del accidente”.



**2.16.8** *Impulso mecánico.* Tomado de (Beer, F; Johnston, E R;, 2007) “El impulso de una fuerza F, es igual al cambio en el momento de equilibrio de una partícula”.

**2.16.9** *Entalpía.* (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011) “La Entalpía es la cantidad de energía de un sistema termodinámico que éste puede intercambiar con su entorno. Por ejemplo, en una reacción química a presión constante, el cambio de entalpía del sistema es el calor absorbido o desprendido en la reacción. En un cambio de fase, por ejemplo de líquido a gas, el cambio de entalpía del sistema es el calor latente, en este caso el de vaporización.

En un simple cambio de temperatura, el cambio de entalpía por cada grado de variación corresponde a la capacidad calorífica del sistema a presión constante”. El término de entalpía fue introducido por el físico alemán Rudolf J.E. Clausius en 1850. Matemáticamente, la entalpía H es igual a  $U + PV$ , donde U es la energía interna, P es la presión y V es el volumen. La entalpía se mide en julios.

**2.16.10** *Entropía.* (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011) “El concepto de “entropía” en termodinámica es un sinónimo de “desorden”. Así, cuando se dice que aumentó la entropía en un sistema, significa que creció el desorden entre los elementos o moléculas de un sistema. Y a la inversa: si en un sistema disminuyó la entropía, significa que disminuyó su desorden. Existe entropía cuando hay variación de un estado por efectos de presión, temperatura o las dos variables a la vez”.

## **2.17** **Incendio**

Tomado de (Cuerpo de Bomberos Puente Alto, 2010) “Es el fuego de grandes proporciones que destruye aquello que no está destinado a quemarse. El surgimiento de un incendio implica que la ocurrencia de fuego fuera de control, con riesgo para los seres vivos, las viviendas y cualquier estructura”.

## **2.18** **Combustible**

Es toda sustancia que es capaz de arder. Toda materia orgánica es en mayor o menor grado es buen combustible. Por ejemplo, un vegetal con cierto grado de secado es

combustible. Los combustibles se clasifican según su naturaleza, que pueden ser, sólidos, líquidos y gaseosos.

## **2.19 Oxígeno**

En toda mezcla gaseosa en la que el oxígeno está presente en proporciones suficientes se puede desarrollar una combustión. El comburente normalmente es el aire, que contiene aproximadamente un 21% en volumen de oxígeno.

## **2.20 Explosión**

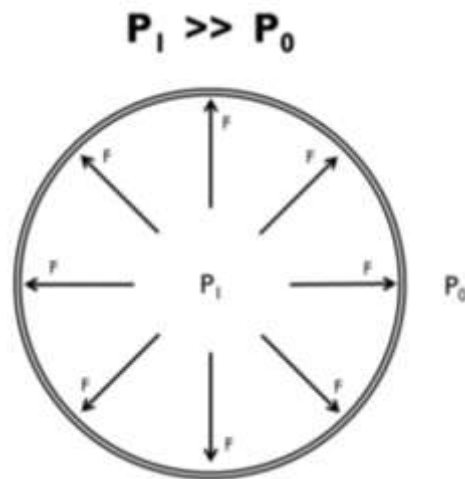
(Contini, S; Francocci, G.F., 1993) Define como: “Liberación brusca de una gran cantidad de energía encerrada en un volumen relativamente pequeño, produciendo un incremento violento y rápido de la presión con desprendimiento de calor, luz y gases”.

Según la (Sociedad Española para el estudio de la Ansiedad y el Estrés, 2001) “Una explosión es la liberación simultánea de energía calórica, lumínica y sonora (y posiblemente de otros tipos) en un intervalo de tiempo ínfimo.

De esta forma, la potencia de la explosión es proporcional al tiempo requerido y su orden de magnitud se expresa en gigavatios u otras unidades de energía”. Los orígenes de las explosiones se suelen dividir en dos clases:

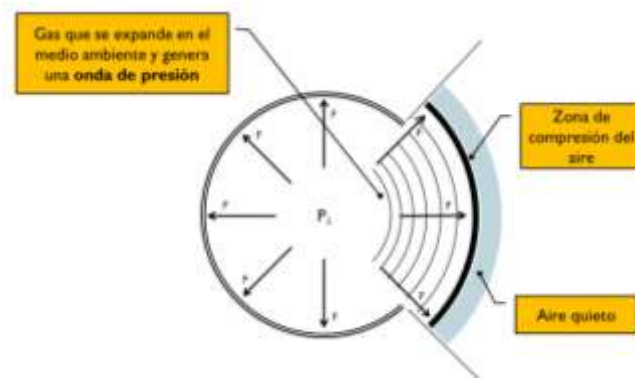
- Físicos: mecánicos (choques de móviles), electromagnéticos (relámpagos) o neumáticos (presiones y gases).
- Químicos: de reacciones de cinética rápida.

**2.20.1 Daños de una explosión.** Para entender los daños que una explosión puede generar, se debe entender el concepto de explosión, el cual es una súbita liberación de gas a una alta presión en el ambiente; es la manera más sencilla de describir una explosión despreciando el origen o el mecanismo por el cual se genera el gas a alta presión. (Botta, 2015)



**Figura 4-2.** Presión del gas con respecto a la presión atmosférica  
Fuente: (Botta, 2015)

Cuando el recipiente se rompe el gas se escapa y expande a muy alta velocidad en el medio ambiente circundante produciendo que el aire quieto que se encuentra delante se comprima y mueva también a muy alta velocidad, produciendo una onda de presión destructiva. (Botta, 2015)



**Figura 5-2.** Presión del gas liberada en el ambiente.  
Fuente: (Botta, 2015)

**2.20.2** *Reacción en cadena.* Es el proceso mediante el cual progresa la reacción con la mezcla comburente – oxígeno da origen a la propagación del incendio en el espacio y el tiempo. (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2003)

**2.20.3** *Efecto dominó.* De acuerdo a (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2003) “La concatenación de efectos que multiplica las consecuencias, debido a que los fenómenos peligrosos pueden afectar, además de los elementos vulnerables exteriores, otros recipientes, tuberías o equipos del mismo establecimiento o de otros

establecimientos cercanos, de tal manera que se produzca una nueva fuga, incendio, explosión, estallido en los mismos”.

**2.20.4 Elementos Vulnerables.** Según (Cuerpo de Bomberos Puente Alto, 2010) Los elementos vulnerables en el caso de acontecer una explosión generan un gran campo de daños entre los que se tiene:



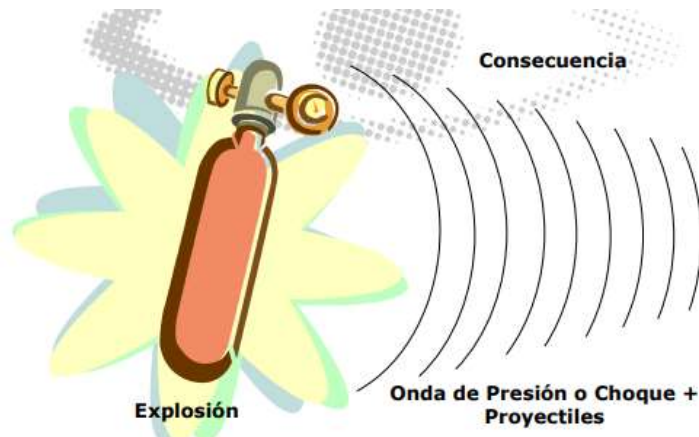
**Figura 6-2.** Elementos vulnerables  
Fuente: Autores

**2.20.5 Zona de Intervención.** (Díaz, 2006) Define como: “Aquella en la que las consecuencias de los accidentes producen un nivel de daños tanto en las personas como en las construcciones que justifica la aplicación inmediata de medidas de protección. La zona de intervención es el espacio en el que mayor riesgo pueden tener las personas y las edificaciones, por lo que es en esta zona donde se debe hacer mayor énfasis en cuanto a los mecanismos de prevención”.

**2.20.6 Zona de Alerta.** (Díaz, 2006) Define como: “Comienza donde termina la Zona de Intervención, es aquella en la que las consecuencias de los accidentes provocan efectos que aunque perceptibles por la población, no justifican la intervención, excepto para los grupos vulnerables de la población”

**2.20.7 Agente de daño.** (Cuerpo de Bomberos Puente Alto, 2010) Detalla que en un incendio el agente de daño se le conoce como aquellos elementos causantes de daño como: el calor, humo, gases, llamas, proyección de partículas, etc. El agente de daño se

lo identifica acorde a la propia explosión y de aquellos que dependen del entorno en donde se producen.



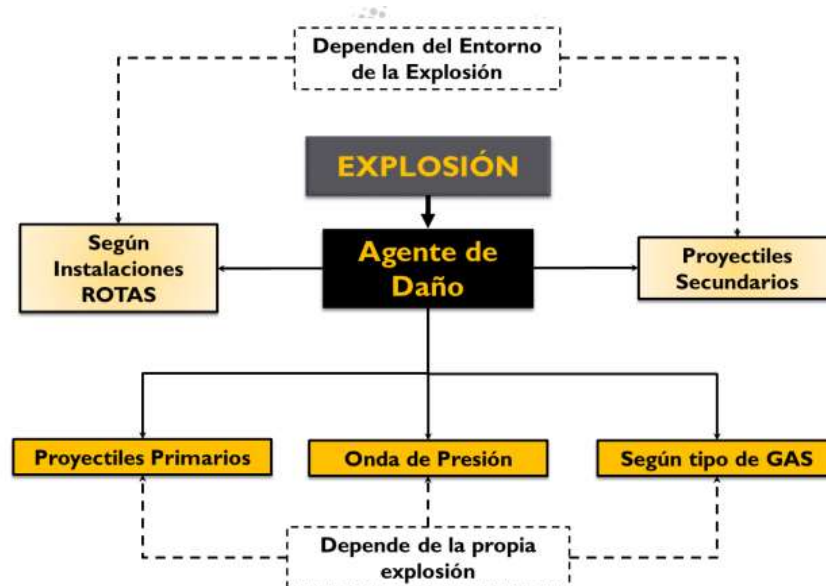
**Figura 7-2.** Agente de daño  
Fuente: (Cuerpo de Bomberos Puente Alto, 2010)

Los agentes de daño presentes durante una explosión están:

- Onda de presión destructiva o de choque.
- Projectiles primarios: aquellos que son parte del contenedor, recipiente o ambiente confinado donde se produjo la explosión, es decir, por ejemplo, partes del tanque.
- Efectos del gas que se escapa, que en algunos casos puede ser inocuo u en otros inflamable, corrosivo, tóxico, etc.

Aquellos que dependen del entorno donde se produce la explosión son:

- Projectiles secundarios: son elementos o cosas que la onda de presión o los projectiles primarios desplazan en su movimiento.
- Efectos de las instalaciones que se rompen, lo que puede generar escapes de gases, incendios, derrumbes, etc., u otras explosiones derivadas o secundarias.



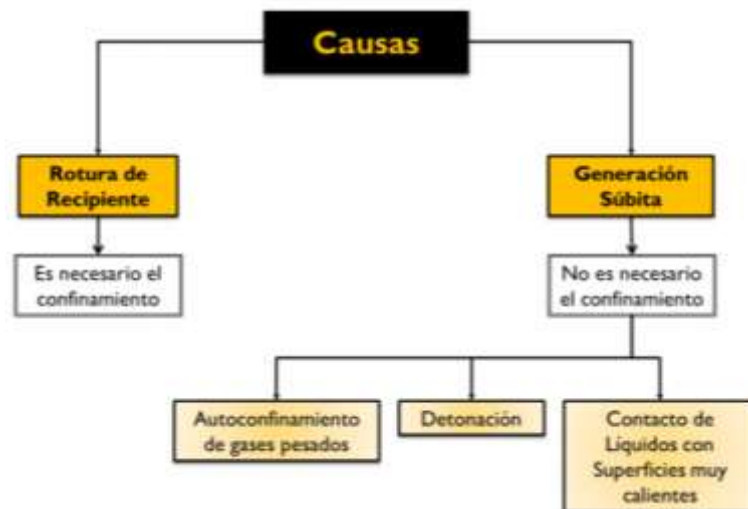
**Figura 8-2.** Entorno de la explosión  
Fuente: (Cuerpo de Bomberos Puente Alto, 2010)

**2.20.8** *Causas.* Las causas básicas de las explosiones las podemos dividir en dos grandes tipos, según (Cuerpo de Bomberos Puente Alto, 2010):

**2.20.8.1** *Rotura de Recipiente.* Descarga súbita de un gas a alta presión en el ambiente producto de la rotura de un recipiente. Es necesario el confinamiento para que se produzca una explosión. Esta rotura se puede dar por:

- Lo que le sucede al propio recipiente.
- Lo que sucede fuera del recipiente

**2.20.8.2** *Generación súbita.* En el ambiente de un gas a alta presión que puede ser debida a fenómenos físicos como por ejemplo, la evaporación instantánea de un líquido que entra en contacto con una superficie caliente, fenómeno químico como por ejemplo, la detonación de un explosivo de alta potencia, o por el auto confinamiento de gases pesados. La diferencia entre estos dos tipos básicos de explosiones se debe fundamentalmente al confinamiento. (Cuerpo de Bomberos Puente Alto, 2010)



**Figura 9-2.** Causas  
 Fuente: (Cuerpo de Bomberos Puente Alto, 2010)

El confinamiento puede ser un tanque de combustible líquido o gaseoso, un tanque para gases no combustibles como aire, oxígeno, etc., es decir, el almacenamiento permanente de gases comprimidos o licuados; o ambientes que circunstancialmente o accidentalmente pueden ser sometidos a mayor presión que la atmosférica por algunos de las formas que analizaremos, como ser: una casa, un silo, una celda, un depósito de productos químicos, etc.

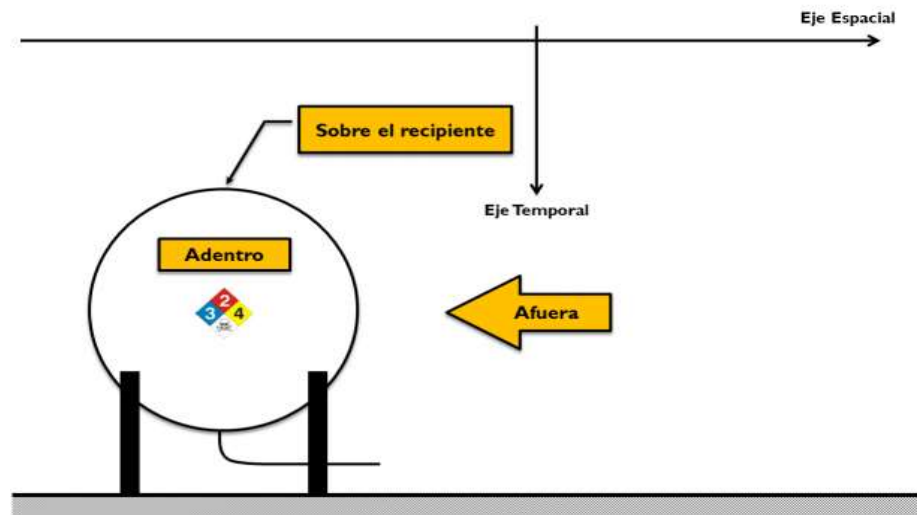
**2.20.8.3 Generación súbita.** Cuando un líquido (rara vez un sólido) entra en contacto con una sustancia u objeto a una temperatura muy superior a su punto de ebullición, se produce una súbita evaporación del líquido y la consiguiente expansión del vapor generado. (Cuerpo de bomberos de Quito, 2017)

Es el caso de los derrames a temperatura ambiente de líquidos refrigerantes o de gases criogénicos licuados y de la entrada en contacto de líquidos con metales o minerales muy calientes. En dichos casos, el líquido recibe calor de la superficie más caliente a una velocidad tal, que instantáneamente se genera un gas a alta presión. Si el área de contacto entre el líquido y la superficie caliente es grande, la vaporización puede producirse lo suficientemente rápida para causar una onda de presión, propagándose en todas las direcciones. (Cuerpo de Bomberos Puente Alto, 2010)

La velocidad de evaporación es generalmente baja, pero la rápida generación del gas, produce con frecuencia presiones lo suficientemente elevadas para destruir edificios o

contenedores. La súbita introducción de agua a los tubos de calderas, intercambiadores de calor o tanques de fluidos de transferencia de calor, a alta temperatura, pueden provocar violentas explosiones. (Cuerpo de bomberos de Quito, 2017)

**2.20.8.4 Rotura del recipiente.** El análisis de las explosiones por rotura del recipiente lo podemos hacer siguiendo dos dimensiones: la espacial y la temporal.

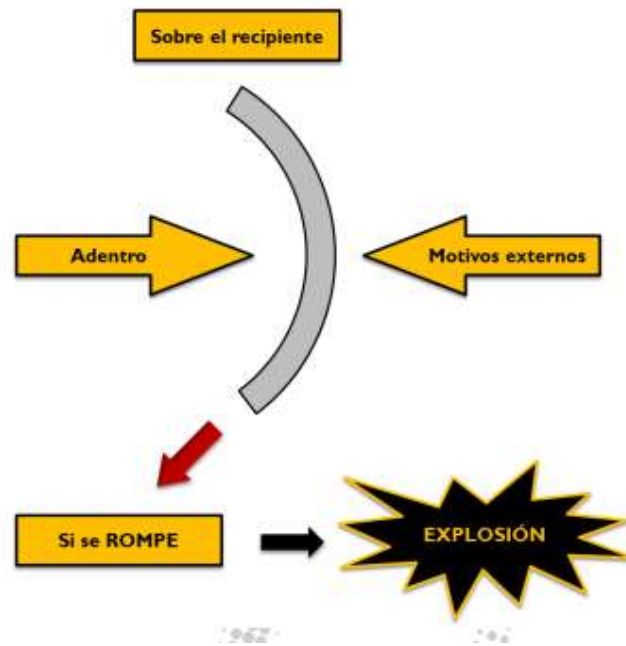


**Figura 10-2.** Rotura del recipiente  
Fuente: (Botta, 2015)

La rotura del recipiente resulta en la proyección de metralla o también llamados proyectiles, de tamaños variados y provoca un violento empuje de la estructura del contenedor en la dirección opuesta a la descarga del gas. No obstante, en estas circunstancias la liberación de gas es extremadamente rápida y se genera una violenta onda de choque.

La onda de presión provocada por la rotura del contenedor es muy direccional, desplazándose fundamentalmente en la dirección de la descarga y causando efectos de presión a distancia mucho mayor en dicha dirección. No obstante, se generan, prácticamente en todas direcciones, significativos efectos de presión. Este tipo de explosión es un proceso relativo donde no importa porque y de donde, pero si se rompe el recipiente, y se produce una súbita liberación de gas a alta presión en el ambiente, entonces estamos frente a una explosión. (Abas, 2016)





**Figura 11-2.** Explosión del recipiente  
Fuente: (Botta, 2015)

La diferencia fundamental entre las explosiones “por origen” se debe a como se produce el aumento de presión interna, y éste proceso puede tener origen físico o químico. (Botta, 2015)

## 2.20.9 Tipos de explosiones

**2.20.9.1 Explosiones físicas.** Todo el gas a alta presión se genera por medios mecánicos o por fenómenos sin presencia de un cambio en la sustancia involucrada, antes y después del momento de la explosión la sustancia es la misma, como mucho se puede producir un cambio de estado de la misma.

Las explosiones físicas constituyen descargas de gas a alta presión sin presencia de reacción química, aunque en la mayoría de los casos se produce vaporización. Una explosión física tiene por origen un fenómeno físico. (Botta, 2015)

Hay dos tipos fundamentales de explosiones físicas:

- Explosión por liberación de un gas comprimido.
- Explosión por liberación de gas licuado (BLEVE)

**2.20.9.1.1 Explosión por liberación de un gas comprimido.** (Botta, 2015) Describe como la sustancia involucrada es un gas contenido en un recipiente a una presión superior a la atmosférica. En todas ellas está involucrado un contenedor, tan como una caldera, un cilindro de gas, etc. (Botta, 2015)

En el contenedor se genera alta presión por compresión mecánica del gas, o introducción de un gas a elevada presión desde otro contenedor, es decir, un trasvase por lo general sin regulador. (Botta, 2015)

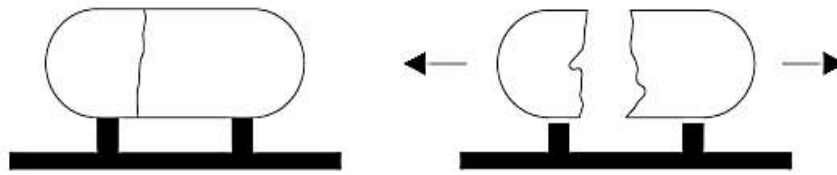
Cuando la presión alcanza el límite de resistencia de la parte más débil del contenedor, se produce el fallo. En algunos casos, componentes relativamente pequeños en la instalación, constituyen el punto más débil y se proyecta como metralla. A veces son las paredes las que fallan y el contenedor revienta con extrema violencia. Los daños generados dependen básicamente del modo de fallo. (Botta, 2015)

Si fallan pequeños elementos pero el contenedor permanece prácticamente intacto, la metralla proyectada resulta tan peligrosa como las balas; sin embargo, la descarga de gas es altamente direccional y controlada por el diámetro del agujero que resulta al proyectarse los pequeños elementos. (Botta, 2015)

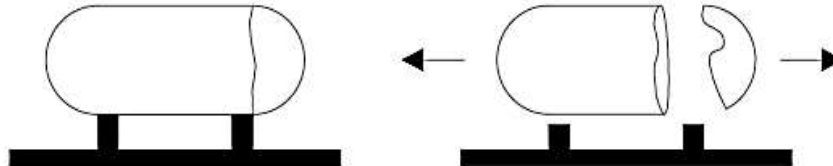
En estas condiciones, los daños causados pueden limitarse a penetraciones de metralla, quemaduras y otros efectos dañinos por gases calientes y/o menores desplazamientos estructurales débiles. Si hay desequilibrio entre la expulsión de pequeños elementos y la liberación de gas, el contenedor sufre un empuje en la dirección opuesta al escape de gas, y puede resultar volcado, derribado o bien desplazado. (Botta, 2015)

En este caso, pueden producirse daños por impactos del contenedor en su trayectoria y colapsar el edificio u otras estructuras si se destruyen elementos de sustentación. (Botta, 2015)

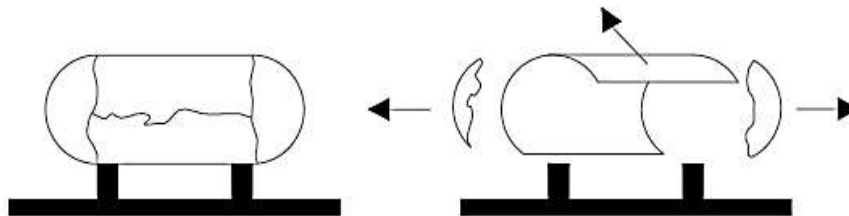
**ROTURA DÚCTIL POR DEBILITAMIENTO LOCAL: 2 FRAGMENTOS (HABITUAL)**



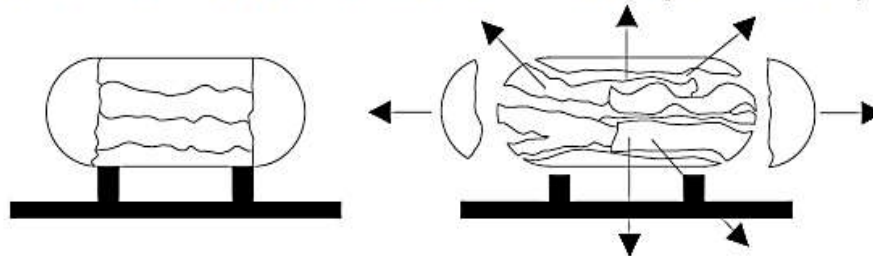
**ROTURA DÚCTIL POR SOBREPRESIÓN: 2 FRAGMENTOS DESIGUALES (HABITUAL)**



**ROTURA DÚCTIL POR SOBREPRESIÓN: 3 FRAGMENTOS (HABITUAL)**



**ROTURA FRÁGIL POR SOBREPRESIÓN: MÚLTIPLES FRAGMENTOS (POCO HABITUAL)**



**Figura 12-2.** Rotura del cilindro  
Fuente: (Botta, 2015)

**2.20.9.1.2 Explosión por Liberación de Gas Licuado.** (Botta, 2015) Lo define como un BLEVE es una palabra formada por las cinco primeras letras de la frase, en inglés, “Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion”, o sea, “Explosión de los vapores que se expanden al hervir un líquido”. La forma para que se produzca una BLEVE por Escape Masivo de Gas Licuado; Esta es la llamada Teoría Tradicional sobre la explicación de este fenómeno. La BLEVE comienza con la liberación de una sustancia contenida en un recipiente en estado líquido y que, en condiciones ambientales normales de presión y temperatura, sería un gas o vapor. Si se rompe el recipiente, este gas o vapor que está licuado se despresuriza y se expande, se expande dentro y fuera del recipiente, el

líquido entra bruscamente en ebullición y una gran cantidad de él se evapora muy rápidamente, en forma casi instantánea. El cambio de estado líquido-vapor supone un gran aumento de volumen. El vapor se expande casi instantáneamente. La expansión del vapor produce una onda de presión destructiva, que es en definitiva la que produce la explosión.

Según (Botta, 2015) Para que se produzca una BLEVE son necesarias las siguientes condiciones:

- Que el recipiente contenga un líquido que, en condiciones ambientales normales de presión y de temperatura, sería un gas.
- Que el líquido sufra una despresurización intensa y súbita, para que se produzca su ebullición instantánea.
- Que se produzca un escape en masa entre  $1/3$  y  $1/2$  de la cantidad total del líquido.

Lo que produce la onda de presión es la masa de líquido que hierve y se expande rápidamente fuera del recipiente. Para que esta onda de presión produzca una explosión destructiva, la cantidad de masa que se tiene que escapar debe ser significativa. Esto prácticamente sólo se produce cuando en un recipiente se produce una gran rotura.

El funcionamiento de una válvula de seguridad o la aparición de una pequeña fisura en el recipiente provoca una despresurización insuficiente (escape de masa insignificante), que sólo da lugar a la ebullición de una pequeña parte del líquido. (Botta, 2015)

La mayor parte de las BLEVE se producen por un fallo del recipiente debido a la acción del fuego. Sin embargo, el recipiente puede fallar también debido a un impacto que ocasione su rotura, perforación o debilitamiento estructural. Las categorías de sustancias que en principio pueden producir BLEVES son:

- Gases Licuados
- Gases Criogénicos

- Líquidos Sobrecalentados

**2.20.9.2 Explosión química.** La generación del gas a alta presión es el resultado de reacciones químicas donde la naturaleza del producto difiere sustancialmente de la inicial (reactivo). La reacción química más común presente en las explosiones es la combustión, en el cual un combustible (por ejemplo el metano) se mezcla con el aire, se inflama y arde generando anhídrido carbónico, vapor de agua y otros subproductos. (Botta, 2015)

Hay dos tipos de reacciones químicas:

- Reacciones uniformes: la reacción química se produce al mismo tiempo en toda la masa reactiva. NO es una reacción instantánea.
- Reacciones de propagación: la reacción química se inicia en un punto de la masa reactiva y desde él avanza (se propaga) sobre el resto.

## 2.21 Cálculo de consecuencias por explosión de tanque de GLP

**2.21.1 Cálculo de la energía efectiva.** Tomado de (Diaz, 2006), con el fin de determinar las consecuencias debido a una explosión del tanque estacionario de GLP, es necesario calcular la energía que esta libera, es importante conocer la energía efectiva de explosión, la sobrepresión estática ( $P_s$ ) y el impulso ( $i$ ) mecánico para finalmente definir las consecuencias sobre los seres humanos y edificaciones a través de la Metodología Probit.

La energía liberada en una explosión depende del tipo de gas en este caso un gas no ideal que es como se considera el gas licuado de petróleo, al hablar de GLP se considera dos estado: las condiciones cuando el GLP está en el interior del recipiente, para efectos de cálculo se considera Estado 1, y las condiciones externas o del medio ambiente se denomina Estado 2, con lo que se tiene la siguiente ecuación: (Diaz, 2006)

$$E_{av} = (m_{1liq} u_{1liq} + m_{1vap} u_{1vap}) - (m_{1liq} u_{2liq} + m_{1vap} u_{2vap}) J \quad (1)$$

Donde:

$E_{av}$ : Es la energía liberada en la explosión se expresa en Julios.

$m_{1liq}$ : Es la masa del líquido en el estado inicial en kg.

$u_{1liq}$  : Es la energía interna en el estado 1 fase líquido J/kg

$m_{1vap}$ : Es la masa del vapor en el estado inicial en kg.

$u_{1vap}$  : Es la energía interna en el estado 1 fase vapor J/kg

$u_{2liq}$  : Es la energía interna en el estado 2 fase líquido J/kg

$u_{2vap}$  : Es la energía interna en el estado 2 fases vapor J/kg

## CAPITULO III

### 3. SITUACIÓN ACTUAL DEL TANQUE ESTACIONARIO DE GLP DE LA CARRERA DE GASTRONOMÍA DE LA ESPOCH.

#### 3.1 Información general.

La Carrera de Gastronomía fue creada con el fin de mantener una alimentación y nutrición adecuada que influye en la salud y bienestar de las personas. El estudio de los alimentos no se enfoca únicamente en el valor nutricional sino también en su preparación, su calidad y su presentación para el consumo.



**Figura 1-3.** Carrera de Gastronomía

Fuente: Autores

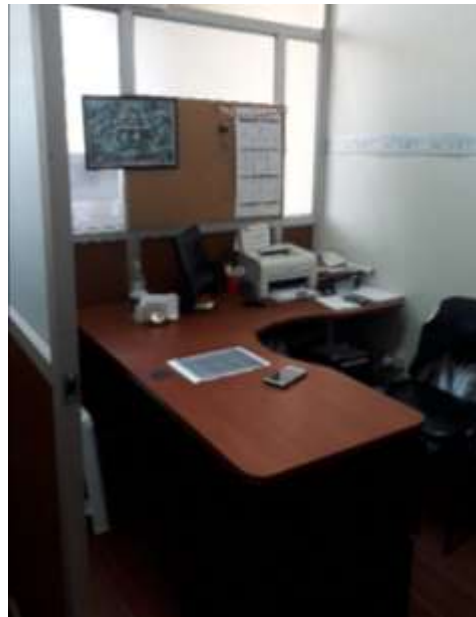
**3.1.1 Misión.** Formar profesionales en gestión gastronómica, con elevados conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, emprendedores, con valores sociales y éticos, que promuevan una alimentación sana, de óptimas características sensoriales y que propicien la soberanía a través del rescate de la cultura alimentaria con calidad, pertinencia y reconocimiento social. (ESPOCH, 2002)

**3.1.2 Visión.** Liderar la formación de profesionales en el área gastronómica, competentes y emprendedores, con alto nivel científico y tecnológico que comprendan la necesidad de velar por la salud de la población a través de la oferta de alimentos y preparaciones, que integren armoniosamente el arte culinario y la calidad nutricional para contribuir al desarrollo integral del turismo y la hospitalidad sustentable del país, en consideración a las políticas del plan nacional del buen vivir. (ESPOCH, 2002)

### 3.2 Identificación de áreas de trabajo

Las áreas de trabajo en la Carrera de Gastronomía se encuentran distribuidas en su edificio de dos plantas de la siguiente manera:

**3.2.1** *Área administrativa.* Comprende la dirección y secretaria, ubicadas en la segunda planta, las actividades inician a partir de las 08h00 hasta las 18h00.



**Figura 2-3.** Área administrativa  
Fuente: Autores

**3.2.2** *Laboratorio 1.* Esta área se encuentra junto a las oficinas del área administrativa, en el cual el personal docente y los estudiantes llevan a cabo la práctica del arte culinario donde se emplea el uso de GLP en las cocinas.



**Figura 3-3.** Laboratorio 1  
Fuente: Autores



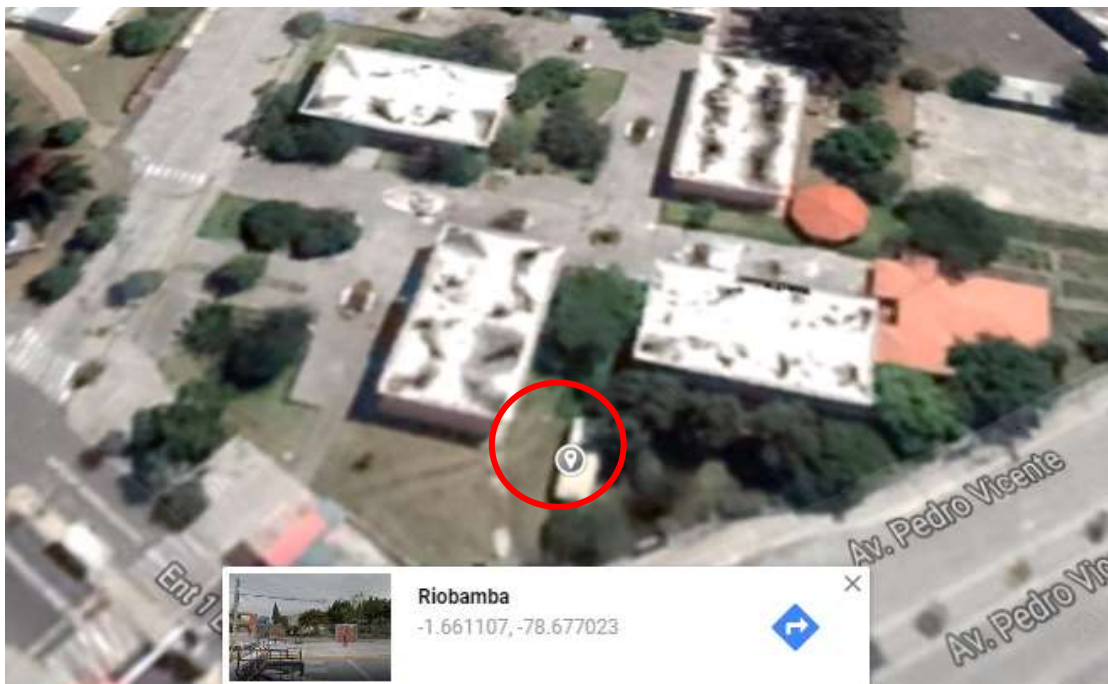
**3.2.3** *Laboratorios 2 y 3.* Se encuentra ubicados en la primera planta del edificio, y de la misma manera es el lugar donde se emplea el uso de GLP en sus actividades, como se observan en la siguiente imagen.



**Figura 4-3.** Laboratorio dos y tres  
Fuente: Autores

### **3.3 Situación inicial del tanque estacionario de GLP**

**3.3.1** *Localización.* En mayo del 2016 se realizó la adquisición e instalación del tanque estacionario de GLP, el cual se encuentra ubicado en la parte posterior del edificio de la Carrera de Gastronomía, siendo una zona idónea para el efecto de sus servicios; a continuación se observa su localización en la siguiente figura.



**Figura 5-3.** Localización del tanque estacionario de GLP  
Fuente: Autores

**3.3.2** *Condiciones del tanque estacionario de GLP.* Mediante un estudio de campo la cual ayuda a realizar chequeos visuales y se puede observar que con el transcurso del tiempo se ha impregnado polvo e impurezas en los accesorios y en el tanque de GLP, mismo que está diseñado (cerrado y presurizado), para prevenir la pérdida de evaporación de gases, datos proporcionados por la Escuela de Gastronomía.

Al igual que todos los tanques, lleva una válvula de servicio a través de la cual se adiciona o retira gas y una válvula de seguridad para aliviar cualquier acumulación de presión, siempre y cuando la presión del recipiente comienza elevarse la válvula de seguridad permitirá la descarga de un poco de vapor, disminuyendo el riesgo de explosión.

El tanque estacionario tiene una capacidad nominal de 4 m<sup>3</sup> (3.785 litros), con redes de distribución en material de hierro negro (HN) cédula 40 sin costura, según norma ASTM A-53 y polietileno de alta densidad, según norma D2513, dichos datos fueron proporcionados por la Escuela de Gastronomía y verificados en la placa de información del mismo tanque.

En la figura que se muestra a continuación, se puede observar el tanque estacionario de GLP de la Carrera de Gastronomía.



**Figura 6-3.** Tanque  
Fuente: Autores

Este tanque abastece a 29 equipos de cocina distribuidos entre los laboratorios tanto de la planta alta y como de la planta baja del edificio de la Carrera de Gastronomía; la distribución de GLP por parte del tanque se aprecia en la siguiente tabla, donde se indica que los equipos trabajan a una presión de servicio de 20 psi y 0,5 psi.

**Tabla 1-3.** Distribución de GLP a equipos de cocina.

<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Consumo unitario (Btu/h)</b>	<b>Factor</b>	<b>Total Consumo (Btu/h)</b>
3	Cocina domesticas (4 h)	40.000	0,5	60.000
2	Cocina baja presión (5h)	100.000	0,5	100.000
1	Plancha (6h)	150.000	0,5	75.000
1	Cocina (3h con plancha)	130.000	0,5	65.000
1	Horno de pan (8 latas)	300.000	0,5	150.000
2	Horno	100.000	0,5	100.000
19	Cocinas	130.000	0,5	1.235.000
			<b>Carga total</b>	<b>1.785.000</b>

Fuente: Autores

**3.3.3** *Situación actual de seguridad y salud en el tanque estacionario.* Se conoce que la instalación del tanque estacionario de GLP se ha realizado cumpliendo estrictamente con las medidas necesarias según la norma técnica ecuatoriana NTE-INEN-2260 2ª Revisión, “INSTALACIONES DE GASES COMBUSTIBLES PARA USO RESIDENCIAL, COMERCIAL E INDUSTRIAL. REQUISITOS”, donde especifica las distancias mínimas de seguridad. Ver anexo A.

Además previo a la instalación se analizado, los parámetros de diseño a partir de las características y procesos industriales del uso y manejo de GLP, por las ventajas del tanque, como son: su facilidad de almacenamiento, manipulación, transporte y alto poder calórico.

Hasta la actualidad no existen estadísticas de accidentes, no obstante se realizan estudios, aunque no con mucha frecuencia, sobre las características físicas y químicas del GLP, así como el cálculo de la pérdida de presión en la instalación, a fin de garantizar la generación de una combustión adecuada.

### **3.4 Identificación de riesgos en el tanque de GLP**

La identificación de los riesgos en el tanque estacionario de GLP en la Carrera de Gastronomía se realiza mediante la evaluación INSHT.

Al aplicar la evaluación INSHT, se identificaron riesgos en el almacenamiento de GLP, tales como explosiones e incendios, considerados riesgos inherentes, es decir, propios del tanque.

**Tabla 2-3.** Resumen de la Identificación de Riesgos en el tanque estacionario de GLP

Factores de Riesgo	Tanque GLP
<b>Factores de riesgo de accidentes mayores</b>	
Explosiones	✓
Incendio	✓

Fuente: Autores

### 3.5 Evaluación de riesgos en el tanque de GLP

La evaluación de riesgos en el tanque de GLP se realizó mediante la aplicación de la INSHT, para determinar las consecuencias anteriormente mencionadas, mismas que pueden suceder por falta de mantenimiento en las instalaciones, por falta de estudios relacionados con los niveles de riesgos de explosión, falta de capacitación ante estos sucesos. Se sabe que los riesgos se analizan e interpretan a partir de la evaluación INSHT, se estima cualitativamente los riesgos de accidente mayor en el área de almacenamiento de GLP.

- **Factores de riesgo de accidentes mayores (Explosión)**

El análisis del riesgo se realiza a través de la matriz de análisis y evaluación por puesto de trabajo INSHT, de manera que en el almacenamiento de GLP, nos arroja riesgos de accidentes mayores por explosión.

**Tabla 3-3.** Factores de riesgo de accidentes mayores

FACTORES DE RIESGO DE ACCIDENTES MAYORES (incendio, explosión, escape, derrame de sustancias)	
Manejo de inflamables y/o explosivos	
Recipientes o elementos a presión	
Sistema eléctrico defectuoso	
Presencia de puntos de ignición	
Transporte y almacenamiento de productos mismos y material radiactivo	
Depósito y acumulación de polvo	
Alta carga combustible	
Ubicación en zonas con riesgo de desastres	

Fuente: INSHT

Una vez identificado el riesgo de accidente mayor se realiza la estimación del mismo, mediante la severidad del daño, que consiste en considerar las partes del cuerpo humano que se verán afectadas y la naturaleza del daño graduándolo como extremadamente dañino ( fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales) y la probabilidad de que ocurra el daño, se puede graduar como probabilidad alta (el daño ocurrirá siempre o casi siempre) , como resultado obtenemos un riesgo intolerable.

**Tabla 4-3.** Cualificación o estimación cualitativa del riesgo

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Fuente: INSHT

- **Factores de riesgo de accidentes mayores (Incendio)**

El análisis del riesgo se realiza a través de la matriz de análisis y evaluación por puesto de trabajo INSHT, de manera que en el almacenamiento de GLP, nos arroja riesgos de accidentes mayores por incendio.

**Tabla 5-3.** Factores de riesgo de accidentes mayores

FACTORES DE RIESGO DE ACCIDENTES MAYORES (incendio, explosión, escape, derrame de sustancias)	
Manejo de inflamables y/o explosivos	Recipientes o elementos a presión
Sistema eléctrico defectuoso	Presencia de puntos de ignición
Transporte y almacenamiento de productos múltiples y material radiactivo	Depósito y acumulación de polvo
Alta carga combustible	Ubicación en zonas con riesgo de desastres

Fuente: INSHT

Una vez identificado el riesgo de accidente mayor se realiza la estimación del mismo, mediante la severidad del daño, que consiste en considerar las partes del cuerpo humano que se verán afectadas y la naturaleza del daño graduándolo como extremadamente dañino ( fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales) y la probabilidad de que ocurra el daño, se puede graduar como probabilidad alta (el daño ocurrirá siempre o casi siempre) , como resultado obtenemos un riesgo intolerable.

**Tabla 6-3.** Cualificación o estimación cualitativa del riesgo

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Fuente: INSHT

Mediante la evaluación, se califica los incendios y explosiones como riesgos intolerables (no debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo), los cuales necesitan inmediatamente acciones de control y prevención.

Para definir afectaciones a las zonas vulnerables en caso de la ocurrencia de accidente mayor por explosión del tanque de GLP, se aplicara el método PROBIT.

Para definir afectaciones a las zonas vulnerables en caso de la ocurrencia de accidente mayor por incendio del tanque de GLP, se aplicara el método MESERI.

## CAPÍTULO IV

### 4. APLICACIÓN DEL MÉTODO PROBIT AL TANQUE DE GLP.

El método Probit se aplica para definir las afectaciones a las zonas vulnerables en el caso de accidente mayor por explosión del tanque estacionario de GLP, para lo cual primero se necesita realizar previamente una serie de cálculos, estos son:

#### 4.1 Cálculo de la energía efectiva

Para calcular la energía efectiva necesitamos conocer las condiciones del estado inicial del GLP en líquido y gaseoso.

**4.1.1** *Condiciones del estado inicial o estado 1 (GLP en estado líquido).* En la figura se muestra las características del GLP en estado líquido, del tanque estacionario de la Carrera de Gastronomía.

**Figura 1-4.** Presión de Diseño



Fuente: Autores

- **Volumen de los recipientes**

La longitud de cada tanque cisterna es de 4 metros, el diámetro aproximado es de 1,1 metros, por lo tanto, el volumen es:

$$\begin{aligned} V &= \pi * r^2 * h & (1) \\ V &= \pi * 0,51^2 * 4,85 \\ V &= 4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Entonces el volumen se considera un total de 4 m<sup>3</sup>

**Presión de diseño del recipiente (P1):** Como se observa en la figura la presión del recipiente es de 1,72 MPa, su equivalente en el Sistema Inglés es 250 lb/pulg<sup>2</sup> (psi).

**La presión de prueba hidrostática:** Es igual a 2,75 MPa o 400 PSI, como se aprecia en la placa del tanque y se observa en la siguiente imagen, este dato es referencial, no se debe considerar para los cálculos como presión máxima del recipiente.

**Figura 2-4.** Presión de prueba hidrostática



Fuente: Autores

Durante el análisis de los datos se observa diferentes presiones entre las que se tiene:

- La presión de diseño del tanque: 250 PSI.
- La presión de prueba hidrostática: 400 PSI.
- La presión de operación (variable): < 250 PSI.

Para los cálculos se utiliza la presión de diseño del tanque de 250 PSI debido que esta presión va a ser de la cual se puede producir una explosión.

**4.1.2 Condiciones del estado 2 (GLP en estado gaseoso).** Se describe las características del GLP en estado gaseoso del tanque estacionario de la Carrera de Gastronomía.

**Presión atmosférica:** Es igual a 14,7 lb/pulg<sup>2</sup> (psi) o su equivalente en pascales es 101352,96 Pa, para el presente trabajo se considera la presión atmosférica del sitio donde se realiza el estudio: la ciudad de Riobamba que está ubicada a 2.750 msnm y tiene una presión atmosférica de 72.875 Pa, es decir, 10,57 lb/pulg<sup>2</sup> (psi).



Para determinar los valores de la presión especificada en el recipiente en MPa o PSI al igual que las tablas de las propiedades termodinámicas del gas propano, que están en unidades del sistema inglés, se considera la temperatura: 123,53°F, es decir 50,85°C, la cual fue hallada por interpolación entre temperaturas aproximadas expuestas en el anexo B, para la aplicación de las ecuaciones elaboradas por (Diaz, 2006) quien considera las unidades en el sistema internacional acordes con los factores de conversión.

**4.1.3** *Cálculo de energía interna para estado líquido y gaseoso.* Previo al cálculo de energía interna se debe tener en cuenta que el almacenamiento de GLP se considera como un sistema no ideal, debido a que su composición es una mezcla líquido-vapor.

Por tal razón se calcula la energía interna para las dos fases, en cada estado: es decir fase líquido =  $U_{liq}$  y fase vapor =  $U_{vap}$ ; con la fórmula general de energía interna.

$$u = h - Pv \quad \left(\frac{J}{kg}\right) \quad (2)$$

A demás se pone a disposición la siguiente tabla de factores de conversión, debido a que los cálculos vienen determinados en el S.I.

**Tabla 1-4.** Factores de conversión de unidades del Sistema Inglés al SI

MAGNITUD	DESDE UNIDAD	A UNIDAD del S. I.	FACTOR
Entalpía Específica	$\frac{BTU}{lb}$	$\frac{J}{kg}$	2.326,0
Volumen Específico	$\frac{pie^3}{lb}$	$\frac{m^3}{kg}$	0,06242
Entropía Específica	$\frac{BTU}{lb^{\circ}F}$	$\frac{kJ}{k^{\circ}K}$	4,1868

Fuente: (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011)

**4.1.3.1** *Energía interna en el estado 1, fase líquido.* De la ecuación general se considera el estado 1, en estado líquido, se tiene:

$$u_{1liq} = h_{1liq} - P_1 * v_{1liq} \quad \left(\frac{J}{kg}\right) \quad (3)$$

Donde:

- $u_{1liq}$ : Energía interna en el estado 1 fase líquido en  $\frac{J}{kg}$
- $h_{1liq}$ : Entalpía específica en el estado 1 fase líquido, en  $\frac{J}{kg}$
- $P_1$ : Presión interna de diseño del recipiente, en psi.
- $v_{1liq}$ : Volumen específico en el estado 1 fase líquido, en  $\frac{m^3}{kg}$

En primer lugar debemos conocer la entalpía específica y volumen específico.

- **Entalpía.**- para una presión de 250 psi o  $1,723 * 10^6$  Pa. no se encuentran en la tabla de las propiedades del gas propano (ver anexo B), con lo que se interpola los valores de la tabla de las propiedades termodinámicas del gas propano:

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{h_{1liq} - 179,2}{183,5 - 179,2} \quad (4)$$

Como resultado se tiene el siguiente valor para entalpía específica en la fase líquida:

$$h_{1liq} = 182,27 \frac{BTU}{lb} \quad (5)$$

Como se mencionó anteriormente es necesario realizar la transformación al sistema internacional.

$$h_{1liq} = 182,27 \frac{BTU}{lb} * 2326$$
$$h_{1liq} = 423\,960,02 \left( \frac{J}{kg} \right)$$

- **Volumen específico.**- de igual forma el cálculo se realiza mediante la interpolación, obteniendo:

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{V_{1liq} - 0.03534}{0,03575 - 0,03534}$$

$$\frac{250 - 240}{254 - 240} = \frac{V_{1liq} - 0.03534}{0,03575 - 0,03534}$$

$$v_{1liq} = 0,7143 * (0,03575 - 0,03534) + 0,03534$$

$$v_{1liq} = 0,035633 \frac{pie^3}{lb}$$

$$v_{1liq} = 0,035633 \frac{pie^3}{lb} * 0,06242$$

$$v_{1liq} = 2,2242 * 10^{-3} \frac{m^3}{kg}$$

- **Energía interna.-** Aplicando la fórmula tenemos:

$$u_{1liq} = h_{1liq} - P_1 * v_{1liq} \left( \frac{J}{kg} \right)$$

Reemplazando:

$$u_{1liq} = 423.960,02 - (1,723 * 10^6 * 2,2242 * 10^{-3}) \left( \frac{J}{kg} \right)$$

$$u_{1liq} = 4,20127 * 10^5 \left( \frac{J}{kg} \right)$$

**4.1.3.2** *Energía interna en el estado 1, fase vapor.* Se calcula la energía interna con la misma fórmula, se tiene:

$$u_{1vap} = h_{1vap} - P_1 * v_{1vap} \left( \frac{J}{kg} \right)$$

Donde:

- $u_{1vap}$ : Energía interna en el estado 1 fase vapor en  $\frac{J}{kg}$
- $h_{1vap}$ : Entalpía específica en el estado 1 fase vapor en  $\frac{J}{kg}$
- $P_1$ : Presión interna de diseño del recipiente: 250 psi o  $1,723 * 10^6$  Pa.
- $v_{1vap}$ : Volumen específico en el estado 1 fase vapor.

Para ello nuevamente se calcula la entalpía específica y volumen específico, interpolando valores del Anexo B:

- **Entalpía:**

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{h_{1vap} - 305,2}{305,8 - 305,2}$$

$$h_{1vap} = 305,63 \frac{BTU}{lb}$$

$$h_{1vap} = 305,63 \frac{BTU}{lb} * 2326$$

$$h_{1vap} = 710.895,4 \left( \frac{J}{kg} \right)$$

- **Volumen específico:**

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{v_{1vap} - 0,432}{0,459 - 0,432}$$

$$\frac{250 - 240}{254 - 240} = \frac{v_{1vap} - 0,432}{0,459 - 0,432}$$

$$v_{1vap} = 0,4513 \frac{pie^3}{lb}$$

$$v_{1vap} = 0,4513 \frac{pie^3}{lb} * 0,06242$$

$$v_{1vap} = 0,02817 \frac{m^3}{kg}$$

- **Energía interna:**

$$u_{1vap} = h_{1vap} - P_1 * v_{1vap} \left( \frac{J}{kg} \right)$$

Reemplazando:

$$u_{1vap} = 710.895,4 - 1,723 * 10^6 * 0,02817 \left( \frac{J}{kg} \right)$$

$$u_{1vap} = 662.358,5 \left( \frac{J}{kg} \right)$$

**4.1.3.3** *Energía interna del estado 2, fase líquido.* Para cada una de las fases (líquido y vapor) a la presión atmosférica de la ciudad de Riobamba de 72.875 Pa, es decir, 10,57 lb/pulg<sup>2</sup> (psi) en el Sistema Inglés.

$$u_2 = (1 - X)h_{2liq} + X h_{2vap} - (1 - X) P_0 v_{2liq} - X P_0 v_{2vap}$$

Donde:

- $u_2$ : Energía interna en el estado expandido o estado 2 en  $\frac{J}{kg}$
- $h_{2liq}$ : Entalpía específica en el estado 2 fase líquido en  $\frac{J}{kg}$
- $h_{2vap}$ : Entalpía específica en el estado 2 fase vapor en  $\frac{J}{kg}$
- $v_{2liq}$ : Volumen específico en el estado 2 fase líquido en  $\frac{m^3}{kg}$
- $v_{2vap}$ : Volumen específico en el estado 2 fase vapor en  $\frac{m^3}{kg}$
- $X$ : Fracción de vapor en porcentaje para cada fase llamada también calidad, es adimensional. Para determinar la calidad se calcula en base a las entropías en los dos estados para las fases líquido y vapor, teniendo en cuenta que es un proceso isoentrópico es decir la entropía del estado 1,  $S_1$  es igual a la entropía del estado 2  $S_2$ :  
 $S_1 = S_2$
- $P_0$ : Presión atmosférica del sitio de estudio: ciudad de Riobamba = 72.875 Pa, es decir, 10,57 lb/pulg<sup>2</sup> (psi) en el Sistema Inglés.

• **Cálculo de la calidad “X” o fracción de vapor para cada fase,** (Cengel, Y. A; Boles, M. A., 2011):

Para la fase líquido estado 2:

$$X_{liq} = \frac{S_{1liq} - S_{2liq}}{S_{2vap} - S_{2liq}}$$

Para la fase vapor estado 2:

$$X_{vap} = \frac{S_{1vap} - S_{2liq}}{S_{2vap} - S_{2liq}}$$

Donde:

- $s_{1liq}$ : Entropía específica en el estado 1 fase líquido en  $\frac{J}{kg K}$
- $s_{1vap}$ : Entropía específica en el estado 1 fase vapor en  $\frac{J}{kg K}$
- $s_{2liq}$ : Entropía específica en el estado 2 fase líquido en  $\frac{J}{kg K}$
- $s_{2vap}$ : Entropía específica en el estado 2 fase vapor en  $\frac{J}{kg K}$

- **Cálculo de entropías para el estado 1 fase líquido considerando la presión de diseño del recipiente  $P_1 = 250$  psi.-** a partir de los valores del Anexo B.

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{S_{1liq} - 0,391}{0,399 - 0,391}$$

$$\frac{250 - 240}{254 - 240} = \frac{S_{1liq} - 0,391}{0,399 - 0,391}$$

$$s_{1liq} = 0,3967 \frac{Btu}{lb^{\circ}F}$$

$$s_{1liq} = 0,3967 \frac{Btu}{lb^{\circ}F} * 4,1868$$

$$s_{1liq} = 1,66 \frac{kJ}{k^{\circ}K}$$

- **Determinación de la entropía a para el estado 1 fase vapor considerando la presión de diseño del recipiente  $P_1 = 250$  psi**

$$\frac{P_1 - 240}{254 - 240} = \frac{S_{1vap} - 0,588}{0,589 - 0,588}$$

$$\frac{250 - 240}{254 - 240} = \frac{S_{1vap} - 0,588}{0,589 - 0,588}$$

$$s_{1vap} = 0,5887 \frac{Btu}{lb^{\circ}F}$$

$$s_{1vap} = 0,5887 \frac{Btu}{lb^{\circ}F} * 4,1868$$

$$s_{1vap} = 2,465 \frac{kJ}{k^{\circ}K}$$

- **Cálculo de entropías para el estado 2 considerando la presión atmosférica  $P_2 = 10,57$  psi.- a partir de los valores del Anexo B.**

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{S_{2liq} - 0,160}{0,167 - 0,160}$$

$$\frac{10,57 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{S_{2liq} - 0,160}{0,167 - 0,160}$$

$$s_{2liq} = 0,1643 \frac{Btu}{lb^{\circ}F}$$

$$s_{2liq} = 0,1643 \frac{Btu}{lb^{\circ}F} * 4,1868$$

$$s_{2liq} = 0,688 \frac{kJ}{k^{\circ}K}$$

La presión atmosférica en el estado 2 es de 72.875 Pa.

- **Cálculo de la entropía interna estado 2 fase vapor.**

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{S_{2vap} - 0,618}{0,620 - 0,618}$$

$$\frac{10,57 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{S_{2vap} - 0,618}{0,620 - 0,618}$$

$$s_{2vap} = 0,61923 \frac{Btu}{lb^{\circ}F}$$

$$s_{2vap} = 0,61923 \frac{Btu}{lb^{\circ}F} * 4,1868$$

$$s_{2vap} = 2,593 \frac{kJ}{k^{\circ}K}$$

- **Cálculo de la fracción de vapor o Calidad  $X$  para cada fase:**

Para la fase líquido estado 2:

$$X_{liq} = \frac{S_{1liq} - S_{2liq}}{S_{2vap} - S_{2liq}}$$

Datos:

- $s_{1liq}: 1,66 \frac{J}{kg K}$
- $s_{1vap}: 2,465 \frac{J}{kg K}$
- $s_{2liq}: 0,688 \frac{J}{kg K}$
- $s_{2vap}: 2,593 \frac{J}{kg K}$

Reemplazando valores:

$$X_{liq} = \frac{1,66 - 0,688}{2,593 - 0,688}$$

$$X_{liq} = 0,511$$

Para la fase vapor estado 2:

$$X_{vap} = \frac{s_{1vap} - s_{2liq}}{s_{2vap} - s_{2liq}}$$

$$X_{vap} = \frac{2,465 - 0,688}{2,593 - 0,688}$$

$$X_{vap} = 0,933$$

- **Cálculo de la entalpía para el estado 2 fase líquido  $h_{2liq}$**

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{h_{2liq} - 74}{77 - 74}$$

$$\frac{10,57 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{h_{2liq} - 74}{77 - 74}$$

$$h_{2liq} = 75,85 \frac{Btu}{lb}$$

$$h_{2liq} = 75,85 \frac{Btu}{lb} * 2.326$$

$$h_{2liq} = 176.427,044 \frac{J}{kg}$$



- **Cálculo de la entalpía para el estado 2 fase vapor  $h_{2vap}$**

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{h_{2vap} - 259,5}{261 - 259,5}$$

$$\frac{10,57 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{h_{2vap} - 259,5}{261 - 259,5}$$

$$h_{2vap} = 260,424 \frac{Btu}{lb}$$

$$h_{2vap} = 260,424 \frac{Btu}{lb} * 2.326$$

$$h_{2vap} = 605.746,025 \frac{J}{kg}$$

- **Cálculo del volumen específico para el estado 2 en sus dos fases; líquido y vapor:  $v_{2liq}$   $v_{2vap}$  considerando los valores del anexo B:**

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{V_{2liq} - 0,02703}{0,02717 - 0,02703}$$

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{V_{2liq} - 0,02703}{0,02717 - 0,02703}$$

$$v_{2liq} = 0,02712 \frac{pie^3}{lb}$$

$$v_{2liq} = 0,02712 \frac{pie^3}{lb} * 0,06242$$

$$v_{2liq} = 1,693 * 10^{-3} \frac{m^3}{kg}$$

- **Cálculo del volumen específico para el estado 2 fases vapor:  $v_{2vap}$**

$$\frac{P_2 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{v_{2vap} - 8,70}{9,93 - 8,70}$$

$$\frac{10,57 - 9,72}{11,1 - 9,72} = \frac{v_{2vap} - 8,70}{9,93 - 8,70}$$

$$v_{2vap} = 9,458 \frac{pie^3}{lb}$$

$$v_{2vap} = 9,458 \frac{pie^3}{lb} * 0,06242$$

$$v_{2vap} = 0,59034 \frac{m^3}{kg}$$

- **Cálculo de la energía interna en  $\frac{J}{kg}$  en el estado 2 para las dos fases.**

Fase líquido:

$$u_{2liq} = (1 - X_{liq})h_{2liq} + X_{liq} h_{2vap} - (1 - X_{liq}) P_0 v_{2liq} - X_{liq} P_0 v_{2vap} \quad (6)$$

Dónde:

- $u_{2liq}$ : Energía interna en el estado expandido o estado 2 fase líquido en  $\frac{J}{kg}$
- $h_{2liq}$ : Entalpía específica en el estado 2 fase líquido =  $176.422,044 \frac{J}{kg}$
- $h_{2vap}$ : Entalpía específica en el estado 2 fase vapor =  $605.746,025 \frac{J}{kg}$
- $v_{2liq}$ : Volumen específico en el estado 2 fase líquido =  $1,693 * 10^{-3} \frac{m^3}{kg}$
- $v_{2vap}$ : Volumen específico en el estado 2 fase vapor =  $0,59042 \frac{m^3}{kg}$
- $X_{liq}$ : Fracción de vapor en el estado 2 fase líquido = 0,511 (adimensional)
- $P_0 = 72.875$  Pa

Reemplazando valores:

$$u_{2liq} = (1 - X_{liq})h_{2liq} + X_{liq} h_{2vap} - (1 - X_{liq}) P_0 v_{2liq} - X_{liq} P_0 v_{2vap}$$

$$u_{2liq} = (1 - 0,511) * 176.427,1 + 0,511 * 605.746,025 - (1 - 0,511) * 72.875 * 1,693 * 10^{-3} - (0,511 * 72.875 * 0,59034)$$

$$u_{2liq} = 3,74 * 10^5 \frac{J}{kg}$$

- **Cálculo de la energía interna en  $\frac{J}{kg}$  en el estado 2 para la fase vapor:**

$$u_{2vap} = (1 - X_{vap})h_{2liq} + X_{vap} h_{2vap} - (1 - X_{vap}) P_0 v_{2liq} - X_{vap} P_0 v_{2vap} \quad (7)$$

Donde:

- $u_{2vap}$ : Energía interna en el estado expandido o estado 2 fase vapor en  $\frac{J}{kg}$
- $X_{vap}$ : Fracción de vapor en el estado dos fase vapor
- $h_{2liq} = 176.422,044 \frac{J}{kg}$
- $h_{2vap} = 605.746,025 \frac{J}{kg}$
- $P_0 = 72.875 \text{ Pa}$
- $v_{2liq} = 1,693 * 10^{-3} \frac{m^3}{kg}$
- $v_{2vap} = 0,59042 \frac{m^3}{kg}$
- $X_{vap} = 0,933$  (adimensional)

Reemplazando valores:

$$u_{2vap} = (1 - X_{vap})h_{2liq} + X_{vap} h_{2vap} - (1 - X_{vap}) P_0 v_{2liq} - X_{vap} P_0 v_{2vap}$$

$$u_{2vap} = (1 - 0,933) * 176.427,1 + 0,933 * 605.746,025 - (1 - 0,933) * 72.875$$

$$* 1,693 * 10^{-3} - (0,933 * 72.875 * 0,59034)$$

$$u_{2vap} = 5,37 * 10^5 \frac{J}{kg}$$

## 4.2 La masa de líquido en el recipiente de GLP

Se obtiene en función del volumen del cilindro (99,5% de 4 m<sup>3</sup>), decir casi en su totalidad líquido.

### 4.2.1 Masa en el estado 1 fase líquido

$$m_{1liq} = \frac{0,995 * V}{v_{1liq}}$$

Donde:

- $m_{1liq}$ : Masa del líquido en el recipiente (estado 1) en kg
- $V$ : Volumen del recipiente en m<sup>3</sup>
- $v_{1liq}$ : Volumen específico del líquido en el estado 1
- $v_{1liq} = 2,224 \frac{m^3}{kg}$
- $V: 4m^3$

Reemplazando valores:

$$m_{1liq} = \frac{0,995 * V}{v_{1liq}}$$
$$m_{1liq} = \frac{0,995 * 4}{2,224 * 10^{-3}}$$
$$m_{1liq} = 1.789,57 \text{ kg}$$

#### 4.2.2 Masa en estado 1 fase vapor

$$m_{1vap} = \frac{0,005 * V}{v_{1vap}}$$

Donde:

- $m_{1vap}$ : Masa del vapor en el recipiente (estado 1) en kg
- $V$ : Volumen del recipiente en m<sup>3</sup>
- $v_{1vap}$ : Volumen específico del vapor en el estado 1
- $v_{1vap} = 2,817 * 10^{-2} \frac{m^3}{kg}$
- $V: 4 \text{ m}^3$

Reemplazando valores:

$$m_{1vap} = \frac{0,005 * V}{v_{1vap}}$$
$$m_{1vap} = \frac{0,005 * 4}{2,817 * 10^{-2}}$$
$$m_{1vap} = 0,71 \text{ kg}$$

### 4.3 La energía total liberada $E_{av}$

Se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$E_{av} = (m_{1liq} u_{1liq} + m_{1vap} u_{1vap}) - (m_{1liq} u_{2liq} + m_{1vap} u_{2vap}) J \quad (8)$$

Donde:

- $E_{av}$ : Es la energía total liberada en la explosión expresada en Julios.
- $m_{1liq}$ : Es la masa del líquido en el estado inicial en kg. =  $1,789 * 10^3$  kg
- $u_{1liq}$ : Es la energía interna en el estado 1 fase líquido J/kg =  $4,201 * 10^5$  J/kg
- $m_{1vap}$ : Es la masa del vapor en el estado inicial en kg. = 0,71 kg
- $u_{1vap}$ : Es la energía interna en el estado 1 fase vapor J/kg =  $6,62 * 10^5$  J/kg
- $u_{2liq}$ : Es la energía interna en el estado 2 fase líquido J/kg =  $3,73 * 10^5$  J/kg
- $u_{2vap}$ : Es la energía interna en el estado 2 fase vapor J/kg =  $5,36 * 10^5$  J/kg

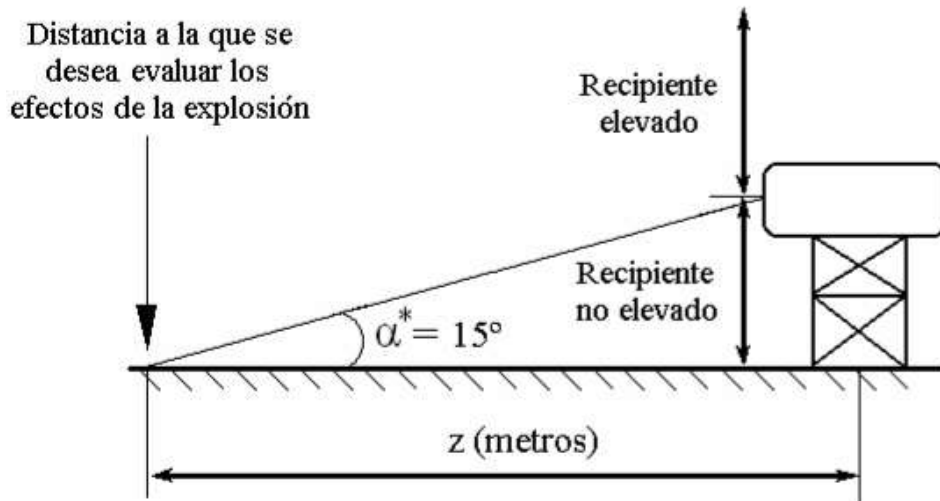
Reemplazando:

$$E_{av} = (1,789 \times 10^3 * 4,201 \times 10^5 + 0,71 * 6,62 * 10^5) - (1,789 * 10^3 * 3,73 * 10^5 + 0,71 * 5,36 * 10^5) J$$

$$E_{av} = 8,31 * 10^7 J$$

### 4.4 Energía efectiva de la onda de presión $E_x$ en (J)

Para la determinación de la energía efectiva se considera la altura a la que se encuentra el recipiente, por la reflexión de la onda que esta pueda producir; la reflexión puede ocasionar mayores sobrepresiones, de acuerdo a la investigación realizada se considera que la onda reflejada puede ser mayor a lo que generaría una onda con doble energía por tal razón se considera que el recipiente se encuentra cerca del suelo cuando el ángulo de visión del recipiente es inferior a  $15^\circ$ .



**Figura 3-4.** Diferencia de recipientes elevados y no elevados  
Fuente: (Diaz, 2006)

La distancia  $Z$  a tener en cuenta el punto en el que se desea determinar los efectos de la explosión prácticamente desde del centro del cilindro a una altura de 1,30m; con esta altura se considera el ángulo de  $15^\circ$  con el que se tiene un  $Z= 4,85\text{m}$ , para el cálculo de energía efectiva se considera un factor  $A_{sb}$  igual a 2.

Según (Diaz, 2006) para los cálculos a realizarse van a partir de una distancia de 8m, cualquier distancia inferior a esta se expresa en un cien por ciento de fatalidades.

$$E_{exp} = A_{sb} * E_{av} \quad (9)$$

Dónde:

- $E_{exp}$ : Energía efectiva de la onda de presión en Julios.
- $A_{sb}$ : Factor por ángulo de visión del recipiente inferior a  $15^\circ$ .
- $E_{av}$ : Es la energía total liberada en la explosión expresada en Julios.

Reemplazando valores:

$$E_{exp} = 2 * 8,31 * 10^7$$

$$E_{exp} = 1,66 * 10^8 \text{ J}$$

#### 4.5 Cálculo de la distancia-energía escalada, $R'$

$$R' = z \left( \frac{P_0}{E_{exp}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (10)$$

Donde:

- $R'$ : Distancia-energía escalada (adimensional), se lo obtiene en función de la distancia de la explosión al sitio que se considere de afectación, de la energía efectiva de la onda de presión y de la presión atmosférica del sitio donde se produciría la explosión.  $R'$  es un valor comprendido entre  $10^{-2}$  hasta  $10^3$ .
- $P_0$ : Presión atmosférica en el lugar de la explosión en Pascales, para el ejercicio se utiliza la presión atmosférica de la ciudad de Riobamba acorde a la ubicación, valor es igual a 72.875 Pa.
- $Z$ : Distancia en metros del recipiente al punto que se desea considerar afectado por la explosión.
- En el caso que se analiza se considera los siguientes valores: 8, 10, 12.5, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 68,4, 75, 100, 150 y 200 metros.
- $E_{exp}$ : Energía efectiva de la onda de presión en (J).

##### 4.5.1 Cálculos para una distancia estimada de 8 metros

$$R' = 8 \left( \frac{72.875}{1,66 * 10^8} \right)^{\frac{1}{3}}$$
$$R' = 0,61$$

**4.5.2** *Determinación de la sobrepresión escalada  $P'$  e impulso escalado  $i'$ .* Con  $R'$  se determina la sobrepresión escalada  $P'$  (adimensional) de acuerdo a los valores del anexo C con lo que se tiene:

Para un  $R' = 0,61$  se tiene un valor de  $P' = 1,0$

Con valor de  $R'$  igual 0,61 obtenido, ahora se determina el impulso escalado  $i'$  (adimensional) de acuerdo a los valores del gráfico del anexo D corresponde a un valor de:

$$i' = 0,0750$$

**4.5.2.1 Ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado.** Para hacer el ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado se considera la forma del recipiente y su ubicación respecto del suelo.

Al ser recipientes cilíndricos y estar ubicados próximos al piso y por lo tanto los efectos aumentan, los resultados obtenidos de sobrepresión escalada ( $P'_1$ ) y de impulso de escalada ( $i'$ ) debe multiplicarse por los factores de ajuste respectivamente, es decir dependen de la geometría y ubicación de los recipientes.

**Tabla 2-4.** Factor de ajuste para recipientes cilíndricos alejados del suelo

R'	Factor multiplicador (F)	
	Para P'	Para i'
< 0,3	4	2
≥ 0,3 y ≤ 1,6	1,6	1,1
≥ 1,6 y ≤ 3,5	1,6	1
> 3,5	1,4	1

Fuente. (Diaz, 2006)

**Tabla 3-4.** Factor de ajuste para recipientes cilíndricos cercanos al suelo

R'	Factor multiplicador (F)	
	Para P'	Para i'
< 1	2	1,6
≥ 1	1,1	1

Fuente. (Diaz, 2006)

Por lo tanto la sobrepresión escalada es:

$$P'_1 = P' * 1,6 * 2$$

Donde:

- $P'_1$ : Sobrepresión escalada considerando forma del recipiente y ubicación (adimensional).



- $P'$  : Sobrepresión escalada (adimensional).

Factores: 1,6 y 2 por forma geométrica del recipiente y su ubicación respecto al suelo, tomados de las tablas 2 y 3 del presente capítulo

$$P'_1 = 1,0 * 1,6 * 2$$

$$P'_1 = 3,2$$

Ajuste del impulso escalado:

$$i'_1 = i' * 1,1 * 1,6$$

Donde:

- $i'_1$ : Impulso escalado considerando forma y ubicación del recipiente (adimensional).
- $i'$  : Impulso escalado (adimensional).

Factores: 1,1 y 1,6 por forma geométrica del recipiente y su ubicación respecto al suelo, tomados de las tablas.

$$i'_1 = 7,5 * 10^{-2} * 1,1 * 1,6$$

$$i'_1 = 0,132$$

**4.5.2.2** *Cálculo de la sobrepresión estática  $P_s$  en Pa (Pascuales).* La sobrepresión estática se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P_s = P_0 * P'_1 \tag{11}$$

Donde:

- $P_s$ : Sobrepresión estática en Pa
- $P_0$ : Presión atmosférica en la ciudad de Riobamba en Pa
- $P'_1$ : Sobrepresión de escalada (adimensional)
- $P'_1 = 3,2$  calculada

$$P_s = 72.875 \text{ Pa} * 3,2$$

$$P_s = 233.200 \text{ Pa}$$

**4.5.2.3 Cálculo del impulso mecánico  $i$ , en  $\text{Pa}\cdot\text{s}$ .** El impulso mecánico se calcula de acuerdo con (Diaz, 2006), con la siguiente ecuación:

$$i = \frac{i'_1 P_0^{\frac{2}{3}} E_{exp}^{\frac{1}{3}}}{C_0} \quad (12)$$

Donde:

- $i$ : Impulso mecánico de la onda en  $\text{Pa}\cdot\text{s}$
- $i'_1$ : Impulso escalado en (adimensional)
- $P_0$ : Presión atmosférica en la ciudad de Riobamba en Pa.
- $E_{exp}$ : Energía efectiva de la onda de presión al momento del estadillo en J.
- $C_0$ : Velocidad del sonido: 340 m/s

Reemplazando valores:

$$i = \frac{0,132 (72.875)^{\frac{2}{3}} * (1,66 * 10^8)^{\frac{1}{3}}}{340}$$

$$i = 372,30 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

## 4.6 Cálculo del número probit (Y)

Para determinar consecuencias a 8 metros del sitio de la explosión, el número probit (Y) se determina de acuerdo a (NTP 921 Turmo Sierra, 1991): Modelos de Vulnerabilidad de las Personas por Accidentes Mayores: Método Probit. ANEXO F

En la tabla del ANEXO E se detallan todos los números probit y sus respectivos porcentajes, lo que permite determinar las afectaciones a personas y a edificaciones.

#### 4.7 Afectaciones

Muerte por lesiones pulmonares. La ecuación probit para determinar el porcentaje de muertes por lesiones pulmonares es la siguiente:

$$Y = -77,1 + 6,91 * \ln P_s \quad (13)$$

Donde:

- Y: número probit
- P<sub>s</sub>: Sobrepresión estática en Pa

$$Y = -77,1 + 6,91 * \ln 233.200$$

$$Y = 8,31$$

Con el uso de la siguiente tabla se obtiene el porcentaje de afectación.

**Tabla 4-4.** Número Probit

		Entrada de unidades de % de afectados									
%		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Entrada de decenas de % de afectados	0	....	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
	10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
	20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
	30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
	40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
	50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
	60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
	70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
%		0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
99		7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Fuente: (NTP 921 Turmo Sierra, 1991)

De acuerdo a la tabla se observa el número determinado en los cálculos, el número probit hace referencia al 99% de afectación.

**4.7.1** *Rotura de tímpano.* El porcentaje de afectados por rotura de tímpano se determina por la ecuación:

$$Y = -15,6 + 1,93 * \ln P_s \quad (14)$$

Donde:

–  $P_s$ : Sobrepresión estática en Pa

$$Y = -15,6 + 1,93 * \ln 233.200$$

$$Y = 8,254$$

Al igual que el caso anterior a través de la tabla se tiene el 99.9% de afectados.

**4.7.2** *Daños estructurales menores en edificios.* El porcentaje en los daños estructurales menores en edificios se determina por la ecuación:

$$Y = 5 - 0,26 * \ln S \quad (15)$$

$$S = \left(\frac{4.600}{P_s}\right)^{3,9} + \left(\frac{110}{i}\right)^5 \quad (16)$$

Donde:

–  $P_s$ : Sobrepresión estática en Pa

–  $i$ : Impulso mecánico de la onda en Pa.s

$$Y = 5 - 0,26 * \ln S$$

$$S = \left(\frac{4.600}{P_s}\right)^{3,9} + \left(\frac{110}{i}\right)^5$$

$$S = \left( \frac{4.600}{233.200} \right)^{3,9} + \left( \frac{110}{372,3} \right)^5$$

$$Y = 6,59$$

Según la tabla la afectación corresponde al 94% de afectación.

**4.7.3** *Daños estructurales mayores en edificios.* El porcentaje de daños estructurales mayores en edificios se determina por la ecuación:

$$Y = 5 - 0,26 * \ln S \quad (17)$$

$$S = \left( \frac{17.500}{P_s} \right)^{8,4} + \left( \frac{290}{i} \right)^{9,3} \quad (18)$$

Donde:

- $P_s$ : Sobrepresión estática en Pa
- $i$ : Impulso mecánico de la onda en Pa.s

$$Y = 5 - 0,26 * \ln S$$

$$S = \left( \frac{17.500}{233.200} \right)^{8,4} + \left( \frac{290}{372,3} \right)^{9,3}$$

$$Y = 5,58$$

El número probit se traduce en una afectación del 73%

**4.7.4** *Colapso de edificios.* El porcentaje de colapso de edificios se determina por la ecuación:

$$Y = 5 - 0,22 * \ln S \quad (19)$$

$$S = \left( \frac{40.000}{P_s} \right)^{7,4} + \left( \frac{460}{i} \right)^{11,3} \quad (20)$$

Donde:

- $P_s$ : Sobrepresión estática en Pa
- $i$ : Impulso mecánico de la onda en Pa.s

$$Y = 5 - 0,22 * \ln S$$
$$S = \left( \frac{40.000}{233.200} \right)^{7,4} + \left( \frac{460}{372,3} \right)^{11,3}$$
$$Y = 4,48$$

La afectación según la tablero corresponde al 30%.

**4.7.5 Rotura de vidrios.** El porcentaje de rotura de vidrios se determina con la ecuación:

$$Y = -18,1 + 2,79 * \ln P_s \quad (21)$$

Donde:

- $P_s$ : Sobrepresión estática en Pa

$$Y = -18,1 + 2,79 * \ln 233.200$$

$$Y = 16,38$$

De acuerdo a la tabla la afectación corresponde al 100%.

El procedimiento realizado anteriormente para el cálculo de la sobrepresión e impulso, en la cual se reemplaza los valores correspondientes a la distancia se realiza para el determinar el alcance a diferentes distancias. A partir de estos valores se calcula la sobrepresión escalada, el impulso escalado, la sobrepresión estática, el impulso mecánico utilizando las ecuaciones.

Finalmente las distancias para las cuales se calculó el número probit se observa en la siguiente tabla de resumen:

**Tabla 5-4.** Resumen de valores calculados, en función de la distancia, considerando la explosión de un recipiente.

Distancia (m)	R'	P'	i'	Factor 1	Factor 2	$P'_1$	Factor 1	Factor 2	i'1	$P_S(Pa)$	$i(Pa.s)$
8	0,61	1	0,075	1,6	2	3,2	1,1	1,6	0,132	233200	372,3
10	0,76	0,7	0,065	1,6	2	2,24	1,1	1,6	0,114	163240	322,6
12,5	0,95	0,5	0,05	1,6	2	1,6	1,1	1,6	0,088	116600	248,2
15	1,14	0,4	0,04	1,6	1,1	0,704	1,1	1	0,05	51304	139,6
20	1,52	0,25	0,035	1,6	1,1	0,44	1,1	1	0,039	32065	108,6
25	1,9	0,14	0,025	1,6	1,1	0,246	1	1	0,025	17956,4	70,5
30	2,28	0,1	0,02	1,6	1,1	0,176	1	1	0,02	12826	56,4
31	2,36	0,098	0,019	1,6	1,1	0,172	1	1	0,019	12569,48	53,6
40	3,04	0,07	0,015	1,6	1,1	0,123	1	1	0,015	8978,2	42,3
48	3,65	0,055	0,013	1,4	1,1	0,085	1	1	0,013	6172,513	36,7
50	3,8	0,05	0,012	1,4	1,1	0,077	1	1	0,012	5611,375	33,8
56	4,28	0,045	0,0115	1,4	1,1	0,069	1	1	0,012	5050,238	32,4
60	4,56	0,04	0,011	1,4	1,1	0,062	1	1	0,011	4489,1	31
68	5,17	0,037	0,01	1,4	1,1	0,057	1	1	0,01	4152,418	28,2
75	5,7	0,035	0,009	1,4	1,1	0,054	1	1	0,009	3927,963	25,4
100	7,6	0,025	0,007	1,4	1,1	0,039	1	1	0,007	2805,688	19,7
116	8,82	0,023	0,005	1,4	1,1	0,035	1	1	0,005	2581,233	14,1
135	10,26	0,016	0,003	1,4	1,1	0,025	1	1	0,003	1795,64	8,5
150	11,4	0,08	0,002	1,4	1,1	0,123	1	1	0,002	897,8	5,6

Fuente: Autores

## 4.8 Resultados

Una vez determinada el número probit se obtiene el porcentaje de afectación por el cambio súbito de presión o más conocido como la onda expansiva.

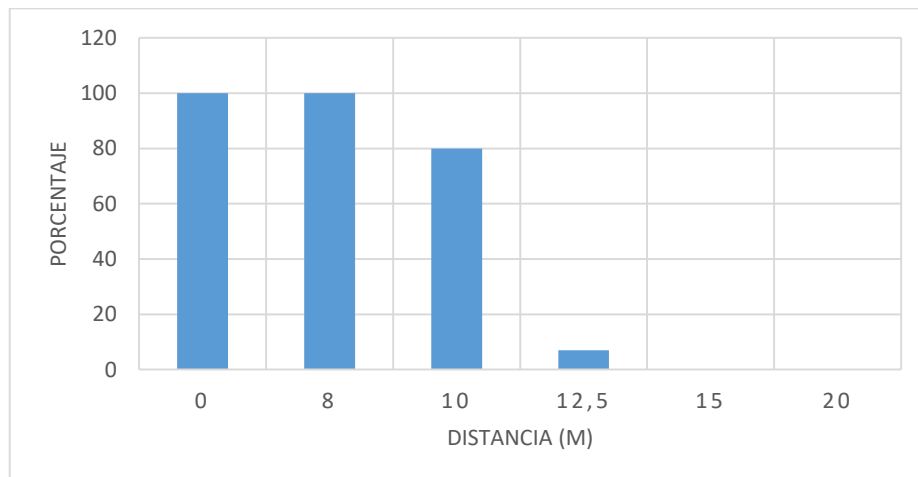
**4.8.1 Lesiones pulmonares.** La principal afectación se conoce como lesiones pulmonares

**Tabla 6-4.** Porcentaje de fatalidades por lesiones pulmonares

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION $P_s$ (Pa)	PROBIT (Y)	% MUERTE
8	233.200	8,31	100
10	163.240	5,84	80
12,5	116.600	3,52	7
15	51.304	-2,16	0

Fuente: Autores

La siguiente imagen indica que a menor distancia existe un mayor porcentaje de afectación de un 100%, a una distancia de 12,5m existe un porcentaje del 7% de lesiones finalmente a una distancia de 15m se reduce el porcentaje de lesiones pulmonares a un 0%.



**Gráfico 1-4.** Afectación vs Distancia (lesiones pulmonares)

Fuente: Autores

**4.8.2 Rotura de tímpano.** Durante la onda explosiva vienen acompañadas de lesiones que necesitan de un tratamiento inmediato, al ser el oído el órgano más sensible dependiendo de la lesión puede requerir cirugía hasta pérdida de la audición.

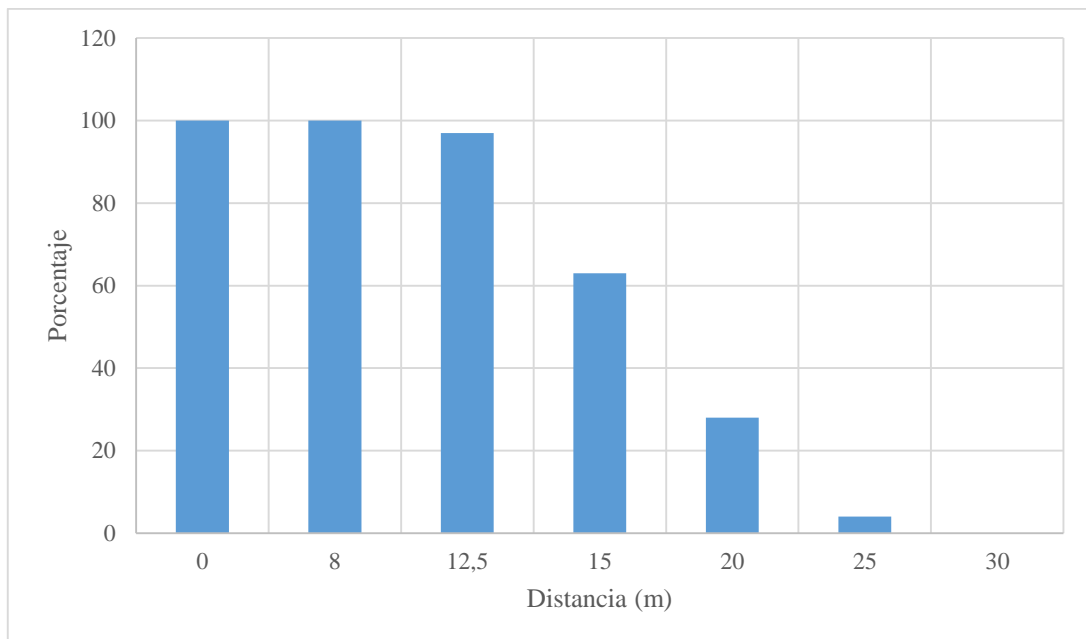


**Tabla 7-4.** Afectados con rotura de tímpano.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION $P_s$ (Pa)m	PROBIT (Y)	% ROTURA DE TIMPANO
8	233.200	8,25	100
10	163.240	7,57	99
12,5	116.600	6,92	97
15	51.304	5,33	63
20	32.065	4,42	28
25	17.956	3,31	4
30	12.826	-2,66	0

Fuente: Autores

Durante la explosión a una distancia de 8m se tiene un porcentaje de afección del 100%, a 12,5 m se tiene un 97% de afección, en cuanto se refiere a una distancia de 20m se considera un 28% de afección se debe considerar una distancia de 30m para un porcentaje de 0% para la afección.



**Gráfico 2-4.** Afectación vs Distancia (rotura de tímpanos)

Fuente: Autores

**4.8.3 Daños estructurales menores.** Al estar el tanque de GLP en la parte posterior de la Carrera de Gastronomía junto a la Carrera de Finanzas esta da un área libre menor a 8m lo cual se debe considerar ya que la parte posterior de estas carreras resulta en la

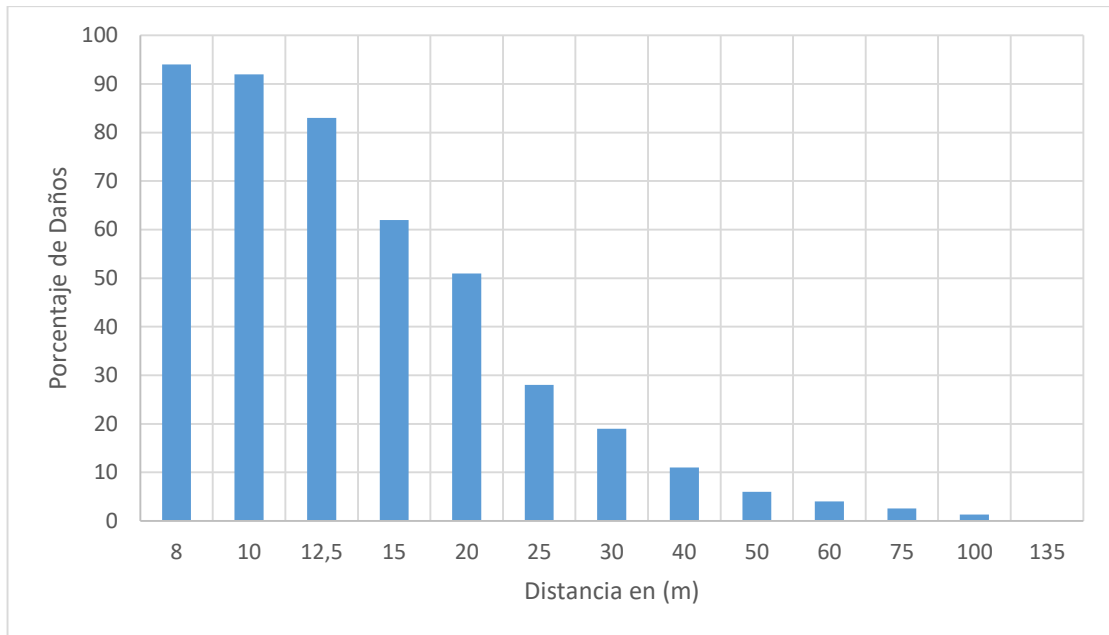
parte frontal de la ESPOCH en la cual existe tráfico de estudiantes como de automotores.

**Tabla 8-4.** Porcentaje de daños estructurales menores.

DISTANCIA (m)	SOBREPRESION $P_s$ (Pa)	IMPULSO $i$ (Pa. s)	PROBIT (Y)	% DAÑOS MENORES
8	233.200	372,3	6,59	94
10	163.240	322,6	6,40	92
12	116.600	248,2	5,94	83
15	51.304	139,6	5,32	62
20	32.065	108,6	5,03	51
25	17.956	70,5	4,43	28
30	12.826	56,4	4,12	19
40	8.978	42,3	3,75	11
50	5.611	33,8	3,47	6
60	4.489	31,0	3,35	4
75	3.928	25,4	3,07	2,6
100	2.806	19,7	2,78	1,2
135	1.796	8,5	1,59	0

Fuente: Autores

En cuanto se refiere a daños estructurales la distancia de 8 m representa un 94% de daños menores, a una distancia de 12,5m se tiene un porcentaje del 83% acorde a la tabla se observa la reducción del impulso mecánico y la sobrepresión en función de la distancia con lo cual se tiene a una distancia de 60m un porcentaje de daños de 4% para finalmente terminar en 0% a una distancia de 135m.



**Gráfico 3-4.** Afectación vs Distancia (daños estructurales menores)

Fuente: Autores

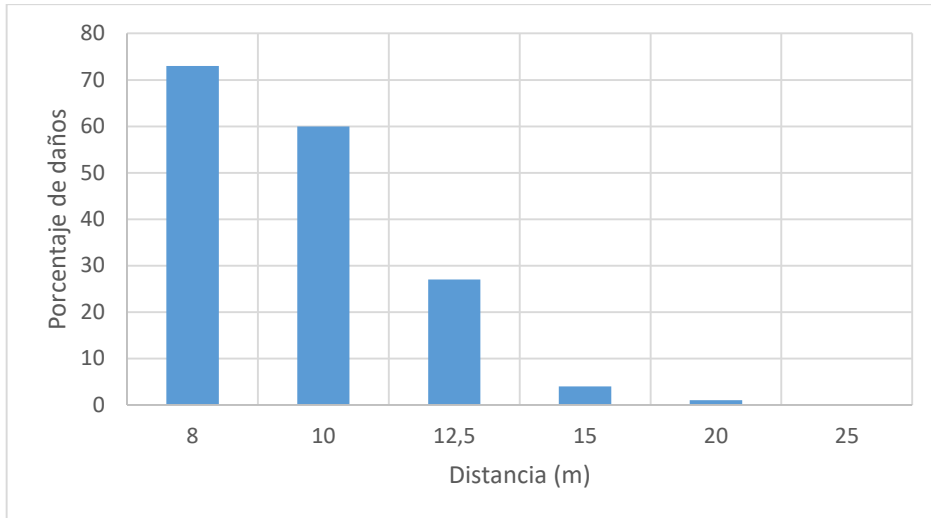
#### 4.8.4 Daños estructurales mayores

**Tabla 9-4.** Porcentaje de daños mayores

Distancia (M)	Sobrepresión $P_s$ (Pa)	Impulso $I$ (Pa. S)	PROBIT (Y)	% Daños mayores
8	233.200	372,3	5,58	73
10	163.240	322,6	5,25	60
12,5	116.600	248,2	4,40	27
15	51.304	139,6	3,25	4
20	32.065	108,6	2,72	1
25	17.956	70,5	1,60	0

Fuente: Autores

En cuanto se refiere a daños mayores se observa un 73% a una distancia de 8m, para na distancia de 10m la sobrepresión generada es de 163 Pa con un porcentaje de 60% de daños mayores, en una distancia de 20m se observa una sobrepresión menor lo q se representa en el 1% de daños mayores, finalmente a los 25m se tiene un porcentaje del 0%.



**Gráfico 4-4.** Afectación vs Distancia (daños mayores)

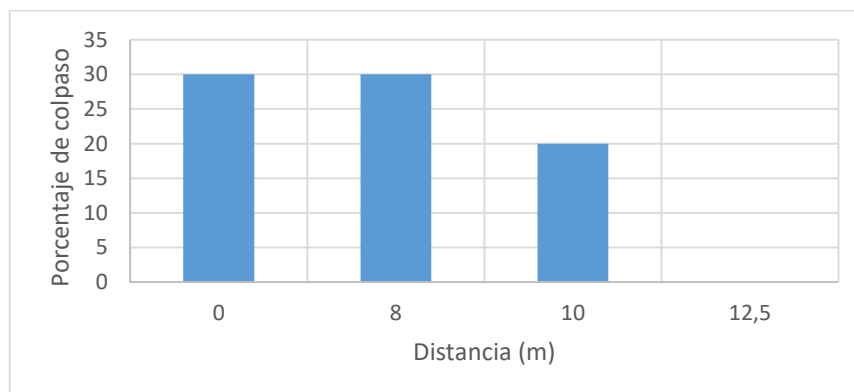
Fuente: Autores

**4.8.5 Colapso de edificios.** A continuación se muestra el porcentaje de colapso acorde a la sobrepresión e impulso los cuales se utilizan para determinar el número probit a una distancia de 8m se tiene un 30% de colapso que resulta ser el más alto por la cercanía a la que se encuentra la Carrera de Gastronomía, con un 20% de colapso se tiene a una distancia de 10m, finalmente a una distancia de 12,5 se tiene un porcentaje del 0%.

**Tabla 10-4.** Porcentaje de colapso de edificios

Distancia (m)	Sobrepresión $P_s$ (Pa)	Impulso $i$ (Pa. s)	PROBIT (Y)	% Colapso
8	233.200	372,3	4,48	30
10	163.240	322,6	4,16	20
12,5	116.600	248,2	2,23	0

Fuente: Autores



**Gráfico 5-4.** Afectación vs Distancia (colapso de edificios)

Fuente: Autores

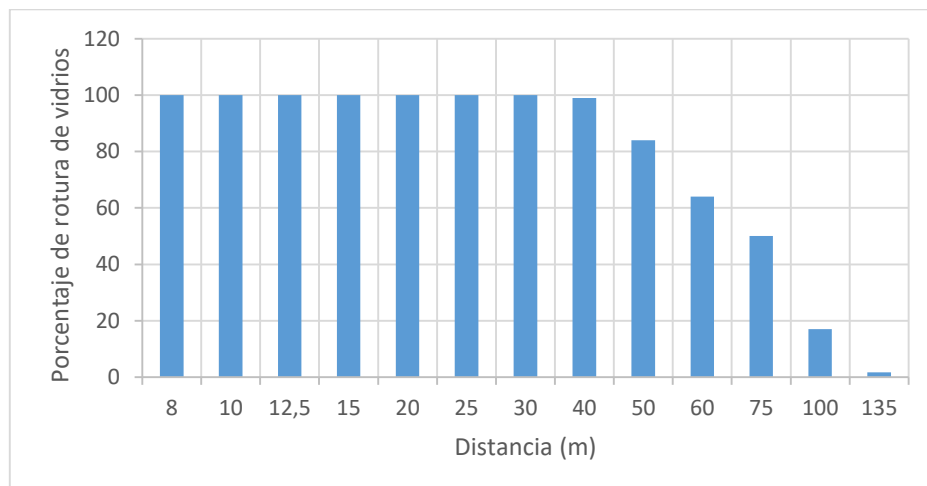
**4.8.6 Rotura de cristales.** Se representa con la aplicación de la fórmula probit con ello se tiene la siguiente tabla:

**Tabla 11-4.** Porcentaje de rotura de cristales

Distancia (m)	Sobrepresión $P_s$ (Pa)	PROBIT	% Rotura Vidrios
8	233.200	16,38	100
10	163.240	15,39	100
12,5	116.600	14,45	100
15	51.304	12,16	100
20	32.065	10,85	100
25	17.956	9,23	100
30	12.826	8,29	100
40	8.978	7,30	99
50	5.611	5,98	84
60	4.489	5,36	64
75	3.928	4,99	50
100	2.806	4,05	17
135	1.796	2,81	1,7

Fuente: Autores

El porcentaje de rotura de vidrios desde una distancia de 8m hasta una de 30m es del 100%, con un 99% se tiene a una distancia de 40m, seguido por un 84% de una distancia de 50m, con la distancia disminuye el porcentaje como se puede observar finalmente con el 1,7% de rotura de vidrios corresponde a una distancia de 135 m a la redonda.



**Gráfico 6-4.** Afectación vs Distancia (colapso de edificios)

Fuente: Autores

**4.8.7 Resumen de resultados.** Al realizar la evaluación determinamos los porcentajes de afectación de cada uno de los riesgos identificados como consecuencia

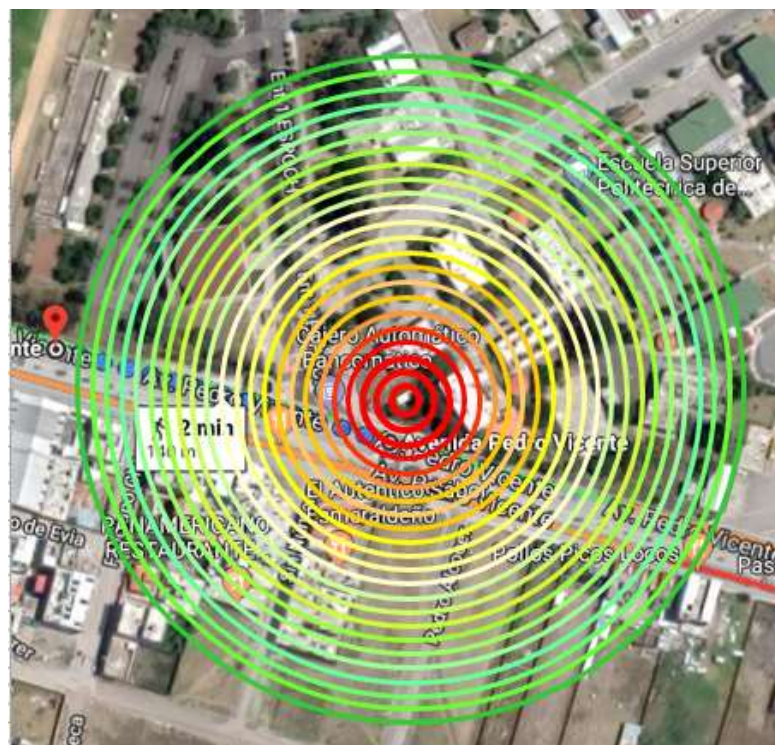
de un accidente mayor ocasionado en el tanque estacionario de GLP en la Carrera de Gastronomía, se consideró las distancias de 8m, 12,5m, 15m, 30m y hasta 135m, sabiendo que a mayor distancia menor es el porcentaje de afectación. Es indispensable mencionar que el tanque de GLP se encuentra sin utilizar, de tal forma que si se utiliza se deben tomar en cuenta los riesgos identificados y aplicar las medidas preventivas antes mencionadas.

Los resultados que obtuvimos de los porcentajes de afectación son:

**Tabla 12-4.** Resumen de % afectación

RIESGO	DISTANCIA (metros)				
	8	12,5	15	30	135
Muerte por lesiones pulmonares	100%	7%	0%	-	-
Rotura de tímpano	100%	97%	63%	0%	-
Daños estructurales menores	94%	83%	62%	19%	0%
Daños estructurales mayores	73%	27%	4%	0%	-
Colapso de edificios	30%	20%	0%	-	-
Rotura de cristales	100%	100%	100%	100%	0%

Fuente: Autore



**Figura 4-4.** Resumen de distancia de afectación  
Fuente: Autores

- **Lugares afectados**
  - Carrera de Gastronomía
  - Carrera de Nutrición y Dietética
  - Carrera de Empresas
  - Carrera de Marketing
  - Carrera de Contabilidad y Auditoría
  - Carrera de Educación para la Salud
  - Auditorio Dr. Romeo Rodríguez C.
  - Asociación de Profesores Politécnicos de la ESPOCH
  - Centro de Educación Física, Deportes y Recreación
  - Zonas aledañas al tanque Ciudadela Juan Montalvo (Feliciano Chica y Pedro Vicente Maldonado).
  
- **Medidas de control**
  - **Control de puntos de ignición**

El primer evento que puede originar un accidente mayor es el escape de GLP, por lo que las medidas deben enfocarse a evitar o controlar la fuga, esta puede producirse en los sistemas de abastecimiento, almacenamiento en los recipientes y en todo el circuito de tuberías y accesorios hasta la utilización del gas en los quemadores.

El control de fuga de GLP se lo puede hacer para que sea detectado por las personas y en ausencia de estas por detectores o sensores que dan alarma de la existencia del gas y se puede controlar el incidente.



**Figura 5-4.** Detector de GLP  
**Fuente:** Manual detectores de GLP

#### - **Incendio**

Luego de producido el incendio, no se produce inmediatamente la explosión, solo se quema el gas que ha salido por efecto de una fuga, mientras se mantenga la presión y la temperatura permisibles en los depósitos el gas siempre está en forma de líquido y por lo tanto no es combustible, adquiere esa condición al momento que el gas está a presión atmosférica. Lo más importante es controlar el fuego y evitar que éste caliente los depósitos, produciéndose un aumento de temperatura con el consiguiente aumento de presión que supere los niveles de presión de diseño de los tanques y llegue a producirse la explosión.

El emplazamiento cuenta con un equipo de extintores, también cuentan con un sistema de rociadores los mismos que necesitan su revisión y mantenimiento.

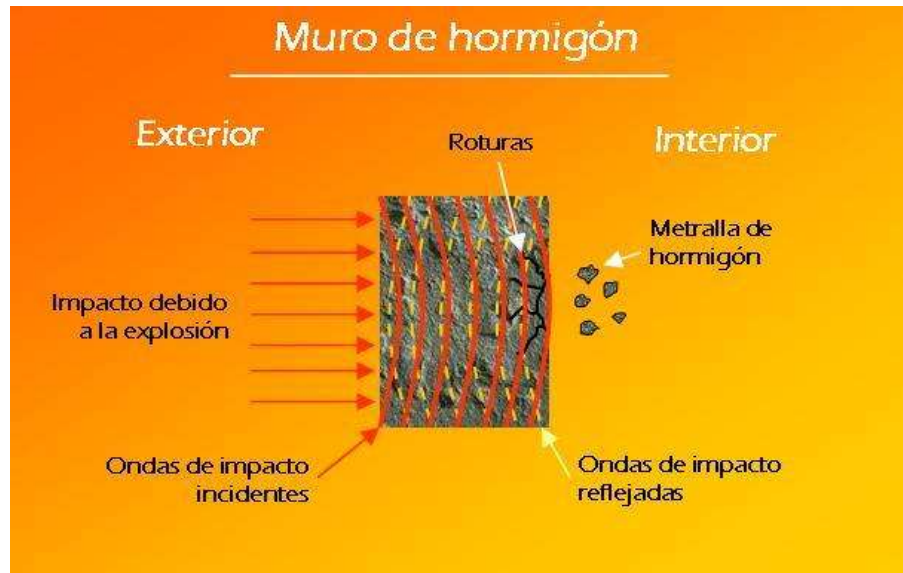
#### - **Explosión**

La implementación de un sistema de protección de barreras, paredes o construcción que disminuyan la propagación de la onda de presión, baje los niveles de sobrepresión y reduzca el impulso mecánico, de tal manera que se minimicen los efectos sobre las personas y se atenúen los daños tanto en la propia empresa como en las edificaciones aledañas en el caso de explosión del recipiente de GLP es una de las alternativas que se propone para controlar la última etapa del ciclo del accidente mayor.

Al construir un muro de hormigón armado convencional es decir sin ningún reforzamiento frente a una explosión, el nivel de atenuación es mínimo porque al



reflejarse la onda de impulso en la parte posterior de la pared se produce la rotura del hormigón produciéndose fragmentos de la construcción que salen violentamente despedidos como se muestra en la imagen y que pueden ocasionar lesiones a las personas que están tras la pared, por lo que debe aglutinarse la pared de tal manera de evitar estos desprendimientos.



**Figura 6-4.** Muro de protección sin aglutinante  
Fuente: Catálogo de sistemas de fachadas Clima Block

Se recomienda que estas paredes que están ubicadas cerca de los recipientes de GLP estén hechas con un sistema de aglutinante que evite este efecto, por citar un ejemplo, se oferta los Muros Clima Block que están fabricados para impedir esa disgregación de las paredes o muros de protección para tanques de GLP, como se aprecia en la figura.

Este tipo de muros están constituidos de una pared de hormigón cubierto en sus partes laterales con capas absorbentes de conglomerado de madera y cemento (CMC), es un tipo de hormigón constituido por láminas pequeñas y uniformes de madera, mineralizadas y unidas con cemento común tipo Pórtland. Estas capas permiten la absorción de las ondas de impacto en el lado de la explosión disipando su energía, atenuando la energía efectiva para que el efecto sobre el hormigón sea mínimo y en la parte posterior de la pared la lámina mantendrá a la pared sólidamente unida, evitando la dispersión de esta.

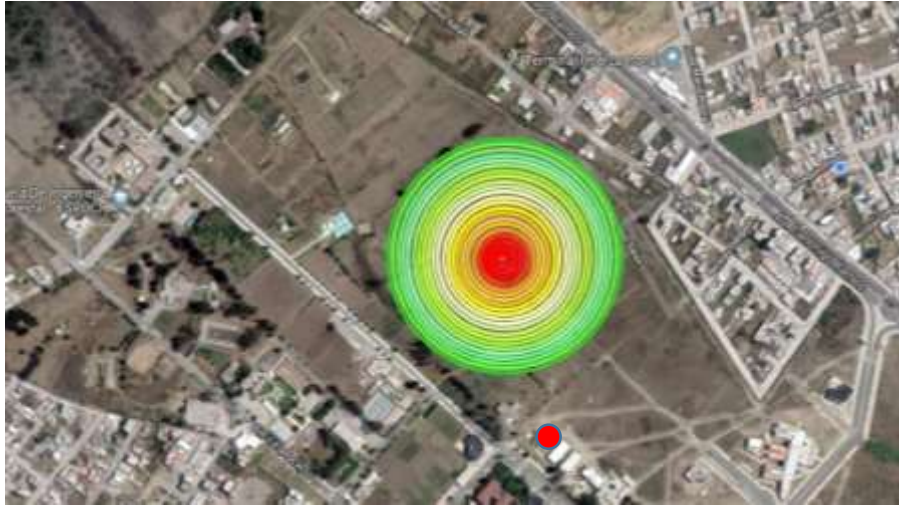
Estas láminas de madera al estar revestidas con este tipo de cemento forman una estructura estable, muy compacta, resistente al ambiente, con buen comportamiento térmico, con capacidad de absorción acústica, es un material resistente al agua, a la humedad e inocuo, no contiene materiales tóxicos, no genera gases nocivos, ni es radioactivo, tiene ausencia total de cargas electrostáticas por lo que se descarta ciento por ciento puntos de ignición de esa naturaleza relacionadas con el muro, por su constitución es considerado como material ecológico.



**Figura 7-4.** Muro de protección con aglutinante  
Fuente: Catálogo de Sistemas de fachadas (Clima Block, 2010)

#### - Reubicación del emplazamiento

Teniendo en cuenta el crecimiento poblacional en las zonas aledañas a la ESPOCH en referencia a la ubicación del tanque de GLP se debe considerar la reubicación del mismo, tomando en cuenta el análisis realizado el cual se debe estimar un área libre de 135 m a su alrededor, se consideró una posible opción en la parte lateral derecha de la Facultad de Ciencias Pecuarias.



**Figura 8-4.** Propuesta de reubicación  
**Fuente:** Autores



**Figura 9-4.** Propuesta de reubicación  
**Fuente:** Autores

A la vez se debe considerar un plan de mantenimiento total del tanque estacionario de GLP, ya que este se encuentra a la intemperie y está expuesto a agentes meteorológicos que pueden llegar a corroer los accesorios del mismo y posteriormente a posibles fugas.

## CAPITULO V

### 5. ELABORACIÓN EL PLANDE EMERGENCIA

#### 5.1 Descripción del plan de emergencia

Dentro del plan de emergencia se considera las medidas necesarias, pertinentes con el fin de afrontar situaciones de riesgo por explosión que se presenten en el tanque de almacenamiento de GLP, para así minimizar los efectos negativos y perjudiciales que este pueda producir al personal docente, administrativo y de los alrededores.

El plan de emergencias consta de los lineamientos a seguir en caso de accidente mayor, la estructura de las brigadas sus líderes y sus funciones, además el mapa de riesgos de las tres plantas y las rutas de evacuación en los dos niveles (Matheu, 2014)

#### 5.2 Información general

Tabla 1-5. Información general

Escuela de gastronomía	
<b>Dirección:</b>	Panamericana Sur km 1 1/2,
<b>Cantón:</b>	Riobamba
<b>Provincia:</b>	Chimborazo
<b>Director de la escuela:</b>	Ing. Álvaro Libreros
<b>Responsable seguridad:</b>	Ing. Juan Carlos Espín
<b>Medida de superficie total:</b>	4277 m <sup>2</sup>
<b>Área útil de trabajo:</b>	2000 m <sup>2</sup>
<b>Cantidad de población:</b>	162 personas
<b>Cantidad de visitantes:</b>	15 por semana
<b>Horario de prácticas:</b>	8:00 - 12:00; 12:30 -16:30; 8:00 - 14:00; 8:00 - 12:00; 3:00 - 17:00; 14:00- 22:00.
<b>Fecha de elaboración del plan:</b>	15/07/2019

Fuente: Autores

#### 5.3 Ubicación

El presente plan de emergencia está diseñado con respecto al tanque estacionario de GLP, ubicado en la Escuela de Gastronomía de la ESPOCH.



**Figura 1-5.** Escuela de Gastronomía  
Fuente: Google Earth



**Figura 2-5.** Croquis de geo-referencia de la Escuela de Gastronomía  
Fuente: Google Earth

#### **5.4 Antecedentes**

La Escuela de Gastronomía desde su creación no ha presentado antecedentes de incendios ni conatos de incendio significativos, además cumple con la normativa relacionada.

La Escuela de Gastronomía en los últimos años ha promovido el estudio de las medidas preventivas necesarias a fin de reducir riesgos mayores, lo que conlleva a garantizar la seguridad del personal docente, administrativo y estudiantes en el desarrollo de sus actividades diarias.

#### **5.5 Justificación**

La Escuela de Gastronomía se enfoca en el desarrollo académico con altos estándares de calidad en sus estudiantes con el desenvolvimiento de sus habilidades culinarias. Dentro de esta filosofía y como una actividad preventiva se dispone de un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST) que abarca toda la organización

para responder de forma eficiente a los diferentes factores de riesgo. Adicional a ellos, integra la gestión de accidentes mayores dentro de un Plan de Emergencia para explosiones, este plan tiene a su vez protocolos de respuesta determinando las acciones y los responsables en los diferentes niveles.

## 5.6 Objetivo

El plan de emergencias está orientado en prevenir, controlar y/o mitigar las fugas de GLP, incendios o explosiones que pueda ocurrir en las instalaciones de nuestro activo; mediante el planteamiento de acciones necesarias para responder de forma segura, ordenada y eficiente en caso de suceder cualquier siniestro.

## 5.7 Identificación de factores de riesgos propios

**Tabla 2-5.** Matriz de análisis de elementos de vulnerabilidad institucional

ITEM DE EVALUACIÓN	ESTADO ACEPTABLE		ACCIONES
	Si	No	
Suelos (superficies de trabajo y tránsito)	X		(Señalar dónde/explicar el lugar exacto)
Áreas limpias	X		Limpiar más las áreas las cuales están sucias por los estudiantes.
Áreas ordenadas		X	Las sillas deben estar correctamente arregladas para una correcta actuación frente alguna emergencia.
Libre de peligros de resbalar, tropezar o caer		X	Arreglar los pupitres ya que puede haber caídas o tropiezos con las mismas.
Señalización adecuada de áreas y vías de evacuación		X	No existe señalización en esta área.
Libres de obstrucciones	X		En algunas ocasiones se encuentra con obstáculos lo cual aumenta el riesgo.
Pisos secos y limpios	X		En ocasiones el suelo se encuentra sucio el cual es provocado por los estudiantes.
De amplitud que permita movimientos normales	X		Las áreas deberán ser de mayor amplitud la cual se puede volver en un peligro al afrontar una emergencia.
Sin candados o llaves para Limitar el escape	X		
Rutas y salidas marcadas Claramente		X	No existe ningún tipo de señalización.
Salida con iluminación adecuada		X	
Más de una salida para cada sector de trabajo		X	Se debe señalar estas vías Para el conocimiento de los estudiantes.
Rutas de salida libres de obstrucciones	X		En ocasiones estas salidas se encuentran obstaculizadas.

**Tabla 2-5. (Continua) Matriz de análisis de elementos de vulnerabilidad institucional**

Rutas de salida señalizadas	X	No existe ningún tipo de señalización.
Abren hacia los dos lados a una superficie nivelada	X	No las puertas solo se abren en un sentido.
Mapas de ubicación y Evacuación	X	No existe ninguno.
Estado de escaleras (despejadas, estado pasamanos, no obstáculos, etc.)	X	
Sistemas de aire acondicionado y/o calefacción	X	No necesita de aire acondicionado.
Área libre de olores	X	No existe extractores humo
Ventanales (estado)	X	Falta de limpieza
Áreas de tránsito y de trabajo Iluminadas	X	
Lámparas limpias y Funcionando	X	
Lámparas y focos	X	
Manejo del calor	X	No existe calor en la Unidad.
Aislamiento térmico	X	No necesita aislamiento Térmico.
Hay acumulación de papel en una área determinada	X	No existe almacenamiento de papel.
Apagados luego de su uso	X	
Equipos sin uso desconectados (Cargadores, Cafeteras, etc.)	X	
Cables eléctricos cubiertos y Protegidos	X	Algunos cables deben ser Protegidos.
Estado de cajas de breakers / Membretadas	X	No existe señalización en esta Área.
Instalaciones eléctricas improvisadas/defectuosas	X	No existen instalaciones improvisadas.
Sobrecarga de alambres en interruptores o cortapicos	X	No existe sobrecarga de cables.
Acumulación de Papelería/cartones	X	En esta área no existe acumulación de papeles.
Correcta ubicación de pesos en estantes	X	No existe almacenamiento de hojas en estantes.
Acumulación de sustancias: químicas, tóxicas, nocivas, inflamables	X	No se maneja sustancias químicas.
Pulsadores de emergencia	X	No existen pulsadores de emergencia.
Iluminación de emergencia disponible y funcionando	X	No existe iluminación.
Luces de anuncio de emergencia	X	No existen luces de emergencia.
Alarmas sonoras – alarmas Visuales	X	Se debe mejorar las alarmas de emergencia
Detectores de humo y/o calor	X	No existen detectores de humo.
Extintores	X	No existe extintores.
Equipos de rescate (inmovilizadores, botiquín, Camilla) en condiciones operacionales	X	Se debe mejorar los equipos de rescate ya que los existentes son improvisados.
Botiquín	X	

Fuente. Autores

**Tabla 3-5.** Matriz de análisis de la estructura física de la edificación y del entorno

Nº	CARACTERÍSTICAS	DECISIÓN	TIPO DE DAÑO	CONDICIÓN
1	Sin daño visible en los elementos estructurales: Columnas - Paredes - Tumbados/Techos	No representan peligro para las personas y pueden ser utilizadas.	NINGUNO	HABITABLE
2	Pequeñas fisuras/fallas (no mayores a 2mm de espesor) en los elementos estructurales: Paredes - Tumbados / Techos. Se observan, en general, pocos daños en la construcción.	No representan peligro para las personas y pueden ser utilizadas con su respectiva reparación. Se debe reportar estos daños para su reparación.	NO REPRESENTA PELIGRO	HABITABLE
3	Fisuras en el enlucido de paredes y techo. Grietas de baja importancia.	El Área o Piso puede ser utilizada con su respectiva reparación se debe reportar estos daños para su inmediata reparación	NO REPRESENTA PELIGRO	HABITABLE

Fuente. Autores

**Tabla 4-5.** Análisis del entorno a la edificación (amenazas)

Nº	CARACTERÍSTICAS	A TOMAR EN CUENTA
1	En un radio de 500 metros desde la escuela de gastronomía, existe una estación de servicio gasolinera.	Elaborar un plan de seguridad ante una emergencia.
2	Presencia de elementos eléctricos: postes, transformadores, etc.	Tener en cuenta el peligro que representa los transformadores y postes.
3	Presencia de otros elementos del entorno que atenten a la seguridad: avenidas, tránsito excesivo	En horas pico tener cuidado al salir de la institución ya que el acceso de carros por la avenida se convierte en un peligro constante

Fuente. Autores

**5.7.1** *Identificación de las situaciones de emergencia.* En las siguientes tablas se detallan las amenazas en cada dependencia de la escuela de gastronomía por efecto de accidente mayor, y sus respectivas especificaciones.

**Tabla 5-5.** Situaciones de emergencia

Escenario	Localización	Nivel de riesgo	Consecuencias potenciales
<b>INCENDIO / EXPLOSIÓN</b>	<p><b>Planta baja:</b> Laboratorio 1 Laboratorio 2 Emplazamiento del tanque estacionario de GLP</p> <p><b>Planta alta:</b> Laboratorio 1 Laboratorio 2</p>	BAJO	Heridos Daños y pérdidas materiales Daños al MA (Contaminación atmosférica, y generación de residuos)

Fuente. Autores



**Tabla 6-5.** Maquinaria, equipo, sistemas eléctricos y de combustión

Elemento	Denominación		
	Ubicación	Potencia	Cantidad
<b>Transformadores</b>			
Alta , Media Y Baja Tensión	Entrada Oficinas	102 Kva	1
<b>Cilindros A Presión</b>			
GLP	Cilindro Horizontal	2000 Kg.	1

Fuente. Autores

**Tabla 7-5.** Materia prima utilizada

Emplazamiento	Materia Prima
Nivel 0,0 M (Planta Baja)	Alimentos

Fuente. Autores

**Tabla 8-5.** Desechos generados

Tipo desecho	Elemento
Sólidos	Desechos de oficina (papel), desechos de alimentos
Líquidos	Agua utilizada en el proceso

Fuente. Autores

**Tabla 9-5.** Materiales peligrosos utilizados

Tipo	Nombre	Cantidad
Gases inflamables	Propano, Butano , Ibutano (GLP)	6000 kg

Fuente. Autores

**Tabla 10-5.** Factores externos que generen amenazas y vulnerabilidades

Factor externo	Ubicación
Edificios colindantes aledaños con posibilidad de peligro:	Norte: Facultad de administración de empresas
	Sur: Viviendas comunes
	Este: Viviendas comunes
	Oeste: Facultades aledañas

Fuente. Autores

## 5.8 Evaluación de factores de riesgo de incendio

En vista de que los riesgos potenciales identificados son por explosión e incendio procedemos a la evaluación de este factor de riesgo, utilizando el método MESERI (Método de Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio) y los resultados que se obtienen son útiles para la toma de decisiones en su tratamiento.

**Tabla 11-5.** Aplicación del método MESERI

<b>EVALUACIÓN DE RIESGO DE INCENDIO ESCUELA DE GASTRONOMIA</b>			
<b>CONSTRUCCIÓN</b>			
<b>N- DE PISOS</b>	<b>ALTURA</b>	<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
1 o 2	menor de 6 m	3	<b>3</b>
3,4 o 5	entre 6 y 15 m	2	
6,7,8 o 9	entre 15 y 27 m	1	
10 o mas	más de 30 m	0	
<b>SUPERFICIE MAYOR SECTOR INCENDIOS</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
de 0 a 500 m <sup>2</sup>		5	<b>0</b>
de 501 a 1500 m <sup>2</sup>		4	
de 2501 a 2500 m <sup>2</sup>		3	
de 2501 a 3500 m <sup>2</sup>		2	
de 3501 a 4500 m <sup>2</sup>		1	
más de 4500 m <sup>2</sup>		0	
<b>RESISTENCIA AL FUEGO</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Resistencia al fuego (hormigón)		10	<b>10</b>
No combustible		5	
Combustible		0	
<b>FALSOS TECHOS</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Sin falsos techos		5	<b>5</b>
Con falsos techos incombustibles		3	
Con falsos techos combustibles		0	
<b>FACTORES DE SITUACIÓN</b>			
<b>DISTANCIA DE LOS BOMBEROS</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Menor de 5 Km	5 minutos	10	<b>10</b>
Entre 5 y 10 Km	5 y 10 minutos	8	
Entre 10 y 15 Km	10 y 15 minutos	6	
Entre 15 y 15 Km	15 y 25 minutos	2	
Más de 25 Km	25 minutos	0	
<b>ACCESIBILIDAD A LA EDIFICACION</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Buena		5	<b>3</b>
Media		3	
Mala		1	
Muy mala		0	
<b>PROCESOS</b>			
<b>PELIGRO DE ACTIVACION</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Baja		10	<b>5</b>
Medio		5	
Alto		0	
<b>CARGA COMBUSTIBLE</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Riesgo Leve (bajo) < 200 Mcal/m <sup>2</sup>		10	<b>5</b>
Riesgo Ordinario (Medio). >200 y <=800 Mcal/m <sup>2</sup>		5	
Riesgo Extra (alto). >=800 Mcal/m <sup>2</sup>		0	

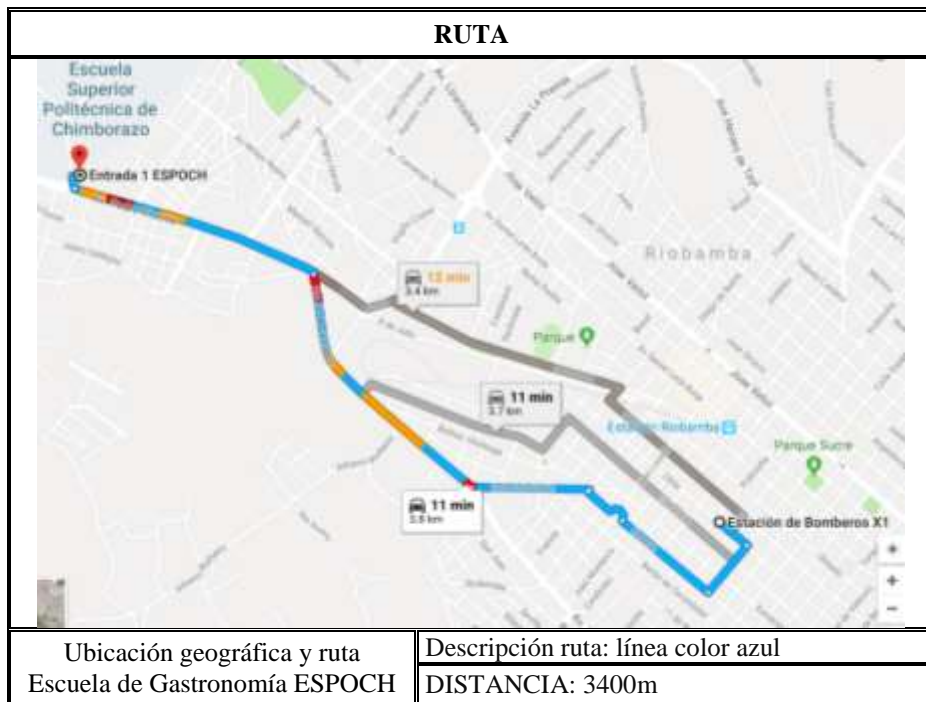
**Tabla 11-5.** (Continua) Aplicación del método MESERI

<b>COMBUSTIBILIDAD</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Baja (M.0 y M.1)		5	<b>3</b>
Media (.M.2 y M.3)		3	
Alta (M.4 y M.5)		0	
<b>ORDEN Y LIMPIEZA</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Bajo		0	<b>5</b>
Medio		5	
Alto		10	
<b>ALMACENAMIENTO EN ALTURA</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Menor de 2 mts.		3	<b>3</b>
Entre 2 y 4 mts.		2	
Más de 6 mts.		0	
<b>FACTOR DE CONCENTRACION</b>			
<b>FACTOR DE CONCENTRACION MONETARIA</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Menor de \$400/m <sup>2</sup>		3	<b>2</b>
Entre \$400 y \$1600/m <sup>2</sup>		2	
Más de \$1600/m <sup>2</sup>		0	
<b>PROPAGABILIDAD</b>			
<b>VERTICAL</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Baja		5	<b>3</b>
Media		3	
Alta		0	
<b>HORIZONTAL</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Baja		5	<b>3</b>
Media		3	
Alta		0	
<b>DESTRUCTIBILIDAD</b>			
<b>POR CALOR</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Baja		10	<b>10</b>
Media		5	
Alta		0	
<b>POR HUMO</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Baja		10	<b>5</b>
Media		5	
Alta		0	
<b>POR CORROSION</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Baja		10	<b>5</b>
Media		5	
Alta		0	
<b>POR AGUA</b>		<b>COEFICIENTE</b>	<b>PUNTOS</b>
Baja		10	<b>5</b>
Media		5	
Alta		0	
<b>SUBTOTAL (X)</b>			<b>85</b>

**Tabla 11-5.** (Continua) Aplicación del método MESERI

MEDIOS DE PROTECCION Y CONTROL CONTRA INCENDIOS			
CONCEPTO	SV	CV	PUNTOS
Extintores portátiles (EST)	1	0	1
Bocas de incendio equipadas (BIE)	0	0	0
Columnas de agua exteriores (CAE)	0	0	0
Detección automática (DET)	0	0	0
Rociadores automáticos (ROC)	5	0	5
Extinción por agentes gaseosos (IFE)	0	0	0
<b>SUBTOTAL (Y)</b>			<b>6</b>
<b>APLICACION:</b>			
$P=5x/120+5y/22+1(BCI)$			
<b>P= 4,90</b>			
<b>INTERPRETACION:</b> El riesgo es considerado aceptable cuando $P \geq 5$ , en este caso, al tener un resultado de 4,90, es necesario tomar las medidas de prevención y control respectivas. Hay que considerar que dentro de la formula el ultimo termino que corresponde a 1, no ha sido tomando en cuenta y que se lo incluye cuando hay Brigadas contra Incendio.			

Fuente. Autores



**Figura 3-5.** Ruta del cuerpo de bomberos a la Escuela de Gastronomía

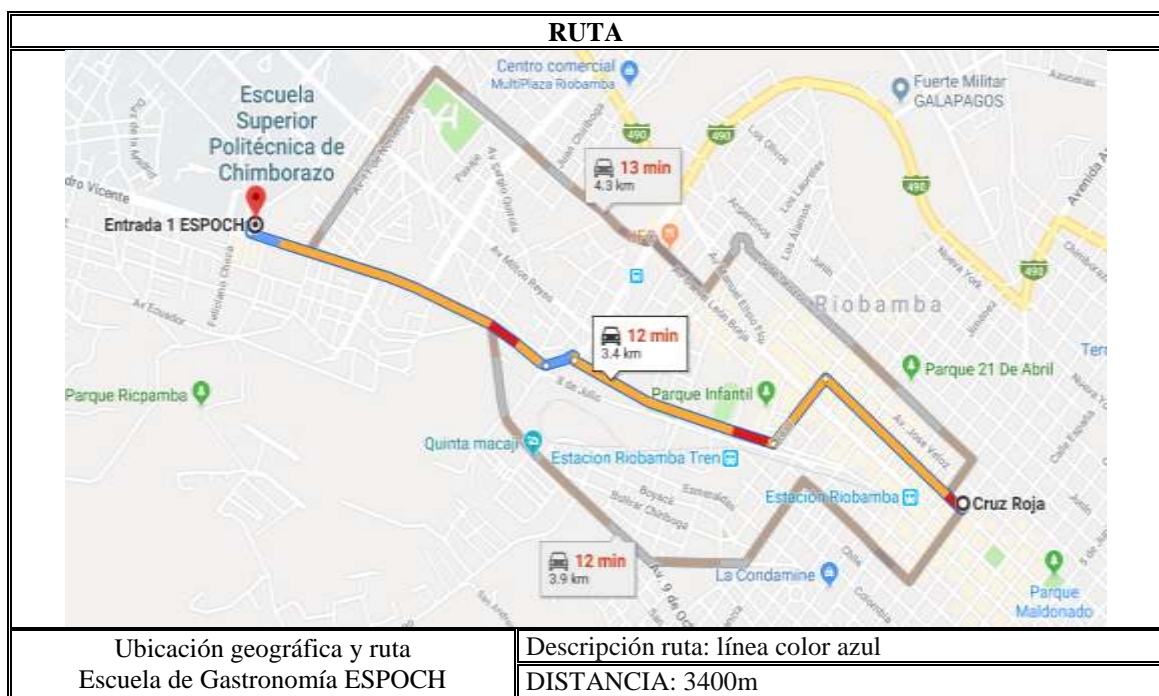
Fuente: Google Earth

En el gráfico anterior se ilustra el recorrido del equipo de control de incendios y desastres del cuerpo de bomberos del cantón Riobamba ubicado en el barrio Santa Rosa hacia la escuela de gastronomía de la ESPOCH, obteniéndose como resultado un trayecto de aproximadamente 3400 metros. Dependiendo del horario y tomando en cuenta un tráfico considerable, se estima un tiempo de desplazamiento igual a 5 minutos según lo

indica el metodo MESERI; según Google maps se establece la ruta de 3,8 kilometros y tiempo estimado de 11 min, si son horas pico de 07:00 a 08: 00 o de 12:00 a 12:30, el tiempo estimado es de 13 minutos

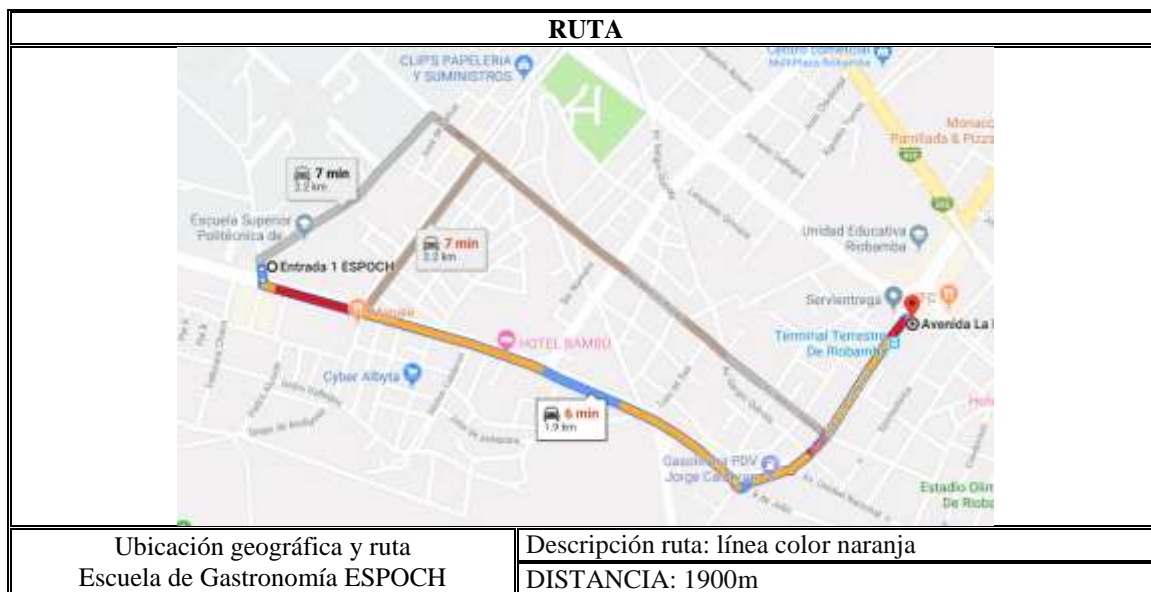
En caso de presentarse un accidente mayor como incendio, explosión, emergencia médica por envenenamiento o contaminación, terremoto, erupción volcánica, desplome de edificación por falla estructural, o cualquier otro evento en el que esten en riesgo, en la Escuela de Gastronomía, se comunicará inmediatamente al servicio integrado de seguridad ECU 911 y este a su vez será el encargado de coordinar con las instituciones de emergencia para su inmediato desplazamiento al sitio del desastre, estas son:

Cruz roja, para emergencias 112. Distancia de desplazamiento: 3,8 kilómetros, tiempo estimado: 14 minutos, si son horas pico de 07:00 a 08: 00 o de 12:00 a 12:30, el tiempo estimado es de 25 minutos. Establecido mediante google maps.



**Figura 4-5.** Ruta de la cruz roja a la Escuela de Gastronomía  
Fuente: Google Earth

Policía nacional, para emergencias 101. La unidad de vigilancia comunitaria más cercana es la ubicada en el sector del terminal, existe una distancia hasta la fábrica de 1,9 kilómetros, y el tiempo aproximado para llegar a la Escuela de Gastronomía es de 6 minutos, con excepción de los días de feria, si son horas pico de 07:00 a 08: 00 o de 12:00 a 12:30, el tiempo estimado es de 9 minutos. Establecido mediante google maps.



**Figura 5-5.** Ruta del policía nacional a la Escuela de Gastronomía  
**Fuente:** Google Earth

Hospital Provincial Docente de Riobamba ubicado a 5,3 kilómetros de distancia y el tiempo aproximado para llegar a la Escuela de Gastronomía es de 12 minutos, si son horas pico de 07:00 a 08: 00 o de 12:00 a 12:30, el tiempo estimado es de 14 minutos. Establecido mediante Google Maps. Las ambulancias del hospital provincial docente de Riobamba y del IESS coordinan con la cruz roja para asistencia y primeros auxilios, de heridos y lesionados.



**Figura 5-5.** Ruta del hospital provincial docente a la Escuela de Gastronomía  
**Fuente:** Google Earth

## 5.9 Prevención y control del riesgo

A continuación el detalle de las propuestas preventivas, de control y adecuación a implementar, para los riesgos detectados, evaluados y priorizados como graves o de alto riesgo.

Siendo el incendio el mayor potencial de riesgo las medidas adoptadas son:

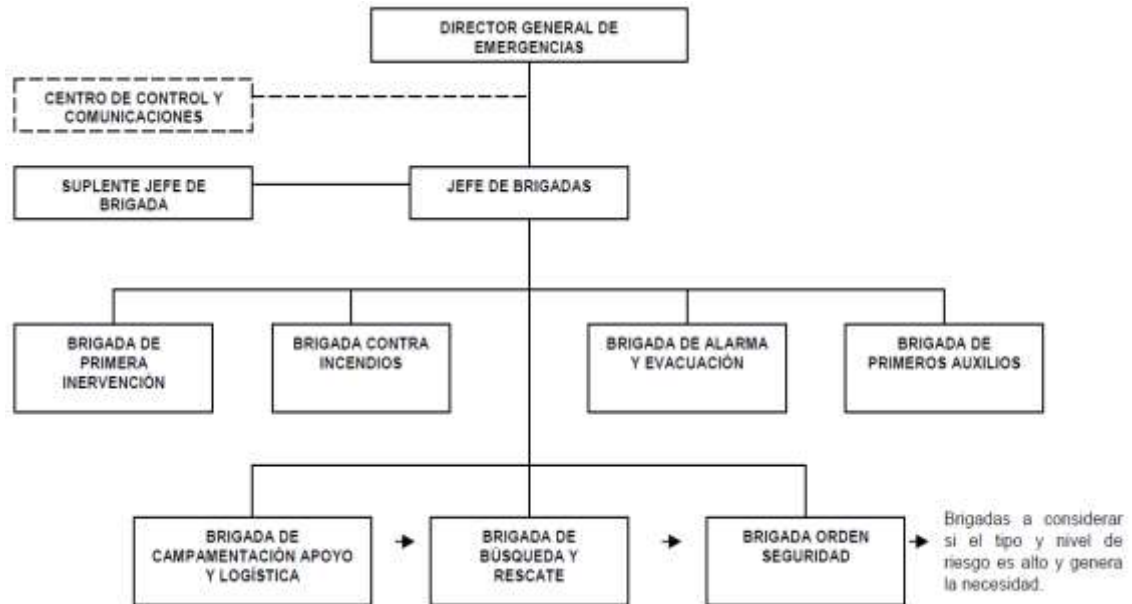
- Orden y aseo en las zonas críticas
- Capacitación al personal sobre riesgos de incendio
- Programas de revisión e inspección del sistema eléctrico
- Utilización de productos no inflamables para la limpieza de las secciones
- Estricto control de acceso para visitantes
- Inspección y mantenimiento de extintores en forma mensual
- Inspección y mantenimiento de detectores de fuego en forma mensual
- Inspección y mantenimiento de luces de emergencia en forma mensual
- Inspección y mantenimiento de gabinetes contra incendios en forma mensual
- Inspección de salidas de emergencia y rutas de evacuación en forma mensual
- Disponer de la cantidad de extintores acorde a la norma NFPA 10
- Mantener una dotación adecuada de equipos en los gabinetes de incendio
- Control y gestión de productos químicos de acuerdo a lo establecido en la norma INEN 2266
- Incluir en el presupuesto anual los estimados de mejoras en cuanto a equipos contra incendios

Las medidas propuestas para el control son:

- Conformación de la brigada de incendios
- Realizar un simulacro anual en los emplazamientos; con la participación del cuerpo de bomberos
- Entrenamiento en control de incendios a los brigadistas
- Capacitación en primeros auxilios básicos al personal brigadistas
- Incluir capacitación en el procedimiento de capacitación en seguridad

## 5.10 Protocolo de actuación ante una emergencia

**5.10.1 Organización de brigadas.** Las brigadas de intervención dentro de la institución serán las responsables de organizar, dirigir y ejecutar la implementación del PEI (Plan de Emergencia Institucional).



**Figura 6-5.** Estructura organizacional

Fuente. (Cuerpo de bomberos de Quito, 2017)

## 5.10.2 Conformación de brigadas

**Tabla 12-5.** Brigadas operativas

<b>BRIGADA INCENDIOS</b>	
<b>FUNCIONES DE LA BRIGADA</b>	
LIDER BRIGADA:	Sr. Luis Brito
<b>BRIGADA DE COMUNICACIONES</b>	
LIDER DE BRIGADA:	Dra. Martha Avalos Pérez
<b>BRIGADA PRIMEROS AUXILIOS</b>	
LIDER BRIGADA:	Dra. Lourdes Morejón
<b>BRIGADA EVACUACION</b>	
LIDER BRIGADA:	Sr. Cristian Chasilema
<b>BRIGADA EVACUACION PLANTA</b>	
LIDER BRIGADA:	Sr. Diego López
<b>BRIGADA CORTE DE ENERGIA ELECTRICA</b>	
LIDER BRIGADA:	Sr. José Pilamunga

Fuente. Autores



### 5.10.3 Funciones y responsabilidades de las brigadas de intervención

**Tabla 13-5.** Actividades de las brigadas de intervención

<b>Responsable</b>	<b>Funciones</b>
Cualquiera que la detecte Centro de control y comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe comunicar cualquier situación de emergencia.</li> <li>• Se debe informar acerca del suceso, gravedad, potencialidad y afectación.</li> <li>• Activar la alarma de emergencia</li> <li>• Mantener una comunicación continua y actualizar la información respecto al suceso</li> </ul>
Director general de emergencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vigilar el control efectivo de la situación de emergencia, con la ayuda de los miembros de las brigadas de emergencia.</li> <li>• Aprobar y emitir, si es necesario, la declaración inicial a los medios de comunicación o al público en general.</li> <li>• Solicitar apoyo externo.</li> <li>• Disponer los recursos necesarios para controlar las emergencias</li> <li>• Sin exponerse a riesgo realizar las siguientes tareas evitando incidentes de magnitudes mayores: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cierres de alimentación, cañerías, colectores, etc.</li> <li>• Corte de energía eléctrica y gas.</li> <li>• Habilitación de extintores o espuma.</li> </ul> </li> </ul>
Resto del personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evacuar, dirigirse al punto de encuentro más seguro</li> </ul>
Brigada contra incendios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecutar las tareas y acciones programadas en los planes de respuesta a emergencias por Incendios establecidos en nuestros procedimientos.</li> </ul>
Brigadas de primeros auxilios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectuar el rescate y evacuación de personal lesionado expuesto a peligros inmediatos.</li> <li>• Solicitar la ambulancia hasta el área de emergencia para el transporte y atención de los heridos.</li> <li>• Establecer un área para proporcionar descanso y primeros auxilios.</li> </ul>
Brigada de lucha contra incendio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitigar el incendio hasta donde sea posible, utilizando los medios de lucha contra incendio disponibles.</li> <li>• Apoyar a las acciones que realice el Cuerpo de Bomberos.</li> <li>• Coordinar las actividades con las otras brigadas</li> <li>• Elaborar el informe parcial de las novedades y tareas cumplidas</li> </ul>
Brigada de evacuación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la evacuación del personal de la institución.</li> <li>• De ser necesario, realizar la búsqueda y rescate de: personas, animales, documentos calificados, equipos, etc.</li> <li>• Realizar las actividades en coordinación con las otras brigadas.</li> </ul>
Brigada de campamentación, apoyo y logística	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el punto de encuentro seguro establecida por el plan, deberán contabilizar el personal docente, administrativo y estudiantes para verificar si están TODOS a salvo.</li> <li>• Informar rápidamente al jefe de brigadas, sobre la situación del área, empleados ausentes, de otra área, etc., inmediatamente informar al cuerpo de bomberos y realizar operativos de búsqueda y rescate.</li> <li>• El jefe de brigadas determina la situación en base a las informaciones y evaluaciones de los equipos de apoyo para autorizar el reingreso.</li> </ul>

Fuente. Autores

## 5.11 Procedimiento de actuación

Existen dos situaciones básicas de emergencia:

- **Conato de emergencia:** Situación controlable por parte de la brigada de lucha contra incendios utilizando los recursos existentes.
- **Emergencia:** Situación no controlable que requiere ayuda externa, mientras se realiza la evacuación parcial o total del personal presente en las instalaciones.

Los organismos externos que brindan ayuda en caso de emergencias son los siguientes:

### **Cuerpo de bomberos:**

- Desarrolla labores de extinción y control de incendios
- Realiza rescate de víctimas
- Colabora en labores de salvamento
- Investiga causa de incendio
- Elabora el informe correspondiente

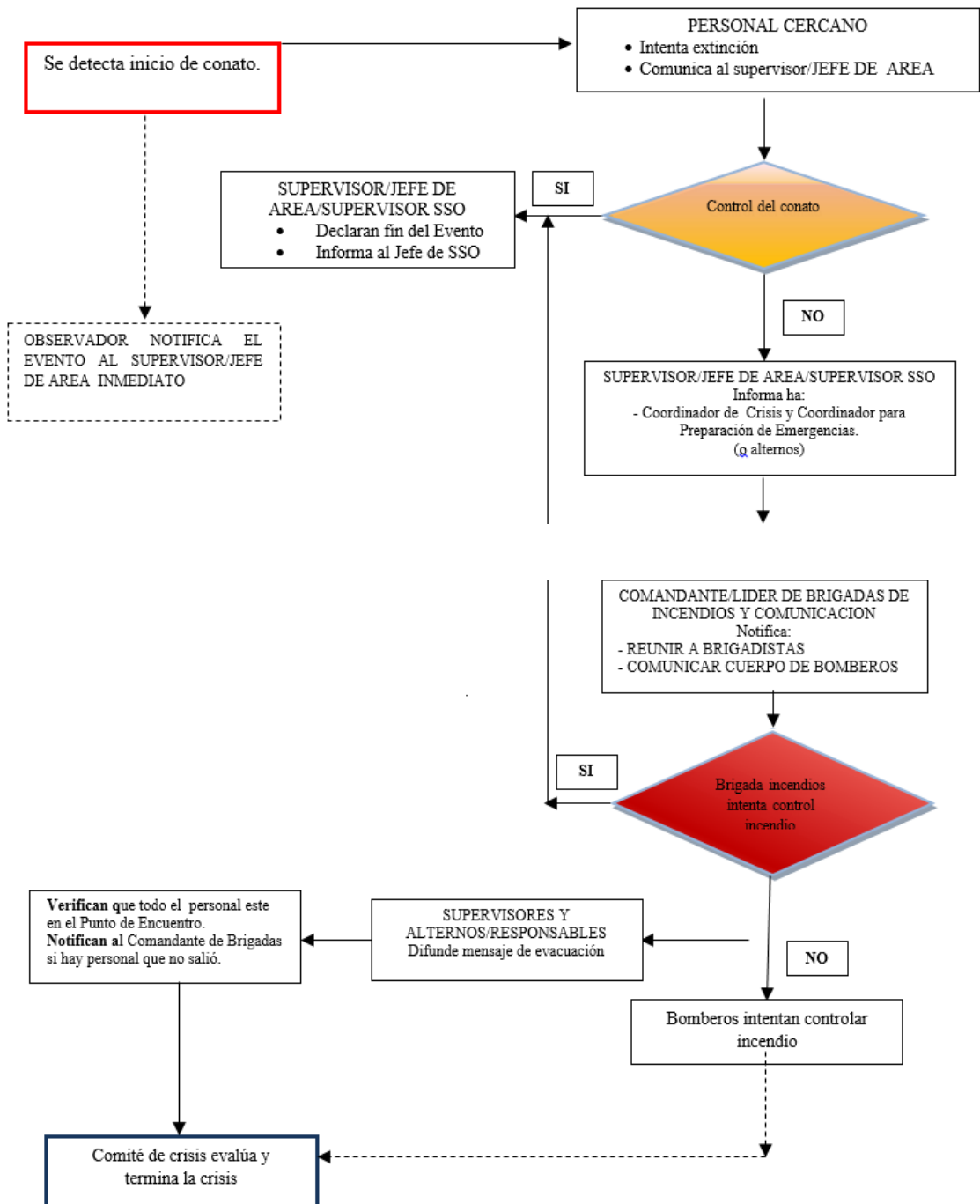
### **Cruz roja:**

- Realiza recate de personas
- Actúa en primeros auxilios
- Transporta víctimas a centros de atención médica

### **Policía:**

- Controla el acceso al lugar de siniestro
- Vigila y controla vías aledañas
- Controla acciones de saqueo
- Controla la movilización de vehículos de emergencia
- Controla el orden público
- Desactiva artefactos explosivos

El procedimiento de actuación en cualquiera de las dos situaciones de emergencia presentadas se ilustra en el siguiente diagrama de flujo.



**Figura 7-5.** Flujograma de respuesta ante incendios

Fuente: Autores

### 5.12 Procedimiento de evacuación

Este procedimiento define la manera de abandonar las instalaciones ante una emergencia por motivo de incendio, explosión, erupción volcánica; desarrollado para

las operaciones de la escuela de gastronomía. Ante una emergencia que implique evacuación, las rutas están especificadas en los planos de rutas de evacuación de las dos plantas, además deben seguir los siguientes preceptos:

- **Condiciones para evacuar**

- Personal encargado para realizar la evacuación de trabajadores.
- Definir salidas de emergencia.
- Ubicar el punto de encuentro.
- Definir rutas libres de tráfico y de fácil desplazamiento peatonal.

- **Criterios para evacuar**

- Evacuación Total.- Accidente que supongan víctimas, daños materiales graves o alteraciones serias del medio ambiente en zonas extensas en el exterior e interior de la empresa.
- Evacuación Parcial.- Accidente que suponga víctimas y daños materiales en la empresa. Las repercusiones al exterior se limitan a daños leves o a efectos negativos en el medio ambiente en zonas limitadas.
- Evacuación Insito.- Cuando exista un accidente que suponga daños materiales sólo en el interior de la empresa y que no exista deterioros en el exterior de la organización.

- **Vías de evacuación y salidas de emergencia**

- Salida de Emergencia.- Las salidas son propias de cada sección y están rotuladas según la norma NFPA 250.
- Ruta de Evacuación (Interna y Externa).- son los pasos en planta y consta en el mapa de evacuación que se encuentra en las instalaciones de la escuela de gastronomía, mismas que se definieron según el estudio de sección y la norma NFPA 101

- **Instrucciones para la evacuación**

- En donde se encuentre siga la ruta marcada con las señales de evacuación,
- Siga las instrucciones del personal encargado de evacuación,

- Una vez en el exterior, dirigirse al punto de encuentro (Zona de Seguridad Asignado), acercarse al verificador, e informar de su presencia y estado.
- Espere instrucciones de su líder.
- De ser posible desconecte los aparatos eléctricos a su cargo (PC, Radios, etc.).
- Si se encuentra con algún visitante, lo debe orientar, o acompañar por los pasillos de flujo general de evacuación. Las personas lesionadas tendrán prioridad.
- Evacuar el lugar con rapidez, pero SIN CORRER, ni atropellar a otras personas, de acuerdo con las instrucciones recibidas de los responsables de Emergencia.
- En caso de la existencia de humo por incendio, que pudiese dificultar la respiración y visión, se recomienda seguir avanzando gateando.
- NO RETROCEDA JAMAS, Ni porte objetos voluminosos,
- No intente intervenir en situaciones de extremo riesgo, sino es imprescindible, puede entorpecer la acción de equipos o cuerpos de socorro e incluso salir seriamente lastimado, por una acción temeraria.
- Una vez en el exterior, dirigirse al punto de encuentro (Zona de Seguridad Asignado), acercarse al Verificador, e informar de su presencia y estado,
- Si detecta peligro en zonas marcadas como seguras bordee y diríjase a un sitio seguro.

### 5.13 Procedimiento de mantenimiento

**Tabla 14-5.** Mantenimiento

Procedimiento	Norma	Responsable	Frecuencia	Dispone
Inspección y mantenimiento de extintores en forma mensual	NFPA 10	No dispone	Mensual/ anual	Si
Inspección y mantenimiento de consolas de control y detectores de fuego	NFPA 72	No dispone	Mensual	No
Inspección y mantenimiento de luces de emergencia	NFPA 72G	No dispone	Mensual	No
Inspección y mantenimiento de gabinetes contra incendios	NFPA 25 NFPA 14 A	No dispone	Mensual/ anual	N/A
Inspección de las bombas contra incendios	NFPA 20	No dispone	Semanal	No
Inspección del volumen de agua en cisterna	NFPA 22 NFPA 26	No dispone	Semanal	No
Inspección de radios portátiles de comunicación		No	Mensual	Si
Disponer de cantidad de extintores acorde a la norma	NFPA 10	Departamento SSO	Anual	Si
Inspección de kit de emergencias		Departamento SSO	Mensual	Si

Fuente. Autores

## **5.14 Procedimiento para la implantación del plan de emergencia**

Para la implantación del plan de emergencia se realizarán capacitaciones de acuerdo a un plan de capacitación descrito a continuación.

**5.14.1** *Objetivo del plan de capacitación.* Preparar a todo el personal docente, administrativo y de estudiantes impartiendo los conocimientos, desarrollo de técnicas de prevención y se mejore su capacidad de reacción, para que se anule el riesgo o se mitiguen los efectos y las consecuencias de un accidente mayor.

**5.14.2** *Alcance.* Al considerarse la Escuela de Gastronomía el alcance abarca a todo el personal docente, administrativo y estudiantes, mismos que están en la obligación de recibir la formación y capacitación de todo lo que involucra el manejo del Gas Licuado de Petróleo.

**5.14.3** *Responsabilidades.* Es responsabilidad del Director de la Escuela de Gastronomía, coordinar los recursos necesarios para una capacitación continua

Es responsabilidad del responsable de seguridad, coordinar todos los eventos de capacitación, instructores, temas y contenidos en función de los riesgos evaluados.

Es responsabilidad de los estudiantes, personal docente y administrativo, asistir a las capacitaciones programadas por la escuela de acuerdo al cronograma establecido por el responsable, registrar su asistencia y aprobar las evaluaciones.

**5.14.4** *Desarrollo de la capacitación.* La Escuela de Gastronomía proporciona el listado de estudiantes, docente y personal administrativo que asistirán a la capacitación especialmente para los estudiantes que realizan prácticas en los diferentes laboratorios.

Para la validación de la capacitación se solicita en la propuesta y debe constar de: actividades formativas, competencias a desarrollar, duración, contenido, medios formativos y evaluación. Los asistentes deben recibir la capacitación necesaria y luego del evento se deben evaluar al instructor con la ficha que facilite el responsable de seguridad.

Se debe evaluar la capacitación por la demostración de los conocimientos adquiridos en función de las actividades asociadas al proceso y el mejoramiento en los indicadores de gestión para lograr los objetivos. Empleando un formato para evaluación de percepción y calidad de la capacitación.

#### 5.14.5 Anexos del programa de capacitación

##### 5.14.5.1 Formato para evaluación de percepción y calidad de la capacitación

**Tabla 15-5.** Formato de evaluación

Nombre del Evento:	
Fecha:	Hora:
Estimados colaboradores como parte de las acciones de mejoramiento de la calidad de las capacitaciones y en el afán de lograr mejoras en su trabajo y en la empresa, se le agradece llenar el siguiente cuestionario	
Evalúe de 1 a 5 así: (1) Malo; (2) Regular; (3) Aceptable; (4) Bueno; (5) Excelente.	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PUNTAJE</b>
<b>1. LOGÍSTICA</b>	
El local utilizado fue adecuado para el desarrollo del evento	
Las ayudas audiovisuales fueron correctamente utilizadas	
<b>2. ORGANIZACIÓN</b>	
La intensidad horaria fue suficiente para el desarrollo del curso	
Los días y la hora del evento fueron adecuados	
El contenido del evento cubrió sus expectativas	
La realización del evento fue oportuno para el desarrollo de sus actividades	
<b>3. DESARROLLO DEL CURSO</b>	
Al inicio del evento se dio a conocer los objetivos del mismo	
El programa desarrollado se ajustó al establecido al inicio	
Los conocimientos adquiridos en este evento tienen aplicabilidad en su actividad laboral	
<b>4. EL FACILITADOR</b>	
Estuvo puntual a la capacitación	
Sus explicaciones fueron claras y comprensivas	
Satisfizo las inquietudes planteadas	
<b>5. AUTOEVALUACIÓN COMO ESTUDIANTE</b>	
Puntualidad	
Asistencia	
Participación	
Aprovechamiento del curso	

Fuente. Autores





### 5.14.5.3 Cronograma tentativo de capacitación









SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL DE LA ESCUELA DE GASTRONOMIA					Fecha de elaboración:		Paginas		
					2019-07-15		1 de 1		
CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN ENERO 2019					Versión: 0				
ESCUELA DE GASTRONOMIA									
UBICACIÓN									
FECHA									
Nº	Temas	Objetivos	FEBRERO				Instructor Tentativo		
1	Accidente mayor, incendio, explosión 	Conocer los accidentes mayores que se pueden producir en el área	Sem 1.	Sem2.	Sem.3	Sem4.	Tecnico SSO		
2	Características del Gas Licuado de Petróleo (GLP) 	Conocer las características propiedades, punto de ignición y mas.	Sem 1.	Sem2.	Sem.3	Sem4.	Tecnico SSO		
3	Consecuencias en el cuerpo humano del GLP 	Evitar quemaduras como consecuencia del uso del GLP	Sem 1.	Sem2.	Sem.3	Sem4.	Tecnico SSO		
6	Explicación de energía, sobrepresión e impulso 	Identificar la capacidad de explosión y proyección de partículas derivados de 1 fuerza de explosión	Sem 1.	Sem2.	Sem.3	Sem4.	Tecnico SSO		
11	Fuga del GLP, acciones 	Evitar las fugas y establecer medidas preventivas para mitigarlo	Sem 1.	Sem2.	Sem.3	Sem4.	Tecnico SSO		
12	Zonas de intervención y de alerta (comunidad) 	Conocer las zonas de afectación y alcance de riesgos mayores.	Sem 1.	Sem2.	Sem.3	Sem4.	Tecnico SSO		
13	Comunicación formal e informal 	establecer los canales de comunicación necesaria en caso de emergencia	Sem 1.	Sem2.	Sem.3	Sem4.	Tecnico SSO		
14	Organización y exigencias del trabajo 	Evitar conflictos y utilizar personal para ayudar evacuar eficazmente al personal	Sem 1.	Sem2.	Sem.3	Sem4.	Tecnico SSO		
La capacitación dirigida a los estudiantes, docentes, personal administrativo que labora en las instalaciones									
REALIZADO POR: Santiago González v Xavier Vela					REVISADO POR:			APROBADO POR:	

Figura 8-5. Cronograma de capacitación  
Fuente. Autores

### **5.15 Conclusión del plan de emergencia propuesto**

La implementación del presente plan es responsabilidad de la escuela de gastronomía y de las entidades de seguridad y control de la epoch, no obstante concluimos lo siguiente:

- El plan de emergencias describe las directrices de la forma que el personal de la escuela debe tener presente al momento de actuar en una situación de emergencia, de igual manera se ha estructurado las brigadas y sus responsables asignando los respectivos roles.
- Finalmente el plan de capacitación propuesto es útil para el conocimiento tanto para el personal de la escuela como para los residentes cercanos de las zonas de intervención y de alerta determinadas en este trabajo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Se revisó la recopilación bibliográfica para la realización de la identificación, evaluación y control de los riesgos en el tanque estacionario de GLP.

El riesgo radica en que el emplazamiento del tanque estacionario de GLP es de alta fluencia de tráfico peatonal y vehicular, y ante una minúscula fuga y una fuente de ignición, puede suscitar un accidente mayor de explosión e incendio con graves consecuencias.

Al realizar la aplicación del método probit se ha logrado identificar y evaluar los siguientes riesgos: muerte por lesiones pulmonares, rotura de tímpano, daños estructurales menores, daños estructurales mayores, colapso de edificios, y rotura de vidrios.

Al realizar la evaluación determinamos los porcentajes de afectación de cada uno de los riesgos identificados como consecuencia de un accidente mayor ocasionado por el tanque estacionario de GLP en la Carrera de Gastronomía, respecto a la población y otros elementos de la zona vulnerable siendo estos la misma institución, los edificios residenciales de sus alrededores, la estación de servicio de combustible, restaurantes, y sitios de entretenimiento, para lo cual se debió considerar las distancias de 8m, 12,5m, 15m, 30m y hasta 135m, sabiendo que a mayor distancia menor es el porcentaje de afectación, y los resultados que obtuvimos en cuanto a dichos porcentajes son:

RIESGO	DISTANCIA (metros)				
	8	12,5	15	30	135
Muerte por lesiones pulmonares	100%	7%	0%	-	-
Rotura de tímpano	100%	97%	63%	0%	-
Daños estructurales menores	94%	83%	62%	19%	0%
Daños estructurales mayores	73%	27%	4%	0%	-
Colapso de edificios	30%	20%	0%	-	-
Rotura de cristales	100%	100%	100%	100%	0%

Finalmente mediante un estudio en la fuente, en el medio y en el trabajador, se concluye que la presencia de un accidente mayor es poco factible gracias a que la institución a dado cumplimiento a todas las medidas de seguridad para el tanque estacionario de GLP, sin embargo existen ciertas anomalías en la infraestructura del emplazamiento y en el sistemas de distribución del GLP, por lo que pueden ser probablemente causantes de un accidente mayor, es por ello que se hemos definido el plan de emergencia respectivo.

## **6.1 Recomendaciones**

Al realizar la evaluación se identifico la falta de mantenimiento del emplazamiento, por lo tanto se recomienda la elaboracion de un plan de mantenimiento para reducir el deterioro del mismo.

Para mitigar los riesgos identificados se recomienda elaborar un sistema de alerta y precaución mediante señalización, además de utilizar sensores de detección de fugas o altas temperaturas y también construir muros anti explosión en el lugar del emplazamiento del tanque estacionario de GLP, a fin de evidenciar el peligro inminente a todas las personas que transitan por allí, evitar focos de ignición y daños graves en los alrededores de aquel lugar, respectivamente.

Aplicar el presente plan de emergencia establecido siempre y cuando sea aprobado por las autoridades pertinentes, e incluir planes de capacitación y a la vez coordinar con el personal de la institución sobretodo de la Carrera de Gastronomía, los habitantes dentro de un radio no mayor a 135m a la redonda a partir de la ubicación del tanque estacionario de GLP y el Cuerpo de Bomberos del cantón Riobamba; para la instrucción de la manera correcta de actuar frente a un accidente mayor.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABAS, Jordi.** *Tandem HSE.* [En línea] 16 de 06 de 2016. [Consultado: 12 de 02 de 2018.] Disponible en: <https://www.tandemsl.com/es/blog/seguridad-industrial-blog/directiva-seveso-iii/>.

**AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL HIDROCARBURÍFERO.** *Reglamento Actividades de GLP.* s.l., [Consultado: 30 de 11 de 2018] Ecuador : Lexis Finder, 25 de 04 de 2016.

**AGENCIA ESTATAL BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO.** *Real Decreto 1196.* Madrid : s.n., 2003. [Consultado: 12 de 08 de 2018] Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. pág. 44.

**ALTAMIRA, Jose.** *Reglamento para transporte y uso de gas.* [Consultado : 15 de 10 de 2018] Dirección municipal de Altamira, 2016.

**ARGENIS Revet, F.** *Diagnostico de seguridad en plantas de llenado de cilindros de gas licuado de petroleo.* [Consultado: 20 de 01 de 2019] Caracas : Universidad Central de Venezuela, 2003.

**ASFAHL, Ray.** *Seguridad industrial y salud.* [Consultado: 31 de 01 de 2019] México : Pearson, 2000.

**BADÍA MONTALVO, Roberto.** *Salud Ocupacional y Riesgos Laborales.* [Consultado: 18 de 07 de 2018] Panamá : Sanit Panam, 1985. pág. 6.

**BEER, F; Johnston, E R;** *Mecánica Vectorial para Ingenieros.* [Consultado: 28 de 08 de 2018] México D.F. : McGraw-Hill INTERAMERICANA , 2007.

**BLUMENKRON, Fernando.** *Manejo y uso de GLP.* [Consultado: 25 de 10 de 2018] México : LICONSA, 2003.

**BOTTA, Ing. Néstor Adolfo.** *Dinámica de las explosiones industriales.* [Consultado: 03 de 08 de 2018] Argentina : Red Proteger, pp. 30-55. 2015.

**BUECHE, F; Hecht, E;** *Física General.* [Consultado: 03 de 06 de 2018] México : Mc Graw-Hill, 2001.

**CENGEL, Y. A; Boles, M. A.** *Termodinámica Séptima Edición.* [Consultado: 12 de 09 de 2018] México : Mc Graw Hill, 2011.

**CENGEL, Yunus.** *Termodinámica.* [Consultado: 13 de 02 de 2019] México : Interamericana editores S.A.,pp. 20-32. 2009.

**CONTINI, S; Francocci, G.F.** *Rassegna di modelli per la valutazione degli effetti delle esplosioni negli impianti industriali.* [Consultado: 20 de 02 de 2019] Ispra Italia : Centro Comune di Ricerca, 1993.

**CUERPO DE BOMBEROS DE QUITO.** *Reglamento de Instalacion de contenedores de GLP.* [En línea] [Consultado: 26 de 07 de 2018]. Disponible en: [www.bomberosquito.gov.ec](http://www.bomberosquito.gov.ec).

**CUERPO DE BOMBEROS PUENTE ALTO.** *Propiedades quimicas de GLP.* Disponible en: [www.bomberospuentealto.cl](http://www.bomberospuentealto.cl). [www.bomberospuentealto.cl](http://www.bomberospuentealto.cl). [En línea] [Consultado: 8 de Noviembre de 2018.]

**DIAZ, Alonso.** *Análisis de Cosecuencias y Zonas de Planificación.* [Consultado: 25 de 05 de 2018] Murcia, España : s.n., pp. 40-78. 2006.

**FERRER MÁRQUEZ, Antonio.** *Ecologistas en acción.* [En línea] 01 de 06 de 2006. [Consultado: 12 de 02 de 2018.] Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/?p=5352>.

**FRANCO, Ercilia.** *Propuesta de un Modelo de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional para la empresa New Yorker S.A.* [Consultado: 20 de 04 de 2019] Guayaquil : UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2012.

**Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos.** GUIAR. *Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos.* [En línea] Departamento de Química Analítica - EINA - Universidad de Zaragoza, 2015. [Consultado: 01 de 12 de 2018.] Disponible en: [https://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An\\_conse/Probit.htm](https://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_conse/Probit.htm).

**GUTIERREZ QUIÑONEZ, Tatiana Verónica.** *Repositorio de la Universidad de Guayaquil.* [En línea] 02 de 09 de 2016. [Consultado: 20 de 01 de 2019.] Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20896>.

**HOYOS DÁVILA, Carlos.** *Sistema de almacenamiento y distribución de GLP en una planta de gas Duragas S. A.* [Consultado: 30 de 11 de 2018] Manabí : UTE FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, 2006.

**LÓPEZ FLORES, Guillermo.** *El Problema del Gas de Cocina (GLP) y el Gas Natural.* [En línea] [Consultado: 06 de 08 de 2018]. Disponible en: <https://bit.ly/2AbPA9w>.

**MATHEU, Humberto.** *“Determinación de Riesgo de Accidente Mayor y su Influencia en las Áreas de Alerta Y Seguridad de la Empresa Agrocueros S.A.* [Consultado: 05 de 04 de 2018] Ambato : UTA, pp. 53-82. 2014.

**NTP 921 TURMO SIERRA, Emilio.** *NTP: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit.* [Consultado: 20 de 07 del 2018] Madrid España : INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, 1991. pág. 8.

**PESANTES MONSERRAT, Luis.** *Optimización de la comercialización y distribución gas licuado de petróleo (GLP) para uso doméstico en el sector urbano marginal de los guasmos en garrafas de 10 kilos.* [Consultado: 28 de 03 de 2019] Guayaquil : ESPOL, pp 34-36. 2006.

**PULIDO MONTOYA, José Luis.** *Prevención y control de incendios y explosiones en la producción y almacenamiento de GLP.* [Consultado: 01 de 08 de 2018] Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2005.

**SECRETARÍA DE PROTECCIÓN CIVIL.** *Recomendaciones y medidas preventivas para el uso y manejo de GLP.* [Consultado: 04 de 04 de 2019] Veracruz, México : ProtecciónCivilVeracruz, 2010.

**SOCIEDAD ESPAÑOLA PARA EL ESTUDIO DE LA ANSIEDAD Y EL ESTRÉS.** *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo.* [Consultado: 30 de 03 de 2019] Madrid : Universidad Complutense de Madrid, 2001.





