



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Título: “Determinación de la afectación por explosión industrial de GLP en locales de expendio de alimentos de la EP-EMMPA”

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Industrial

Autor:

Yumiseba Sanunga Guido Vinicio

Tutor:

Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

Riobamba, Ecuador. 2022

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Guido Vinicio Yumiseba Sanunga, con cédula de ciudadanía 0604320317, autor del trabajo de investigación titulado: **Determinación de la afectación por explosión industrial de GLP en locales de expendio de alimentos de la EP-EMMPA**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 2 de marzo de 2022.



Guido Vinicio Yumiseba Sanunga

C.I: 060432031-7

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Manolo Alexander Córdova Suárez catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Determinación de la afectación por explosión industrial de GLP en locales de expendio de alimentos de la EP-EMMPA, bajo la autoría de Guido Vinicio Yumiseba Sanunga; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 2 días del mes de marzo de 2022



Manolo Alexander Córdova Suárez

C.I: 1802842508

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **“Determinación de la afectación por explosión industrial de GLP en locales de expendio de alimentos de la EP-EMMPA”**, presentado por Guido Vinicio Yumiseba Sanunga, con cédula de identidad número 060432031-7, bajo la tutoría de Mg. Manolo Alexander Córdova Suárez; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

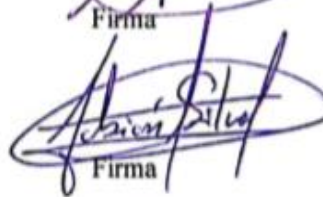
De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 1 de junio de 2022.

Presidente del Tribunal de Grado
Ing. Mario Cabrera, PhD



Firma

Miembro del Tribunal de Grado
Ing. Fabián Silva Frey, Mg.



Firma

Miembro del Tribunal de Grado
Ing. José Vicente Soria, Mg.



Firma

CERTIFICADO ANTIPLAGIO



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.15
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **YUMISEBA SANUNGA GUIDO VINICIO** con CC: **0604320317**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA INDUSTRIAL**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"DETERMINACIÓN DE LA AFECTACIÓN POR EXPLOSIÓN INDUSTRIAL DE GLP EN LOCALES DE EXPENDIO DE ALIMENTOS DE LA EP-EMMPA"**, cumple con el 8 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 21 de marzo de 2022



MARCO ALEXANDER
CORDOVA SUAREZ

Mgs. Manolo Córdova
TUTOR

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación está dedicado a:

A mi madre Rosa Sanunga quien con su cariño, trabajo y esfuerzo me ha brindado la posibilidad de cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de responsabilidad, esfuerzo y valentía, estos valores al igual que sus consejos me han permitido superar los diversos obstáculos que la vida me ha puesto, gracias por siempre confiar y creer en mí, gracias por cada palmada en la espalda, muchos de mis logros se los debo a usted entre los que se incluyen este.

A mis hermanas Miryam, Karina y Lizbeth les agradezco por cada consejo y enseñanza brindada a lo largo de mi etapa universitaria, ustedes al igual que mi madre son el principal motivo para que cada día me esfuerce más y espero algún día poder retribuir de alguna manera todo lo que ustedes me han dado.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a todos mis amigos o como suelo decirles “vecinos”, por el apoyo brindado y por extenderme sus manos en momentos difíciles les agradezco de todo corazón y espero que alcancen todas las metas que se propongan.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por acompañarme en este arduo camino y por nunca abandonarme en los momentos más difíciles, por permitirme compartir este logro con las personas que más quiero y por brindarle salud a todos los integrantes de mi familia.

A mi familia por todo el apoyo incondicional brindado a lo largo de mi vida, especialmente en los días más complicados y por siempre crecer en mí.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Nacional de Chimborazo y a los docentes de la Carrera de Ingeniería Industrial quienes compartieron sus conocimientos y experiencia, contribuyendo de esta manera en la formación como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Al Ing. Alonso Edison Parra Rodríguez Gerente General de la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores “San Pedro de Riobamba” (EP-EMMPA) y al analista de seguridad y salud ocupacional de la institución Ing. Andrés Vinza por la apertura y facilidades brindadas para la realización del presente proyecto de investigación.

Al Ing. James Loaiza Presiente de la compañía LOJAGAS y al Jefe de Operaciones Ing. Oscar André por la apertura y asesoramiento brindado en el transcurso de la investigación.

Finalmente, a mi tutor Ing. Manolo Córdova, Mg. principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento y enseñanza permitió el desarrollo de este trabajo

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA.....	ii
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	iii
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	iv
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT.....	xix
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	20
1. Planteamiento del Problema.....	22
1.1. Justificación.....	24
1.2. Objetivos	26
1.2.1. Objetivo General.....	26
1.2.2. Objetivos específicos	26
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	27
2.1. Antecedentes.....	27
2.2. Fundamentación teórica	28
2.2.1. Seguridad Industrial.....	28
2.2.2. Accidente mayor.....	28
2.2.3. Explosión	28
2.2.4. Causas de una explosión	29
2.2.4.1. Rotura de Recipiente.....	30
2.2.4.2. Generación Súbita.....	31
2.2.5. Tipos de Explosiones	31
2.2.5.1. Explosiones Físicas.....	31

2.2.5.2.	Explosión por liberación de un gas comprimido	31
2.2.5.3.	Explosión por Liberación de Gas Licuado	32
2.2.6.	Agente de daño	33
2.2.7.	Efecto dominó	34
2.2.8.	Reacción en cadena.....	34
2.2.9.	Metralla.....	35
2.2.9.1.	Daños por metralla.....	35
2.3.	Gas licuado	35
2.3.1.	Gas licuado de petróleo.....	35
2.3.2.	Uso de GLP.....	36
2.3.3.	Importancia de GLP en la actividad alimentaria	36
2.4.	Procedimiento para determinar las zonas de intervención y alerta	36
2.5.	Metodología Baker.....	37
2.5.1.	BLEVE.....	38
2.5.2.	Recipiente sujeto a presión.....	38
2.5.3.	La onda de presión.....	38
2.5.4.	Etapas de la Metodología Baker	39
2.5.5.	Ecuaciones para el cálculo del Método Baker.....	39
2.5.6.	Recipientes elevados y no elevados.....	42
2.5.7.	Ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado.....	43
2.6.	Método Probit	44
2.6.1.	Número Probit	44
2.6.2.	Ecuaciones Probit para vulnerabilidad a explosiones	45
2.7.	Directiva Seveso	45
2.7.1.	Normativa SEVESO	46
2.7.2.	Zona de Intervención	46
2.7.3.	Zona de alerta	47

2.8.	Definiciones generales de termodinámica	47
2.8.1.	Energía	47
2.8.2.	Oxígeno	47
2.8.3.	Tipos de presiones	48
2.8.4.	Combustible	49
2.8.5.	Impulso mecánico	49
2.8.6.	Entalpia	49
2.8.7.	Entropía.....	49
2.9.	Interpolación	49
2.10.	Factor de conversión	50
2.11.	Plan de prevención	50
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....		51
3.1.	Tipo de investigación	51
3.2.	Diseño de la investigación.....	51
3.3.	Unidad de análisis	52
3.4.	Población de Estudio.....	52
3.5.	Tamaño de la muestra	52
3.6.	Técnicas de recolección de datos	52
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		53
4.1.	Cálculo de parámetros de acuerdo con el Método Baker	53
4.1.1.	Etapa 1. Escenario, condiciones y datos de partida.....	53
4.1.1.1.	Condiciones con el GLP en estado líquido o Etapa 1	54
4.1.1.2.	Condiciones con el GLP en estado gaseoso o Etapa 2.....	55
4.1.2.	Cálculo de la entalpia específica y volumen específico para la Etapa 1	55
4.1.3.	Cálculo de la entropía específica para la Etapa 1.....	56
4.1.4.	Cálculo de la entalpia específica y volumen específico para la Etapa 2	57
4.1.5.	Cálculo de masa de líquido y vapor en el recipiente de GLP	59

4.1.6. Cálculo de la Energía Total Liberada.....	61
4.1.8. Cálculo de la sobrepresión y del impulso a ciertas distancias	66
4.1.9. Cálculo de la sobrepresión escalada P' e impulso escalado i'	66
4.1.10. Ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado.....	67
4.1.11. Cálculo de la sobrepresión estática (P_s) e impulso mecánico i	68
4.2. Cálculo del número Probit.....	73
4.2.1. Muertes por lesiones pulmonares.....	73
4.2.2. Rotura de tímpano.....	75
4.2.3. Daños estructurales menores en edificios.....	77
4.2.4. Daños estructurales mayores en edificios.....	80
4.2.5. Colapso de edificios	82
4.2.6. Rotura de vidrios.....	84
4.3. Análisis de los resultados	88
4.3.1. Análisis de muerte por lesiones pulmonares.....	89
4.3.2. Afectación por rotura de tímpano	90
4.3.4. Daños estructurales menores	91
4.3.5. Daños estructurales mayores	92
4.3.6. Colapso de edificios	93
4.3.7. Rotura de vidrios.....	93
4.4. Determinación de las zonas de intervención y de alerta	94
4.4.1. Zona de afectación por explosión de un cilindro	95
4.4.2. Zona de afectación por explosión de dos cilindros	95
4.4.3. Zona de afectación por explosión de tres cilindros	95
4.4.4. Zona de afectación por explosión de cuatro cilindros	96
4.4.5. Zona de afectación por explosión de cinco cilindros	96
CAPITULO V: Conclusiones y recomendaciones	99
5.1. Conclusiones	99

5.2. Recomendación	100
CAPITULO VI: PROPUESTA.....	102
1. Datos generales de la institución	102
2. Antecedentes	103
3. Justificación del plan	104
4. Objetivo del Plan.....	105
4.1. Objetivo general.....	105
4.2. Objetivos específicos.....	105
5. Descripción de la actividad	106
6. Descripción de la infraestructura.....	106
6.1. Capacidad de carga de la infraestructura donde se encuentra situados los locales de expendio de alimentos.....	106
6.2. Descripción de las áreas asignadas para locales de expendio de alimentos.....	107
7. Análisis de recursos	109
7.1. Recursos humanos presentes en locales que expenden alimentos	109
7.2. Equipos/ recursos de la institución.....	109
8. Descripción de los alrededores de la institución	110
8.1. Planimetría del sector o barrio aledaño a la empresa	110
8.2. Factores externos	111
9. Identificación del riesgo en los espacios asignados para el expendio de alimentos	111
9.1. Descripción de recursos disponibles	111
9.2. Identificación de amenazas.....	113
9.2.1. Mapa de amenazas	114
10. Identificación y valoración de vulnerabilidad	117
10.1. Especificación del riesgo en locales que expenden alimentos.....	121
10.2. Escenarios.....	122
11. Plan de reducción de Riesgos.....	122

11.1. Medidas estructurales	122
11.2. Medidas no estructurales	124
BIBLIOGRAFIA.....	125
ANEXOS	130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fórmulas del método Baker.....	40
Tabla 2 Factores de ajuste para establecer la sobrepresión escalada P' e impulso escalado i' en recipientes cilíndricos	43
Tabla 3 Factores de ajuste para establecer la sobrepresión escalada P' e impulso escalado i' en recipientes próximas al suelo.....	43
Tabla 4 Ecuaciones Probit para explosiones	45
Tabla 5 Tipos de presión.....	48
Tabla 6 Factores de conversión	50
Tabla 7 Cálculo de entalpía y volumen específico para la Etapa 1	56
Tabla 8 Cálculo de la entropía específica para la Etapa 1.....	57
Tabla 9 Cálculo de entalpía y volumen específico para la Etapa 2	58
Tabla 10 Masa de líquido y vapor en un recipiente de GLP	59
Tabla 11 Masa de líquido y vapor en dos recipientes de GLP	60
Tabla 12 Masa de líquido y vapor en tres recipientes de GLP	60
Tabla 13 Masa de líquido y vapor en cuatro recipientes de GLP.....	61
Tabla 14 Masa de líquido y vapor en cinco recipientes de GLP	61
Tabla 15 Cálculo de la energía total liberada con un cilindro.....	62
Tabla 16 Cálculo de la energía total liberada con dos cilindros.....	62
Tabla 17 Cálculo de la energía total liberada con tres cilindros.....	63
Tabla 18 Cálculo de la energía total liberada con cuatro cilindros.....	63
Tabla 19 Cálculo de la energía total liberada con cinco cilindros	64
Tabla 20 Energía efectiva de la onda de presión de un cilindro.....	64
Tabla 21 Energía efectiva de la onda de presión de dos cilindros.....	65
Tabla 22 Energía efectiva de la onda de presión de tres cilindros.....	65
Tabla 23 Energía efectiva de la onda de presión de cuatro cilindros.....	65
Tabla 24 Energía efectiva de la onda de presión de cinco cilindros.....	66
Tabla 25 Cálculo de la sobrepresión estática e impulso mecánico de un cilindro.....	68
Tabla 26 Cálculo de la sobrepresión estática e impulso mecánico de dos cilindros.....	69
Tabla 27 Cálculo de la sobrepresión estática e impulso mecánico de tres cilindros	70
Tabla 28 Cálculo de la sobrepresión estática e impulso mecánico de cuatro cilindros	71
Tabla 29 Cálculo de la sobrepresión estática e impulso mecánico de cinco cilindros.....	72
Tabla 30 Porcentaje de fatalidades generado por la explosión de un cilindro	73

Tabla 31	Porcentaje de fatalidades generado por la explosión de dos cilindros	73
Tabla 32	Porcentaje de fatalidades generado por la explosión de tres cilindros	74
Tabla 33	Porcentaje de fatalidades generado por la explosión de cuatro cilindros	74
Tabla 34	Porcentaje de fatalidades generado por la explosión de cinco cilindros.....	75
Tabla 35	Porcentaje de afectados con rotura de tímpano generado por la explosión de un cilindro	75
Tabla 36	Porcentaje de afectados con rotura de tímpano generado por la explosión de dos cilindros.....	76
Tabla 37	Porcentaje de afectados con rotura de tímpano generado por la explosión de tres cilindros.....	76
Tabla 38	Porcentaje de afectados con rotura de tímpano generado por la explosión de cuatro cilindros..	77
Tabla 39	Porcentaje de afectados con rotura de tímpano generado por la explosión de cinco cilindros ...	77
Tabla 40	Porcentaje de daños estructurales menores generado por la explosión de un cilindro	78
Tabla 41	Porcentaje de daños estructurales menores generado por la explosión de dos cilindros.....	78
Tabla 42	Porcentaje de daños estructurales menores generado por la explosión de tres cilindros.....	79
Tabla 43	Porcentaje de daños estructurales menores generado por la explosión de cuatro cilindros.....	79
Tabla 44	Porcentaje de daños estructurales menores generado por la explosión de cinco cilindros	80
Tabla 45	Porcentaje de daños estructurales mayores generado por la explosión de un cilindro	80
Tabla 46	Porcentaje de daños estructurales mayores generado por la explosión de dos cilindros	81
Tabla 47	Porcentaje de daños estructurales mayores generado por la explosión de tres cilindros.....	81
Tabla 48	Porcentaje de daños estructurales mayores generado por la explosión de cuatro cilindros.....	81
Tabla 49	Porcentaje de daños estructurales mayores generado por la explosión de cinco cilindros	82
Tabla 50	Porcentaje de colapso de edificios generado por la explosión de un cilindro.....	82
Tabla 51	Porcentaje de colapso de edificios generado por la explosión de dos cilindros.....	83
Tabla 52	Porcentaje de colapso de edificios generado por la explosión de tres cilindros	83
Tabla 53	Porcentaje de colapso de edificios generado por la explosión de cuatro cilindros	83
Tabla 54	Porcentaje de colapso de edificios generado por la explosión de cinco cilindros.....	84
Tabla 55	Porcentaje de rotura de vidrios generado por la explosión de un cilindro.....	84
Tabla 56	Porcentaje de rotura de vidrios generado por la explosión de dos cilindros.....	85
Tabla 57	Porcentaje de rotura de vidrios generado por la explosión de tres cilindros.....	86
Tabla 58	Porcentaje de rotura de vidrios generado por la explosión de cuatro cilindros.....	87
Tabla 59	Porcentaje de rotura de vidrios generado por la explosión de cinco cilindros.....	88
Tabla 60	Zonas de intervención y de alerta dada la explosión de un cilindro.....	95
Tabla 61	Zonas de intervención y de alerta dada la explosión de dos cilindros.....	95
Tabla 62	Zonas de intervención y de alerta dada la explosión de tres cilindros	96
Tabla 63	Zonas de intervención y de alerta dada la explosión de cuatro cilindros	96
Tabla 64	Zonas de intervención y de alerta dada la explosión de cinco cilindros.....	96

Tabla 65 Información general de la EP-EMMPA	102
Tabla 66 Capacidad de carga de la infraestructura	106
Tabla 67 Áreas asignadas para locales de expendio de alimentos.....	107
Tabla 68 Cantidad de personas que trabajan en locales que expenden alimentos y que utilizan cilindros de GLP	109
Tabla 69 Descripción de equipos y recursos de la institución.....	109
Tabla 70 Recursos disponibles en las áreas asignadas para el expendio de alimentos	112
Tabla 71 Identificación de amenazas que han acontecido en las instalaciones de la EP-EMMPA.....	113
Tabla 72 Valoración de vulnerabilidad considerando un cilindro.....	117
Tabla 73 Valoración de vulnerabilidad considerando dos cilindros.....	118
Tabla 74 Valoración de vulnerabilidad considerando tres cilindros.....	119
Tabla 75 Valoración de vulnerabilidad considerando cuatro cilindros.....	120
Tabla 76 Valoración de vulnerabilidad considerando cinco cilindros.....	121
Tabla 77 Especificación del riesgo.....	121
Tabla 78 Medidas estructurales para las áreas donde se utiliza GLP	123
Tabla 79 Medidas no estructurales para locales que utilizan GLP	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fenómenos involucrados en las explosiones.....	29
Figura 2. Tipos básicos de explosiones	30
Figura 3. <i>Explosión por liberación de un gas comprimido</i>	32
Figura 4. Explosión por Liberación de Gas Licuado.....	33
Figura 5. Clasificación de los agentes de daño	34
Figura 6. Flujograma para determinar las zonas de intervención y alerta	37
Figura 7. Etapas de la Metodología Baker.....	39
Figura 8. <i>Criterio para diferenciar recipientes elevados y no elevados</i>	42
Figura 9. Etapas consideradas por la Directiva Seveso	46
Figura 10 Cantidad de recipientes de GLP por local.....	54
Figura 11. Porcentaje de muertes por lesiones pulmonares con respecto a la distancia	89
Figura 12. Porcentaje de afectados con rotura de tímpano con respecto a la distancia	90
Figura 13. Porcentaje de daños estructurales menores con respecto a la distancia	91
Figura 14. Porcentaje de daños estructurales mayores con respecto a la distancia	92
Figura 15. Porcentaje de colapso de un edificio con respecto a la distancia.....	93
Figura 16. Porcentaje de rotura de vidrios con respecto a la distancia	94
Figura 17. Zonas de afectación con respecto al número de cilindros.	97
Figura 18. Zonas de afectación dada la explosión de cinco cilindros de GLP.....	98
Figura 19. Planimetría de la EP-EMMPA	110
Figura 20. Mapa de amenazas por caída de ceniza	114
Figura 21. Mapa de amenazas para el riesgo por explosión	115
Figura 22. Mapa de amenazas para el riesgo de incidencia delincencial.....	116

RESUMEN

El presente proyecto de investigación estuvo orientado a determinar la afectación dada la explosión de cilindros de Gas Licuado de Petróleo (GLP) de 15 kg en locales que expenden alimentos pertenecientes a la EP-EMMPA. En base a la recolección de información se estableció la cantidad de locales y el número cilindros de GLP, que los mismos utilizan. Esto permitió definir los escenarios que se calcularon en este trabajo y empleando el Método Baker se obtuvieron datos de la energía efectiva de la onda de presión, la sobrepresión estática e impulso mecánico generados por el estallido de las bombonas. Aplicando el Método Probit se establecieron los porcentajes de afectación en las personas y en la infraestructura, empleando lo mencionado en la Directiva Seveso se definieron las zonas de intervención y de alerta para cada uno de los escenarios previamente identificados. Además, se propuso un plan de prevención para accidente mayor en el que se consideraron las zonas de afectación. También en el plan se identificaron los recursos de alerta y seguridad con los que cuenta la empresa para prevenir o reducir las consecuencias ante la situación que se genere una eventualidad.

Palabras clave

Gas Licuado de Petróleo, EP-EMMPA, Método Baker, Método Probit, Número Probit, Directiva Seveso, explosión.

ABSTRACT

ABSTRACT

This project was oriented to determine the impact of the explosion of 15 kg Liquefied Petroleum Gas (LPG) cylinders in food stores belonging to the EP-EMMPA. Based on the information obtained, the number of establishments and the number of LPG cylinders they use were determined. This allowed defining the scenarios that were calculated in this work and using the Baker Method, data were obtained on the effective energy of the pressure wave, the static overpressure and the mechanical impulse generated by the explosion of the cylinders. Applying the Probit Method, the percentages of affectation on people and infrastructure were established, and using the Seveso Directive, the intervention and alert zones were defined for each of the previously identified scenarios. In addition, a prevention plan for a major accident was proposed in which the areas affected were considered. The plan also identified the warning and safety resources available to the company to prevent or reduce the consequences in the event of an eventuality.

Keywords: Liquefied Petroleum Gas, EP-EMMPA, Baker Method, Probit Method, Probit Number, Seveso Directive, explosion.



DANILO RENEE
YEPEZ OVIEDO

Reviewed by:
Danilo Yépez Oviedo
English professor UNACH
0601574692

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia en fábricas y empresas se han registrado eventualidades de gran magnitud denominados accidentes mayores, tales como incendios o explosiones entre otros, los cuales han desencadenado de manera indirecta en un peligro para la sociedad, tal como ha ocurrido a nivel mundial, por ejemplo, lo sucedido en Los Alfaques, España en el año de 1978 donde una explosión tipo Blevé produjo aproximadamente 216 muertes (Vittoni & Varela, 1993), asimismo en 1980 en Ortuella, España una explosión de gas propano ocasionó la muerte de 51 personas, adicionalmente por la emisión de la sustancia química Isocianato de Metilo en Bhopal, India, en 1984, se generaron más de 2,000 decesos y 200,000 heridos (Oficina Internacional del Trabajo, 1990, p. 11).

En Ecuador, hasta la fecha no se tiene registro de acontecimientos que hayan generado afectaciones de magnitud similar a las mencionadas previamente, pero existe información de eventos suscitados con menor dimensión, tal es el caso de la explosión de un caldero en una Fábrica de Panela, en Sucumbíos, en 2021, este percance generó dos heridos y el deceso de una persona, asimismo se ocasionaron múltiples daños materiales tanto en la fábrica como en zonas aledañas (El Universo, 2021b). De manera similar en la ciudad de Quito en el mismo año se han reportado incidentes parecidos, es el caso de la explosión en el interior de un local comercial, en donde la acumulación de gas generó una afectación material no solo a este inmueble sino a otros dos locales (El Universo, 2021a).

La Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas “San Pedro de Riobamba” está ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, se caracteriza por garantizar el buen manejo de los productos agrícolas y ofrecer óptimas condiciones para su comercialización. De hecho la institución acoge actualmente a 15000 productores locales, 900

arrendatarios catastrados, 600 estibadores y 2000 usuarios diarios, esta estimación enmarcan a la institución como una centro de acopio con gran afluencia de personas, pero dado la generación de nuevas ideas de negocio y con la finalidad de cubrir las necesidades de los usuarios, la empresa se ha complementado con la oferta de diversos giros de negocios como, venta de mercadería (prendas de vestir), accesorios tecnológicos, insumos para la comercialización de productos y el expendio de alimentos. Con respecto a la última actividad mencionada existe en la empresa locales que en su mayoría utilizan recipientes de gas licuado de petróleo (GLP) como insumo complementario para realizar sus actividades comerciales.

Esta investigación propone un plan de prevención considerando las zonas de afectación en caso de producirse una explosión industrial de GLP en las áreas en las que se expenden alimentos, para lo cual se utiliza una metodología de investigación explicativa, donde los datos recopilados en las instalaciones de la EP-EMMPA se consideraron como entradas del método de cálculo Backer para gases (Díaz Alonso, 2006). Inmediatamente se utilizaron las ecuaciones del Método Probit para estimar la afectación en las personas durante diversos eventos y a diferentes distancias (Turmo Sierra, 2013), para finalmente determinar las zonas de afectación en base a la normativa SEVESO de España (González Cárdenas & Vela Barba, 2019).

La información obtenida es de beneficio para la EP-EMMPA debido a que la Normativa Legal en Seguridad y Salud en el Trabajo específicamente en la Decisión 584 Art.16, y en el Decreto Ejecutivo 2393 Art.13 numeral 1 y 2 solicitan al empleador tener procedimientos que sirvan de respuesta ante emergencias derivadas de accidentes mayores.

1. Planteamiento del Problema

Conseguir el bienestar de clientes y usuarios es fundamental en todas las empresas, especialmente en las enfocadas a brindar servicios, como es el caso de la EP-EMMPA; la misma que en función a lo establecido en la Decisión 584, Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, Art.12, menciona que las instituciones están comprometidas a brindar áreas seguras tanto para los trabajadores que laboran en este centro de acopio como para las personas que acuden a este lugar (Comunidad Andina de Nacionalidades, 2004).

Bajo esta premisa en la empresa están presentes giros de negocio dedicados al expendio de alimentos y en los cuales se utiliza recipientes de GLP como insumo complementario para desarrollar sus actividades, pero este elemento es altamente inflamable y tiene una combustión muy alta, está compuesto en su mayoría por propano y butano, estos aspectos hacen que debido a manipulaciones inadecuadas de este combustible exista un peligro latente en las áreas mencionadas tanto para las personas como para la infraestructura (Osinergmin, 2010).

Adicionalmente al interior de la institución existen áreas en las que se encuentran almacenado considerables cantidades de materiales combustibles, tales como cartones, cajas de madera, fundas, sacos entre otros, los mismos que no cuentan con un acaparamiento adecuado que cumpla con las normas de almacenamiento, siendo esto una fuente de ignición que podría generar un incendio (Saldaña Nolasco, 2016).

De acuerdo con los datos emitidos por la Dirección de Monitoreo de Eventos Adversos de la Secretaría de Gestión de Riesgos, en el año 2014 ocurrieron 81 eventos relacionados a los GLP, en los cuales se reportaron 192 personas afectadas, pero tan solo en las provincias de Pichincha, Tungurahua y Loja existieron 83 heridos y 6 fallecidos (SGR, 2021). Además, en el documento se establecen diversos factores que pudieron haber desencadenado estas consecuencias, por ejemplo,

el riesgo de inflamabilidad generado por el GLP ya que contiene gases (butano, propano) altamente volátiles que tan solo una chispa podría ser la causante de una explosión de gran magnitud (SGR, 2021).

Por todo lo expresado en párrafos anteriores es necesario que la EP-EMMPA realice la evaluación de accidentes mayores en las áreas donde se expenden alimentos y se utiliza GLP, con la finalidad de estructurar un plan de prevención considerando las zonas de afectación generadas por la explosión de GLP.

1.1. Justificación

Considerando que la Constitución del Ecuador establece que toda persona que presta servicios por cuenta ajena tiene derecho a ejecutar sus actividades en un ambiente seguro y propicio que garantice su bienestar (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008). La EP-EMMPA necesita un plan de prevención que considere atenuar los factores de riesgos por accidente mayor en sus instalaciones.

A su vez en la Ordenanza 010-2010 de Creación de la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores agrícolas “San Pedro de Riobamba” se menciona que la institución debe tener un sistema idóneo de seguridad industrial (“Ordenanzas Municipio de Riobamba: Abril 2010”, 2010).

La investigación surgió de la matriz de riesgos expuesta en el Plan de Contingencia Institucional aprobado por la Unidad de Gestión de Riesgos Municipal en el año 2018 y con la información que se ha obtenido para su respectiva actualización bianual se ha identificado que, entre las amenazas presentes en la empresa y de acuerdo con su respectiva valoración en cuanto al grado de afectación que tendrá tanto para las personas como para los bienes de la empresa, se ha considerado necesario determinar las zonas de afectación y en base a esto proponer una plan de prevención para el riesgo por explosión debido a GLP, dado que al interior de este centro de acopio están presentes locales que expenden alimentos y los cuales utilizan este elemento como insumo complementario para desarrollar las actividades de este giro de negocio.

La investigación contribuye con el cumplimiento de la visión planteada por la empresa en la que menciona:

La EP-EMMPA, será referente a nivel nacional en la prestación de servicios a favor del mercadeo y comercialización de productos agroalimentarios, cumplirá estándares de

calidad y eficiencia; contando con talento humano formado para el servicio, encaminado a conseguir el bienestar de sus clientes y usuarios, promoviendo valores éticos y mística de crecimiento institucional (EP EMMPA, 2021).

Los resultados de la investigación benefician directamente tanto a la empresa como a los arrendatarios y público en general que acuden a este centro de acopio. Además, se aspira que este trabajo investigativo aporte para el desarrollo de futuras investigaciones.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proponer un plan de prevención para accidente mayor en la EP – EMMPA considerando las zonas de afectación por explosión de GLP.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar las condiciones constructivas en los locales de expendio de alimentos en la EP-EMMPA.
- Calcular la sobrepresión y el impulso mecánico de los recipientes de GLP empleando el método de Baker.
- Determinar las zonas de afectación con la normativa SEVESO.
- Plantear un plan de prevención de riesgos por accidente mayor en la EP – EMMPA cumpliendo con la legislación vigente en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se han revisado archivos relacionados con la temática de Seguridad y Salud Ocupacional, con la finalidad de contar con una amplia bibliografía que sustente y corrobore la información presentada en este documento. A continuación, se exponen las investigaciones revisadas previamente:

“Identificación, evaluación y control de riesgos y plan de emergencia para el tanque estacionario de GLP de la Escuela de Gastronomía de la ESPOCH, aplicando la Normativa Seveso y método Probit” realizado por Gonzáles Santiago y Vela Xavier, Riobamba – Ecuador en el año 2019, la investigación tuvo la finalidad de identificar y evaluar los riesgos existentes en el área en el que se encuentra el tanque estacionario de GLP y a través del método Probit y normativa Seveso se obtuvieron porcentajes de afectación debido a la onda expansiva que se genera por una explosión, llegando a la conclusión de que se debe reubicar al tanque de GLP por razón de que es una zona que cuenta con un crecimiento poblacional (Gonzáles Cárdenas & Vela Barba, 2019).

“Determinación de riesgo de accidente mayor y su influencia en las áreas de alerta y seguridad de la Empresa AGROCUEROS S.A.” realizado por Matheu Humberto, Ambato – Ecuador en el año 2014, el estudio se enfocó en el área de depósitos de combustible, para lo cual se analizó el estallido de recipientes, los niveles de sobrepresión e impulso mecánico empleando el método Backer, además, se llegó a determinar la enérgica efectiva de la onda de presión y las zonas de influencia. Como resultado se obtuvo la propuesta de un plan de capacitación tanto para el personal como para los residentes cercanos que se encuentren en las zonas de intervención determinadas en este trabajo (Matheu Aguilar, 2014).

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Seguridad Industrial

En el libro de “Seguridad Industrial Fundamentos y Aplicaciones” sus autores definen a la seguridad industrial como el conjunto de técnicas encargadas de prevenir o evitar en lo posible accidentes e incidentes laborales y fallas en equipos e instalaciones, es decir, minimizar los riesgos que pueden existir en las áreas de trabajo con la finalidad de proporcionar al personal espacios seguros (Muñoz, Rodríguez, & Martínez, 2006).

2.2.2. Accidente mayor

El artículo científico denominado “Prevención de Accidentes Industriales Mayores, implementando la Norma Internacional IEC 61511”, determina como accidente mayor a todo suceso imprevisto, como un derrame, emisión, incendio o explosión a gran escala, en el que se encuentran involucradas una o varias sustancias químicas peligrosas y que pone en riesgo tanto a los trabajadores, como a la población y al medio ambiente a consecuencias graves, las cuales pueden ser inminentes o a futuro (Vittoni & Varela, 1993).

2.2.3. Explosión

En la publicación realizada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo se establece como explosión a la expansión violenta y rápida, de un determinado sistema de energía, el mismo que se puede originar de diferentes maneras de transformación, que pueden ser físicas o químicas como se puede observar en la Figura 1, acompañada de una variación en su energía potencial y en muchos casos seguida de una onda expansiva que actúa de forma destructiva sobre la estructura que lo contiene (INSST, 2021).

Figura 1. Fenómenos involucrados en las explosiones

Fenómenos Físicas

- Motivadas por cambios bruscos en:
 - Las condiciones de presión y/o temperatura
 - Originan una sobrepresión capaz de romper las paredes del recipiente que lo contiene

Fenómenos Químicas

- Motivadas por:
 - Reacciones químicas violentas
 - Deflagración o detonación de gases
 - Vapores o polvos
 - Descomposición de sustancias explosivas.

Figura 1. Tomado de SGR cuida de ti: Los tanques de gas, asesinos silenciosos por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2021. Elaboración propia.

2.2.4. Causas de una explosión

En el libro “Dinámica de las Explosiones Industriales” el autor afirma que existen varias causas básicas para que se generen explosiones, pero estas, se pueden dividir en dos grandes grupos como se muestran en la Figura 2. La diferencia entre los dos tipos de explosiones causados por la rotura de recipiente o la generación súbita se debe principalmente al confinamiento, relacionado al almacenamiento constante de gases comprimidos o licuados; al igual que los espacios que temporalmente son sometidos a una presión superior a la atmosférica (Botta, 2011).

Figura 2. Tipos básicos de explosiones

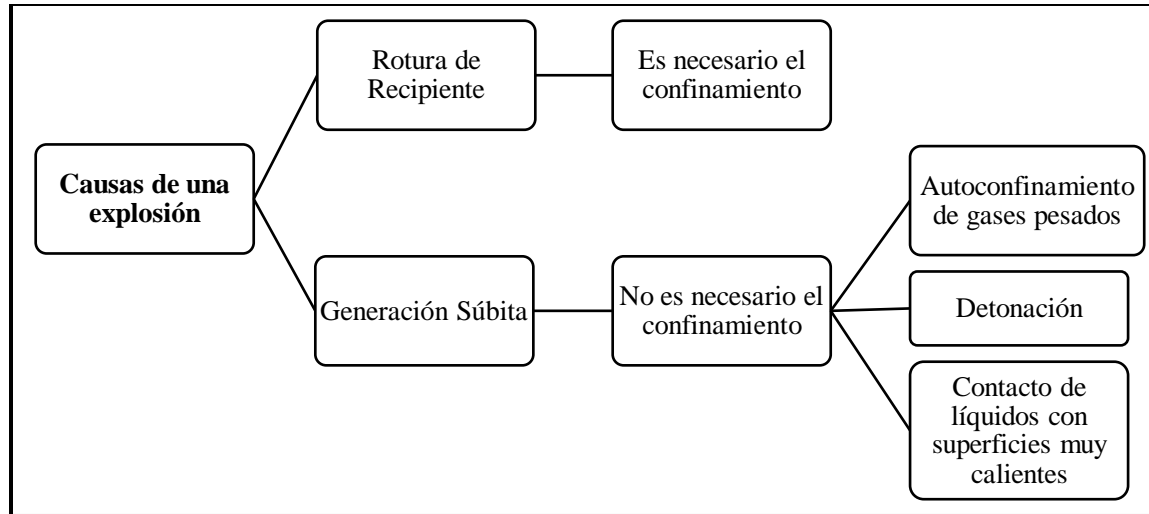


Figura 2. Tomado de Dinámica de las Explosiones Industriales por A. Botta, 2021, p. 9. Elaboración propia.

2.2.4.1. Rotura de Recipiente

El Diccionario de la Lengua Española define como recipiente al utensilio destinado a guardar o conservar alguna cosa o sustancia (“Recipiente | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE”, 2021).

Según el trabajo de titulación “Identificación, Evaluación y Control de Riesgos y Plan de Emergencia para el tanque estacionario de GLP de la Escuela de Gastronomía de la ESPOCH, aplicando la Normativa Seveso y método PROBIT” sus autores afirman que una rotura de recipiente es la descarga súbita a alta presión de un gas en el ambiente, para lo cual es indispensable el confinamiento para generar una exposición. En estas roturas se debe considerar, tanto lo que sucede dentro como fuera del recipiente (González Cárdenas & Vela Barba, 2019).

2.2.4.2. Generación Súbita

El autor Néstor Adolfo Botta explica en su libro que la generación súbita en el entorno de un gas a alta presión puede ser generada por fenómenos físicos o fenómenos químicos (Botta, 2011), como se pueden observar en la Figura 1.

2.2.5. Tipos de Explosiones

2.2.5.1. Explosiones Físicas

En el libro “Dinámica de las Explosiones Industriales” el autor menciona que las explosiones físicas son descargas de gas a alta presión, pero en la cual no existe una reacción química, sin embargo, en la mayoría de las ocasiones se genera vaporización. Además, se indica que este tipo de explosiones se da por liberación de un gas comprimido y por liberación de gas licuado (Botta, 2011).

2.2.5.2. Explosión por liberación de un gas comprimido

El autor Néstor Adolfo Botta indica en su libro que la sustancia involucrada hace referencia a un gas contenido en un recipiente, como por ejemplo un cilindro de gas, en el cual se tiene una presión superior a la atmosférica, en el momento que la presión alcanza el límite de resistencia de la parte más débil del recipiente, se produce el fallo, en ciertas ocasiones son las paredes y por ende el contenedor revienta con extrema violencia. En la Figura 3 se mencionan los modos de fallo (Botta, 2011).

Figura 3. *Explosión por liberación de un gas comprimido*

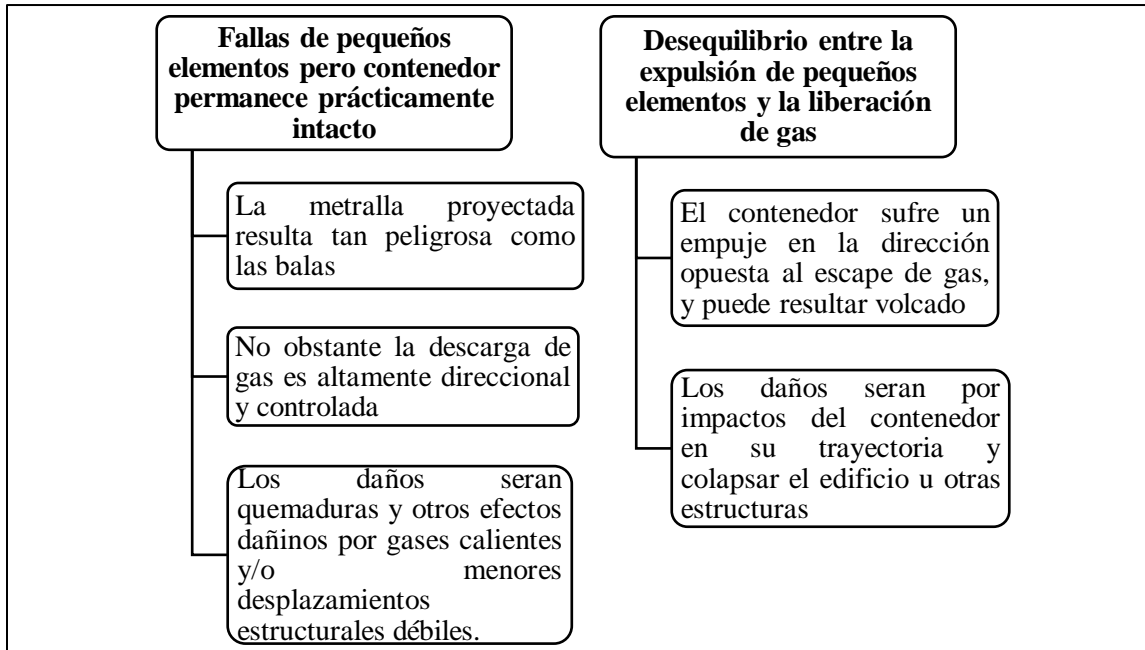


Figura 3. Explicación de las fallas con sus respectivas consecuencias cuando el recipiente se encuentra intacto y cuando este resulta afectado. Tomado de *Dinámica de las Explosiones Industriales* por A. Botta, 2011, p. 15. Elaboración propia.

2.2.5.3. Explosión por Liberación de Gas Licuado

En el libro “Dinámica de las Explosiones Industriales” el autor menciona que existen dos formas para que se produzcan un BLEVE (Explosión de los vapores que se expanden al hervir un líquido) ya sea por nucleación espontánea o por escape masivo de gas licuado (Botta, 2011), este último está relacionado con el tema de investigación y por ende se detalla en la Figura 4.

Figura 4. Explosión por Liberación de Gas Licuado

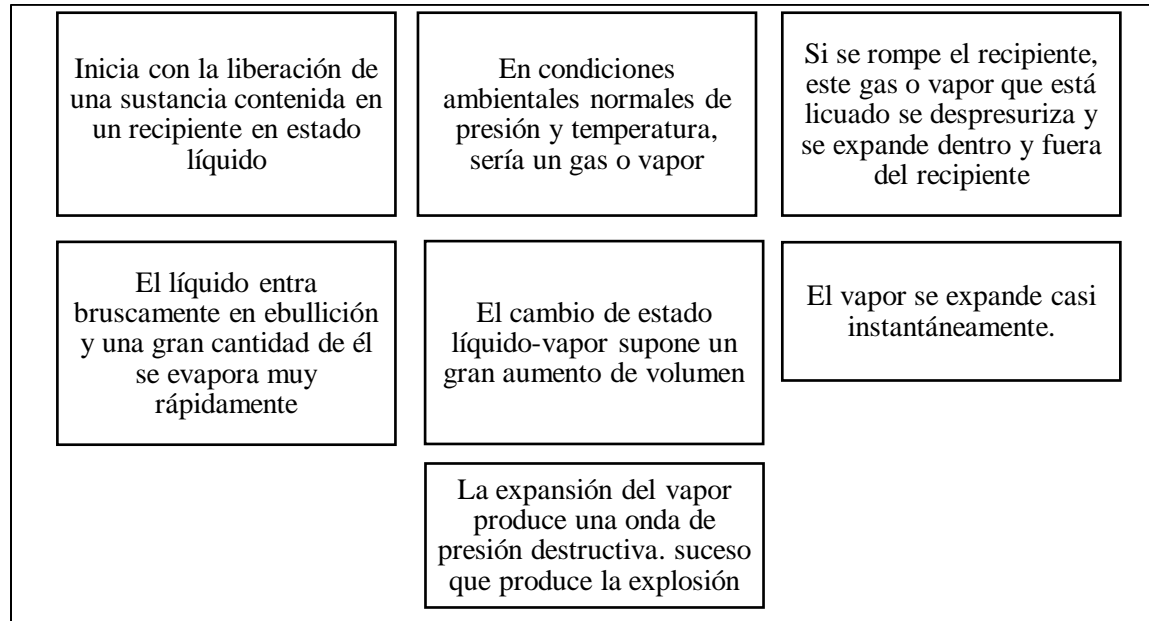


Figura 4. Descripción de las etapas que se tiene en una explosión por liberación de Gas Licuado. Tomado de Dinámica de las Explosiones Industriales por A. Botta, 2011, p. 16. Elaboración propia.

2.2.6. Agente de daño

El autor Néstor Adolfo Botta menciona en su libro que dado un incendio los elementos que causan daño son conocidos como agentes de daño, y estos elementos pueden clasificarse en los que son propios de la explosión y aquellos que dependen del lugar en el que se suscita la explosión y estos pueden ser el calor, el humo, los gases y las llamas, entre otros (Botta, 2011).

Figura 5. Clasificación de los agentes de daño

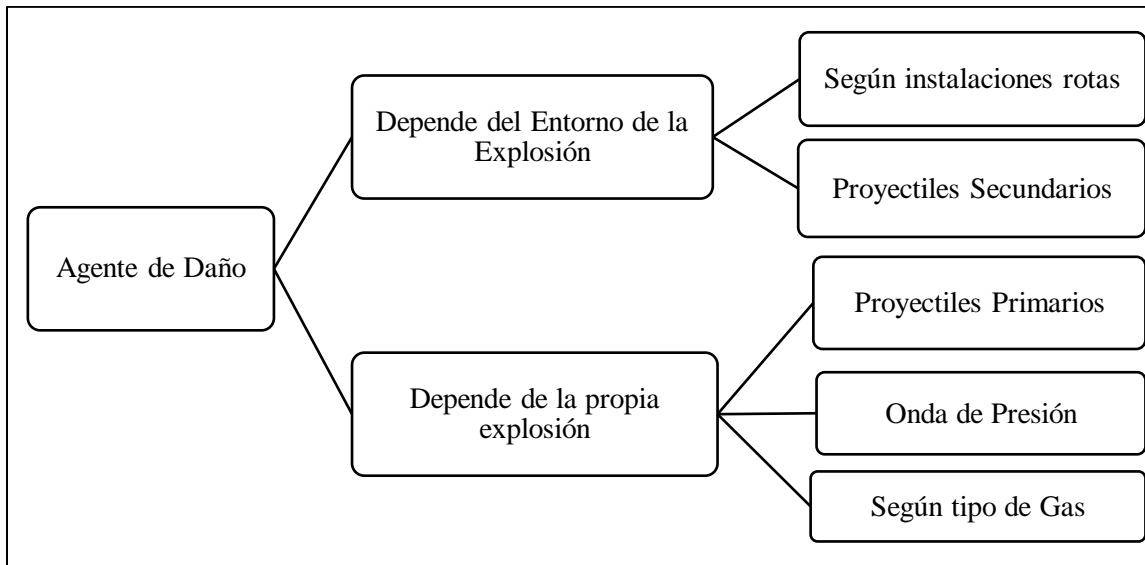


Figura 5. Explicación del agente de daño considerando el entorno y la propia explosión. Tomado de Dinámica de las Explosiones Industriales por A. Botta, 2011. Elaboración propia.

2.2.7. Efecto dominó

En el Real Decreto 1196/2003 del Ministerio del Interior se destaca que este suceso hace referencia al encadenamiento de efectos que aumentan las consecuencias, dado que fenómenos peligrosos o incluso elementos vulnerables exteriores como otros recipientes, tuberías o equipos del mismo local o de otros locales próximos, pueden generar nuevas fugas, incendios y explosiones (Acebes, 2003).

2.2.8. Reacción en cadena

En el trabajo de titulación de Posgrado “Determinación de riesgo de accidente mayor y de su influencia en las áreas de alerta y seguridad de la empresa Agrocueros S.A” su autor comenta que la reacción en cadena es el proceso mediante el cual progresa la reacción con la mezcla comburente – oxígeno y da origen a la propagación del incendio en el espacio y el tiempo (Matheu Aguilar, 2014).

2.2.9. Metralla

En el libro de Incendios, Explosiones y Explosivos, su autor menciona que la metralla se presenta cuando los recipientes, contenedores o muros, los cuales impiden la propagación de la onda expansiva, llegan a su límite de elasticidad, desencadenan en fallas, las mismas que generan una ruptura en pedazos irregulares, siendo estos proyectados a altas velocidades y grandes distancias (Saldaña Nolasco, 2016)

2.2.9.1. Daños por metralla

El autor Mario Saldaña argumenta en su libro que los impactos de metralla o daños por metralla son todo elemento que sale disparado en forma de proyectil y el cual puede impactarse en muros, muebles y seres vivos (Saldaña Nolasco, 2016).

2.3. Gas licuado

En la norma INEN 2143 se menciona que “es el gas que mediante presión se encuentra en estado líquido, pero que será completamente vaporizado cuando se encuentre a la presión atmosférica normal” (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2005, p. 2).

2.3.1. Gas licuado de petróleo

En la publicación realizada por la Asociación Colombiana de GLP, lo define como un combustible proveniente de la mezcla de dos hidrocarburos principalmente el propano y butano y otros de menor proporción. El mismo que se obtiene de la refinación del crudo del petróleo o del proceso de separación del crudo o gas natural en los pozos de extracción (GasNova, 2021).

En el aporte de la Asociación Colombiana de GLP, se determinan como características fundamentales de este combustible el ser incoloro e inodoro. Se le añade un agente fuertemente “odorizante” para detectar con facilidad cualquier fuga. En condiciones normales de temperatura,

el GLP es un gas. Cuando se somete a presiones moderadas o se enfría, se transforma en líquido. En estado líquido, se transporta y almacena con facilidad. Una vez enfriado o presurizado, el GLP suele almacenarse en contenedores de acero o aluminio. El GLP es un combustible verde, versátil, moderno y de múltiples usos con potencial para ampliar la canasta energética del país (GasNova, 2021).

2.3.2. Uso de GLP

La Asociación Colombiana de GLP manifiesta que actualmente este combustible se emplea en una variedad de campos, tales como el sector terciario, la industria, el transporte, la agricultura, la generación de energía, o para cocinar, como combustible de calefacción y en aplicaciones recreativas. Cabe recalcar que esto se debe a que su distribución es en cilindros o como tanques a granel (GasNova, 2021).

2.3.3. Importancia de GLP en la actividad alimentaria

En la publicación realizada por la Asociación Colombiana de GLP, se argumenta que este combustible se emplea de manera extensiva en hoteles y restaurantes, dado que el GLP provee un suministro de energía fiable y polivalente, de ahí que es el preferido por muchos cocineros, puesto que proporciona calor inmediato desde el instante mismo del encendido, sin necesidad de un periodo de calentamiento, cabe recalcar que el GLP tiene una combustión muy eficiente (GasNova, 2021).

2.4. Procedimiento para determinar las zonas de intervención y alerta

En la Figura 6 se muestran los pasos o etapas que se consideraron para desarrollar el trabajo de investigación.

Figura 6. Flujograma para determinar las zonas de intervención y alerta

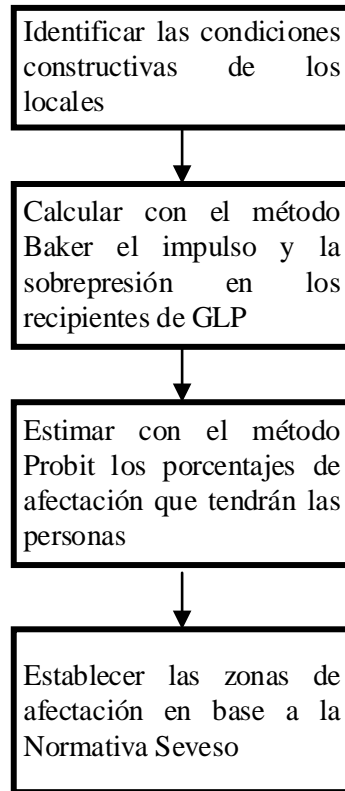


Figura 6. Descripción de las actividades y metodologías empleadas con la que se realizaron los cálculos para determinar las zonas de intervención y alerta. Adaptado de Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas de Seveso) por F. Díaz, 2006. Elaboración propia.

2.5. Metodología Baker

En el trabajo titulado “Aplicación informática para el cálculo de la sobrepresión e impulso en explosiones de recipientes industriales” el autor destaca en su informe que este método se encarga del estudio de las explosiones de recipientes a presión y las explosiones BLEVE. Utilizado para calcular los parámetros característicos de la onda de presión (sobrepresión, impulso y estimación del alcance) generados en la explosión del recipiente (Ramírez Grey, 2019).

Para este estudio se deben considerar el grupo de variables como, por ejemplo:

- El estado en el que se encuentra el fluido (gas, líquido- vapor)
- Consideraciones de recipientes que se encuentran elevados del suelo y esféricos
- Factores de corrección para depósitos cilíndricos
- Valores de energía liberada.

2.5.1. BLEVE

En el trabajo realizado por Víctor Ramírez, se indica que una BLEVE tiene relación directa con la explosión de un recipiente que almacena algún tipo de líquido que se encuentra por encima de su punto de ebullición normal. Tras la rotura del recipiente, este líquido se vaporiza súbitamente, y gran parte de la sustancia pasa a estado gaseoso, propagando el líquido en ebullición y originando una onda de presión, sus siglas se originan del inglés Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (Ramírez Grey, 2019).

2.5.2. Recipiente sujeto a presión

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2002, se establece como recipiente sujeto a presión al aparato construido para manejar fluidos a presión diferente a la atmosférica, esta presión puede ser originada por fuentes externas o mediante la aplicación de calor desde una fuente, ya sea de manera directa, indirecta o la combinación de ambas (“Recipientes Sujetos a Presion y Calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad”, 2021)

2.5.3. La onda de presión

El autor Humberto Matheu, menciona en su trabajo de titulación que una onda de presión es el efecto más relevante de una explosión, debido al cambio brusco en la presión en el aire circulante y se expande en forma de onda en todas las direcciones en el ambiente. Tanto la forma y la magnitud de esta onda depende fundamentalmente del tipo de explosión, del entorno cercano y de la distancia al origen del suceso (Matheu Aguilar, 2014).

2.5.4. Etapas de la Metodología Baker

En la Figura 7 se exponen las etapas definidas para emplear la metodología Baker.

Figura 7. Etapas de la Metodología Baker

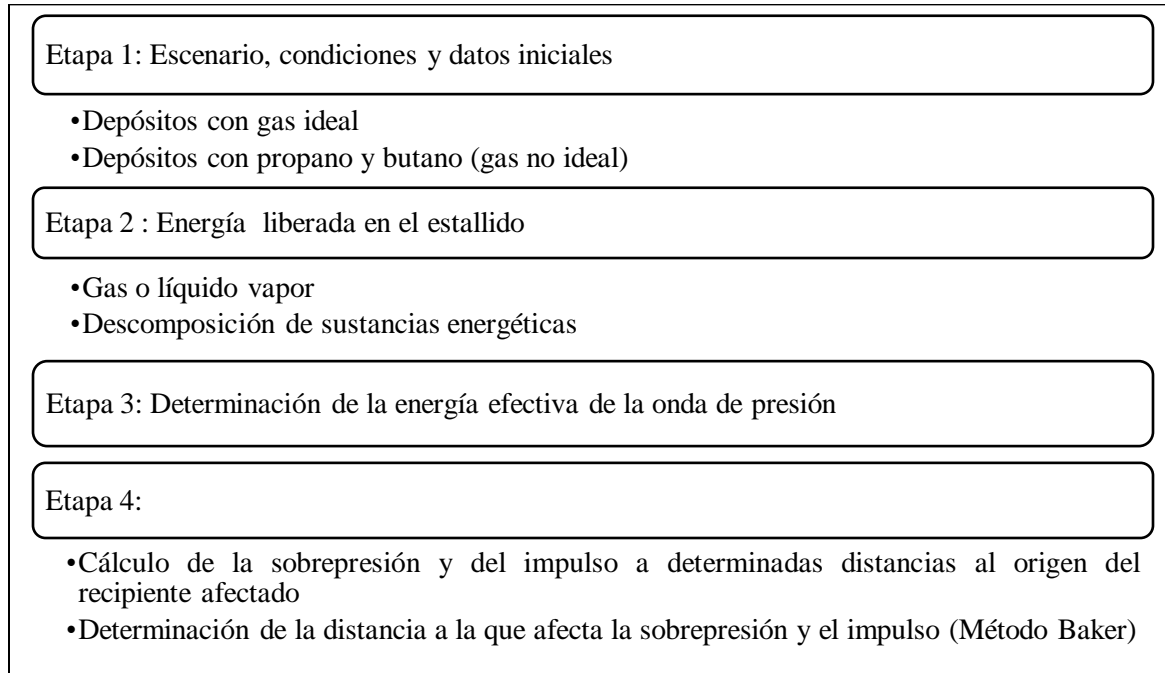


Figura 7. En la figura se muestran las etapas a seguir con sus respectivos casos de aplicación con la finalidad de calcular los valores establecidos en el método Baker. Tomado de Determinación de riesgo de accidente mayor y de su influencia en las áreas de alerta y seguridad de la empresa Agrocueros S.A. por H. Matheu, 2014. Elaboración propia.

2.5.5. Ecuaciones para el cálculo del Método Baker

Cualquier tipo de explosión tiene la particularidad de que se da una súbita liberación de energía y para definir los valores de sobrepresión e impulso mecánico requeridos en esta metodología se emplean fórmulas establecidas por la termodinámica y que se muestra en la Tabla 1 (Matheu Aguilar, 2014).

Tabla 1*Fórmulas del método Baker*

Nombre de ecuación	Fórmula
Energía interna general	$u = h - p * v \left(\frac{J}{kg} \right) \quad (1)$
Energía interna – Fase líquido	$u_{1 liq} = h_{1 liq} - P_1 * v_{1 liq} \left(\frac{J}{kg} \right) \quad (2)$
Energía interna – Fase vapor	$u_{1 vap} = h_{1 vap} - P_1 * v_{1 vap} \left(\frac{J}{kg} \right) \quad (3)$
Energía interna para fase líquida y vapor	$u_2 = (1 - X)h_{2liq} + Xh_{2vap} - (1 - X)P_0v_{2liq} - XP_0v_{2vap} \quad (4)$
Fracción de vapor	$X_{liq} = \frac{S_{1liq} - S_{2liq}}{S_{2vap} - S_{2liq}} \quad (5)$
Masa del líquido en el recipiente	$m_{1liq} = \frac{0,995 * V}{v_{1liq}} \quad (6)$
Energía total liberada	$E_{av} = (m_{1liq} * u_{1liq} + m_{1vap} * u_{1vap}) - (m_{1liq} * u_{2liq} + m_{1vap} * u_{2vap}) J \quad (7)$
Energía de la onda de presión	$E_{exp} = A_{sb} * E_{av} J \quad (8)$
Distancia escalada	$R' = z \left(\frac{P_0}{E_{exp}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (9)$
Sobrepresión estática	$P_s = P_0 * P'_1 \quad (10)$
Impulso mecánico	$i = \frac{i'_1 * P_0^{\frac{2}{3}} * E_{exp}^{\frac{1}{3}}}{C_0} \quad (11)$

Nota. En la tabla se indica el nombre y el número de referencia para cada ecuación que se va a emplear en el método Baker. Tomado de Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas de Seveso) por F. Díaz, 2006. Elaboración propia.

A continuación, se mencionan los significados de las variables que componen las ecuaciones expuestas en la Tabla 1, las cuales han sido tomadas de las publicaciones de (Cengel & Boles, 2012) y (Díaz Alonso, 2006).

Donde:

$u_{1 liq}$: Energía interna específica en la etapa 1 – fase líquida (J/kg)

$h_{1 liq}$: Entalpía específica en la etapa 1 – fase líquida (J/kg)

P_1 : Presión interna de diseño del recipiente (Pa)

$v_{1 liq}$: Volumen específico en la etapa 1 – fase líquida ($\frac{m^3}{kg}$)

$u_{1 vap}$: Energía interna específica en la etapa 1 – fase vapor (J/kg)

$h_{1 vap}$: Entalpía específica en la etapa 1 – fase vapor (J/kg)

$v_{1 vap}$: Volumen específico en la etapa 1 – fase vapor ($\frac{m^3}{kg}$)

$s_{1 liq}$: Entropía específica en la etapa 1 – fase líquida ($\frac{kJ}{k^\circ K}$)

$s_{1 vap}$: Entropía específica en la etapa 1 – fase vapor ($\frac{kJ}{k^\circ K}$)

$s_{2 liq}$: Entropía específica en la etapa 2 – fase líquida ($\frac{kJ}{k^\circ K}$)

$s_{2 vap}$: Entropía específica en la etapa 2 – fase vapor ($\frac{kJ}{k^\circ K}$)

A_{sb} : Reflexión de la onda contra el suelo

z : distancia desde el recipiente a otro punto (m)

E_{exp} : Energía efectiva de la onda de presión (J)

P_0 : Presión atmosférica del lugar donde se da la explosión (Pa)

P'_1 : sobrepresión escalada (adimensional)

i'_1 : impulso escalado (adimensional)

C_0 : velocidad del sonido ($\frac{m}{s}$)

2.5.6. Recipientes elevados y no elevados

En el trabajo de titulación denominado “Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas de Seveso)”, el autor establece que la Reflexión de la onda contra el suelo (A_{sb}), considera que un recipiente elevado es aquel que se encuentre lo suficientemente lejos del suelo tanto así que el ángulo formado por la línea que une el punto donde se desea determinar los efectos de la explosión y el recipiente es mayor a 15° , en este caso se tendrá como valor la unidad. En cambio, cuando el recipiente está ubicado próximo al suelo se lo cataloga como no elevado y con valor 2 (Díaz Alonso, 2006), lo mencionado está en función de lo expuesto en la Figura 8.

Figura 8. Criterio para diferenciar recipientes elevados y no elevados.

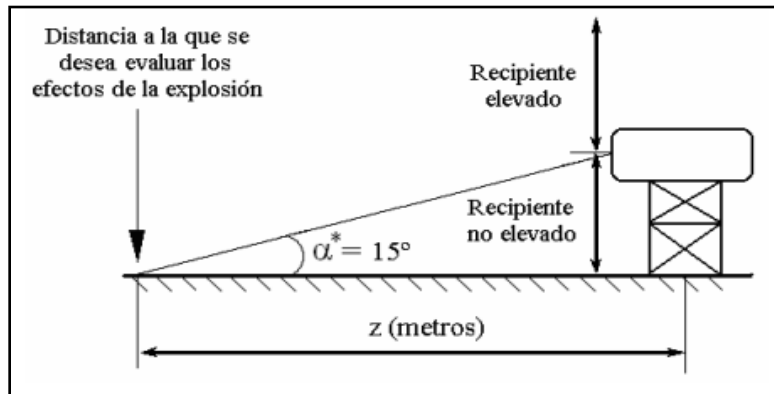


Figura 8. Tomado de Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas de Seveso), por F. Díaz, 2006, p. 231.

2.5.7. Ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado

El autor Fernando Díaz Alonso menciona en su trabajo de titulación que el ajuste se realiza considerando la geometría y ubicación de los recipientes, para escenarios en donde los recipientes se han cilíndricos y estén situados cerca del suelo, la onda de presión generada por la explosión bajo estas condiciones es asimétrica y generalmente más débil en la dirección del eje del cilindro, debido a esto los resultados de la sobrepresión e impulso escalado deberán ser multiplicados por los factores de ajuste que se indican en las Tablas 2 y 3 (Díaz Alonso, 2006).

Tabla 2

Factores de ajuste para establecer la sobrepresión escalada P' e impulso escalado i' en recipientes cilíndricos

R'	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

Nota. Tomado de Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas de Seveso), por F. Díaz, 2006, p. 240.

Tabla 3

Factores de ajuste para establecer la sobrepresión escalada P' e impulso escalado i' en recipientes próximas al suelo

R'	Para P'	Para i'
< 1	2	1.6
≥ 1	1.1	1

Nota. Tomado de Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas de Seveso), por F. Díaz, 2006, p. 240.

2.6. Método Probit

En este método se parte de una manifestación física de un incidente (por ejemplo, la concentración tóxica y tiempo de exposición en una cierta área geográfica) y nos da como resultado una previsión de los daños a las personas expuestas al incidente (es decir, número de heridos, número de víctimas, etc.) (Turmo Sierra, 2013, p. 2).

Además, el autor Humberto Matheu aporta que esta metodología requiere asociar la probabilidad de que suceda un daño, en las denominadas unidades Probit cuyos valores oscilan desde 2,67 hasta 8,09 y al referirse a porcentajes equivalen del 1% al 99,9% respectivamente (Matheu Aguilar, 2014).

Para el método Probit se emplea la siguiente fórmula:

$$Pr = a + b * \ln(V) \quad (12)$$

Donde:

Pr = PROBIT o función de probabilidad de daño sobre la población expuesta.

a = constante dependiente del tipo de lesión y tipo de carga de explosión.

b = constante dependiente del tipo de carga de explosión.

V = variable que representa la carga de explosión

2.6.1. Número Probit

El autor Humberto Matheu menciona que un número Probit superior a 8,09 corresponde a un porcentaje del 100%. Debido a que el número Probit se obtiene como resultado de la aplicación de las fórmulas que el método propone para realizar el análisis de cada consecuencia y sintetiza las principales ecuaciones Probit (Matheu Aguilar, 2014).

2.6.2. Ecuaciones Probit para vulnerabilidad a explosiones

Las ecuaciones Probit predicen los efectos que puede provocar la sobrepresión, el impulso y los fragmentos generados por el estallido sobre las personas y las estructuras (Turmo Sierra, 2013).

Tabla 4

Ecuaciones Probit para explosiones

Efecto	Ecuación
Muerte por lesiones pulmonares	$Y = -77,1 + 6,91 * \ln P_s$ (13)
Rotura de tímpano	$Y = -15,6 + 1,93 * \ln P_s$ (14)
	$Y = 5 - 0,26 * \ln S$ (15)
Daños menores	$S = \left(\frac{4.600}{P_s}\right)^{3,9} + \left(\frac{110}{i}\right)^5$ (16)
	$Y = 5 - 0,26 * \ln S$ (17)
Daños mayores	$S = \left(\frac{17.500}{P_s}\right)^{8,4} + \left(\frac{290}{i}\right)^{9,3}$ (18)
	$Y = 5 - 0,22 * \ln S$ (19)
Colapso de edificios	$S = \left(\frac{40.000}{P_s}\right)^{7,4} + \left(\frac{460}{i}\right)^{11,3}$ (20)
Rotura de vidrios	$Y = -18,1 + 2,79 * \ln P_s$ (21)

Nota. Y= Número Probit en base a la P_s y S, S= Constante en función de P_s o i , P_s = Sobrepresión estática (Pa), i = Impulso mecánico (Pa.s). Tomado de Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas de Seveso), por F. Díaz, 2006, p. 51.

2.7. Directiva Seveso

En el trabajo de titulación denominado “Identificación, Evaluación y Control de Riesgos y Plan de Emergencia para el tanque estacionario de GLP de la Escuela de Gastronomía de la ESPOCH, aplicando la Normativa Seveso y método PROBIT”, sus autores mencionan las acciones establecidas por la Directiva que rigen para las industrias que trabajen con sustancias

calificadas como peligrosas (González Cárdenas & Vela Barba, 2019); las cuales se detallan en la Figura 9.

Figura 9. Etapas consideradas por la Directiva Seveso

Directiva Seveso	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

Figura 9. En la figura se detallan los pasos a seguir definidos por la directiva Seveso para empresas que para desarrollar sus actividades utilizan sustancias catalogadas como peligrosas. Tomado de Identificación, Evaluación y Control de Riesgos y Plan de Emergencia para el tanque estacionario de GLP de la Escuela de Gastronomía de la ESPOCH, aplicando la Normativa Seveso y método PROBIT por S. González y X. Vela, 2019. Elaboración propia.

2.7.1. Normativa SEVESO

En el informe realizado por Santiago González y Xavier Vela , establecen que la Normativa Seveso fue implementada para aprobar las medidas de control de los riesgos inherentes a los sucesos graves relacionados a sustancias peligrosas, en la que se incorporó la última modificación europea plasmada en la Directiva Seveso III y para traspasar algunas obligaciones a juicio de la Comisión Europea, debido a que no se contaba con la protección adecuada de las personas y el medio ambiente en relación a los planes de emergencia para la prevención y control de accidentes (González Cárdenas & Vela Barba, 2019).

2.7.2. Zona de Intervención

Según el decreto Real 1196/2003 del Ministerio del Interior, la zona de intervención es aquella área en donde son visibles las consecuencias de los accidentes produciendo un alto nivel de daños tanto en las personas como en las estructuras con el fin de aplicar de manera inmediata

las medidas de protección respectivas (Acebes, 2003). Además, en la norma SEVESO se considera que la zona de intervención es la que soporta hasta 12,500 Pa de sobrepresión y 15,000 Pa*s de impulso mecánico.

2.7.3. Zona de alerta

De acuerdo con se establece que la zona de alerta es aquella que inicia donde culmina la zona de intervención, en la que los resultados de un accidente generan efectos visibles para la población, pero no justifican la intervención salvo el caso de los grupos vulnerables (Acebes, 2003) . Los valores límites para la zona de alerta con respecto a la sobrepresión es de 5,000 Pa y para el impulso es de 10.000 Pa*s.

2.8. Definiciones generales de termodinámica

2.8.1. Energía

Según el libro “Mecánica de Materiales” sus autores mencionan que la energía es la magnitud usada para medir todo tipo de energía (calor, trabajo, etc.). Considerando que tanto la energía como el trabajo son la misma magnitud además que la energía deriva de la fuerza aplicada por la distancia recorrida (Beer, DeWolf, & Mazurek, 2007).

2.8.2. Oxígeno

El autor Humberto Matheu, en su trabajo de titulación menciona que en toda mezcla gaseosa en la que el oxígeno está presente en cantidades suficientes se podría efectuar una combustión (Matheu Aguilar, 2014), en donde el comburente normalmente es el aire, en el cual se contiene aproximadamente entre un 17 a 21% de oxígeno.

2.8.3. Tipos de presiones

En la Tabla 5 se indican las características e unidad de medida de los diferentes tipos de presiones.

Tabla 5

Tipos de presión

Término	Características	Instrumento de medición	Unidad de Medida
Presión	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerza ejercida por unidad de superficie. • Su valor puede reducirse mediante reguladores. • Su valor puede aumentarse mediante bombas y compresores. 	Manómetro	Pascal
Presión atmosférica	<ul style="list-style-type: none"> • Es la presión ejercida por la atmósfera de la tierra. • Sus valores disminuyen en función de la altura del sitio. 	Barómetro	Pascal
Presión manométrica	<ul style="list-style-type: none"> • Esta presión normalmente es superior a la presión atmosférica • Si el valor absoluto de la presión es constante y la presión atmosférica aumenta, la presión manométrica disminuye. 	Manómetro	Pascal
Presión Absoluta	<ul style="list-style-type: none"> • La presión puede obtenerse adicionando el valor real de la presión atmosférica a la lectura del manómetro 	Manómetro	Pascal
Presión Relativa	<ul style="list-style-type: none"> • Se refiere a la presión contando desde la presión atmosférica • Cuando el manómetro marca cero la presión es de una atmosfera 	Manómetro	Pascal

Nota. Tomado de Termodinámica Séptima Edición por Y. Cengel y M. Boles, 2012. Elaboración propia.

2.8.4. Combustible

Según el libro “Incendios, Explosiones y Explosivos”, el autor indica que combustible es todo material o sustancia que es capaz de incendiar y de acuerdo con su naturaleza se pueden encontrar en estado sólido (madera, papel y plástico), líquido (gasolina, thinner, petróleo) y gaseoso (Metano, Propano, GLP) (Saldaña Nolasco, 2016).

2.8.5. Impulso mecánico

Según el libro “Mecánica de Materiales” sus autores determinan que el impulso de una fuerza es igual al cambio en el momento de equilibrio de una partícula (Beer et al., 2007).

2.8.6. Entalpía

En el libro de “Termodinámica” se especifica que la entalpía se mide en julios y es la cantidad de energía de un sistema termodinámico que puede intercambiar en su ambiente (Cengel & Boles, 2012).

2.8.7. Entropía

Los autores Yunus Cengel y Michael Boles mencionan que la entropía en termodinámica es un sinónimo de desorden, por lo que, al referirse a un aumento en la entropía en un sistema, significa que incremento el desorden entre los elementos de un sistema. Se habla de entropía cuando existe variación de un estado debido a la presión o la temperatura o la combinación de ambas (Cengel & Boles, 2012).

2.9. Interpolación

Según la publicación realizada por la Universidad Nacional Autónoma de México, menciona que al interpolar se tiene el objetivo de estimar un valor desconocido en algún punto de

la función por lo cual se hace el cálculo basado en valores conocidos de la función y para lo cual se emplea la siguiente ecuación (UNAM, 2021) .

$$y = y_o + \frac{y_1 - y_o}{x_1 - x_o} (x - x_o) \quad (22)$$

2.10. Factor de conversión

La compañía IBM establece que el método de conversión que considera un valor numérico o la proporción y en base a multiplicar se obtiene su equivalente en función otra unidad de medida (IBM Control Desk, 2020).

Tabla 6

Factores de conversión

Magnitud	Sistema Ingles	SI	Factor
Entalpia especifica	<i>Btu/lb</i>	<i>J/kg</i>	2,326
Volumen especifico	<i>pie³/lb</i>	<i>m³/kg</i>	0.06242
Entropía especifica	<i>Btu/lb°F</i>	<i>kJ/k°K</i>	4.1868

Nota: La tabla indica los factores de conversión y las unidades de media de diferentes magnitudes que se emplea para transformar los datos del Sistema Inglés al Sistema Internacional (SI). Tomado de Termodinámica Séptima Edición por Y. Cengel y M. Boles, 2012. Elaboración propia.

2.11. Plan de prevención

Según el trabajo de titulación denominado “Elaboración e implementación de un plan de prevención de riesgos para la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH”, los autores afirman que este tipo de plan facilita la identificación de los riesgos a los que está expuesto una empresa o institución y en base a esta información establecer las acciones y actividades preventivas que se llevarán a cabo con el objetivo de minimizar y reducir las futuras consecuencias negativas tanto para las personas como para la infraestructura de la empresa (Tubón, 2014).

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

La investigación a realizar es explicativa, su objetivo es responder a la causa de eventos y fenómenos físicos o sociales buscando explicar por qué ocurre un fenómeno (Hernández, 2014), dado que se determinó las zonas de afectación en el hipotético escenario de generarse una explosión industrial de GLP en los locales de expendio de alimentos de la EP-EMMPA y considerando las áreas en las que se sitúan estos giros de negocio se propuso un plan de prevención.

Los datos obtenidos están relacionados con la identificación de las áreas asignadas por la empresa para los locales de expendio de alimentos, en base a esto se establecerán los valores de la sobrepresión e impulso mecánico, los mismos que se obtuvieron de las tablas de propiedades termodinámicas del propano, para lo cual se realizaron interpolaciones y conversiones dado que los datos que se utilizaba se encontraban expresados en unidades del sistema inglés y en la investigación las fórmulas empleadas están en el sistema internacional (SI) , esta información fue analizada de forma cuantitativa en base al método Baker, utilizando el método inductivo se precisó en función a la recolección de datos las zonas que resultaran perjudicadas, esta investigación se llevó a cabo en el año en curso durante un lapso de 6 meses.

3.2. Diseño de la investigación

Para el desarrollo de la investigación se seleccionó el diseño no experimental transversal, el cual se emplea en estudios donde la recopilación de datos se da en un único momento y se trata de observar a los fenómenos en su contexto natural (Hernández, 2014), puesto que se inicia con la recolección de datos y empleando metodologías se establecieron las zonas de afectación por explosión industrial de GLP, en base a esto se propuso un plan de prevención para las áreas en las que se localizan los locales de expendio de alimentos.

3.3. Unidad de análisis

Instalaciones de la Empresa Pública Municipal Mercado de Productores Agrícolas “San Pedro de Riobamba” (EP-EMMPA).

3.4. Población de Estudio

La población de estudio está constituida por los 36 locales de la EP-EMMPA que utilizan GLP para el expendio de alimento.

3.5. Tamaño de la muestra

En este trabajo de investigación dado que se cuenta con un reducido número de locales que utilizan GLP no se emplea una muestra y por ende se trabaja con la totalidad de la población de estudio.

3.6. Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos que se aplicó en la investigación abarca las estrategias metodológicas necesarias para alcanzar los objetivos establecidos, generalmente cuantitativo.

Hoja de recolección de datos

Se empleó una Hoja de Registro que permitió establecer a detalle las condiciones constructivas de los locales, así como también determinar el total de recipientes de GLP que se encuentran en el lugar.

Observación de campo

En este trabajo se utilizó como técnica de recolección de datos la observación de campo ya que se acudió a las instalaciones de la EP-EMMPA con la finalidad de obtener datos e información de manera directa (fotografías).

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cálculo de parámetros de acuerdo con el Método Baker

4.1.1. Etapa 1. Escenario, condiciones y datos de partida

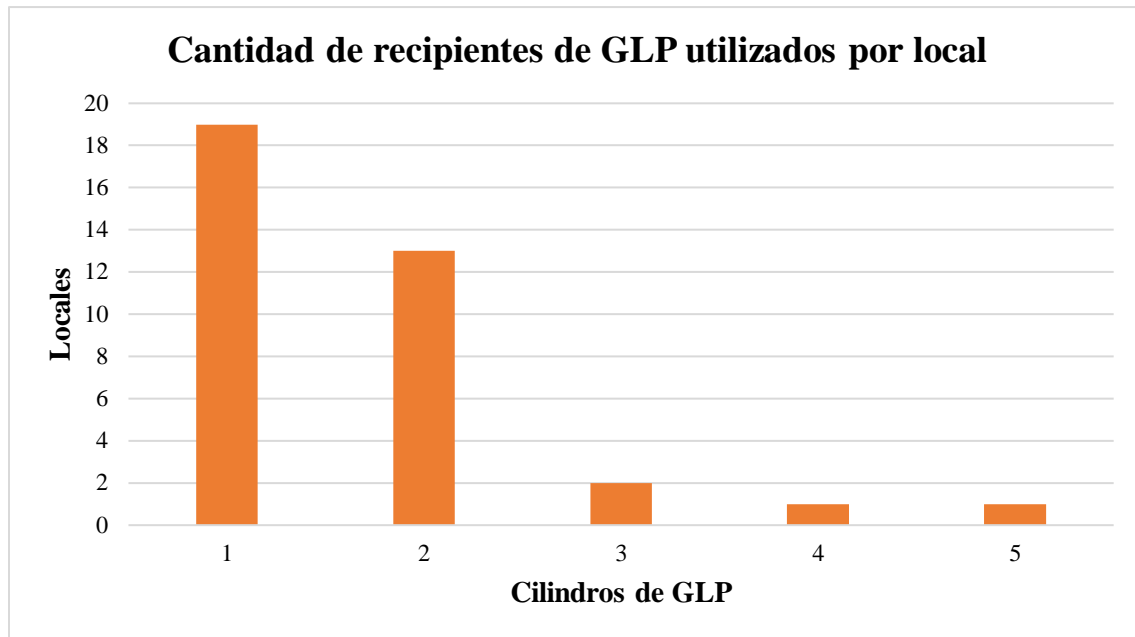
A través de hojas de registro (ver Anexo 1) se identificaron los espacios asignados por la EP-EMMPA para los locales de expendio de alimentos que utilizan como elemento complementario para el desarrollo de las actividades comerciales recipientes de GLP de 15 kg. Los mismos se encuentran ubicados en el Centro Comercial, Negocios Laterales 2, Negocios Laterales 3 y Nave de Mariscos.

En el centro comercial los locales tienen columnas de cemento y las paredes son de ladrillo y bloque, los mismos están recubiertos con baldosa, para el área de Negocios Laterales 2 los locales tienen estructuras metálicas, una cubierta Galvalume y las paredes son de ladrillos y bloque, las características constructivas mencionadas son similares para el caso de Negocios Laterales 3. En cambio, los locales ubicados en la Nave de Mariscos están constituidos por perfiles estructurales de dimensiones bajas, tiene una cubierta de malla electrosoldada, las paredes son de bloque y tiene ventanales con divisiones de aluminio.

Además, se determinó que en la institución se utilizan en total 60 recipientes de GLP de 15 kg, pero los mismos están repartidos entre todos los locales que expenden alimentos; cabe mencionar que en su mayoría existen locales que utilizan un recipiente de GLP, sin embargo, hay negocios que utilizan hasta cinco cilindros, como se muestra en la Figura 10. Debido a esto el análisis se realiza para los escenarios de uno, dos, tres, cuatro y cinco recipientes de GLP.

Figura 10

Cantidad de recipientes de GLP por local



Nota. En la figura se indica la cantidad de locales de expendio de alimentos y el respectivo número de cilindros de GLP que utilizan. Elaboración propia.

Almacenar GLP se consideró como un sistema no ideal debido a que el fluido es un sistema líquido – vapor a presión superior a la atmosférica, por consiguiente, se definieron dos etapas; cuando el GLP se encuentra en el interior del recipiente es la Etapa 1 y las condiciones del medio ambiente se denominó Etapa 2.

4.1.1.1. Condiciones con el GLP en estado líquido o Etapa 1

En la publicación de (Sanchez, 2020) se establece que en la producción nacional de GLP el porcentaje utilizado de propano es 70% y de butano 30%. Además, en el Boletín Meteorológico del mes de Enero del 2022 publicado por el INAMHI se indica que la temperatura ambiente media en el cantón Riobamba es de 22.4 °C (Tiupul & Arévalo, 2022), en base a esta información y empleando el Diagrama de tensión de vapor Butano-Propano para diversas temperaturas (ver

Anexo 2) expuesta en la publicación de (Lorenzo Becco, 1989) se determinó que la presión interna en el cilindro de GLP de 15 kg es de 8.8 kg/cm^2 o 125.2 PSI en unidades del Sistema Inglés.

Volumen de los recipientes

La capacidad de un cilindro de GLP de 15 kg es de 36.5 dm^3 o 0.0365 m^3 según lo establecido por la norma INEN 111 publicado por el (Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2005).

4.1.1.2. Condiciones con el GLP en estado gaseoso o Etapa 2

El valor de presión que se consideró para la Etapa 2 es 544.3 mmHg o 10.53 PSI en unidades del Sistema Inglés, el dato mencionado ha sido tomado del Anuario Climatológico 2021 publicado por el INAMHI (Tiupul & Arévalo, 2021), este número hace referencia a la presión atmosférica de la ciudad de Riobamba, localidad donde se sitúa la EP-EMMPA, lugar en el que se realizó la investigación.

4.1.2. Cálculo de la entalpia específica y volumen específico para la Etapa 1

Para efectuar los cálculos de la entalpia específica y del volumen específico se consideró el valor de la presión del recipiente de GLP de 15 kg, el mismo se utilizó en las tablas de propiedades termodinámicas del gas propano (ver Anexo 3), adicionalmente en función a los resultados obtenidos se determinó el valor de la energía interna para cada fase (liquida y vapor) como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7*Cálculo de entalpía y volumen específico para la Etapa 1*

Fase	Magnitud	Unidad de medida	Presión Cilindro (Psi)	Dato x_0	Dato x_1	Dato y_0	Dato y_1	Dato y	Conversión S.I	Energía Interna (J/kg)
Líquida	Entalpía Especifica	(J/kg)	125.2	124	133.2	147.5	150.3	147.87	343,934.50	342,207.75
	Volumen Especifico	m^3/kg)	125.2	124	133.2	0.03201	0.03229	0.0320	0.0020	
Vapor	Entalpía Especifica	(J/kg)	125.2	124	133.2	295.8	296.9	295.94	688,364.53	641,193.99
	Volumen Especifico	m^3/kg)	125.2	124	133.2	0.883	0.825	0.8754	0.0546	

Nota. Los valores considerados como Dato x_0 , x_1 , y_0 , y_1 han sido tomados del Anexo 3, para determinar el valor del Dato y se empleó la ecuación 22, con los resultados obtenidos y utilizan las ecuaciones 2 y 3 se obtiene el valor de la energía interna para cada fase, los resultados están expresados en unidades del sistema internacional ya que se efectuaron conversiones. Elaboración propia.

Una vez efectuados los cálculos antes mencionados, se obtuvieron los siguientes resultados, para la Fase Líquida – Etapa 1 el valor de la energía interna es 342,207.75 (J/kg) y para la Fase Vapor – Etapa 1 la energía interna es 641,193.99 (J/kg), estos valores se emplean para los cinco escenarios que se analizan.

4.1.3. Cálculo de la entropía específica para la Etapa 1

Para efectuar los cálculos mencionados se utilizaron los valores expuestos en el Anexo 3 y el dato de la presión del recipiente de GLP, en base a esto y empleando la ecuación 22 se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8*Cálculo de la entropía específica para la Etapa 1*

Fase	Magnitud	Unidad de Medida	Presión Cilindro (Psi)	Dato x_0	Dato x_1	Dato y_0	Dato y_1	Dato y	Conversión S. I
Líquida	Entropía Especifica	(kJ/k°K)	125.2	124	133.2	0.321	0.327	0.32178261	1.3472
Vapor	Entropía Especifica	(kJ/k°K)	125.2	124	133.2	0.594	0.594	0.594	2.4870

Nota. Los valores considerados como Dato x_0, x_1, y_0, y_1 han sido tomados del Anexo 3, para determinar el valor del Dato y se empleó la ecuación 22, los resultados obtenidos están expresados en unidades del sistema internacional dada que se realizaron conversiones. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos se emplean en la Tabla 9 para determinar los valores de la fracción de vapor o calidad X para las fases líquida y vapor de la Etapa 2, los mismos permiten establecer los valores de la energía interna para la siguiente etapa.

4.1.4. Cálculo de la entalpia específica y volumen específico para la Etapa 2

Para efectuar el cálculo de las magnitudes termodinámicas referidas anteriormente se utilizó el valor de presión del tanque de GLP de 15 kg, el mismo que permitió establecer en base a los datos expuestos en el Anexo 3 y la ecuación 1 los valores de la energía interna para las fases líquido y vapor.

Tabla 9*Cálculo de entalpía y volumen específico para la Etapa 2*

Fase	Magnitud	Unidad de Medida	Presión Lugar (Psi)	Dato x_0	Dato x_1	Dato y_0	Dato y_1	Dato y	Conversión SI	Energía Interna (J/kg)
Líquida	Entropía Especifica	(kJ/k°K)	10.53	9.72	11.1	0.16	0.167	0.16411	0.68709	310,135.01
	Calidad X	-				0.34649				
	Entalpía Especifica	(J/kg)	10.53	9.72	11.1	74	77	75.7608696	176,219.78	
	Volumen Especifico	m ³ /kg)	10.53	9.72	11.1	0.02703	0.02717	0.02711217	0.001692	
Vapor	Entropía Especifica	(kJ/k°K)	10.53	9.72	11.1	0.618	0.62	0.61917391	2.59236	541,546.16
	Calidad X	-				0.94468				
	Entalpía Especifica	(J/kg)	10.53	9.72	11.1	259.5	261	260.380435	605,644.89	
	Volumen Especifico	m ³ /kg)	10.53	9.72	11.1	8.7	9.93	9.42195652	0.58812	

Nota. Para determinar los valores de la Calidad X se consideró los resultados de la Tabla 8, no tiene unidad de medida debido a que es un valor adimensional, los valores considerados como Dato x_0 , x_1 , y_0 , y_1 han sido tomados del Anexo 3, para determinar el valor del Dato y se empleó la ecuación 22, con los resultados obtenidos y utiliza la ecuación 4 se obtiene el valor de la energía interna para cada fase, los resultados están expresados en unidades del sistema internacional ya que se efectuaron conversiones. Elaboración propia.

Para la Etapa 2 el resultado de la energía interna en la fase líquida es 310,135.01 (J/kg) y para la fase vapor el valor de la energía interna es 541,546.16 (J/kg), estos datos se emplean para los cinco escenarios que se analizan.

4.1.5. Cálculo de masa de líquido y vapor en el recipiente de GLP

Para efectuar el cálculo de masa para la Etapa 1 – Fase líquido, se establece un porcentaje semejante a la cantidad de líquido y vapor que se encuentra en un cilindro de 15 kg.

El porcentaje de líquido en el envase es de 99.5%, valor tomado de la publicación de (Matheu Aguilar, 2014), entonces se podría decir que la masa en el cilindro de GLP casi en su totalidad es líquido. Como se expuso anteriormente en los locales que expenden alimentos se utilizan diferentes cantidades de cilindros, en base a esto los cálculos se realizan considerando dichos escenarios.

En la Tabla 10 se indican los valores de masa de líquido y vapor para un recipiente de GLP.

Tabla 10

Masa de líquido y vapor en un recipiente de GLP

Fase	Volumen (m^3)	%	Etapa 1 Volumen específico	Masa de líquido (kg)	Masa de vapor (kg)
Líquido	0.0365	0.995	0.0020	18.1556	0.0033
Vapor	0.0365	0.005	0.0546		

Nota. Los valores del volumen específico expuestos en la tabla han sido tomados de la Tabla 7, adicionalmente se empleó la ecuación 6 para determinar el valor de la masa de líquido y en cambio para la masa de vapor se cambió el valor de 0.995 por 0.005 en la fórmula mencionada. % = porcentaje de líquido o vapor en el recipiente. Elaboración propia.

En la Tabla 11 se muestran los valores de masa de líquido y vapor considerando el escenario de dos recipientes de GLP.

Tabla 11*Masa de líquido y vapor en dos recipientes de GLP*

Fase	Volumen (m³)	%	Etapa 1 Volumen específico	Masa de líquido (kg)	Masa de vapor (kg)
Líquido	0.0730	0.995	0.0020	36.3113	0.0067
Vapor	0.0730	0.005	0.0546		

Nota. Los valores del volumen específico expuestos en la tabla han sido tomados de la Tabla 7, adicionalmente se empleó la ecuación 6 para determinar el valor de la masa de líquido y en cambio para la masa de vapor se cambió el valor de 0.995 por 0.005 en la fórmula mencionada. Para establecer el valor del volumen se multiplicó el valor del volumen de un cilindro, establecido en el inciso 4.1.1.1, por una cantidad de cilindros en este caso por 2. % = porcentaje de líquido o vapor en el recipiente. Elaboración propia.

En la Tabla 12 se indican los valores de masa de líquido y vapor para tres recipientes de GLP.

Tabla 12*Masa de líquido y vapor en tres recipientes de GLP*

Fase	Volumen (m³)	%	Etapa 1 Volumen específico	Masa de líquido (kg)	Masa de vapor (kg)
Líquido	0.1095	0.995	0.0020	54.4669	0.0100
Vapor	0.1095	0.005	0.0546		

Nota. Los valores del volumen específico expuestos en la tabla han sido tomados de la Tabla 7, adicionalmente se empleó la ecuación 6 para determinar el valor de la masa de líquido y en cambio para la masa de vapor se cambió el valor de 0.995 por 0.005 en la fórmula mencionada. Para establecer el valor del volumen se multiplicó el valor del volumen de un cilindro, establecido en el inciso 4.1.1.1, por una cantidad de cilindros en este caso por 3. % = porcentaje de líquido o vapor en el recipiente. Elaboración propia.

En la Tabla 13 se muestran los valores de masa de líquido y vapor considerando el escenario de cuatro recipientes de GLP.

Tabla 13*Masa de líquido y vapor en cuatro recipientes de GLP*

Fase	Volumen (m³)	%	Etapa 1 Volumen específico	Masa de líquido (kg)	Masa de vapor (kg)
Líquido	0.1460	0.995	0.0020	72.6225	0.0134
Vapor	0.1460	0.005	0.0546		

Nota. Los valores del volumen específico expuestos en la tabla han sido tomados de la Tabla 7, adicionalmente se empleó la ecuación 6 para determinar el valor de la masa de líquido y en cambio para la masa de vapor se cambió el valor de 0.995 por 0.005 en la fórmula mencionada. Para establecer el valor del volumen se multiplicó el valor del volumen de un cilindro, establecido en el inciso 4.1.1.1, por una cantidad de cilindros en este caso por 4. % = porcentaje de líquido o vapor en el recipiente. Elaboración propia.

En la Tabla 14 se indican los valores de masa de líquido y vapor para el caso de cinco recipientes de GLP.

Tabla 14*Masa de líquido y vapor en cinco recipientes de GLP*

Fase	Volumen (m³)	%	Etapa 1 Volumen específico	Masa de líquido (kg)	Masa de vapor (kg)
Líquido	0.1825	0.995	0.0020	90.7781	0.0167
Vapor	0.1825	0.005	0.0546		

Nota. Los valores del volumen específico expuestos en la tabla han sido tomados de la Tabla 7, adicionalmente se empleó la ecuación 6 para determinar el valor de la masa de líquido y en cambio para la masa de vapor se cambió el valor de 0.995 por 0.005 en la fórmula mencionada. Para establecer el valor del volumen se multiplicó el valor del volumen de un cilindro, establecido en el inciso 4.1.1.1, por una cantidad de cilindros en este caso por 5. % = porcentaje de líquido o vapor en el recipiente. Elaboración propia.

4.1.6. Cálculo de la Energía Total Liberada

Para efectuar el cálculo de la energía total liberada para el escenario de un cilindro se empleó en la ecuación 7 los resultados obtenidos en las Tabla 7, Tabla 9 y Tabla 10.

Tabla 15*Cálculo de la energía total liberada con un cilindro*

$m_{1\ liq}$ (kg)	$u_{1\ liq}$ (J/kg)	$m_{1\ vap}$ (kg)	$u_{1\ vap}$ (J/kg)	$u_{2\ liq}$ (J/kg)	$u_{2\ vap}$ (J/kg)	Energía total liberada (J)
18.1556	342,207.7516	0.0033	641,193.9878	310,135.01	541,546.16	582,633.50

Nota. $m_{1\ liq}$ = Masa de líquido, $u_{1\ liq}$ = Energía interna específica en la etapa 1 – fase líquida, $m_{1\ vap}$ = Masa de vapor, $u_{1\ vap}$ = Energía interna específica en la etapa 1 – fase vapor, $u_{2\ liq}$ = Energía interna específica en la etapa 2 – fase líquida, $u_{2\ vap}$ = Energía interna específica en la etapa 2 – fase vapor. Los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

Para realizar los cálculos de la energía total liberada considerando el caso de dos cilindros se utilizó en la ecuación 7 los resultados expuestos en las Tabla 7, Tabla 9 y Tabla 11.

Tabla 16*Cálculo de la energía total liberada con dos cilindros*

$m_{1\ liq}$ (kg)	$u_{1\ liq}$ (J/kg)	$m_{1\ vap}$ (kg)	$u_{1\ vap}$ (J/kg)	$u_{2\ liq}$ (J/kg)	$u_{2\ vap}$ (J/kg)	Energía total liberada (J)
36.3113	342,207.7516	0.0067	641,193.9878	310,135.01	541,546.16	1,165,267.01

Nota. $m_{1\ liq}$ = Masa de líquido, $u_{1\ liq}$ = Energía interna específica en la etapa 1 – fase líquida, $m_{1\ vap}$ = Masa de vapor, $u_{1\ vap}$ = Energía interna específica en la etapa 1 – fase vapor, $u_{2\ liq}$ = Energía interna específica en la etapa 2 – fase líquida, $u_{2\ vap}$ = Energía interna específica en la etapa 2 – fase vapor. Los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

Para efectuar el cálculo de la energía total liberada para el escenario de un cilindro se empleó en la ecuación 7 los resultados obtenidos en las Tabla 7, Tabla 9 y Tabla 12.

Tabla 17*Cálculo de la energía total liberada con tres cilindros*

$m_{1\ liq}$ (kg)	$u_{1\ liq}$ (J/kg)	$m_{1\ vap}$ (kg)	$u_{1\ vap}$ (J/kg)	$u_{2\ liq}$ (J/kg)	$u_{2\ vap}$ (J/kg)	Energía total liberada (J)
54.4669	342,207.7516	0.0100	641,193.9878	310,135.01	541,546.16	1,747,900.51

Nota. $m_{1\ liq}$ = Masa de líquido, $u_{1\ liq}$ = Energía interna específica en la etapa 1 – fase líquida, $m_{1\ vap}$ = Masa de vapor, $u_{1\ vap}$ = Energía interna específica en la etapa 1 – fase vapor, $u_{2\ liq}$ = Energía interna específica en la etapa 2 – fase líquida, $u_{2\ vap}$ = Energía interna específica en la etapa 2 – fase vapor. Los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

Para realizar los cálculos de la energía total liberada considerando el caso de dos cilindros se utilizó en la ecuación 7 los resultados expuestos en la Tabla 7, Tabla 9 y Tabla 13.

Tabla 18*Cálculo de la energía total liberada con cuatro cilindros*

$m_{1\ liq}$ (kg)	$u_{1\ liq}$ (J/kg)	$m_{1\ vap}$ (kg)	$u_{1\ vap}$ (J/kg)	$u_{2\ liq}$ (J/kg)	$u_{2\ vap}$ (J/kg)	Energía total liberada (J)
72.6225	342,207.7516	0.0134	641,193.9878	310,135.01	541,546.16	2,330,534.01

Nota. $m_{1\ liq}$ = Masa de líquido, $u_{1\ liq}$ = Energía interna específica en la etapa 1 – fase líquida, $m_{1\ vap}$ = Masa de vapor, $u_{1\ vap}$ = Energía interna específica en la etapa 1 – fase vapor, $u_{2\ liq}$ = Energía interna específica en la etapa 2 – fase líquida, $u_{2\ vap}$ = Energía interna específica en la etapa 2 – fase vapor. Los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

Para efectuar el cálculo de la energía total liberada para el escenario de un cilindro se empleó en la ecuación 7 los resultados obtenidos en las Tabla 7, Tabla 9 y Tabla 14.

Tabla 19*Cálculo de la energía total liberada con cinco cilindros*

$m_{1\ liq}$ (kg)	$u_{1\ liq}$ (J/kg)	$m_{1\ vap}$ (kg)	$u_{1\ vap}$ (J/kg)	$u_{2\ liq}$ (J/kg)	$u_{2\ vap}$ (J/kg)	Energía total liberada (J)
90.7781	342,207.7516	0.0167	641,193.9878	310,135.01	541,546.16	2,913,167.52

Nota. $m_{1\ liq}$ = Masa de líquido, $u_{1\ liq}$ = Energía interna específica en la etapa 1 – fase líquida, $m_{1\ vap}$ = Masa de vapor, $u_{1\ vap}$ = Energía interna específica en la etapa 1 – fase vapor, $u_{2\ liq}$ = Energía interna específica en la etapa 2 – fase líquida, $u_{2\ vap}$ = Energía interna específica en la etapa 2 – fase vapor. Los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

4.1.7. Determinación de la energía efectiva de la onda de presión

Dado que los recipientes de GLP en la EP EMMPA están situados cerca del suelo, el valor que se considera para el factor de reflexión de la onda es 2 ya que se cataloga como un recipiente no elevado, esto aplica para todos los casos. En la Tabla 20 se muestra el cálculo efectuado considerando un cilindro, para lo cual se empleó el resultado de la Tabla 15 en la ecuación 8.

Tabla 20*Energía efectiva de la onda de presión de un cilindro*

Factor de reflexión de la onda	Energía Total liberada (J)	Energía efectiva de la onda de presión (J)
2	582,633.50	1,165,267.01

Nota. Factor de reflexión de la onda = Factor de corrección por el ángulo de visión. Los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

Para el caso de dos cilindros el valor de la energía efectiva de la onda de presión está en función del resultado expuesto en la Tabla 16, el cual se utilizó en la ecuación 8 como se indica en la Tabla 21.

Tabla 21*Energía efectiva de la onda de presión de dos cilindros*

Factor de reflexión de la onda	Energía Total liberada (J)	Energía efectiva de la onda de presión (J)
2	1,165,267.01	2,330,534.01

Nota. Factor de reflexión de la onda = Factor de corrección por el ángulo de visión. Los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

En la Tabla 22 se muestra el cálculo efectuado considerando tres cilindros, para lo cual se empleó el resultado de la Tabla 17 en la ecuación 8.

Tabla 22*Energía efectiva de la onda de presión de tres cilindros*

Factor de reflexión de la onda	Energía Total liberada (J)	Energía efectiva de la onda de presión (J)
2	1,747,900.51	3,495,801.02

Nota. Factor de reflexión de la onda = Factor de corrección por el ángulo de visión. Los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

Para el caso de cuatro cilindros el valor de la energía efectiva de la onda de presión está en función del resultado expuesto en la Tabla 18, el cual se utilizó en la ecuación 8 como se indica en la Tabla 23.

Tabla 23*Energía efectiva de la onda de presión de cuatro cilindros*

Factor de reflexión de la onda	Energía Total liberada (J)	Energía efectiva de la onda de presión (J)
2	2,330,534.01	4,661,068.03

Nota. Factor de reflexión de la onda = Factor de corrección por el ángulo de visión. Los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

En la Tabla 24 se muestra el cálculo efectuado considerando el caso de cinco cilindros, para lo cual se empleó el resultado de la Tabla 19 en la ecuación 8.

Tabla 24

Energía efectiva de la onda de presión de cinco cilindros

Factor de reflexión de la onda	Energía Total liberada (J)	Energía efectiva de la onda de presión (J)
2	2,913,167.52	5,826,335.04

Nota. Factor de reflexión de la onda = Factor de corrección por el ángulo de visión. Los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

4.1.8. Cálculo de la sobrepresión y del impulso a ciertas distancias

Para la investigación los valores de distancia que se consideran son: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12.5, 15, 20, 25 y 30 metros, estos valores se consideraron para los cinco escenarios.

En base a esto y empleando la ecuación 9, se obtiene para un cilindro de GLP a una distancia estimada de un metro el siguiente resultado:

$$R' = 1 \left(\frac{72,601.8}{1,165,267.01} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.40$$

4.1.9. Cálculo de la sobrepresión escalada P' e impulso escalado i'

En base al resultado R' se establece la sobrepresión escalada, para lo cual se utiliza la gráfica expuesta en el Anexo 4 y en función a esto se determina que el valor de P' es 2.2 (adimensional).

Asimismo, para obtener el impulso escalado se considera el valor R' y en función a la gráfica expuesta en el Anexo 5 se establece que el valor de i' es 0.12 (adimensional).

4.1.10. Ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado

Los recipientes que son objeto de análisis son cilíndricos y están situados cerca del suelo, de acuerdo con esto y en base a los valores obtenidos previamente de sobrepresión escalada P' e impulso escalado i' para un cilindro se emplean los factores de ajuste mencionados en las Tablas 2 y 3. Para la sobrepresión escalada se multiplica el valor P' por los factores de ajuste como se muestra a continuación:

$$P'_1 = 2.2 * 1.6 * 2 = 7.04$$

En cambio, para el impulso escalado se multiplica el valor identificado i' por los factores de ajuste y se obtiene el siguiente resultado:

$$i'_1 = 0.12 * 1.1 * 1.6 = 0.21$$

Estos resultados se emplearon en las ecuaciones 10 y 11 respectivamente para determinar los valores de sobrepresión estática (P_S) e impulso mecánico (i) para el escenario de un cilindro considerando 1 m de distancia como se muestra en la Tabla 25, el mismo procedimiento se sigue para los demás casos.

4.1.11. Cálculo de la sobrepresión estática (P_s) e impulso mecánico (i).

Para efectuar el cálculo de sobrepresión estática e impulso mecánico para el caso de un cilindro se utilizaron las ecuaciones 10 y 11.

Cabe mencionar que los cálculos se realizaron hasta una distancia de 30 m, los resultados se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25

Cálculo de la sobrepresión estática e impulso mecánico de un cilindro

Distancia (m)	R'	P'	Factor 1	Factor 2	P'_1	P_s (Pa)	i'	Factor 1	Factor 2	i'_1	i (Pa.s)
1	0.40	2.200	1.6	2	7.04	511,116.67	0.1200	1.1	1.6	0.2112	113.76
2	0.79	0.550	1.6	2	1.76	127,779.17	0.0590	1.1	1.6	0.10384	55.93
4	1.59	0.180	1.6	1.1	0.3168	23,000.25	0.0350	1.1	1	0.0385	20.74
6	2.38	0.100	1.6	1.1	0.176	12,777.92	0.0220	1	1	0.022	11.85
8	3.17	0.061	1.6	1.1	0.10736	7,794.53	0.0160	1	1	0.016	8.62
10	3.96	0.051	1.4	1.1	0.07854	5,702.15	0.0130	1	1	0.013	7.00
12	4.76	0.040	1.4	1.1	0.0616	4,472.27	0.0100	1	1	0.01	5.39
15	5.95	0.031	1.4	1.1	0.047894	3,477.19	0.0085	1	1	0.0085	4.58
20	7.93	0.022	1.4	1.1	0.03388	2,459.75	0.0062	1	1	0.0062	3.34
25	9.91	0.018	1.4	1.1	0.02772	2,012.52	0.0051	1	1	0.0051	2.75
30	11.89	0.005	1.4	1.1	0.0077	559.03	0.0018	1	1	0.0018	0.97

Nota. Los valores de sobrepresión escalada P' e impulso escalado i' están en función a una distancia escalada R' y a las gráficas expuestas en los Anexos 4 y 5 respectivamente, los valores de Factor 1 y Factor 2 han sido tomados de las Tablas 2 y 3, los resultados están expresados en unidades de sistema internacional.
Elaboración propia

Para efectuar el cálculo de sobrepresión estática e impulso mecánico para el caso de dos cilindros se utilizaron las ecuaciones 10 y 11.

Cabe mencionar que los cálculos se realizaron hasta una distancia de 30 m, los resultados se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26

Cálculo de la sobrepresión estática e impulso mecánico de dos cilindros

Distancia (m)	R'	P'	Factor 1	Factor 2	P'_1	P_S (Pa)	i'	Factor 1	Factor 2	i'_1	i (Pa.s)
1	0.31	4.100	1.6	2	13.12	952,535.62	0.1500	1.1	1.6	0.264	179.16
2	0.63	0.810	1.6	2	2.592	188,183.87	0.0700	1.1	1.6	0.1232	83.61
4	1.26	0.280	1.6	1.1	0.4928	35,778.17	0.0440	1.1	1	0.0484	32.85
6	1.89	0.150	1.6	1.1	0.264	19,166.88	0.0280	1	1	0.028	19.00
8	2.52	0.088	1.6	1.1	0.15488	11,244.57	0.0200	1	1	0.02	13.57
10	3.15	0.061	1.6	1.1	0.10736	7,794.53	0.0160	1	1	0.016	10.86
12	3.78	0.052	1.4	1.1	0.08008	5,813.95	0.0140	1	1	0.014	9.50
15	4.72	0.039	1.4	1.1	0.06006	4,360.46	0.0100	1	1	0.01	6.79
20	6.29	0.030	1.4	1.1	0.0462	3,354.20	0.0075	1	1	0.0075	5.09
25	7.87	0.021	1.4	1.1	0.03234	2,347.94	0.0063	1	1	0.0063	4.28
30	9.44	0.018	1.4	1.1	0.02772	2,012.52	0.0051	1	1	0.0051	3.46

Nota. Los valores de sobrepresión escalada P' e impulso escalado i' están en función a una distancia escalada R' y a las gráficas expuestas en los Anexos 4 y 5 respectivamente, los valores de Factor 1 y Factor 2 han sido tomados de las Tablas 2 y 3, los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

Para efectuar el cálculo de sobrepresión estática e impulso mecánico para el caso de tres cilindros se utilizaron las ecuaciones 10 y 11.

Cabe mencionar que los cálculos se realizaron hasta una distancia de 30 m, los resultados se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27

Cálculo de la sobrepresión estática e impulso mecánico de tres cilindros

Distancia (m)	R'	P'	Factor 1	Factor 2	P'_1	P_S (Pa)	i'	Factor 1	Factor 2	i'_1	i (Pa.s)
1	0.27	6.100	4	2	48.8	3,542,967.84	0.1700	2	1.6	0.544	422.60
2	0.55	1.200	1.6	2	3.84	278,790.91	0.0810	1.1	1.6	0.14256	110.75
4	1.10	0.300	1.6	1.1	0.528	38,333.75	0.0410	1.1	1	0.0451	35.04
6	1.65	0.180	1.6	1.1	0.3168	23,000.25	0.0310	1	1	0.031	24.08
8	2.20	0.100	1.6	1.1	0.176	12,777.92	0.0230	1	1	0.023	17.87
10	2.75	0.080	1.6	1.1	0.1408	10,222.33	0.0180	1	1	0.018	13.98
12	3.30	0.061	1.6	1.1	0.10736	7,794.53	0.0150	1	1	0.015	11.65
15	4.12	0.045	1.4	1.1	0.0693	5,031.30	0.0120	1	1	0.012	9.32
20	5.50	0.035	1.4	1.1	0.0539	3,913.24	0.0090	1	1	0.009	6.99
25	6.87	0.026	1.4	1.1	0.04004	2,906.98	0.0073	1	1	0.0073	5.67
30	8.25	0.020	1.4	1.1	0.0308	2,236.14	0.0058	1	1	0.0058	4.51

Nota. Los valores de sobrepresión escalada P' e impulso escalado i' están en función a una distancia escalada R' y a las gráficas expuestas en los Anexos 4 y 5 respectivamente, los valores de Factor 1 y Factor 2 han sido tomados de las Tablas 2 y 3, los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

Para efectuar el cálculo de sobrepresión estática e impulso mecánico para el caso de tres cilindros se utilizaron las ecuaciones 10 y 11.

Cabe mencionar que los cálculos se realizaron hasta una distancia de 30 m, los resultados se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28

Cálculo de la sobrepresión estática e impulso mecánico de cuatro cilindros

Distancia (m)	R'	P'	Factor 1	Factor 2	P'_1	P_S (Pa)	i'	Factor 1	Factor 2	i'_1	i (Pa.s)
1	0.25	8.000	4	2	64	4,646,515.20	0.1800	2	1.6	0.576	492.50
2	0.50	1.500	1.6	2	4.8	348,488.64	0.0900	1.1	1.6	0.1584	135.44
4	1.00	0.360	1.6	1.1	0.6336	46,000.50	0.0500	1.1	1	0.055	47.03
6	1.50	0.200	1.6	1.1	0.352	25,555.83	0.0350	1.1	1	0.0385	32.92
8	2.00	0.130	1.6	1.1	0.2288	16,611.29	0.0250	1	1	0.025	21.38
10	2.50	0.090	1.6	1.1	0.1584	11,500.13	0.0200	1	1	0.02	17.10
12	3.00	0.070	1.6	1.1	0.1232	8,944.54	0.0180	1	1	0.018	15.39
15	3.75	0.051	1.4	1.1	0.07854	5,702.15	0.0140	1	1	0.014	11.97
20	4.99	0.037	1.4	1.1	0.05698	4,136.85	0.0098	1	1	0.0098	8.38
25	6.24	0.030	1.4	1.1	0.0462	3,354.20	0.0077	1	1	0.0077	6.58
30	7.49	0.024	1.4	1.1	0.03696	2,683.36	0.0065	1	1	0.0065	5.56

Nota. Los valores de sobrepresión escalada P' e impulso escalado i' están en función a una distancia escalada R' y a las gráficas expuestas en los Anexos 4 y 5 respectivamente, los valores de Factor 1 y Factor 2 han sido tomados de las Tablas 2 y 3, los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

Para efectuar el cálculo de sobrepresión estática e impulso mecánico para el caso de tres cilindros se utilizaron las ecuaciones 10 y 11.

Cabe mencionar que los cálculos se realizaron hasta una distancia de 30 m, los resultados se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29

Cálculo de la sobrepresión estática e impulso mecánico de cinco cilindros

Distancia (m)	R'	P'	Factor 1	Factor 2	P'_1	P_S (Pa)	i'	Factor 1	Factor 2	i'_1	i (Pa.s)
1	0.23	10.000	4	2	80	5,808,144.00	0.2000	2	1.6	0.64	589.47
2	0.46	1.800	1.6	2	5.76	418,186.37	0.0960	1.1	1.6	0.16896	155.62
4	0.93	0.400	1.6	2	1.28	92,930.30	0.0500	1.1	1.6	0.088	81.05
6	1.39	0.260	1.6	1.1	0.4576	33,222.58	0.0390	1.1	1	0.0429	39.51
8	1.85	0.150	1.6	1.1	0.264	19,166.88	0.0280	1	1	0.028	25.79
10	2.32	0.100	1.6	1.1	0.176	12,777.92	0.0220	1	1	0.022	20.26
12	2.78	0.080	1.6	1.1	0.1408	10,222.33	0.0180	1	1	0.018	16.58
15	3.48	0.060	1.6	1.1	0.1056	7,666.75	0.0150	1	1	0.015	13.82
20	4.64	0.041	1.4	1.1	0.06314	4,584.08	0.0100	1	1	0.01	9.21
25	5.80	0.035	1.4	1.1	0.0539	3,913.24	0.0088	1	1	0.0088	8.11
30	6.96	0.026	1.4	1.1	0.04004	2,906.98	0.0071	1	1	0.0071	6.54

Nota. Los valores de sobrepresión escalada P' e impulso escalado i' están en función a una distancia escalada R' y a las gráficas expuestas en los Anexos 4 y 5 respectivamente, los valores de Factor 1 y Factor 2 han sido tomados de las Tablas 2 y 3, los resultados están expresados en unidades de sistema internacional. Elaboración propia.

4.2. Cálculo del número Probit

4.2.1. Muertes por lesiones pulmonares

Para establecer el porcentaje de muertes por lesiones pulmonares se emplea la ecuación 13 y el resultado de la sobrepresión obtenida para cada caso. Además, empleando el Anexo 6 se determina el porcentaje de afectación en base al resultado obtenido. Los cálculos están en función a las distancias establecidas previamente. En la Tabla 30 se muestran los porcentajes de muerte por lesiones pulmonares dada la explosión de un cilindro de GLP.

Tabla 30

Porcentaje de fatalidades generado por la explosión de un cilindro

Distancia (m)	P_S (Pa)	# Probit	% Muerte
1	511,116.67	13.73	100.00
2	127,779.17	4.15	19.00
4	23,000.25	-7.70	0.00

Nota. # Probit = número Probit calculado. % Muerte = porcentaje de muerte. P_S = sobrepresión estática. Elaboración propia.

En la Tabla 31 se muestran los porcentajes de muerte por lesiones pulmonares dada la explosión de dos cilindros de GLP.

Tabla 31

Porcentaje de fatalidades generado por la explosión de dos cilindros

Distancia (m)	P_S (Pa)	# Probit	% Muerte
1	952,535.62	18.03	100.00
2	188,183.87	6.82	96.00
4	35,778.17	-4.65	0.00

Nota. # Probit = número Probit calculado. % Muerte = porcentaje de muerte. P_S = sobrepresión estática. Elaboración propia.

En la Tabla 32 se muestran los porcentajes de muerte por lesiones pulmonares dada la explosión de tres cilindros de GLP.

Tabla 32

Porcentaje de fatalidades generado por la explosión de tres cilindros

Distancia (m)	P_S (Pa)	# Probit	% Muerte
1	3,542,967.84	27.11	100.00
2	278,790.91	9.54	100.00
4	38,333.75	-4.17	0.00

Nota. # Probit = número Probit calculado. % Muerte = porcentaje de muerte. P_S = sobrepresión estática. Elaboración propia.

En la Tabla 33 se muestran los porcentajes de muerte por lesiones pulmonares dada la explosión de cuatro cilindros de GLP.

Tabla 33

Porcentaje de fatalidades generado por la explosión de cuatro cilindros

Distancia (m)	P_S (Pa)	# Probit	% Muerte
1	4,646,515.20	28.98	100.00
2	348,488.64	11.08	100.00
4	46,000.50	-2.91	0.00

Nota. # Probit = número Probit calculado. % Muerte = porcentaje de muerte. P_S = sobrepresión estática. Elaboración propia.

En la Tabla 34 se muestran los porcentajes de muerte por lesiones pulmonares dada la explosión de cinco cilindros de GLP.

Tabla 34*Porcentaje de fatalidades generado por la explosión de cinco cilindros*

Distancia (m)	P_s (Pa)	# Probit	% Muerte
1	5,808,144.00	30.52	100.00
2	418,186.37	12.34	100.00
4	92,930.30	1.95	0.00

Nota. # Probit = número Probit calculado. % Muerte = porcentaje de muerte. P_s = sobrepresión estática. Elaboración propia.

4.2.2. Rotura de tímpano

Para determinar el porcentaje de afectados por rotura de tímpano se utiliza la ecuación 14 y el resultado de la sobrepresión obtenida para cada caso. Además, empleando el Anexo 6 se determina el porcentaje de afectación en base al resultado obtenido. Los cálculos están en función a las distancias establecidas previamente. En la Tabla 35 se indican los porcentajes de afectados con rotura de tímpano dada la explosión de un cilindro de GLP.

Tabla 35*Porcentaje de afectados con rotura de tímpano generado por la explosión de un cilindro*

Distancia (m)	P_s (Pa)	# Probit	% Rotura de tímpano
1	511,116.67	9.77	100.00
2	127,779.17	7.09	98.00
4	23,000.25	3.78	11.00
6	12,777.92	2.65	0.00

Nota. P_s = sobrepresión estática. # Probit = número Probit calculado. % Rotura de tímpano = porcentaje de afectados por rotura de tímpano. Elaboración propia.

En la Tabla 36 se indican los porcentajes de afectados con rotura de tímpano dada la explosión de dos cilindros de GLP.

Tabla 36*Porcentaje de afectados con rotura de tímpano generado por la explosión de dos cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	# Probit	% Rotura de tímpano
1	952,535.62	10.97	100.00
2	188,183.87	7.84	99.70
4	35,778.17	4.64	36.00
6	19,166.88	3.43	5.00
8	11,244.57	2.40	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. # Probit = número Probit calculado. % Rotura de tímpano = porcentaje de afectados por rotura de tímpano. Elaboración propia.

En la Tabla 37 se indican los porcentajes de afectados con rotura de tímpano dada la explosión de tres cilindros de GLP.

Tabla 37*Porcentaje de afectados con rotura de tímpano generado por la explosión de tres cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	# Probit	% Rotura de tímpano
1	3,542,967.84	13.51	100.00
2	278,790.91	8.60	100.00
4	38,333.75	4.77	41.00
6	23,000.25	3.78	11.00
8	12,777.92	2.65	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. # Probit = número Probit calculado. % Rotura de tímpano = porcentaje de afectados por rotura de tímpano. Elaboración propia.

En la Tabla 38 se indican los porcentajes de afectados con rotura de tímpano dada la explosión de cuatro cilindros de GLP.

Tabla 38*Porcentaje de afectados con rotura de tímpano generado por la explosión de cuatro cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	# Probit	% Rotura de tímpano
1	4,646,515.20	14.03	100.00
2	348,488.64	9.03	100.00
4	46,000.50	5.12	54.00
6	25,555.83	3.99	15.00
8	16,611.29	3.16	3.00
10	11,500.13	2.45	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. # Probit = número Probit. % Rotura de tímpano = porcentaje de afectados por rotura de tímpano. Elaboración propia.

En la Tabla 39 se indican los porcentajes de afectados con rotura de tímpano dada la explosión de cinco cilindros de GLP.

Tabla 39*Porcentaje de afectados con rotura de tímpano generado por la explosión de cinco cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	# Probit	% Rotura de tímpano
1	5,808,144.00	14.46	100.00
2	418,186.37	9.38	100.00
4	92,930.30	6.48	93.00
6	33,222.58	4.49	30.00
8	19,166.88	3.43	5.00
10	12,777.92	2.65	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. # Probit = número Probit calculado. % Rotura de tímpano = porcentaje de afectados por rotura de tímpano. Elaboración propia.

4.2.3. Daños estructurales menores en edificios

Para establecer el porcentaje de daños estructurales menores en edificios se emplearon las ecuaciones 15 y 16. Además, empleando el Anexo 6 se determina el porcentaje de afectación en base al resultado obtenido. Los cálculos están en función a las distancias establecidas previamente.

En la Tabla 40 se muestran los porcentajes de daños estructurales menores dada la explosión de un cilindro de GLP.

Tabla 40

Porcentaje de daños estructurales menores generado por la explosión de un cilindro

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Daños menores
1	511,116.67	113.76	5.04	51.00
2	127,779.17	55.93	4.12	19.00
4	23,000.25	20.74	2.83	1.00
6	12,777.92	11.85	2.10	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Daños menores = porcentaje de daños estructurales menores. Elaboración propia.

En la Tabla 41 se muestran los porcentajes de daños estructurales menores dada la explosión de dos cilindros de GLP.

Tabla 41

Porcentaje de daños estructurales menores generado por la explosión de dos cilindros

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Daños menores
1	952,535.62	179.16	5.63	73.00
2	188,183.87	83.61	4.64	36.00
4	35,778.17	32.85	3.43	5.00
6	19,166.88	19.00	2.72	1.00
8	11,244.57	13.57	2.28	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Daños menores = porcentaje de daños estructurales menores. Elaboración propia.

En la Tabla 42 se muestran los porcentajes de daños estructurales menores dada la explosión de tres cilindros de GLP.

Tabla 42*Porcentaje de daños estructurales menores generado por la explosión de tres cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Daños menores
1	3,542,967.84	422.60	6.75	96.00
2	278,790.91	110.75	5.01	50.00
4	38,333.75	35.04	3.51	7.00
6	23,000.25	24.08	3.03	2.00
8	12,777.92	17.87	2.64	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Daños menores = porcentaje de daños estructurales menores. Elaboración propia.

En la Tabla 43 se muestran los porcentajes de daños estructurales menores dada la explosión de cuatro cilindros de GLP.

Tabla 43*Porcentaje de daños estructurales menores generado por la explosión de cuatro cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Daños menores
1	4,646,515.20	492.50	6.95	97.00
2	348,488.64	135.44	5.27	60.00
4	46,000.50	47.03	3.90	13.00
6	25,555.83	32.92	3.43	5.00
8	16,611.29	21.38	2.87	1.00
10	11,500.13	17.10	2.58	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Daños menores = porcentaje de daños estructurales menores. Elaboración propia.

En la Tabla 44 se muestran los porcentajes de daños estructurales menores dada la explosión de cinco cilindros de GLP.

Tabla 44*Porcentaje de daños estructurales menores generado por la explosión de cinco cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Daños menores
1	5,808,144.00	589.47	7.18	98.00
2	418,186.37	155.62	5.45	67.00
4	92,930.30	81.05	4.60	34.00
6	33,222.58	39.51	3.67	9.00
8	19,166.88	25.79	3.11	2.00
10	12,777.92	20.26	2.80	1.00
12	10,222.33	16.58	2.54	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Daños menores = porcentaje de daños estructurales menores. Elaboración propia.

4.2.4. Daños estructurales mayores en edificios

Para determinar el porcentaje de daños estructurales mayores en edificios se utilizan los resultados de la sobrepresión e impulso mecánico en las ecuaciones 17 y 18. Además, empleando el Anexo 5 se determina el porcentaje de afectación en base al resultado obtenido. Los cálculos están en función a las distancias establecidas previamente. En la Tabla 45 se indican los porcentajes de daños estructurales mayores dada la explosión de un cilindro de GLP.

Tabla 45*Porcentaje de daños estructurales mayores generado por la explosión de un cilindro*

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Daños mayores
1	511,116.67	113.76	2.74	1.00
2	127,779.17	55.93	1.02	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Daños mayores = porcentaje de daños estructurales mayores. Elaboración propia.

En la Tabla 46 se indican los porcentajes de daños estructurales mayores dada la explosión de dos cilindros de GLP.

Tabla 46*Porcentaje de daños estructurales mayores generado por la explosión de dos cilindros*

Distancia (m)	P_s (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Daños mayores
1	952,535.62	179.16	3.84	12.00
2	188,183.87	83.61	1.99	0.00

Nota. P_s = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Daños mayores = porcentaje de daños estructurales mayores. Elaboración propia.

En la Tabla 47 se indican los porcentajes de daños estructurales mayores dada la explosión de tres cilindros de GLP.

Tabla 47*Porcentaje de daños estructurales mayores generado por la explosión de tres cilindros*

Distancia (m)	P_s (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Daños mayores
1	3,542,967.84	422.60	5.91	81.00
2	278,790.91	110.75	2.67	1.00
4	38,333.75	35.04	-0.11	0.00

Nota. P_s = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Daños mayores = porcentaje de daños estructurales mayores. Elaboración propia.

En la Tabla 48 se indican los porcentajes de daños estructurales mayores dada la explosión de cuatro cilindros de GLP.

Tabla 48*Porcentaje de daños estructurales mayores generado por la explosión de cuatro cilindros*

Distancia (m)	P_s (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Daños mayores
1	4,646,515.20	492.50	6.28	90.00
2	348,488.64	135.44	3.16	3.00
4	46,000.50	47.03	0.60	0.00

Nota. P_s = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Daños mayores = porcentaje de daños estructurales mayores. Elaboración propia.

En la Tabla 49 se indican los porcentajes de daños estructurales mayores dada la explosión de cinco cilindros de GLP.

Tabla 49

Porcentaje de daños estructurales mayores generado por la explosión de cinco cilindros

Distancia (m)	P_s (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Daños mayores
1	5,808,144.00	589.47	6.72	95.00
2	418,186.37	155.62	3.49	6.00
4	92,930.30	81.05	1.92	0.00

Nota. P_s = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Daños mayores = porcentaje de daños estructurales mayores. Elaboración propia.

4.2.5. Colapso de edificios

Para determinar el porcentaje de afectados por colapso de edificios se utilizaron la ecuación 19 y 20. Además, empleando el Anexo 6 se determina el porcentaje de afectación en base al resultado obtenido. Los cálculos están en función a las distancias establecidas previamente. En la Tabla 50 se muestran los porcentajes de colapso de edificios dada la explosión de un cilindro de GLP.

Tabla 50

Porcentaje de colapso de edificios generado por la explosión de un cilindro

Distancia (m)	P_s (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Colapso
1	511,116.67	113.76	1.53	0.00

Nota. P_s = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Colapso = porcentaje de colapso de edificios. Elaboración propia.

En la Tabla 51 se muestran los porcentajes de colapso de edificios dada la explosión de dos cilindros de GLP.

Tabla 51*Porcentaje de colapso de edificios generado por la explosión de dos cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Colapso
1	952,535.62	179.16	2.66	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Colapso = porcentaje de colapso de edificios. Elaboración propia.

En la Tabla 52 se muestran los porcentajes de colapso de edificios dada la explosión de tres cilindros de GLP.

Tabla 52*Porcentaje de colapso de edificios generado por la explosión de tres cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Colapso
1	3,542,967.84	422.60	4.79	41.00
2	278,790.91	110.75	1.46	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Colapso = porcentaje de colapso de edificios. Elaboración propia.

En la Tabla 53 se muestran los porcentajes de colapso de edificios dada la explosión de cuatro cilindros de GLP.

Tabla 53*Porcentaje de colapso de edificios generado por la explosión de cuatro cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Colapso
1	4,646,515.20	492.50	5.17	56.00
2	348,488.64	135.44	1.96	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Colapso = porcentaje de colapso de edificios. Elaboración propia.

En la Tabla 54 se muestran los porcentajes de colapso de edificios dada la explosión de cinco cilindros de GLP.

Tabla 54*Porcentaje de colapso de edificios generado por la explosión de cinco cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	# Probit	% Colapso
1	5,808,144.00	589.47	5.62	73.00
2	418,186.37	155.62	2.31	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. i = impulso mecánico. # Probit = número Probit calculado. % Colapso = porcentaje de colapso de edificios. Elaboración propia.

4.2.6. Rotura de vidrios

Para establecer el porcentaje de rotura de vidrios se emplea la ecuación 21. Además, empleando el Anexo 6 se determina el porcentaje de afectación en base al resultado obtenido. Los cálculos están en función a las distancias establecidas previamente.

En la Tabla 55 se indican los porcentajes de rotura de vidrios dada la explosión de un cilindro de GLP.

Tabla 55*Porcentaje de rotura de vidrios generado por la explosión de un cilindro*

Distancia (m)	P_S (Pa)	# Probit	% Rotura vidrios
1	511,116.67	18.57	100.00
2	127,779.17	14.70	100.00
4	23,000.25	9.92	100.00
6	12,777.92	8.28	100.00
8	7,794.53	6.90	97.00
10	5,702.15	6.03	84.00
12	4,472.27	5.35	63.00
15	3,477.19	4.65	36.00
20	2,459.75	3.68	9.00
25	2,012.52	3.12	3.00
30	559.03	-0.45	0.00

Nota. P_S = sobrepresión estática. # Probit = número Probit calculado. % Rotura vidrios = porcentaje de rotura de vidrios. Elaboración propia.

En la Tabla 56 se indican los porcentajes de rotura de vidrios dada la explosión de dos cilindros de GLP.

Tabla 56

Porcentaje de rotura de vidrios generado por la explosión de dos cilindros

Distancia (m)	P_s (Pa)	# Probit	% Rotura vidrios
1	952,535.62	20.31	100.00
2	188,183.87	15.79	100.00
4	35,778.17	11.15	100.00
6	19,166.88	9.41	100.00
8	11,244.57	7.92	99.80
10	7,794.53	6.90	97.00
12	5,813.95	6.08	86.00
15	4,360.46	5.28	61.00
20	3,354.20	4.55	32.00
25	2,347.94	3.55	7.00
30	2,012.52	3.12	3.00

Nota. P_s = sobrepresión estática. # Probit = número Probit calculado. % Rotura vidrios = porcentaje de rotura de vidrios. Elaboración propia.

En la Tabla 57 se indican los porcentajes de rotura de vidrios dada la explosión de dos cilindros de GLP.

Tabla 57

Porcentaje de rotura de vidrios generado por la explosión de tres cilindros

Distancia (m)	P_s (Pa)	# Probit	% Rotura vidrios
1	3,542,967.84	23.97	100.00
2	278,790.91	16.88	100.00
4	38,333.75	11.35	100.00
6	23,000.25	9.92	100.00
8	12,777.92	8.28	100.00
10	10,222.33	7.66	99.60
12	7,794.53	6.90	97.00
15	5,031.30	5.68	75.00
20	3,913.24	4.98	49.00
25	2,906.98	4.15	19.00
30	2,236.14	3.42	4.00

Nota. P_s = sobrepresión estática. # Probit = número Probit calculado. % Rotura vidrios = porcentaje de rotura de vidrios. Elaboración propia.

En la Tabla 58 se indican los porcentajes de rotura de vidrios dada la explosión de cuatro cilindros de GLP.

Tabla 58

Porcentaje de rotura de vidrios generado por la explosión de cuatro cilindros

Distancia (m)	P_s (Pa)	# Probit	% Rotura vidrios
1	4,646,515.20	24.73	100.00
2	348,488.64	17.50	100.00
4	46,000.50	11.85	100.00
6	25,555.83	10.21	100.00
8	16,611.29	9.01	100.00
10	11,500.13	7.99	99.80
12	8,944.54	7.29	98.00
15	5,702.15	6.03	84.00
20	4,136.85	5.13	55.00
25	3,354.20	4.55	32.00
30	2,683.36	3.93	14.00

Nota. P_s = sobrepresión estática. # Probit = número Probit calculado. % Rotura vidrios = porcentaje de rotura de vidrios. Elaboración propia.

En la Tabla 59 se indican los porcentajes de rotura de vidrios dada la explosión de cinco cilindros de GLP.

Tabla 59

Porcentaje de rotura de vidrios generado por la explosión de cinco cilindros

Distancia (m)	P_s (Pa)	# Probit	% Rotura vidrios
1	5,808,144.00	25.35	100.00
2	418,186.37	18.01	100.00
4	92,930.30	13.82	100.00
6	33,222.58	10.95	100.00
8	19,166.88	9.41	100.00
10	12,777.92	8.28	100.00
12	10,222.33	7.66	99.60
15	7,666.75	6.86	96.00
20	4,584.08	5.42	66.00
25	3,913.24	4.98	49.00
30	2,906.98	4.15	19.00

Nota. P_s = sobrepresión estática. # Probit = número Probit calculado. % Rotura vidrios = porcentaje de rotura de vidrios. Elaboración propia.

4.3. Análisis de los resultados

En base a datos e información recabada de accidentes por estallido, se ha establecido que ante el escenario de generarse la explosión de un recipiente de GLP se produce lo conocido como efecto dominó, es decir, para el caso de la EP EMMPA se produce la explosión de todos los cilindros que se encuentren cerca del recipiente afectado. Además, en el análisis de resultados se expone a través de gráficas y en base a los resultados obtenidos por el método Probit las consecuencias tanto para las personas como en la infraestructura al suscitarse la explosión de uno, dos, tres, cuatro y cinco cilindros de GLP de 15 kg.

4.3.1. Análisis de muerte por lesiones pulmonares

Ante el escenario que se origine la explosión de un cilindro, el porcentaje de muerte por lesiones pulmonares considerando una distancia de 1 metro desde el lugar del estallido es del 100%, en cambio para una distancia de 2 metros el porcentaje de fatalidad disminuye a un 19%. En el caso de que se produzca la explosión de dos recipientes se mantiene el porcentaje de muerte a 1 metro, pero con respecto a una distancia de 2 metros el valor se incrementa hasta un 96%. Asimismo, al generarse el estallido de tres recipientes el porcentaje de muerte es del 100% a 2 metros. Estos valores se mantienen para los casos que se genere la detonación de cuatro y cinco cilindros.

A continuación, se indica en el Figura 11 el porcentaje de muertes por lesiones pulmonares generadas por la explosión de uno, dos, tres, cuatro y cinco recipientes de GLP, hasta una distancia de 2 metros desde el lugar donde se origina el estallido el porcentaje de muerte es del 100% en el peor de los escenarios, por el contrario, a una distancia de 4 metros no existe la posibilidad que se de este riesgo.

Figura 11. Porcentaje de muertes por lesiones pulmonares con respecto a la distancia

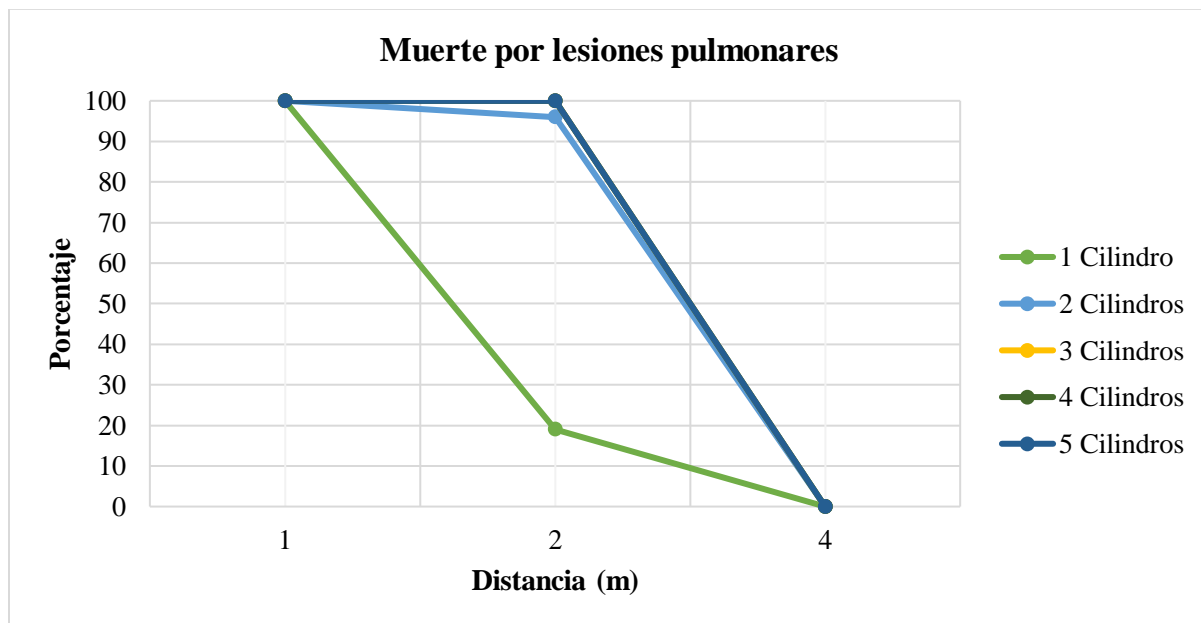


Figura 11. Elaboración propia.

4.3.2. Afectación por rotura de tímpano

El porcentaje de personas afectadas con rotura de tímpano dada la explosión de un cilindro a 1 metro de distancia es del 100%, a 2 metros es del 98% y para una distancia de 4 metros este valor baja a un 11%. Con el estallido de dos recipientes a una distancia de 2 metros el porcentaje incrementa hasta un 99.7%, asimismo a 4 metros este valor aumenta a un 36%. En cambio, por la explosión de tres cilindros a 2 metros de distancia la estimación de afectados es del 100%, pero el valor se reduce a un 11% a una distancia de 6 metros. Dado el estallido de cuatro recipientes los valores son similares, pero a 6 metros de distancia el porcentaje incrementa a un 15%. Para el caso de cinco cilindros la afectación al tímpano a 2 metros es del 100% y baja a un 5% a una distancia de 8 metros. Cabe mencionar que en base a estos resultados a mayor distancia las consecuencias son menores, como se muestra en la Figura 12, para este caso a distancias superiores a 10 metros no existen afectados por rotura de tímpano, inclusive en el caso que se suscite el estallido de los cinco recipientes.

Figura 12. Porcentaje de afectados con rotura de tímpano con respecto a la distancia

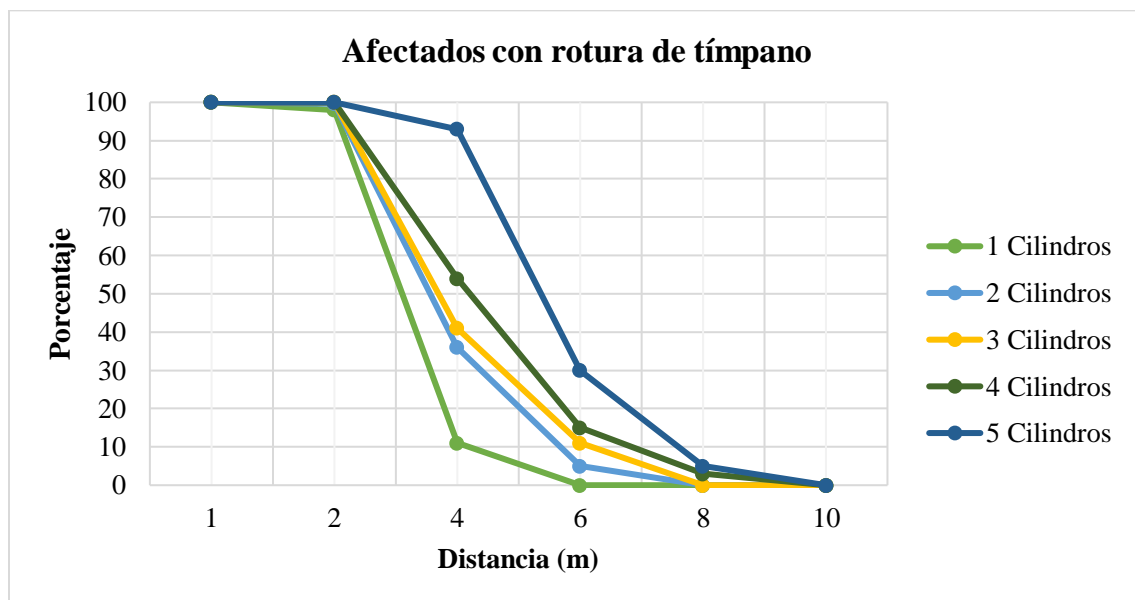


Figura 12. Elaboración propia.

4.3.4. Daños estructurales menores

Interpretándose por daños estructurales menores al agrietamiento de paredes a nivel superficial, también a la separación de los marcos en puertas y ventanas, pero sin afectar la estructura de la edificación. Dada la explosión de un cilindro el porcentaje de daños estructurales menores a 1 metro de distancia es del 51%, para 2 metros este valor disminuye hasta un 19%, con la explosión de dos recipientes las estimaciones aumentan a un 73% y 36% a 1 y 2 metros de distancia respectivamente. En el escenario que estallen tres cilindros a 1 metro la afectación será de un 96%, no obstante, a una distancia de 4 metros el porcentaje de daños menores disminuye hasta un 7%. Con la explosión de cuatro recipientes a 1 metro de distancia se tiene un porcentaje de daños del 97% y del 1% a 8 metros, para el caso de cinco cilindros el porcentaje de daños aumenta a un 98% a 1 metro de distancia, en este caso la afectación alcanzará hasta una distancia de 10 metros.

Como se indica en la Figura 13 a distancias superiores a 12 metros y considerando el peor de los escenarios no existe la posibilidad de que se generen daños estructurales menores.

Figura 13. Porcentaje de daños estructurales menores con respecto a la distancia

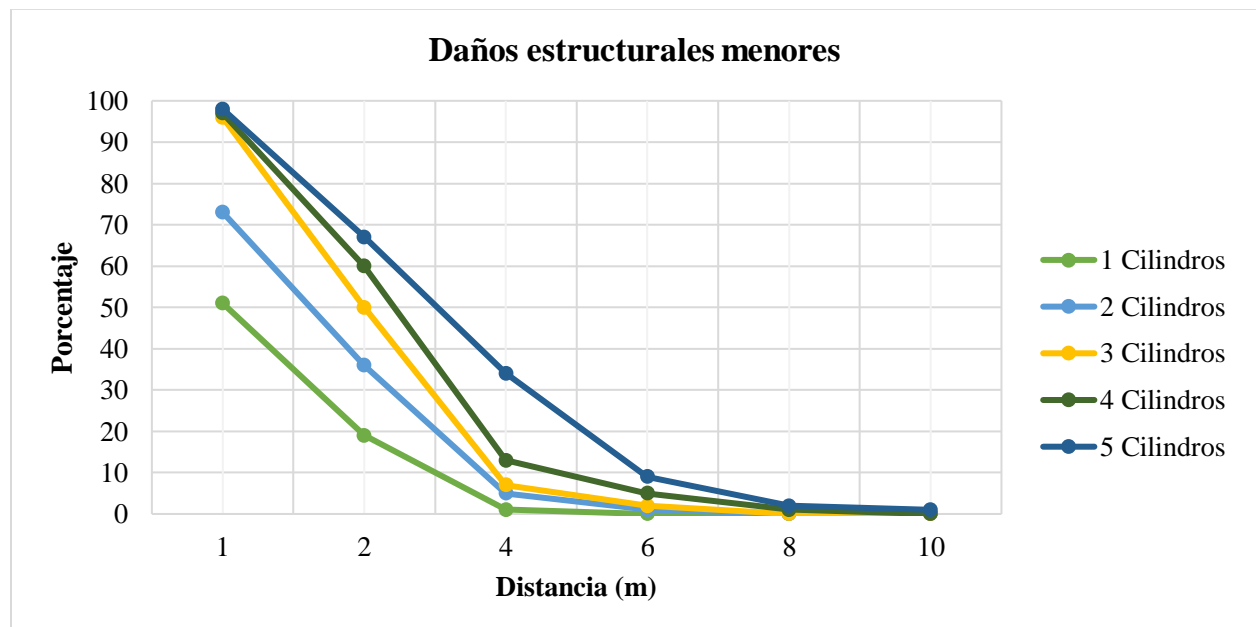


Figura 13. Elaboración propia.

4.3.5. Daños estructurales mayores

Entendiéndose como daños estructurales mayores a la presencia de grietas o fisuras en columnas, vigas y paredes. Cuando se tiene esta clase de daños los edificios requieren de estudios estructurales enfocados a determinar la posibilidad de que se realice un derrocamiento o no de la estructura afectada.

En caso de producirse la explosión de un cilindro a un 1 metro de distancia existe el 1% de posibilidad de que se genere daños estructurales mayores. No obstante, a la misma distancia con el estallido de dos recipientes el valor aumenta hasta un 12% y para tres cilindros la estimación llega a un 81%. En cambio, si se produce la detonación de cuatro o cinco cilindros a una distancia de 1 metro el porcentaje de daños estructurales mayores incrementa hasta un 90% y 95% respectivamente. Además, como se indica en la Figura 14 a distancias mayores a 4 metros no se generan daños mayores en las edificaciones.

Figura 14. Porcentaje de daños estructurales mayores con respecto a la distancia

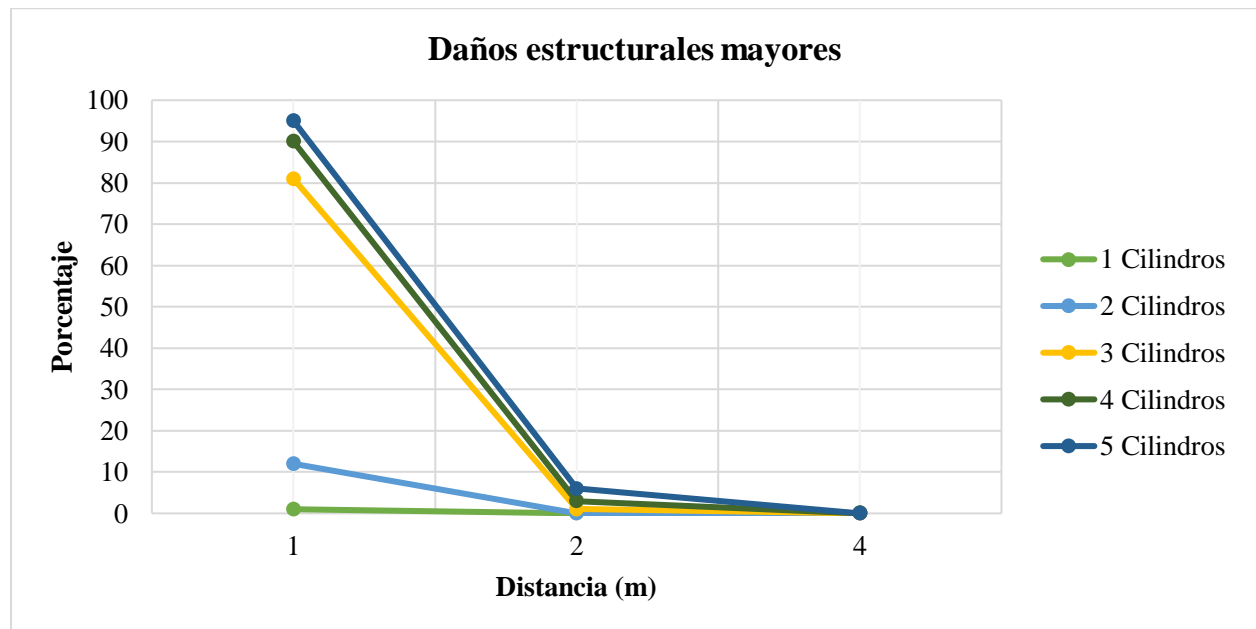


Figura 14. Elaboración propia.

4.3.6. Colapso de edificios

Dada la explosión de un cilindro la posibilidad de que colapse un edificio a distancias mayores a un 1 metro es del 0%, los resultados se mantienen para el escenario donde estallen dos recipientes. Sin embargo, para el caso que exploten tres, cuatro y cinco cilindros el porcentaje de que colapse un edificio a una distancia de 1 metros desde el lugar donde se origine el suceso es del 41%, 56% y 73% respectivamente, estos valores se muestran en la Figura 15.

Figura 15. Porcentaje de colapso de un edificio con respecto a la distancia

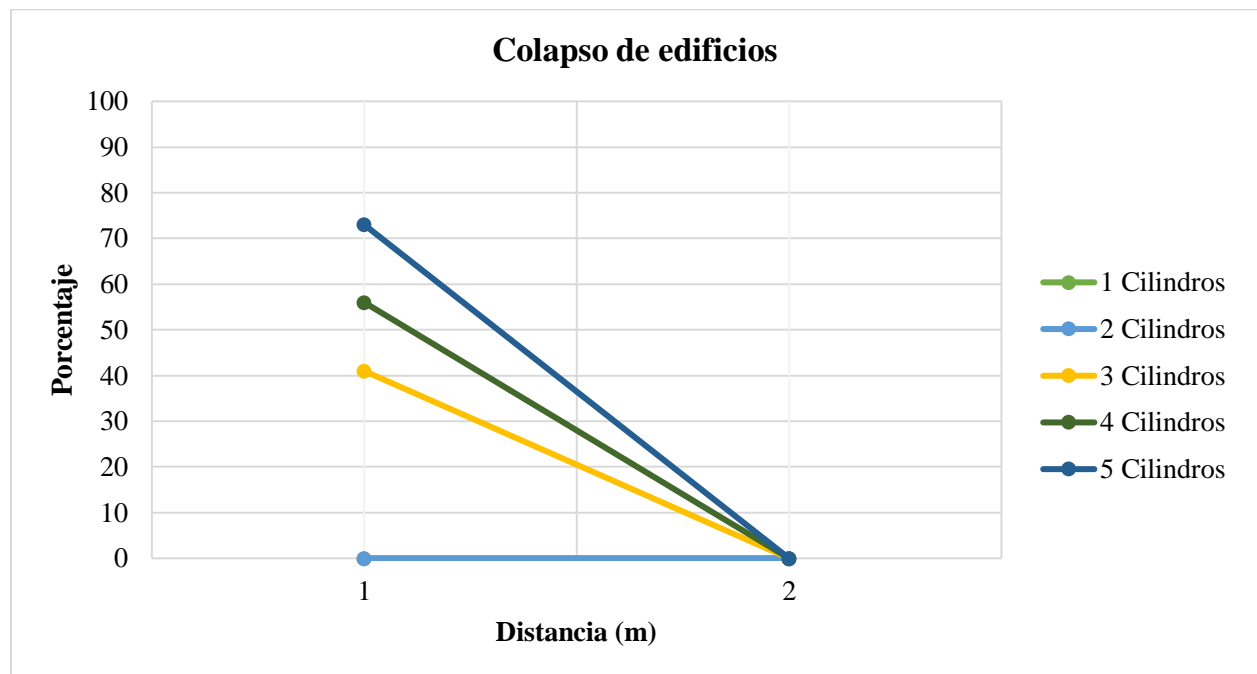


Figura 15. Elaboración propia.

4.3.7. Rotura de vidrios

Con la explosión de un cilindro el porcentaje de rotura de vidrios es del 100% hasta 6 metros de distancia desde el origen del suceso y a 25 metros la probabilidad disminuye a un 3%, para el caso de dos cilindros a 8 metros la destrucción de los vidrios es casi total. No obstante, por el estallido de tres recipientes a una distancia de 12 metros casi en su totalidad se produce la destrucción de los cristales. Dada la explosión de cuatro cilindros la rotura de los cristales casi en su totalidad se

genera a una distancia de 12 metros, situación similar a lo que sucede para el caso de cinco recipientes de GLP pero que difiere con el porcentaje de vidrios afectados a 30 metros que para este escenario aumenta a un 19%. Todo lo mencionada se expone en la Figura 16.

Figura 16. Porcentaje de rotura de vidrios con respecto a la distancia

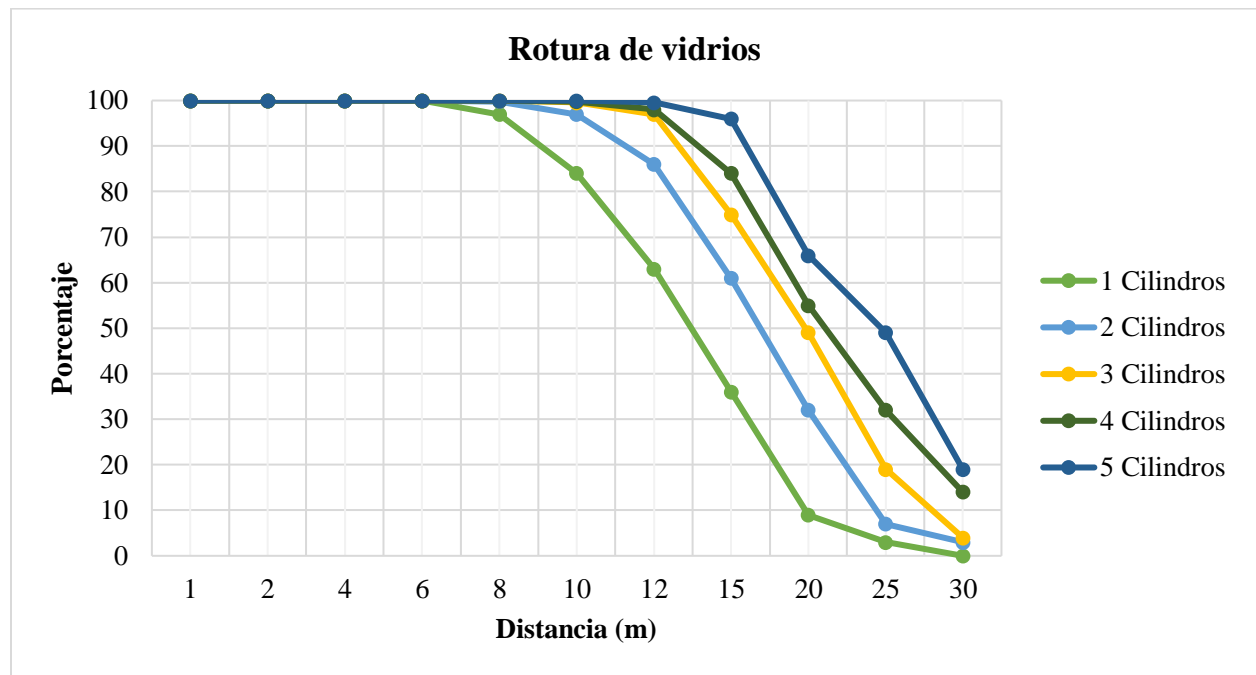


Figura 16. Elaboración propia.

4.4. Determinación de las zonas de intervención y de alerta

En función a los valores límites establecidos por parte de la Directiva Seveso se determinan las distancias a partir del lugar donde se genera el siniestro para las zonas de intervención y de alerta en el caso de generarse la explosión de los cilindros de GLP de 15 kg en los locales de expendio de alimentos de la EP-EMMPA, esto a su vez requiere de los valores de sobrepresión e impulso mecánico para los escenarios de uno, dos, tres, cuatro y cinco cilindros, además, se considera que las eventualidades se provocarían por el efecto dominó.

4.4.1. Zona de afectación por explosión de un cilindro

En base a los valores obtenidos en la Tabla 25 y considerando lo establecido por la Normativa Seveso se determinó el radio de distancia para las zonas mencionadas desde el punto de origen del estallido, como se muestra en la Tabla 60.

Tabla 60

Zonas de intervención y de alerta dada la explosión de un cilindro

Zonas de afectación	Distancia (m)
Zona de intervención	6.1
Zona de alerta	11.1

Nota. Elaboración propia.

4.4.2. Zona de afectación por explosión de dos cilindros

En base a los valores obtenidos en la Tabla 26 y considerando lo establecido por la Normativa Seveso se determinó el radio de distancia para las zonas mencionadas desde el punto de origen del estallido, como se muestra en la Tabla 61.

Tabla 61

Zonas de intervención y de alerta dada la explosión de dos cilindros

Zonas de afectación	Distancia (m)
Zona de intervención	7.7
Zona de alerta	13.7

Nota. Elaboración propia.

4.4.3. Zona de afectación por explosión de tres cilindros

En base a los valores obtenidos en la Tabla 27 y considerando lo establecido por la Normativa Seveso se determinó el radio de distancia para las zonas mencionadas desde el punto de origen del estallido, como se muestra en la Tabla 62.

Tabla 62*Zonas de intervención y de alerta dada la explosión de tres cilindros*

Zonas de afectación	Distancia (m)
Zona de intervención	8.2
Zona de alerta	15.1

Nota. Elaboración propia.**4.4.4. Zona de afectación por explosión de cuatro cilindros**

En base a los valores obtenidos en la Tabla 28 y considerando lo establecido por la Normativa Seveso se determinó el radio de distancia para las zonas mencionadas desde el punto de origen del estallido, como se muestra en la Tabla 63.

Tabla 63*Zonas de intervención y de alerta dada la explosión de cuatro cilindros*

Zonas de afectación	Distancia (m)
Zona de intervención	9.6
Zona de alerta	17.2

Nota. Elaboración propia.**4.4.5. Zona de afectación por explosión de cinco cilindros**

En base a los valores obtenidos en la Tabla 29 y considerando lo establecido por la Normativa Seveso se determinó el radio de distancia para las zonas mencionadas desde el punto de origen del estallido, como se muestra en la Tabla 64.

Tabla 64*Zonas de intervención y de alerta dada la explosión de cinco cilindros*

Zonas de afectación	Distancia (m)
Zona de intervención	10.2
Zona de alerta	19.3

Nota. Elaboración propia.

Como se indica en la Figura 17 las zonas de intervención y de alerta están en función a la cantidad de cilindros que resulten afectados, es decir, a mayor número de recipientes que exploten mayor será la distancia que se deba considerar como zona de afectación.

Figura 17. Zonas de afectación con respecto al número de cilindros

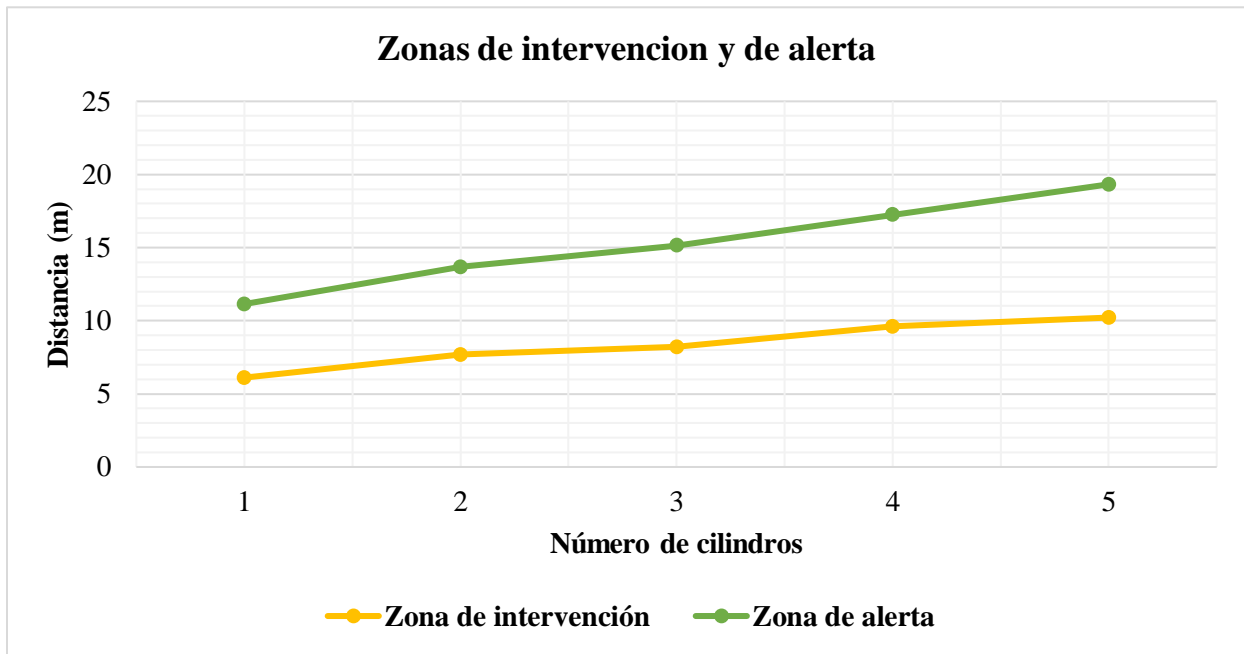


Figura 17. *Elaboración propia.*

En la Figura 18 se expone gráficamente las distancias consideradas para las zonas de intervención y de alerta ante el peor de los escenarios, es decir, dada la explosión de cinco cilindros de GLP de 15 kg.

Figura 18. Zonas de afectación dada la explosión de cinco cilindros de GLP



Figura 18. Para el escenario de una explosión de cinco cilindros de GLP se estableció que la Zona de Intervención tendrá un radio de distancia de 10.2 m y la zona de alerta un radio de distancia de 19.3 m. Elaboración propia.

CAPITULO V: Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se establece que los locales donde se expenden alimentos tienen paredes de ladrillo y bloque, asimismo en su mayoría poseen estructuras metálicas con cubiertas Galvalume, este aspecto difiere para el caso de la Nave de Mariscos donde los locales tienen perfiles estructurales, una cubierta de malla electrosoldada y ventanales con divisiones de aluminio en todo el contorno del local.

Se concluye que los valores de sobrepresión generados por el estallido de uno, dos, tres, cuatro y cinco cilindros de GLP de 15 kg a una distancia de 1 metro son 511,116.67 Pa, 952,535.62 Pa, 3,542,967.84 Pa, 4,646,515.20 Pa y 5,808,144 Pa respectivamente. Además, para el impulso mecánico y considerando la misma distancia los resultados para cada caso son 113.76 Pa*s, 179.16 Pa*s, 422.6 Pa*s, 492.5 Pa*s y 589.47 Pa*s. Empleando la metodología Probit conjuntamente con los datos mencionados se establece que, en el peor de los casos, explosión de cinco cilindros, el porcentaje de muertos por lesiones pulmonares es del 100% hasta una distancia de 2 metros, con respecto a la afectación con rotura de tímpano se tendrá consecuencias hasta una distancia de 8 metros, esto enfocado hacia las personas, en cambio, con respecto a la infraestructura se generan daños menores hasta una distancia de 10 metros y los daños mayores hasta 2 metros desde el lugar donde se produce la explosión, la probabilidad de colapso de edificios en este caso es del 73% a 1 metro y en relación al último aspecto analizado se generará la rotura de vidrios hasta un 19% a una distancia de 30 metros.

Con la explosión de un recipiente de GLP de 15 kg la zona de intervención se estableció a una distancia de 6.1 metros desde el lugar donde se origina el estallido y la zona de alerta a 11.1 metros. En cambio, para el caso de dos cilindros los valores aumentan a 7.7 metros y 13.7 metros respectivamente. Para tres cilindros se delimitó a 8.2 metros la zona de intervención y a 15.1

metros la zona de alerta, asimismo en el hipotético escenario que estallen cuatro cilindros las distancias determinadas para cada zona son de 9.6 metros y 17.2 metros, por último, dado el estallido de cinco recipientes, el peor de los escenarios, la distancia definida para la zona de intervención es de 10.2 metros y de 19.3 metros para la zona de alerta.

En base a los resultados obtenidos se elaboró una propuesta de plan de prevención en el que se consideraron las zonas de afectación generadas por la explosión de bombonas de GLP.

5.2. Recomendación

Realizar capacitaciones anuales para los propietarios de locales de expendio de alimentos o que utilicen cilindros de GLP con respecto a la manipulación y manejo de este recurso, como lo establece el Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, Decisión 584.

Gestionar acuerdos con el Cuerpo de Bomberos de Riobamba para efectuar capacitaciones enfocadas a la prevención de incendios y al manejo de extintores.

Adquirir para los locales donde se utilizan cilindros de GLP instrumentos y/o herramientas de alerta y seguridad contra incendios como detectores de GLP, detectores de humo, rociadores, entre otros como se menciona en la norma NFPA 101.

Considerar la utilización de láminas de protección en los ventanales que se encuentran cerca de los locales de expendio de alimentos dado que las consecuencias por la rotura de vidrios afectarán a las personas que trabajan y acuden a estos lugares, esto en cumplimiento a lo establecido en el Decreto 2393 con respecto adoptar las medidas necesarias para la prevención de riesgos.

Colocar las bombonas de GLP fuera de los locales, esto en base a los resultados obtenidos y con la finalidad de cumplir lo establecido en el Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra de Incendios, art. 84. Además, los sitios donde se ubiquen los cilindros deben ser cubiertos

con buena ventilación y no ser considerado como vías de evacuación. Cabe mencionar que para evitar la manipulación inadecuada de terceros se sugiere colocar los cilindros en compartimentos o estructura incombustibles que tengan aberturas que faciliten la ventilación.

CAPITULO VI: PROPUESTA

Plan de Prevención para los locales de expendio de alimentos de la Empresa Pública Municipal
Mercado de Productores Agrícolas “San Pedro de Riobamba”

1. Datos generales de la institución

Tabla 65

Información general de la EP-EMMPA

INFORMACIÓN GENERAL							
Nombre de la Empresa	Empresa Pública Municipal Mercado de Productores “San Pedro de Riobamba”			Actividad Económica	Comercialización de Productos Agrícolas		
Nombre de propietario	GADM-RIOBAMBA		Nombre de administrador	Ing. Alonso Edison Parra Rodríguez			
Dirección	Av. Leopoldo Freire N°1 y Av. Caracas		Teléfono	(03)2626- 170	Fax	(03)2626-170	
Parroquia	Maldonado	Sector	CAMAL	Coordenadas	X	763280	Y 9813402
Correo electrónico	gerenciageneral@andinanet.net		No. De Arrendatarios	36			
Hora de ingreso personal	07H00	Hora de salida del personal	15H00	Hora de atención al público	Lunes, jueves, sábado: 04H00 a 18H00 Viernes 2H00 a 18H00 Domingo 06H00 a 14H00		
Materia Prima	NINGUNA			Cantidad empleada mensualmente	NINGUNA		
Materiales peligrosos	NINGUNA			Cantidad empleada mensualmente	NINGUNA		
Combustible empleado	GLP			Cantidad mensual	N/A		

Nota. Adaptado de Gestión de Riesgos del GADM de Riobamba. Elaboración propia.

2. Antecedentes

Como es de conocimiento público Ecuador se encuentra situado en el Cinturón de Fuego del Pacífico y sobre múltiples fallas geológicas, las cuales amenazan la estabilidad de ciudades importantes como Quito, Guayaquil, Riobamba entre otras (El Telégrafo, 2014), debido a esto la ciudad se ha visto afectada con la caída de ceniza de los volcanes Tungurahua en 2016 y Sangay en los meses de marzo, abril y mayo del año anterior (El Comercio, 2021), sucesos que afectaron de manera directa a los productores y comerciantes que acuden a la institución.

Además, el país debido a diversos factores, como los mencionados previamente, es propenso a sufrir de terremotos y sismos, tal es el caso de lo ocurrió en abril del 2016 en Pedernales, Manabí, donde un terremoto de 7.8 de magnitud en la escala de Richter generó cientos de muertes y considerables daños materiales (Instituto Geofísico - EPN, 2020). Pero con respecto a la ciudad de Riobamba, en la actualidad se han registrados varios movimientos telúricos como por ejemplo el ocurrido en el mes de diciembre del 2021, el cual tuvo una magnitud de 3.53 y se dio a una profundidad de 2,76 kilómetros (Instituto Geofísico - EPN, 2021). Sin embargo, en la ciudad de Riobamba a lo largo del tiempo se han generado eventualidades de consideración producidas no solo por efecto de la naturaleza sino por falla del hombre, como lo sucedido en el año 2002, donde una explosión originada en las bodegas de armamento en la Brigada Blindada Galápagos produjo afectaciones tanto para las personas como para las edificaciones que se encontraban cerca del lugar en cuestión (Vallejo, 2016).

Otro siniestro suscitado en la ciudad es lo ocurrido en el colegio San Vicente de Paul donde un corto circuito, información proporcionada por el Cuerpo de Bomberos de Riobamba, desencadenó en un incendio y en el cual se consumió casi la totalidad de las instalaciones de este centro educativo (El Universo, 2009).

3. Justificación del plan

Como se menciona en la Constitución de la República del Ecuador específicamente en los artículos 389 y 390, el estado debe proteger a las personas frente a eventualidades negativas, ya sean de origen natural o antrópica, mediante la prevención y mitigación del riesgo, además de la recuperación en cuanto a las condiciones económicas y sociales, en función a estos criterios se busca reducir la vulnerabilidad ante escenarios que pongan en riesgo la integridad de las personas. También se indica que las instituciones serán las responsables de gestionar los riesgos, pero en el caso de que no poder hacerse cargo ya sea por falta de capacidad técnica o financiera, las instancias de mayor ámbito territorial brindarán el apoyo, pero sin eximirlos de su responsabilidad.

El artículo 5 de la Ley Orgánica de Empresas Públicas establece que mediante escritura pública se pueden constituir empresas públicas entre la Función Ejecutiva y los gobiernos autónomos descentralizados, para lo cual se requerirá del decreto ejecutivo y de la decisión de la máxima autoridad del organismo autónomo descentralizado.

Por tal razón es obligación de las instituciones públicas y privadas incorporar la Gestión de Riesgos dentro de su planificación por ser un derecho colectivo y dado que un evento adverso puede presentarse en cualquier lugar, tiempo y circunstancia, por ende, resulta necesario elaborar el presente documento, el cual permitirá establecer las acciones preventivas que se deberán considerar para los locales que expenden alimento, específicamente los que utilizan cilindros de GLP, con la finalidad de precautelar la integridad las personas y reducir la consecuencias ante el suceso de un siniestro.

4. Objetivo del Plan

4.1. Objetivo general

Establecer un plan de prevención para minimizar las consecuencias ante el escenario de explosión de recipientes de GLP en los locales de la EP-EMMPA que expenden alimentos y que utilizan este combustible.

4.2. Objetivos específicos

- Informar a las personas que laboran en este giro de negocios de los riesgos y consecuencias a los que están expuestos cuando se utilizan cilindros de GLP.
- Precautelar la integridad de los trabajadores y arrendatarios de la EP-EMMPA.
- Precautelar la salud y la vida de los usuarios y personas en general que acuden o se encuentran a los alrededores de la institución.
- Considerar normas enfocadas a la prevención y mitigación ante un evento negativo de incendio y/o explosión en la EP-EMMPA.
- Proponer el empleo rápido y oportuno de los recursos humanos, materiales y económicos, con la finalidad de minimizar las consecuencias tanto para las personas como para la infraestructura dado el siniestro.

5. Descripción de la actividad

La Empresa Pública Municipal Mercado de Productos Agrícolas “San Pedro de Riobamba” es un establecimiento del sector público que organiza, administra, supervisa y controla las actividades de venta al por mayor de productos agrícolas de primera necesidad, para lo cual posee infraestructura que facilita la comercialización, entidades financieras, un edificio administrativo, instalaciones sanitarias, estacionamientos, una guardería infantil, áreas verdes, guardias de seguridad, cuatro puertas destinado al ingreso y salida de vehículos, dos puertas para la entrada de usuarios y áreas destinadas para el consumo y expendio de alimentos preparados.

Cabe mencionar que el plan está destinado para las áreas donde se expenden alimentos, debido a que en estos locales se utilizan como elemento complementario para la cocción de alimentos y otras tareas cilindros de GLP de 15 kg, elemento que de acuerdo con sus características químicas es considerado altamente inflamable.

6. Descripción de la infraestructura

6.1. Capacidad de carga de la infraestructura donde se encuentra situados los locales de expendio de alimentos

Tabla 66

Capacidad de carga de la infraestructura

SECCIÓN	Área total en m ²	Área para emplear/o empleada en m ²	Responsable del control
Institución en general	77,648	77,648	
Centro Comercial	1,310.96	1,310.96	Pumas y Charlies
Plataforma Mariscos	1,484.41	1,484.41	

Nota. Los responsables de control son los catalogados como Pumas y Charlies pero no se puede especificar dado que la asignación de personal está en función de los horarios y días considerados de mayor auge de comerciantes (miércoles, viernes) y días feriados. Adaptado de Gestión de Riesgos del GADM de Riobamba. Elaboración propia.

6.2. Descripción de las áreas asignadas para locales de expendio de alimentos

Tabla 67

Áreas asignadas para locales de expendio de alimentos

CENTRO COMERCIAL

Tiene una dimensión de $1,310.96 m^2$, su estructura es rectangular de dos pisos, en el primero se encuentran 9 locales activos que brinda el servicio de expendio de alimentos preparados de un total de 12. Con respecto al piso superior existen 20 locales comerciales que no están utilizados y un área de $30 m^2$, el cual se utiliza como sala de reuniones con los comerciantes.

Además, al exterior existen locales de venta de plásticos, prendas de vestir, una entidad bancaria, entre otros, en total son 18 locales en funcionamiento.



PLATAFORMA DE MARISCOS

Tiene una superficie de $1,484.41 m^2$, con una altura de 9 m, tiene 29 subdivisiones que se utiliza para la comercialización de mariscos, también tiene áreas destinadas para la venta de aliños y condimentos, en esta plataforma se encuentra la bodega de la institución y 5 locales que expenden alimentos preparados.



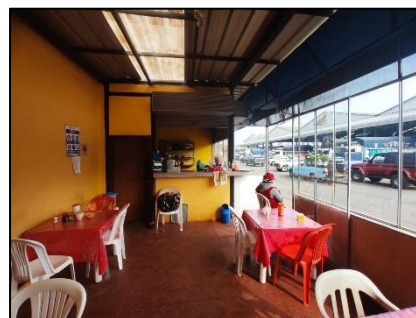
NEGOCIOS LATERALES 2

Al frente de la plataforma de comercialización en el área de carga se tiene 23 negocios de comidas, 5 nuevos locales de venta de pan, 2 negocios de venta de sacos, un local de granos y 3 áreas asignadas para servicios higiénicos.



NEGOCIOS LATERALES 3

Al frente de la plataforma de comercialización en el área de descarga se tiene 5 kioscos de venta de huevos, 4 kioscos de venta de sacos, 6 kioscos de comida, 2 locales de venta de granos y productos varios, un local de artículos electrónicos y 2 baterías sanitarias.



Nota. Adaptado de Gestión de Riesgos del GADM de Riobamba. Elaboración propia.

7. Análisis de recursos

7.1. Recursos humanos presentes en locales que expenden alimentos

La cantidad establecida por la EP-EMMPA de personas que atiendan por local es de hasta 4 personas, en base a esto y considerando la cantidad de locales que se sitúan en las áreas mencionadas (centro comercial, negocios laterales 2 y 3, Plataforma de Mariscos), que en total son 81 locales que se encuentran en funcionamiento, de los cuales en 36 locales se utilizan cilindros de GLP. Con esta información se obtiene la cantidad del personal que trabajan en las áreas mencionadas.

Tabla 68

Cantidad de personas que trabajan en locales que expenden alimentos y que utilizan cilindros de GLP

Recursos humanos	Total de personas
Número de personal (propietarios y empleados)	144

Nota. Adaptado de Gestión de Riesgos del GADM de Riobamba. Elaboración propia.

7.2. Equipos/ recursos de la institución

Tabla 69

Descripción de equipos y recursos de la institución

Especificación	Total	Bueno	Malo	Regular	Funcional	No funcional
Puertas de emergencias	5	5			X	
Vías de evacuación señalizada	1	1			X	
Gabinete contra incendio	2	2			X	
Extintores	23	23			X	
Detectores de humo	39	39			X	
Detectores de GLP	0					
Lámpara de emergencia	11	11			X	
Sirena contra incendios	1	1			X	
Detectores de temperatura	0					
Botiquín de Primeros Auxilios	1	1			X	

Especificación	Total	Bueno	Malo	Regular	Funcional	No funcional
Vehículos	5	5			X	
Luces estereoscópicas	4	4			X	
Sistema de cámaras de seguridad	62	62			X	
Detector de movimiento	24	24			X	
Alarma de incendios	4	4			X	
Sistema de comunicación (Handy, silbatos, linternas, otros)	32	32			X	
Dispensario médico (para empresas o industrias)	0					
Prendas de protección contra incendios (para empresas o industrias)	0					
Tomas siamesas	2	2			X	

Nota. Adaptado de Gestión de Riesgos del GADM de Riobamba. Elaboración propia.

8. Descripción de los alrededores de la institución

8.1. Planimetría del sector o barrio aledaño a la empresa

Figura 19. Planimetría de la EP-EMMPA



Figura 19. Se utilizó el programa ArcMaps versión 10.4.1. Elaboración propia.

8.2. Factores externos

La EP-EMMPA al estar ubicado en una zona altamente comercial produce una gran afluencia de personas, por ende, tráfico vehicular lo que conlleva a que se generen accidentes de tránsito. Debido a la alta cantidad de automotores que circulan por la zona, en la Avenida Caracas (salida 4) a una distancia de 100 metros de la institución está situada la Gasolinera “Patria”, la misma que maneja combustibles en grandes cantidades convirtiéndose por tal razón en un riesgo potencial de incendio y/o explosión.

Además, colindante con la institución se sitúa el Camal Municipal, en el cual se emplean calderas de faenamiento, debido a esto existe el riesgo de explosión, suceso adverso que generaría una gran afectación a la EP-EMMPA.

9. Identificación del riesgo en los espacios asignados para el expendio de alimentos

9.1. Descripción de recursos disponibles

En la Tabla 70 se indica la cantidad de equipos y recursos con los que actualmente cuenta la institución en relación a las áreas en las que se encuentran localizados los locales que expenden alimentos.

Tabla 70*Recursos disponibles en las áreas asignadas para el expendio de alimentos*

Equipos	Plataforma de mariscos	Centro Comercial	Negocios Laterales 2	Negocios Laterales 3	Total
Rociadores	0	0	0	0	0
Extintores (describir el tipo y la capacidad)		1 PQS 1 lb	4 PQS 2 lb		2 PQS 1 lb
	1 PQS 1 lb	2 PQS 2 lb	10 PQS 5 lb	1 PQS 2 lb	7 PQS 2 lb
	5 PQS 5 lb	1 PQS 3 lb	10 PQS 10 lb	9 PQS 5 lb	1 PQS 3 lb
		6 PQS 5 lb	1 CO2 5 lb	5 PQS 10 lb	30 PQS 5 lb
		1 PQS 10 lb			16 PQS 10 lb
					1 CO2 5 lb
Sistema de seguridad (cámaras)	4	5	3	0	12
Sistema contra incendio	0	0	0	0	0
Lámparas de emergencias	0	0	0	0	0
Puertas de emergencias funcionales	0	0	0	0	0
Gabinetes - bocas de incendios equipadas	0	0	0	0	0
Detectores GLP	0	0	0	0	0
Detectores Temperatura	0	0	0	0	0
Detectores humo	0	0	0	0	0
Botiquín de Primeros Auxilios equipado	0	0	0	0	0
Reserva hídrica	0	0	0	0	0
Tomas siamesas	0	0	0	0	0

Nota. Adaptado de Gestión de Riesgos del GADM de Riobamba. Elaboración propia.

9.2. Identificación de amenazas

Tabla 71

Identificación de amenazas que han acontecido en las instalaciones de la EP-EMMPA

Exposición	Exposición					Afectación				
	Extrema	Alta	Media	Baja	Muy baja	Muy Baja	Baja	Moderada	Alta	Extrema
Sismos			X					X		
Inundaciones					X		X			
Incendios					X			X		
Volcánica		X						X		
Biológicos	X								X	
Explosiones					X			X		
Seguridad					X		X			
Olas de calor					X		X			
Derrame de sustancias peligrosas					X		X			

Nota. Extrema = 2 veces al año. Alta = 1 vez por año. Media = de 2 a 5 años. Baja = de 5 a 8 años. Muy baja = más de 10 años. *Nota.* Adaptado de Gestión de Riesgos del GADM de Riobamba. Elaboración propia.

9.2.1. Mapa de amenazas

Mapa de Amenazas correspondiente a la caída de ceniza

Figura 20. Mapa de amenazas por caída de ceniza

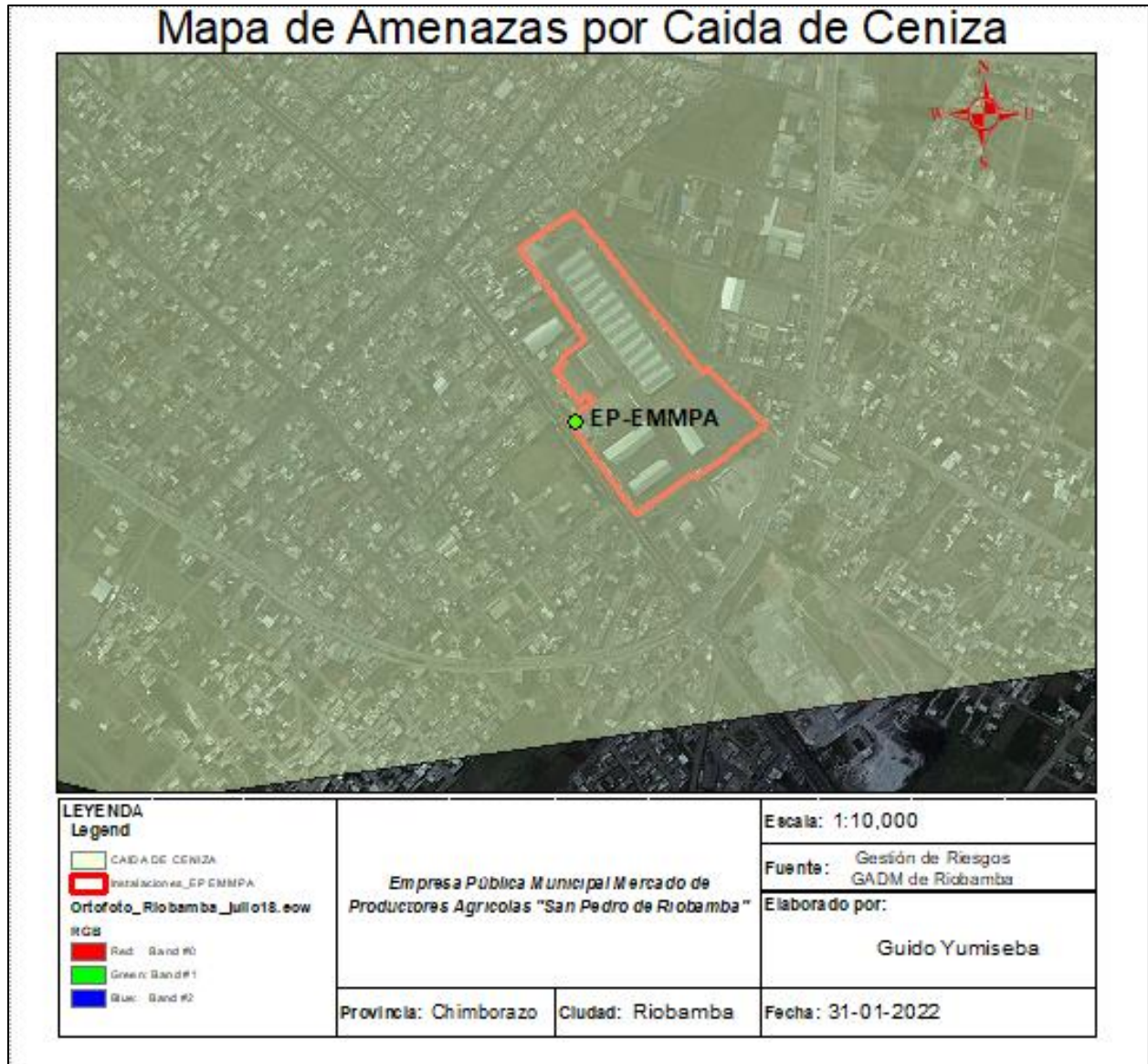


Figura 20. Adaptado de Gestión de Riesgos del GADM de Riobamba. Elaboración propia.

Mapa de Amenazas correspondiente al riesgo por explosiones

Figura 21. Mapa de amenazas para el riesgo por explosión

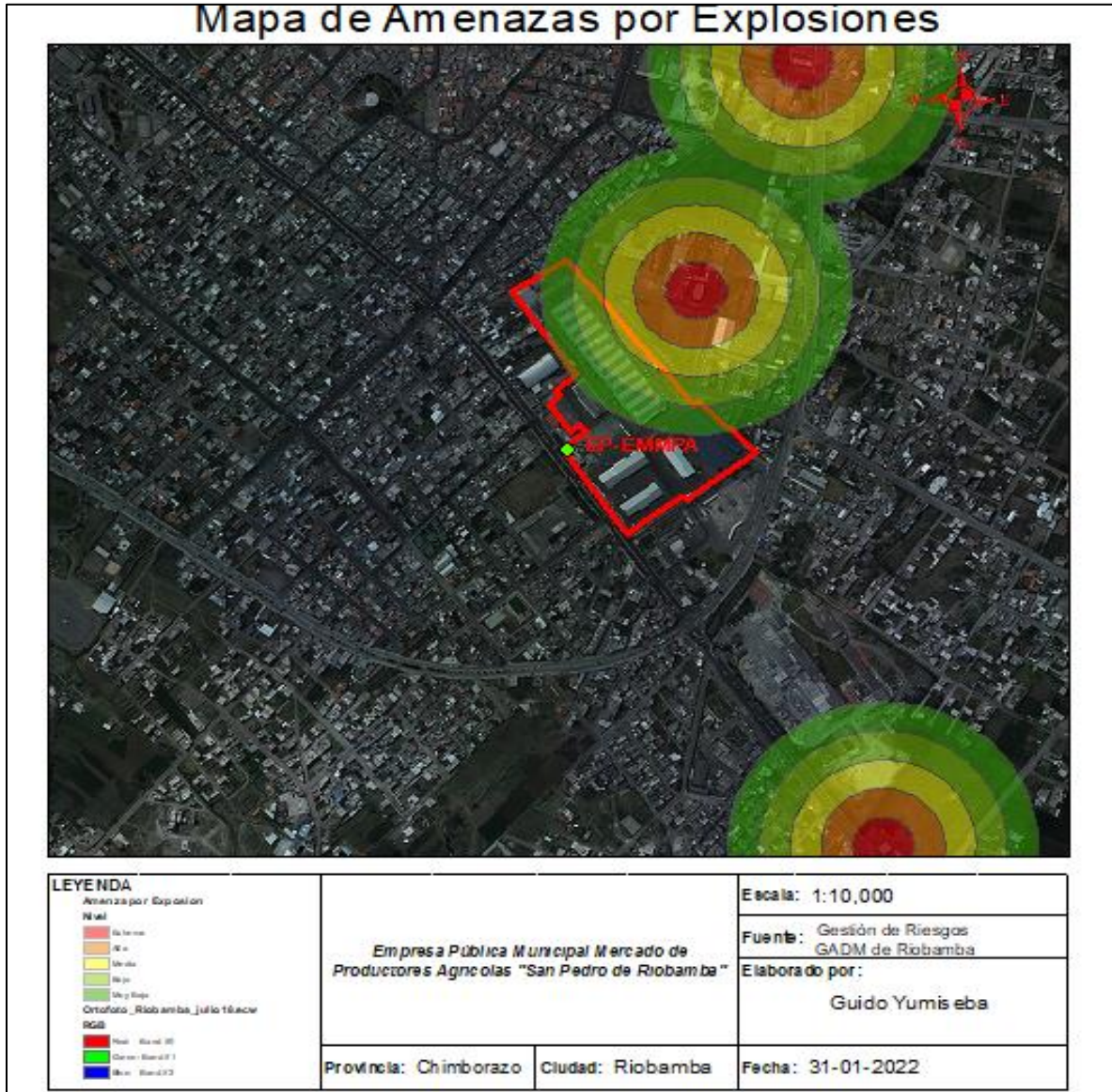


Figura 21. Adaptado de Gestión de Riesgos del GADM de Riobamba. Elaboración propia.

Mapa de Amenazas correspondiente al índice delictual

Figura 22. Mapa de amenazas para el riesgo de incidencia delictual

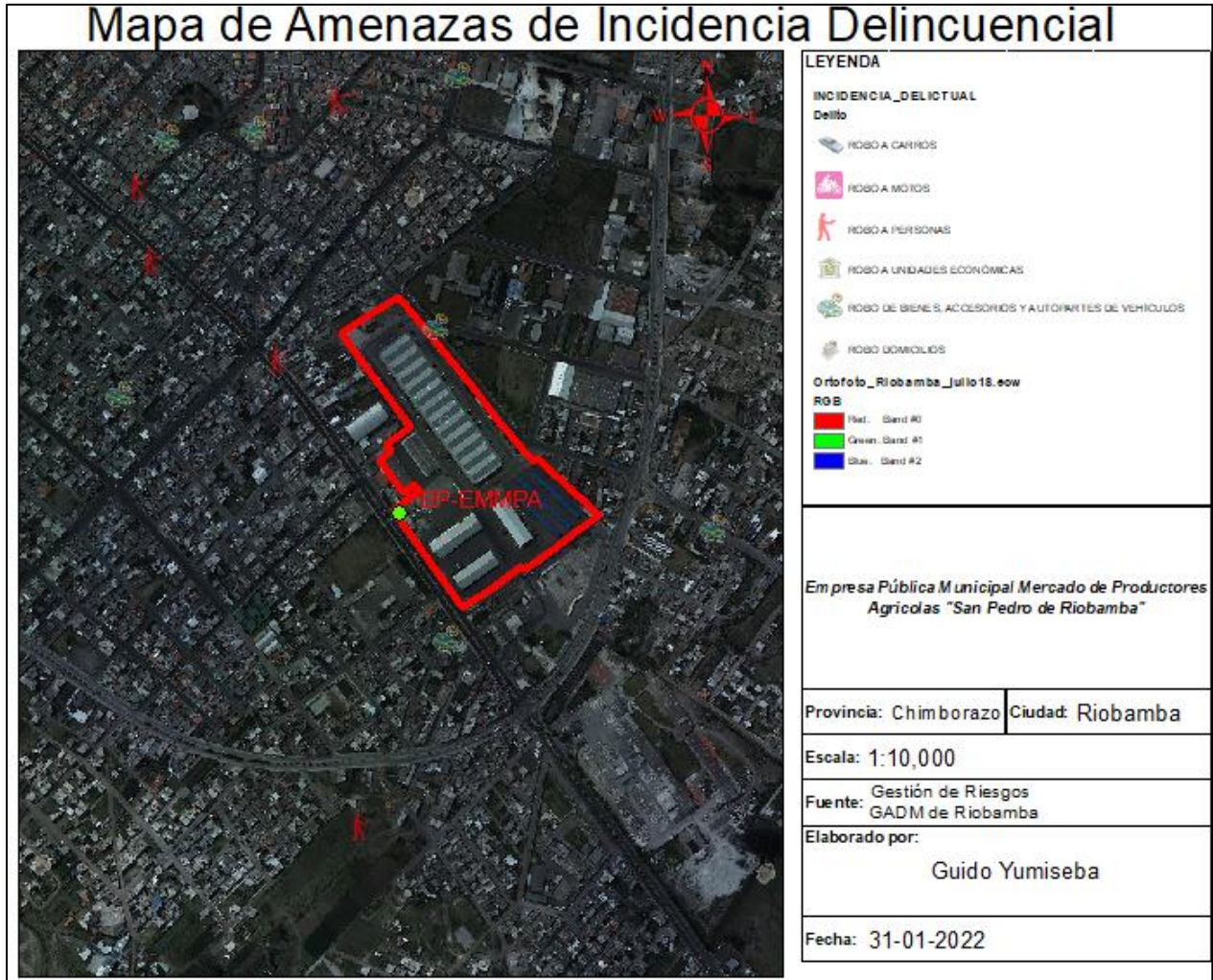


Figura 22. Adaptado de Gestión de Riesgos del GADM de Riobamba. Elaboración propia.

10. Identificación y valoración de vulnerabilidad

Para efectuar la valoración de vulnerabilidad enfocado al riesgo por explosión de GLP se consideró las metodologías Backer y Probit para cada escenario, como se muestra en la Tabla 72 para el caso de un cilindro de GLP.

Cabe mencionar que en base a la normativa Seveso y considerando los valores de sobrepresión se determinó que para este escenario la zona de intervención se establece a 6.1 m y la zona de alerta a 11.1 m de distancia desde el punto de origen de la explosión.

Tabla 72

Valoración de vulnerabilidad considerando un cilindro

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	% Muerte	% Rotura de tímpano	% Daños menores	% Daños mayores	% Colapso de edificio	% Rotura de vidrios
1	511,116.67	113.76	100.00	100.00	51.00	1.00	0.00	100.00
2	127,779.17	55.93	19.00	98.00	19.00	0.00		100.00
4	23,000.25	20.74	0.00	11.00	1.00			100.00
6	12,777.92	11.85		0.00	0.00			100.00
8	7,794.53	8.62						97.00
10	5,702.15	7.00						84.00
12	4,472.27	5.39						63.00
15	3,477.19	4.58						36.00
20	2,459.75	3.34						9.00
25	2,012.52	2.75						3.00
30	559.03	0.97						0.00

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 73 se indican los resultados de la valoración efectuada en base a la metodología Baker y Probit para el caso de dos cilindros de GLP.

Cabe mencionar que en base a la normativa Seveso se determinó que para este escenario la zona de intervención se establece a 7.7 m y la zona de alerta a 13.7 m de distancia desde el punto de origen de la explosión.

Tabla 73

Valoración de vulnerabilidad considerando dos cilindros

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	% Muerte	% Rotura de tímpano	% Daños menores	% Daños mayores	% Colapso de edificio	% Rotura de vidrios
1	952,535.62	179.16	100.00	100.00	73.00	12.00	0.00	100.00
2	188,183.87	83.61	96.00	99.70	36.00	0.00		100.00
4	35,778.17	32.85	0.00	36.00	5.00			100.00
6	19,166.88	19.00		5.00	1.00			100.00
8	11,244.57	13.57		0.00	0.00			99.80
10	7,794.53	10.86						97.00
12	5,813.95	9.50						86.00
15	4,360.46	6.79						61.00
20	3,354.20	5.09						32.00
25	2,347.94	4.28						7.00
30	2,012.52	3.46						3.00

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 74 se indican los resultados de la valoración efectuada en base a la metodología Baker y Probit para el caso de tres cilindros de GLP.

Cabe mencionar que en base a la normativa Seveso se determinó que para este escenario la zona de intervención se establece a 8.2 m y la zona de alerta a 15.1 m de distancia desde el punto de origen de la explosión.

Tabla 74*Valoración de vulnerabilidad considerando tres cilindros*

Distancia (m)	P_s (Pa)	i (Pa.s)	% Muerte	% Rotura de tímpano	% Daños menores	% Daños mayores	% Colapso de edificio	% Rotura de vidrios
1	3,542,967.84	422.60	100.00	100.00	96.00	81.00	41.00	100.00
2	278,790.91	110.75	100.00	100.00	50.00	1.00	0.00	100.00
4	38,333.75	35.04	0.00	41.00	7.00	0.00		100.00
6	23,000.25	24.08		11.00	2.00			100.00
8	12,777.92	17.87		0.00	0.00			100.00
10	10,222.33	13.98						99.60
12	7,794.53	11.65						97.00
15	5,031.30	9.32						75.00
20	3,913.24	6.99						49.00
25	2,906.98	5.67						19.00
30	2,236.14	4.51						4.00

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 75 se indican los resultados de la valoración efectuada en base a la metodología Baker y Probit para el caso de cuatro cilindros de GLP.

Cabe mencionar que en base a la normativa Seveso se determinó que para este escenario la zona de intervención se establece a un radio de 9.6 m y la zona de alerta a 17.2 m.

Tabla 75*Valoración de vulnerabilidad considerando cuatro cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	% Muerte	% Rotura de tímpano	% Daños menores	% Daños mayores	% Colapso de edificio	% Rotura de vidrios
1	4,646,515.20	492.50	100.00	100.00	97.00	90.00	56.00	100.00
2	348,488.64	135.44	100.00	100.00	60.00	3.00	0.00	100.00
4	46,000.50	47.03	0.00	54.00	13.00	0.00		100.00
6	25,555.83	32.92		15.00	5.00			100.00
8	16,611.29	21.38		3.00	1.00			100.00
10	11,500.13	17.10		0.00	0.00			99.80
12	8,944.54	15.39						98.00
15	5,702.15	11.97						84.00
20	4,136.85	8.38						55.00
25	3,354.20	6.58						32.00
30	2,683.36	5.56						14.00

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 76 se indican los resultados de la valoración efectuada en base a la metodología Baker y Probit para el caso de cinco cilindros de GLP.

Cabe mencionar que en base a la normativa Seveso se determinó que para este escenario la zona de intervención se establece a 10.2 m y la zona de alerta a 19.3 m de distancia desde el punto de origen de la explosión.

Tabla 76*Valoración de vulnerabilidad considerando cinco cilindros*

Distancia (m)	P_S (Pa)	i (Pa.s)	% Muerte	% Rotura de tímpano	% Daños menores	% Daños mayores	% Colapso de edificio	% Rotura de vidrios
1	5,808,144.00	589.47	100.00	100.00	98.00	95.00	73.00	100.00
2	418,186.37	155.62	100.00	100.00	67.00	6.00	0.00	100.00
4	92,930.30	81.05	0.00	93.00	34.00	0.00		100.00
6	33,222.58	39.51		30.00	9.00			100.00
8	19,166.88	25.79		5.00	2.00			100.00
10	12,777.92	20.26		0.00	1.00			100.00
12	10,222.33	16.58			0.00			99.60
15	7,666.75	13.82						96.00
20	4,584.08	9.21						66.00
25	3,913.24	8.11						49.00
30	2,906.98	6.54						19.00

Nota. Elaboración propia.**10.1. Especificación del riesgo en locales que expenden alimentos****Tabla 77***Especificación del riesgo*

Tipo	Descripción	Ubicación
Incendios	Conatos de Incendio y riesgos de propagación en locales identificados que manejan materiales combustibles	Negocios Laterales 2 y 3, en el patio de comidas del Centro Comercial, en el segundo Piso del Centro Comercial en las bodegas Financieras y en los locales ubicados en la Plataforma de Mariscos
Explosiones	Explosiones de Bombonas de GLP	Negocios Laterales 2 y 3, en el patio de comidas del Centro Comercial y en los locales de venta de alimentos de la Plataforma de Mariscos.

Nota. Adaptado de Gestión de Riesgos del GADM de Riobamba. Elaboración propia.

10.2. Escenarios

Explosiones: como en los locales que expenden alimentos preparados se utilizan bombonas de GLP, se podría generar fugas de gas que ante cualquier chispa generada por las hornillas, fósforos o conexiones eléctricas mal instaladas produciría la mencionada eventualidad donde las consecuencias alcanzarían distancias de 20 a 30 metros a la redonda, el valor estará en función de la cantidad de cilindros que cada local utilice, este suceso atentaría con la vida del personal que labora en los locales de comida como son el/la cocinera/o, ayudantes y clientes, además de generar pérdidas económicas y humanas, en los alrededores del local afectado existiría la posibilidad que debido a la magnitud del estallido el resto de locales pudieran tener el mismo problema.

Incendios: en la institución existen áreas destinadas para el expendio de alimentos como para la comercialización y por ende almacenamiento de plásticos, sacos y papeles, los mismos son fuentes en las que el fuego se propagaría con facilidad haciendo que en primera instancia se produzca un conato de incendio ya sea generado por una chispa en los locales de plásticos o por falla humana en los locales de comida o viceversa pero si no es controlado de inmediato se produciría un incendio de mayor nivel trayendo consigo la paralización de ventas, la pérdida material de los locales, con respecto a la personas existe el peligro de asfixia o ahogamiento por el humo, quemaduras de consideración.

11. Plan de reducción de Riesgos

11.1. Medidas estructurales

Las medidas que se mencionan en la Tabla 78 están acorde a lo establecido por las normas NFPA 10, NFPA 101, NFPA 92, Decreto Ejecutivo 2393, Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios, INEN 439 y 440.

Tabla 78*Medidas estructurales para las áreas donde se utiliza GLP*

Medida adoptada	Fecha de ejecución	Observaciones
Adquisición y colocación de instrumentos de alerta y seguridad faltantes en base a la información expuesta en la Tabla 70.	03-08-2022	
Colocación de gabinetes contra incendio y detectores de humo.	03-08-2022	
Implementación de detectores de GLP en el área donde se encuentre las bombonas de gas	06-08-2022	
Obligatoriedad para cada local comercial de adquirir y mantener en todo momento un extintor acorde al tipo de incendio que se puede generar.	04-07-2022	
Ejecución de cambios de válvulas de las bombonas de gas.	25-07-2022	Cada tres años.
Reemplazo de mangueras de los cilindros de gas.	25-07-2022	Cada año.
Efectuar mantenimientos preventivos de los extintores.	16-08-2022	Cada tres meses
Prohibición de acumular en las áreas de trabajo materiales que faciliten la combustión, por ejemplo, cartones, cajas y sacos.	06-07-2022	
Realizar mantenimientos preventivos en las cocinas.	06-09-2022	Cada año
Revisar mangueras, abrazaderas, perillas y hornillas de las cocinas con la finalidad de evitar fugas.	25-07-2022	Cada seis meses
Colocación de señalética en las puertas de salida	16-08-2022	
Obligatoriedad de mantener puertas de salida libres de obstáculos	09-08-2022	
Implementar señalética en locales que utiliza GLP donde se mencione la prohibición de fumar.	16-08-2022	
Ubicación de cilindros de GLP fuera de los locales.	30-08-2022	
Emplear láminas de seguridad en ventanales de locales donde se utilizan cilindros de GLP.	13-09-2022	

Nota. Elaboración propia.

11.2. Medidas no estructurales

Para establecer las medidas no estructuras se consideró la información expuesta en las normas NFPA 10, Decreto Ejecutivo 2393, Código de Práctica sobre Protección Contra Incendios Sección VIII: Instalaciones Eléctricas (CPE INEN 5), Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, Decisión 584.

Tabla 79

Medidas no estructurales para locales que utilizan GLP.

Medida adoptada	Fecha de ejecución	Observaciones
Inspección y control de extintores.	04-07-2022	Cada mes
Control de la no presencia de niños en el interior de los locales que utilizan cilindros de GLP.	11-07-2022	
Inspección de las conexiones eléctricas al interior de los locales.	16-08-2022	Cada 3 meses
Ejecutar capacitaciones enfocadas al manejo adecuado de los extintores portátiles.	27-09-2022	
Capacitación de cómo se debe actuar al detectar fugas de GLP.	20-07-2022	
Capacitación enfocada al adecuado manejo de cilindros de GLP.	08-10-2022	
Capacitaciones sobre prevención de Incendios.	26-10-2022	
Estudio de factibilidad para reemplazar la utilización de cilindros domésticos por tanques industriales.	19-11-2022	

Nota. Elaboración propia.

BIBLIOGRAFIA

- Acebes, Á. (2003). REAL DECRETO 1196/2003. *Boe*, (Directriz básica de Protección Civil para el control y riesgo de accidentes en los que intervienen sustancias peligrosas), 36428–36471.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Iusrectusecart*, (449), 1–219. Recuperado de <https://bde.fin.ec/wp-content/uploads/2021/02/Constitucionultimodif25enero2021.pdf>
- Beer, F. P., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2007). *Mecánica de Materiales* (Quinta Edición). México D.F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Recuperado de https://www.academia.edu/34453780/Mecanica_de_Materiales_5ta_Ed_Beer_Johnston_DeWolf_Mazurek_McGraw_Hill
- Botta, A. (2011). *Dinámica de las Explosiones Industriales*. Recuperado de https://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieexplosiones/30_Dinamica_Explosiones_Industriales_1a_edicion_Diciembre2015.pdf
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2012). *Termodinámica* (Séptima Edición). MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. Recuperado de http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodinâmica/Material_Didático/Livro_Cengel/Termodinamica_Cengel_7th_espanhol.pdf
- Comunidad Andina de Nacionalidades. (2004). Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. *Decisión 584, Sustitución de la decisión 547*, 8–9. Recuperado de <https://bit.ly/3G9qVCP>
- Díaz Alonso, F. (2006). Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas de Seveso), 1–275. Recuperado de <https://www.tesisenred.net/handle/10803/10935;jsessionid=47FB4F4BD41C124D4BEFD4B258B8D1D8>

El Comercio. (2021, mayo 7). Ocho poblados de Chimborazo registran caída de ceniza del volcán Sangay

- El Comercio. Recuperado el 3 de febrero de 2022, de

<https://www.elcomercio.com/actualidad/riobamba/ocho-ciudades-chimborazo-caida-ceniza-volcan-sangay.html>

El Telégrafo. (2014, agosto 24). Ecuador se asienta sobre 10 fallas geológicas. Recuperado el 3 de febrero

de 2022, de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/ecuador-se-asienta-sobre-10-fallas-geologicas>

El Universo. (2009, febrero 12). Incendio destruye colegio San Vicente de Paúl de Riobamba .

Recuperado el 3 de febrero de 2022, de

<https://www.eluniverso.com/2009/02/12/1/1447/326DCFBF209D43148359A1B919D77069.html/>

El Universo. (2021a). Quito registró dos explosiones por fuga de gas en 24 horas | Ecuador | Noticias | El

Universo. Recuperado el 24 de mayo de 2021, de

<https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/explosion-tanque-gas-quito-nota/>

El Universo. (2021b). Un muerto y dos heridos por explosión en fábrica de panela en Sucumbíos |

Ecuador | Noticias | El Universo. Recuperado el 10 de agosto de 2021, de

<https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/un-muerto-y-dos-heridos-por-explosion-en-fabrica-de-panela-en-sucumbios-nota/>

EP EMMPA. (2021). Acerca de Nosotros Visión. Recuperado el 28 de diciembre de 2021, de

<https://www.ep-emmpa.gob.ec/index.php/pages/about-us>

GasNova. (2021). ¿Qué es el GLP? - GASNOVA. Recuperado el 16 de agosto de 2021, de

<http://www.gasnova.co/sobre-el-glp/que-es-el-glp/>

González Cárdenas, S. I., & Vela Barba, X. G. (2019). *Identificación, Evaluación y Control de Riesgos y*

Plan de Emergencia para el tanque estacionario de GLP de la Escuela de Gastronomía de la

ESPOCH, aplicando la Normativa Seveso y método PROBIT. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación.* México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

IBM Control Desk. (2020). Unidades de medida y factores de conversión - Documentación de IBM. Recuperado el 29 de diciembre de 2021, de <https://www.ibm.com/docs/es/control-desk/7.6.1.x?topic=overview-measurement-units-conversion-factors>

INSST. (2021). ¿Qué es una explosión? Recuperado el 16 de agosto de 2021, de <https://www.insst.es/-/que-es-una-explosion->

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2005). Cilindros de acero soldados para gas licuado de petróleo “GLP”. Requisitos e inspección. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 21.

Instituto Geofísico - EPN. (2020, abril 16). Cuatro años después del Terremoto de Pedernales: Un testimonio sobre el peligro sísmico en el Ecuador - Instituto Geofísico - EPN. Recuperado el 3 de febrero de 2022, de <https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/1810-cuatro-anos-despues-del-terremoto-de-pedernales-un-testimonio-sobre-el-peligro-sismico-en-el-ecuador>

Instituto Geofísico - EPN. (2021). Informes de los Últimos Sismos. Recuperado el 3 de febrero de 2022, de <https://www.igepn.edu.ec/ultimos-sismos>

Lorenzo Becco, J. (1989). *Los gases licuados de petróleo.* (Repsol-Butano S.A., Ed.). Madrid.

Matheu Aguilar, H. A. (2014). *Determinación de riesgo de accidente mayor y de su influencia en las áreas de alerta y seguridad de la empresa Agrocueros S.A.* Universidad Técnica de Ambato.

Muñoz, A., Rodríguez, J., & Martínez, J. (2006). La Seguridad Industrial Fundamentos y Aplicaciones. *Manual de Seguridad, Salud y Medio Ambiente*, 733.

Oficina Internacional del Trabajo. (1990). *Manual práctico: Control de riesgos de accidentes mayores*. Ginebra.

Ordenanzas Municipio de Riobamba: Abril 2010. (2010). Recuperado el 16 de agosto de 2021, de <http://ordenanzasmunicipioriobamba.blogspot.com/2010/04/>

Osinergmin. (2010). OSINERGMIN - Cuáles son las propiedades del “GLP”. Recuperado el 28 de diciembre de 2021, de <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/GFH/1430.htm>

Ramírez Grey, V. S. (2019). *Aplicación informática para el cálculo de la sobrepresión e impulso en explosiones de recipientes industriales*. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.

Recipiente | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE. (2021). Recuperado el 16 de agosto de 2021, de <https://dle.rae.es/recipiente>

Recipientes Sujetos a Presion y Calderas - Funcionamiento - Condiciones de Seguridad. (2021). Recuperado el 16 de agosto de 2021, de <http://sig.jalisco.gob.mx/assets/documentos/normatividad/nom020stps2002.htm>

Saldaña Nolasco, M. R. (2016). *INCENDIOS, EXPLOSIONES Y EXPLOSIVOS.pdf*. Mexico: Flores Editor y Distribuidor.

Sanchez, A. M. (2020). GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN ECUADOR. *Observatorio Económico y Social de Tungurahua*.

SGR. (2021). SGR cuida de ti: Los tanques de gas, asesinos silenciosos – Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. Recuperado el 16 de julio de 2021, de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/sgr-cuida-de-ti-los-tanques-de-gas-asesinos-silenciosos/>

Tiupul, P., & Arévalo, M. (2021). Anuario Climatológico. *INAMHI*.

Tiupul, P., & Arévalo, M. (2022). Boletín Meteorológico Enero 2022. *INAMHI*, 0–10.

Tubón, A. (2014). ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS PARA LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA ESPOCH.

Turmo Sierra, E. (2013). NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit. *Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales*, 8. Recuperado de http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/fichastecnicas/ntp/ficheros/201a300/ntp_291.pdf

UNAM. (2021). Interpolacion. *Facultad de Estudios Superiores Aragón*.

Vallejo, D. (2016, noviembre 20). La ciudad herida (El polvorín de Riobamba) | Historias desde Riobamba. Recuperado el 3 de febrero de 2022, de <https://digvas.org/2016/11/20/la-ciudad-herida-el-polvorin-de-riobamba/>

Vittoni, R., & Varela, R. (1993). Prevención De Accidentes Industriales Mayores. Implementación De La Norma Internacional Iec 61511.

ANEXOS

Anexo 1: Hoja de registro de la cantidad de cilindros de GLP.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



HOJA DE REGISTRO: Cantidad de cilindros de GLP

Responsable: Guido Yumiseba

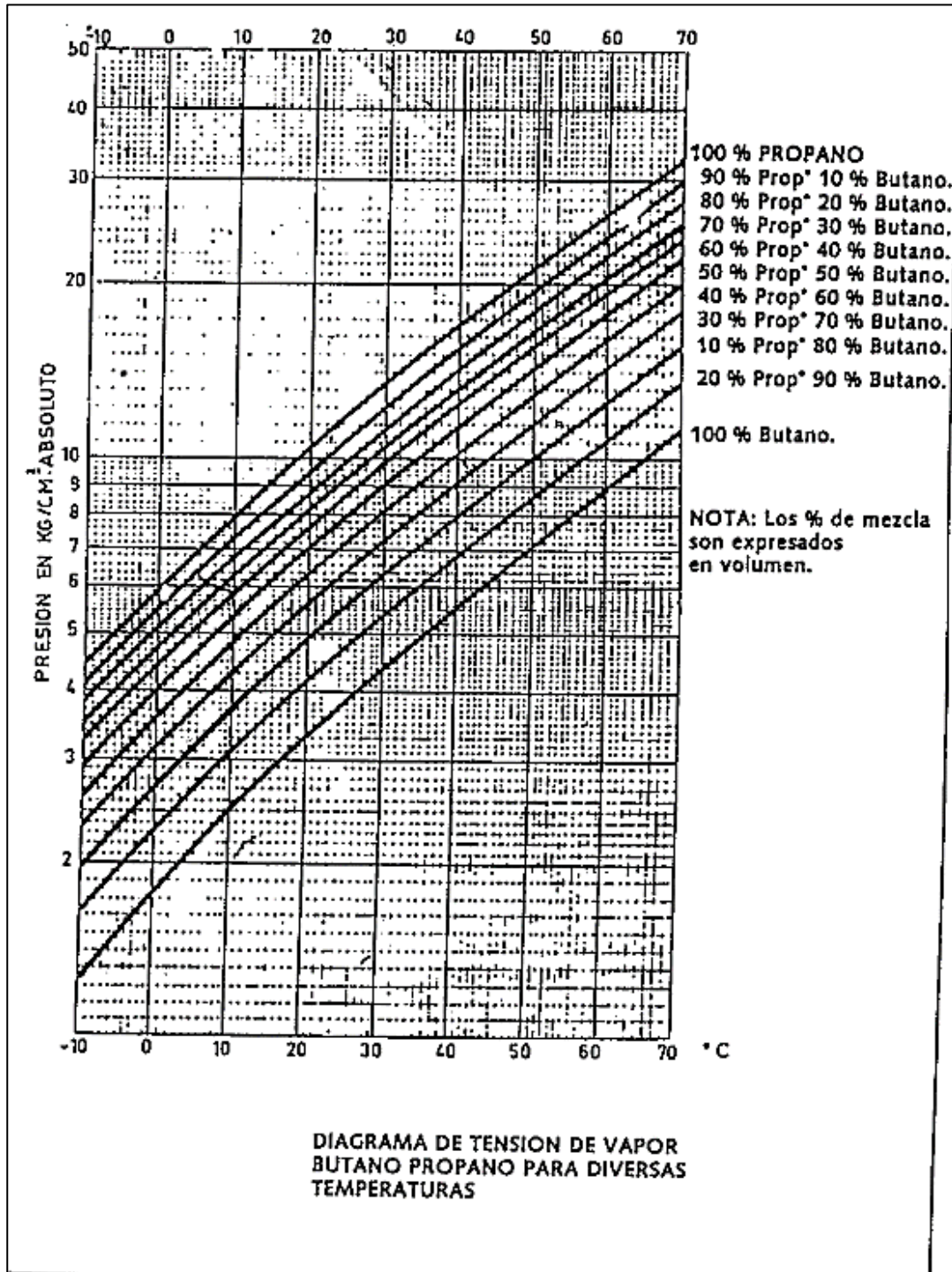
Fecha: 29/12/2021

Lugar: Instalación de la EP-EMMPA

Nro. Local	Propietario	Lugar de referencia	Nro. cilindros de GLP	Firma
3	Jose Crolla	Cafeteria	1	[Firma]
	Alcides Gavilanez	Cafeteria	1	[Firma]
	Mara Kuiguri	Cafeteria	1	[Firma]
	Ulises Justin	Cafeteria	1	[Firma]
	Miryam Recalde	Cafeteria	1	[Firma]
	Maria Martinez	Kiosko Salida 34	1	[Firma]
	Olga Guerrero	Kiosko Salida 3-4	1	[Firma]
	Amparo Torres	Kiosko Salida 3-4	1	[Firma]
	Jenny Guachilema	Kiosko Salida 3-4	5	[Firma]
28	Norma Santillan	Kiosko Frente Nueva 4	2	[Firma]
27	Narcisa Aldiz	Kiosko Frente Nueva 4	2	[Firma]
26	Barbara Yaguachi	Kiosko Frente Nueva 4	2	[Firma]
25	Veronica Duvilema	Kiosko Frente Nueva 4	2	[Firma]
22	Andrés Mierda	Kiosko Frente Nueva 4	1	[Firma]
23	Esther Goylli	Kiosko Frente Nueva 4	2	[Firma]
	Mariana Soria	Kiosko Frente Nueva 4	1	[Firma]


20	Cristian Gualli	Kiosko Frente Nueva B	3	Proyecto
21	Gladys Guillin	Kiosko Frente Nueva B	2	Proyecto
	Veronica Sotomayor	Kiosko Frente Nueva B	3	Proyecto
17	Fanny Cousquer	Kiosko Frente Nueva B	1	Proyecto
	Inés Sinche	Kiosko Frente Nueva 10	1	Proyecto
	Mery Murato	Kiosko Frente Nueva 11	1	Proyecto
	Rita Sulquero	Kiosko Frente Nueva 11	1	Proyecto
4	Liliana Tere	Kiosko - F Frente Nueva 10	2	Proyecto
3	Rosa Dizuela	Kiosko - F Frente Nueva 10	2	Proyecto
2	Maria Caribe	Kiosko - F Frente Nueva 10	2	Proyecto
1	América Cando	Kiosko - F Frente Nueva 10	2	Proyecto
	América Pucará	Kiosko - F Frente Nueva 10	1	Proyecto
3	Luisa Choto	Kiosko - F Frente Nueva 7	2	Proyecto
8	Rol Lara	Centro Comercial	1	Proyecto
13	Jorge Andrade	Centro Comercial	2	Proyecto
5	Marcela Guiraca	Centro Comercial	1	Proyecto
3	Maria Quispe	Centro Comercial	1	Proyecto
2	Sara Bolanos	Centro Comercial	1	Proyecto
10	Naizly Silva	Centro Comercial	4	Proyecto
9	Hilton Mora	Centro Comercial	2	Proyecto

Anexo 2: Diagrama de tensión de vapor Butano-Propano para diversas temperaturas.



Fuente: (Lorenzo Becco, 1989)

Anexo 3: Tabla de propiedades termodinámicas del propano.

 Original in 1996	Thermodynamic Properties of Saturated Propane	Revised: 03/21/2008
	DRAWINGS ARE TYPICAL ONLY AND NOT INTENDED FOR ENGINEERING PURPOSES	Replaces: S-1004

ENTHALPIES AND ENTROPIES ARE REFERRED TO SATURATED LIQUID AT 202°F. WHERE THE VALUES ARE 200. FROM FIG. 1 FOR ENTHALPIES AND ENTROPIES OF SUPERHEATED LIQUID IDEAL.

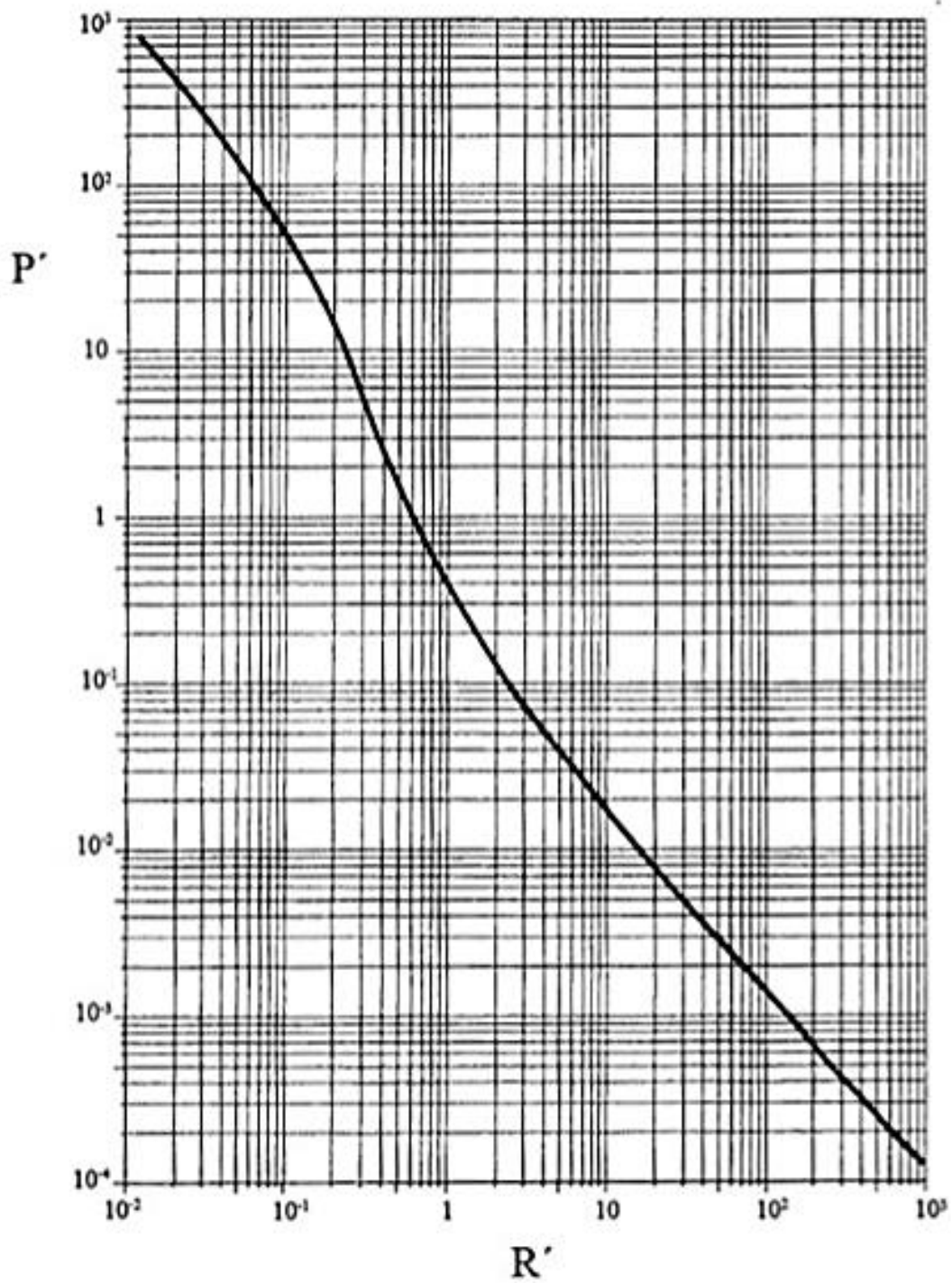
Temp. Deg. F. t	Pressure Lb. Per Sq. In.		Specific Volume Cu. Ft. per Lb.		Density Lb. Per Cu. Ft.		Enthalpy** Btu per Lb.		Liquid** Heat Btu per Lb. L	Entropy** Btu per Lb. Deg. F.		Temp. Deg. F. t
	Absolute P	Gauge P.g.	Liquid v	Vapor V	Liquid Lv	Vapor LW	Liquid hf	Vapor hg		Liquid sf	Vapor sg	
-75	6.37	*17.0	0.02600	14.5	37.59	0.02690	65.5	255.5	190.0	0.142	0.625	-75
-70	7.37	*14.9	0.02674	12.9	37.40	0.02775	68.0	257.0	189.0	0.148	0.623	-70
-65	8.48	*12.7	0.02668	11.3	37.20	0.02855	71.5	258.0	188.5	0.154	0.621	-65
-60	9.72	*10.1	0.02703	9.93	37.00	0.111	74.0	259.5	188.5	0.160	0.620	-60
-55	11.1	*7.3	0.02717	8.70	36.80	0.115	77.0	261.0	184.0	0.167	0.618	-55
-50	12.6	*4.3	0.02732	7.74	36.60	0.129	79.5	262.7	183.2	0.173	0.617	-50
-45	14.4	*0.6	0.02748	6.89	36.39	0.145	82.3	264.4	181.9	0.179	0.616	-45
-40	16.2	1.6	0.02763	3.13	36.19	0.163	85.0	265.8	180.8	0.185	0.614	-40
-35	18.1	3.4	0.02779	5.51	35.99	0.181	87.5	264.2	179.7	0.190	0.613	-35
-30	20.3	5.6	0.02795	4.93	35.78	0.203	90.2	268.9	178.7	0.195	0.612	-30
-25	22.7	8.0	0.02811	4.40	35.58	0.224	92.8	270.3	177.5	0.202	0.610	-25
-20	25.4	10.7	0.02827	4.00	35.37	0.250	95.0	271.8	176.2	0.208	0.608	-20
-15	28.3	13.6	0.02844	3.60	35.16	0.278	98.3	273.2	174.9	0.214	0.607	-15
-10	31.4	16.7	0.02860	3.26	34.96	0.307	101.0	274.9	173.9	0.220	0.607	-10
-5	34.7	20.0	0.02876	2.97	34.75	0.337	103.8	276.2	172.4	0.226	0.606	-5
0	38.2	23.5	0.02895	2.71	34.54	0.369	106.2	277.7	171.5	0.231	0.605	0
+5	41.9	27.2	0.02913	2.48	34.33	0.403	108.8	279.0	170.2	0.236	0.604	+5
10	45.0	31.3	0.02931	2.27	34.12	0.441	111.3	280.5	167.2	0.245	0.603	10
15	48.6	35.9	0.02950	2.07	33.90	0.483	114.0	281.8	167.8	0.246	0.602	15
20	52.5	40.8	0.02970	1.90	33.67	0.528	116.8	283.1	166.3	0.254	0.601	20
25	56.9	46.2	0.02991	1.74	33.43	0.575	119.7	284.4	164.7	0.260	0.600	25
30	61.3	51.6	0.03012	1.60	33.20	0.625	122.3	285.7	163.4	0.266	0.599	30
35	67.0	57.3	0.03033	1.48	32.94	0.676	125.0	287.0	162.0	0.272	0.598	35
40	73.0	63.3	0.03055	1.37	32.73	0.730	128.0	288.3	160.3	0.278	0.597	40
45	79.6	69.9	0.03078	1.27	32.49	0.787	131.1	289.5	158.4	0.285	0.596	45
50	86.8	77.1	0.03102	1.18	32.24	0.847	134.2	290.7	156.5	0.292	0.595	50
55	94.3	84.0	0.03125	1.10	32.00	0.909	137.2	292.0	154.8	0.298	0.594	55
60	102.1	92.4	0.03150	1.01	31.75	0.990	140.5	293.2	152.0	0.305	0.593	60
65	110.4	100.7	0.03174	0.945	31.50	1.06	143.8	294.5	150.7	0.313	0.594	65
70	124.0	109.3	0.03201	0.883	31.24	1.13	147.5	295.8	148.3	0.321	0.594	70
75	133.2	118.5	0.03229	0.825	30.97	1.21	150.3	296.9	146.6	0.327	0.594	75
80	142.8	128.1	0.03257	0.770	30.70	1.30	154.0	298.1	145.1	0.335	0.593	80
85	153.1	138.4	0.03284	0.722	30.42	1.39	157.0	299.2	142.2	0.342	0.593	85
90	164.0	149.0	0.03317	0.673	30.15	1.49	160.3	300.3	140.0	0.349	0.593	90
95	175.0	160.0	0.03346	0.632	29.84	1.58	163.4	301.3	137.9	0.356	0.592	95
100	187.0	172.0	0.03381	0.591	29.58	1.69	166.8	302.4	135.6	0.363	0.592	100
105	200.0	185.0	0.03416	0.553	29.27	1.81	169.8	303.2	133.4	0.370	0.592	105
110	212.0	197.0	0.03453	0.520	28.95	1.92	172.8	304.0	131.2	0.376	0.591	110
115	225.0	211.0	0.03493	0.488	28.63	2.05	176.2	304.7	128.5	0.383	0.590	115
120	240.0	225.0	0.03534	0.459	28.30	2.18	179.2	305.2	125.4	0.391	0.589	120
125	254.0	239.0	0.03575	0.432	27.97	2.31	183.5	305.8	122.3	0.399	0.588	125
130	272.0	257.3	0.03618	0.404	27.64	2.48	183.8	305.1	119.3	0.405	0.587	130
135	288.0	273.3	0.03662	0.382	27.32	2.62	190.0	305.3	116.3	0.413	0.583	135
140	305.0	290.3	0.03707	0.360	27.00	2.78	194.0	305.5	112.5	0.422	0.585	140

* Based on material from Dana, Jenkins, Burtch and Thoms published originally in REFERENCE AND ENGINEERING, June, 1938, Vol. 13, No. 12, Page 413.
 ** Values of enthalpy above the standard atmosphere (29.92 in.).
 *** From Lupton Diagrams for Propane, W. C. Emerson, Standard Oil Co. (Indiana).

Provided by: Ely Energy Inc-USA Publication: C037 Published in: America	Produced by: Ely Energy Inc Not to be reproduced without permission Ely Energy Inc-USA	A Global Leader in LFO Energy Systems Fax: ++1 918 254 5412 Visit us: www.elyenergy.com
---	--	---

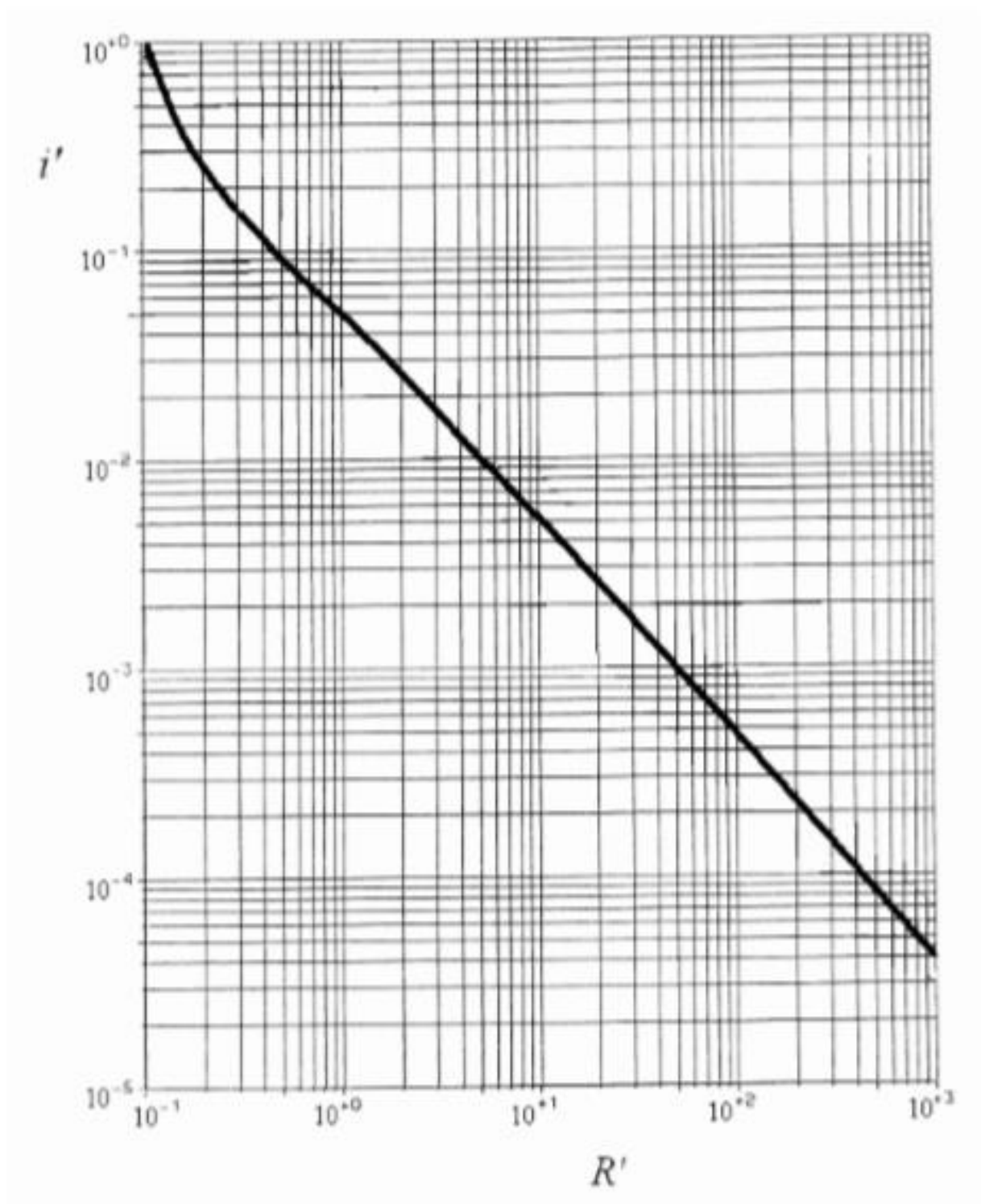
Fuente: (Matheu Aguilar, 2014)

Anexo 4: Sobrepresión escalada (P') frente a la distancia escalada (R') para el estallido de recipientes.



Fuente: (Díaz Alonso, 2006)

Anexo 5: Impulso escalado (i') frente a la distancia escalada (R') para el estallido de recipientes.



Fuente: (Díaz Alonso, 2006)

Anexo 6: Tabla de equivalencias entre valores “Probit” y porcentaje de población afectada.

Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%
0	0	3,72	10	4,16	20	4,48	30	4,75	40	5,00	50	5,25	60	5,52	70	5,84	80	6,28	90	7,33	99,0
2,67	1	3,77	11	4,19	21	4,50	31	4,77	41	5,03	51	5,28	61	5,55	71	5,88	81	6,34	91	7,37	99,1
2,95	2	3,82	12	4,23	22	4,53	32	4,80	42	5,05	52	5,31	62	5,58	72	5,92	82	6,41	92	7,41	99,2
3,12	3	3,87	13	4,26	23	4,56	33	4,82	43	5,08	53	5,33	63	5,61	73	5,96	83	6,48	93	7,46	99,3
3,25	4	3,92	14	4,29	24	4,59	34	4,85	44	5,10	54	5,36	64	5,64	74	5,99	84	6,55	94	7,51	99,4
3,36	5	3,96	15	4,33	25	4,61	35	4,87	45	5,13	55	5,39	65	5,67	75	6,04	85	6,64	95	7,58	99,5
3,45	6	4,01	16	4,36	26	4,64	36	4,90	46	5,15	56	5,41	66	5,71	76	6,08	86	6,75	96	7,65	99,6
3,52	7	4,05	17	4,39	27	4,67	37	4,92	47	5,18	57	5,44	67	5,74	77	6,13	87	6,88	97	7,75	99,7
3,59	8	4,08	18	4,42	28	4,69	38	4,95	48	5,20	58	5,47	68	5,77	78	6,18	88	7,05	98	7,88	99,8
3,66	9	4,12	19	4,45	29	4,72	39	4,97	49	5,23	59	5,50	69	5,81	79	6,23	89	7,33	99	8,09	99,9

Fuente: (Turmo Sierra, 2013)

Anexo 7: Evidencias fotográficas del trabajo de campo





Anexo 8: Información proporcionada por Bomberos Riobamba



Oficio N.º- CBGADMR-GIP-2022-067-OF

Riobamba, 16 de mayo de 2022

Sr.
Yumisela Sanunga Guido Vinicio.
Presente.

Reciba un cordial y atento saludo, augurándole éxitos en sus en sus actividades académicas.

En respuesta al Oficio S/N, en la cual solicitan información acorde a normativa relevante a actividades económicas en Restaurantes y G.L.P que se aplican durante una inspección.

Damos respuesta acorde a nuestras competencias a lo que establece la Ley de Defensa Contra Incendios y su reglamento de Prevención Mitigación y Protección Contra Incendios acuerdo Ministerial No.01257 de 23/12/2008

Ley de Defensa Contra Incendios.

Art. 35 Facultades especiales de los primeros jefes de cuerpos de bomberos. – Los primeros jefes de los cuerpos de bomberos del país, **concederán permisos anuales**, cobrarán tasas de servicios, ordenarán con los debidos fundamentos, clausuras de edificios, locales e inmuebles en general y, adoptarán todas las medidas necesarias para prevenir flagelos, dentro de su respectiva jurisdicción, conforme a lo previsto en esta Ley y en su Reglamento.

Reglamento de Prevención Mitigación y Protección Contra Incendios.

BARES Y RESTAURANTES.

Art. 244 Requisitos para locales con capacidad superior a 20 e inferior a 100 personas. - Los locales y establecimientos abiertos al público, cuya actividad sea la de restaurante, bares, cafetería, karaokes y similares en los que el número de personas que puedan ocuparlos simultáneamente sea superior a 20 e inferior a 100, deben cumplir con los siguientes requisitos:

- a) La estabilidad y resistencia al fuego de la estructura, tanto sustentante como sostenida, debe garantizar un RF-120;
- b) Los elementos constructivos delimitadores del sector de incendio deben ser RF-120;
- c) La reacción al fuego de los revestimientos de suelos debe ser M2 y en paredes y techos M1, como máximo;
- d) La reacción al fuego de las unidades de butacas debe ser M2 en la estructura, en el relleno M3 y en el recubrimiento M1, como máximo;
- e) Los cortinajes, decoraciones, maderas y en general todas las materias susceptibles de arder que se precisen para el funcionamiento de la actividad, deben ser M2, como máximo; y,
- f) Los locales, en los que, por sus condiciones de diseño, cualquier supuesto de incendio no puede ser conocido en su inicio por la totalidad de sus ocupantes, deben disponer de pulsadores de alarma y difusor de sonido.



Matriz: Compañía de Atención Ciudadana
San Alfonso, calles Argentinos 16-40 y Pedro de Alvarado
Email: comandanciagenera@bomberosriobamba.gob.ec
Teléfono: 032 940 553
www.bomberosriobamba.gob.ec



**Bomberos
Riobamba**
SERVICIO DE EMERGENCIAS

Art. 245 Implementación de sistemas en lugares con subsuelos. - Los locales que dispongan de subsuelos deben implementarse sistemas de rociadores automáticos, BIE, lámparas de emergencia, extintores de CO₂ y/o PQS de acuerdo a la Tabla 2 del Art. 31 de este reglamento.

Los recintos que precisen oscurecimiento para la escenificación, deben mantener al menos en la zona de público y en todo momento, una iluminancia de 5 lux.

Art. 246 Normas Generales de señalización. - Todos los recintos deben cumplir las normas generales de señalización, de acuerdo a las normas NTE - INEN 439 y 440, deben tener iluminación de emergencia en las vías de evacuación vertical y horizontal.

Art. 247 Obligatoriedad de ventilación natural o mecánica. - Todos los locales situados bajo rasante, deben disponer de ventilación natural o mecánica.

Art. 248 Indicativo visible de capacidad máxima permisible. - Estos establecimientos deben contar con una placa en un lugar visible para todo el público, en la entrada del local indicando su capacidad máxima permisible, la inobservancia a esta disposición será responsabilidad absoluta del propietario y/o administrador.

Art. 249 Plan de auto protección. - Los establecimientos de este grupo, con ocupación teórica de cálculo superior a 50 personas, deben contar con un plan de auto protección, mapa de riesgos, recursos; y, evacuación en caso de incendios, dependiendo de los metros establecidos, bajo la responsabilidad del representante legal con la constatación del Cuerpo de Bomberos de la jurisdicción.

Art. 250 Grado de inflamabilidad en los locales de este grupo. - En estos locales los materiales que se tomen como revestimiento para absorción sonora, deben tener un grado mínimo de inflamabilidad, que no produzca goteo y certifique un RF-30 y que el desprendimiento de gases tóxicos no afecte por un periodo de diez minutos (10 min.).

Art. 251 Condiciones mínimas para lugares destinados a contener cocinas industriales para comedores de empresa o similares. - Los locales destinados a contener cocinas industriales para comedores de empresa o similares, así como las situadas en establecimientos o edificios de uso público, se deben someter a las siguientes condiciones:

- a) Deben ser, sector de incendio independiente, respecto del resto de la edificación cuando su superficie útil sea superior a 50m², con elementos de segmentación con un RF-120;
- b) En cualquier caso la estructura debe ser con un RF- 120;
- c) El grado de reacción al fuego exigible a los materiales de revestimiento, en suelos, paredes y techos, debe ser M0, como máximo; y,
- d) Cuando el combustible utilizado sea gas, se debe disponer de sistema de detección de gas, o dispositivos para ventilación como establece la norma NTE - INEN 2260.

Art. 252 Prohibición de actividades clasificadas como peligrosas. - En los locales destinados a este uso, no podrán realizarse actividades de las clasificadas como peligrosas, quedando como responsabilidad absoluta para el propietario del local o su administrador, la inobservancia de estas disposiciones y las sanciones correspondientes.



BomberosRiobamba

Matriz: Compañía de Atención Ciudadana
San Alfonso, calles Argentinas 15-40 y Pedro de Alvarado
Email: comandancia@bomberosriobamba.gob.ec
Teléfono: 032 940 663
www.bomberosriobamba.gob.ec



**Bomberos
Riobamba**
Salvamos vidas

Art. 253 Nivel para los establecimientos de este grupo. - El nivel de estos establecimientos deben ser menores a cuatro metros (4 m), contados desde el punto medio de la rasante y estarán divididos en sectores de incendio de superficie máxima de quinientos metros cuadrados (500 m²). Los establecimientos proyectados a altura superior, requerirán informe previo y podrán ser objeto de medidas de seguridad complementarias. El mobiliario de estos locales debe distribuirse de tal forma que dejen libres las vías de circulación hacia las salidas.

Art. 254 Numero de puertas de emergencia de acuerdo a la capacidad del establecimiento. - Todos los establecimientos sobre y bajo rasante cuya superficie sea igual o menor a doscientos (200 m²) deben contar al menos con una puerta adicional de emergencia exceptuándose los locales que dispongan puertas de acceso mayores a 1.20m y en los casos de superficies mayores se colocarán puertas adicionales por cada doscientos metros cuadrados (200 m²) que accedan a una o varias vías de evacuación.

Art. 255 Alumbrado de emergencia. - En este tipo de establecimiento se dispondrá de alumbrado de emergencia, señalización y vías libres de circulación a las salidas.

Art. 256 Instalaciones de protección. - En estos establecimientos existirán las siguientes instalaciones de protección:

- a) Extintores portátiles (20 lbs. de agente extintor por cada doscientos metros cuadrados 200 m²); y,
- b) Bocas de Incendio Equipadas (BIE) en aquellos de superficie mayor de quinientos metros cuadrados (500 m²).

Art. 257 Plan de auto protección para establecimientos de más de 200m².- Todo establecimiento que tenga más de doscientos metros cuadrados (200 m²), debe contar con un plan de auto protección, mapa de riesgos, recursos y evacuación en caso de incendios, bajo la responsabilidad del representante legal con la constatación del Cuerpo de Bomberos de la jurisdicción.

En lo referente a la aplicación de la norma de exigir con qué tipo de cilindro de G.L.P tienen que trabajar informo que no es nuestra competencia exigir a que este tipo de actividades económicas restaurantes que trabajen con cilindros de glp de uso doméstico o industrial, pero si dejamos recomendaciones al uso correcto del Gas licuado de petróleo, el ente de control es la agencia de regulación y control hidrocarbúrico.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines pertinentes.

**Atentamente,
ABNEGACIÓN Y DISCIPLINA**

**Lic. Insp. (B) Iván Cherez
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE PREVENCIÓN E INSPECCIÓN**



Matriz: Compañía de Atención Ciudadana
San Alfonso, calles Argentinas 35-40 y Pedro de Alvarado
Email: comandancia@bomberosriobamba.gob.ec
Teléfono: 032 940 563
www.bomberosriobamba.gob.ec