





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial

TRABAJO DE TITULACIÓN

**“ZONA DE AFECTACIÓN POR EXPLOSIÓN INDUSTRIAL EN EL  
ALMACENAMIENTO DE GLP EN LA EMPRESA "RODRI POLLOS" DE LA CIUDAD  
DE RIOBAMBA. PROPUESTA DE UN PLAN DE EMERGENCIA”**

AUTOR:

**Dennis Ricardo Acosta Paucar.**

TUTOR

**Ing. Manolo Córdova**

Riobamba- Ecuador

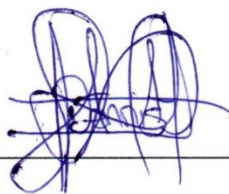
2022

## **DECLARATORIA DE AUTORÍA**

Yo, Dennis Ricardo Acosta Paucar, con cédula de ciudadanía 1805342266, autor del trabajo de investigación titulado: “Zona de afectación por explosión industrial en el almacenamiento de GLP en la empresa "Rodri Pollos" de la ciudad de Riobamba. Propuesta de un plan de emergencia”, 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 de la obra referida será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 20 de julio de 2022.



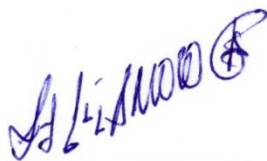
Dennis Ricardo Acosta Paucar

C.I: 180534226-6

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR**

Quien suscribe, Mgs Manolo Alexander Córdova Suarez, catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería Industrial, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación “Zona de afectación por explosión industrial en el almacenamiento de GLP en la empresa "Rodri Pollos" de la ciudad de Riobamba. Propuesta de un plan de emergencia”, bajo la autoría de Dennis Ricardo Acosta Paucar; 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 20 días del mes de julio de 2022.



---

Manolo Alexander Córdova Suarez

C.I: 1802842508

## **CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL**

Quienes suscribimos, catedráticos designados, Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación "Zona de afectación por explosión industrial en el almacenamiento de GLP en la empresa "Rodri Pollos" de la ciudad de Riobamba. Propuesta de un plan de emergencia" por Dennis Ricardo Acosta Paucar, con cédula de identidad número 1805342266, bajo la tutoría de Mgs. Manolo Alexander Córdova Suarez; 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 20 de julio de 2022.

**Presidente del Tribunal de Grado**

Mgs. Luis Stalin López Telenchana.

.....

**Firma**

**Miembro del Tribunal de Grado**

Mgs. Fabian Fernando Silva Frey.

.....

**Firma**

**Miembro del Tribunal de Grado**

Mgs. Jose Vicente Soria Granizo

.....

**Firma**

## CERTIFICADO ANTIPLAGIO



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO



## CERTIFICACIÓN

Que, Acosta Paucar Dennis Ricardo con CC: 1805342266, estudiante de la Carrera Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "Zona de afectación por explosión industrial en el almacenamiento de GLP en la empresa "Rodrí Pollos" de la ciudad de Riobamba. Propuesta de un Plan de Emergencia", cumple con el 9 %, 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, 23 de marzo de 2022



MANOLO ALEXANDER  
CORDOVA SUAREZ

Ing. Manolo Cordova, Mgs.  
**TUTOR**

## **DEDICATORIA**

La presente investigación es fruto de arduas horas de investigación, trabajo duro, constante dedicación y entrega, mismo que no hubiera podido ser culminado sin el apoyo incondicional de los pilares fundamentales en mi vida.

Primeramente, mi gratitud principalmente se encuentra dirigida a Dios por bendecirme y permitirme llegar al final de mi Carrera. A mis Padres Rosa Paucar y Mario Acosta quienes son inspiración para seguir adelante para superarme cada día y por quien tengo las fuerzas necesarias para cumplir mis metas, mis Padres me ha brindado su apoyo incondicional y ha estado siempre al pendiente de mí, por su sacrificio y esfuerzo, por educarme con los principios que hoy en día me caracterizan como persona y sobre todo por apoyarme a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis hermanos por apoyarme siempre, por compartir momentos, anhelos, y por motivarme a juntos cumplir un sueño, el sueño de ser un profesional. A todos mis amigos, (as) quienes de una u otra forma han aportado un granito de arena para la culminación de este Proyecto de investigación, agradecerles infinitamente de forma sincera su valiosa colaboración.

A todos los docentes de quienes fueron los encargados de guiarme durante este arduo camino a lo largo de mi etapa como estudiante de la Universidad Nacional de Chimborazo.

## **AGRADECIMIENTO**

Doy mis gracias a Dios todopoderoso, por estar presente llenándome de bendiciones, por guiarme y darme la oportunidad de demostrar a mis seres queridos que puedo ser más de lo que ellos esperan de mí, siempre con humildad y prevaleciendo los valores enseñados por mis Padres. A mi familia, por su amor, dedicación, consejos, experiencias, anhelos, confianza y apoyo incondicional, por ser mi fuerza y templanza. A mi hermano por ser mi amigo fiel y sincero. A la vida, por lo aprendido y logrado.

A mis Docentes, quienes con su paciencia y dedicación han sembrado un legado de sabiduría, debo agradecer de manera especial y sincera a mi Tutor de Proyecto de investigación Ing. Manolo Córdova quien con sus conocimientos, enseñanzas y consejos me ha permitido concluir el presente trabajo con profesionalismo y entrega. Al igual a la empresa “Rodri Pollos”, con su gerente, el Señor Luis Rodrigo Cuenca Quishpi, por permitirme que se realice este Proyecto de investigación en sus instalaciones, por la colaboración de su equipo de trabajo, agradecer también la amabilidad y disponibilidad durante el tiempo transcurrido de investigación.

Quiero expresar también mis sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional de Chimborazo, a mi querida facultad de Ingeniería Industrial.

Muchas gracias a todos ustedes quienes hicieron posible este momento.



## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA .....	3
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR .....	4
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL .....	5
CERTIFICADO ANTIPLAGIO.....	6
DEDICATORIA .....	7
AGRADECIMIENTO .....	8
Índice general.....	9
Índice De Figuras.....	18
RESUMEN .....	20
Abstract.....	21
CAPITULO I .....	22
INTRODUCCION .....	22
1.Problemática .....	<b>25</b>
1.1Planteamiento del problema.....	<b>25</b>
1.2Justificación .....	<b>26</b>
1.3Objetivos .....	<b>28</b>
1.3.1 Objetivo general.....	<b>28</b>
1.3.2 Objetivos específicos .....	<b>28</b>
CAPITULO II .....	29
2.Marco teórico .....	<b>29</b>
2.1Antecedentes .....	<b>29</b>
2.2Fundamento teórico .....	<b>31</b>
2.2.1 Seguridad industrial .....	31
2.2.2 Accidente mayor. ....	31
2.2.3 Sustancias peligrosas .....	31
2.2.4 Gas licuado de petróleo.....	31
2.2.5 Explosión. ....	33
2.2.6 Transición rápida de fase: .....	34
2.2.7 Explosión de recipientes a presión.....	35
2.2.8 Causas de explosión de un recipiente. ....	35
2.2.9 BLEVE.....	35
2.2.10 Daños de una explosión. ....	36
2.3Procedimiento a seguir para la determinación de la zona de afectación por accidente mayor. .....	<b>37</b>

2.3.1	Método Baker.....	38
2.3.2	Presión.....	42
2.3.3	Presión atmosférica.....	42
2.3.4	Presión absoluta. ....	43
2.3.5	Onda de presión .....	43
2.3.6	Impulso mecanico. ....	43
2.3.7	Efecto domino.....	43
2.3.8	Entropía.....	44
2.3.9	Entalpia .....	44
2.3.10	Factor de Conversión. ....	44
2.3.11	Ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escaldo.....	45
2.3.12	Recipientes elevados y no elevados.....	46
2.3.13	Método Probit .....	47
2.3.14	Interpolación lineal. ....	48
2.3.15	Directiva SEVESO.....	49
2.3.16	Normativa SEVESO .....	49
2.3.17	Zona de Intervención. ....	50
2.3.18	Zona de Alerta.....	51
CAPÍTULO III.....		52
3. METODOLOGÍA .....		52
3.1	Marco metodológico. ....	<b>52</b>
3.1.1	Tipo de investigación.....	52
3.1.2	Diseño de investigación. ....	53
3.1.3	Unidad de análisis .....	53
3.1.4	Población de estudio. ....	53
3.1.5	Tamaño de la muestra. ....	53
3.1.6	Técnicas de recolección de datos.....	53
CAPITULO IV.....		55
4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		55
Etapa 1 .....		<b>55</b>
4.1	Escenario y datos de partida. ....	<b>55</b>
4.2	Condiciones del cilindro de GLP en la Estado 1. ....	<b>55</b>
4.2.1	Volumen del recipiente. ....	56
4.2.2	Calculo de la entalpia y volumen especifica. Estado 1.....	56
4.2.3	Cálculo de entropía especifica estado 1.....	57
4.2.4	Cálculo de la energía interna estado 1. ....	57
Etapa 2 .....		58
4.3	Condiciones del cilindro de GLP en la Estado 2. ....	<b>58</b>
4.3.1	Calculo de la entalpia y volumen especifica. Estado 2.....	58
4.3.2	Calculo de entropía especifica estado 2 .....	59

4.3.3	Calculo de la calidad X.....	60
4.3.4	Cálculo de la energía interna estado 2 .....	60
4.3.5	Cálculo de la masa líquida y vapor del cilindro doméstico de GLP. ....	61
4.4	Cálculo de la energía Total liberada .....	<b>62</b>
4.4.1	Cálculo de energía total liberada para 1 cilindro doméstico.....	62
4.4.2	Cálculo de energía total para 2 cilindros domésticos.....	63
4.4.3	Cálculo de energía total para 3 cilindros domésticos.....	63
4.4.4	Cálculo de la energía efectiva de la onda de presión. ....	64
4.4.6	Ajustes de sobrepresión escalada e impulso escalado. ....	65
4.5	Cálculo número Probit. ....	<b>70</b>
4.5.1	Muertes por lesiones pulmonares.....	70
4.5.2	Rotura de tímpanos. ....	71
4.5.3	Daños menores a la estructura del edificio. ....	73
4.5.4	Daños mayores a la estructura del edificio. ....	74
4.5.5	Colapso de edificio. ....	75
4.5.6	Rotura de vidrio .....	76
4.6	Análisis de resultados .....	<b>80</b>
4.6.1	Análisis resultados muerte por lesión pulmonares.....	80
4.6.2	Análisis de resultados afección por rotura de tímpanos.....	81
4.6.3	Análisis de resultados daños menores a la estructura .....	83
4.6.4	Análisis de resultados daños mayores a la estructura. ....	84
4.6.5	Análisis de resultados colapso de edificio. ....	85
4.6.6	Análisis de resultados rotura de vidrios .....	87
4.7	Determinación de la zona de afectación por explosión de cilindro doméstico de GLP. ....	<b>88</b>
4.7.1	Zona de afectación por explosión de 1 cilindro doméstico de GLP. ....	89
4.7.2	Zona de afectación por explosión de 2 cilindro doméstico de GLP. ....	89
4.7.3	Zona de afectación por explosión de 3 cilindro doméstico de GLP. ....	89
CAPÍTULO V:.....		92
5.	Conclusiones y recomendaciones. ....	92
5.1	CONCLUSIONES. ....	<b>92</b>
CAPITULO VI.....		94
6.	Propuesta del plan de emergencia.....	<b>94</b>
6.1	Datos Generales .....	<b>94</b>
6.2	Antecedentes .....	<b>96</b>
6.3	Justificativo del Plan. ....	<b>98</b>
6.4	Objetivos del Plan de Emergencia. ....	<b>99</b>
6.4.1	Objetivo General.....	99
6.4.2	Objetivos Específicos.....	99
6.5	Descripción de la Actividad.....	<b>99</b>

6.5.1	Descripción de la Infraestructura .....	100
6.5.2	Análisis de recursos .....	103
6.5.3	Descripción de los alrededores del local.....	106
6.5.4	Mapas de amenazas.....	110
6.6	Identificación y valoración de vulnerabilidades .....	<b>115</b>
6.6.1	Valoración de vulnerabilidad para 1 cilindro.....	115
6.6.2	Análisis de Riesgos .....	119
6.6.3	Escenario.....	119
6.6.4	Plan de reducción de riesgos.....	120
6.7	Plan operativo y organizacional.....	<b>123</b>
6.7.1	Protocolo de alarma y comunicación para emergencia.....	123
6.7.2	Procedimientos a efectuar en caso de emergencia por explosión. ....	123
6.7.3	Procedimientos a efectuar en caso de emergencia por incendio. ....	125
6.8	Organización .....	<b>130</b>
6.8.1	Determinación de brigadas de respuesta ante una emergencia. ....	130
6.8.2	Labor y responsabilidades de las brigadas.....	131
6.8.3	Calculo de aforo y tiempo de evacuación. ....	134
6.9	Plan de evacuación.....	<b>135</b>
6.9.1	Mapa de evacuación.....	137
6.9.2	Coordinación para la asistencia en caso de emergencia. ....	138
BIBLIOGRAFIA .....		139
ANEXOS .....		144
Anexos 1: Tabla Termodinámica de las Propiedades del propano saturado .....		<b>144</b>
Anexo 2:.....		<b>145</b>
Grafica para la determinación de la sobrepresión escalada $P'$ vs a la distancia escalada $R'$ . .		<b>145</b>
Anexo 3:.....		<b>146</b>
Grafica para la determinación del impulso escalado $i'$ vs la distancia escalada $R'$ .....		<b>146</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> .....	34
Tipos de explosiones.....	34
<b>Tabla 2</b> .....	44
Factores de conversión.....	44
<b>Tabla 3</b> .....	46
Factor de Ajuste para Determinar Sobrepresión Escalada $P'$ y el Impulso Escalado $I'$ para Recipientes Cilíndricos. ....	46
<b>Tabla 4</b> .....	46
Factor de Ajustes para Determinar la Sobrepresión Escalada $P'$ y el Impulso Escalado $I'$ para Recipientes Cercanos al Suelo con Ángulo Inferiores A $15^\circ$ . ....	46
<b>Tabla 5</b> .....	48
Ecuaciones Metodología Probit. ....	48
<b>Tabla 6</b> .....	56
Cálculo Entalpía y Volumen Especifico Estado 1-Líquido. ....	56
<b>Tabla 7</b> .....	57
Cálculo de Entalpía y Volumen Especifico Estado 1-Vapor .....	57
<b>Tabla 8</b> .....	57
Cálculo Entropía Especifica Estado 1.....	57
<b>Tabla 9</b> .....	58
Cálculo Energía Interna Estado 1 Líquido-Vapor .....	58
<b>Tabla 10</b> .....	59
Cálculo de la Entalpía y Volumen Especifico Estado2-Líquido .....	59
<b>Tabla 11</b> .....	59
Cálculo de la Entalpía y Volumen Especifico Estado2-Vapor .....	59
<b>Tabla 12</b> .....	60
Cálculo de Entropía Especifica Estado 2 .....	60
<b>Tabla 13</b> .....	60
Calculo de la calidad X.....	60
<b>Tabla 14</b> .....	61
Calculo de la Energía Interna Estado 2.....	61
<b>Tabla 15</b> .....	61

Cálculo de Masa Líquida y Vapor de 1 Cilindro Doméstico de GLP. ....	61
<b>Tabla 16</b> .....	62
Cálculo de Masa Líquida y Vapor de 2 Cilindro Doméstico de GLP. ....	62
<b>Tabla 17</b> .....	62
Cálculo de Masa Líquida y Vapor de 3 Cilindro Doméstico de GLP. ....	62
<b>Tabla 18</b> .....	62
Cálculo Energía Total Liberada 1 Cilindro Doméstico de GLP. ....	62
<b>Tabla 19</b> .....	63
Calculo Energía Total Liberada 2 Cilindro Doméstico. ....	63
<b>Tabla 20</b> .....	63
Cálculo Energía Total Liberada 3 Cilindro Doméstico de GLP. ....	63
<b>Tabla 21</b> .....	64
Cálculo Onda de Presión Para 1 Cilindro Doméstico de GLP.....	64
<b>Tabla 22</b> .....	64
Cálculo Onda de Presión Para 2 Cilindro Doméstico de GLP.....	64
<b>Tabla 23</b> .....	64
Cálculo Onda de Presión Para 3 Cilindro Doméstico de GLP.....	64
<b>Tabla 24</b> .....	67
Cálculo de la Sobrepresión Estática (Ps) E Impulso Mecánico (i) Para 1 Cilindro Doméstico de GLP. ....	67
<b>Tabla 25</b> .....	68
Cálculo de la Sobrepresión Estática (Ps) e Impulso Mecánico (i) para 2 Cilindro Domésticos de GLP. ....	68
<b>Tabla 26</b> .....	69
Cálculo de la Sobrepresión Estática (Ps) e Impulso Mecánico (I) para 3 Cilindro Domésticos de GLP. ....	69
<b>Tabla 27</b> .....	70
Cálculo de Porcentaje de Muertes por Lesión Pulmonar para 1 Cilindro.....	70
<b>Tabla 28</b> .....	70
Cálculo de Porcentaje de Muertes por Lesión Pulmonar para 2 Cilindros. ....	70
<b>Tabla 29</b> .....	71
Cálculo de Porcentaje de Muertes por Lesión Pulmonar para 3 Cilindros. ....	71

<b>Tabla 30</b> .....	71
Cálculo de Porcentaje de Afectados por Rotura de Tímpano para 1 Cilindro.....	71
<b>Tabla 31</b> .....	72
Cálculo de Porcentaje de Afectados por Rotura de Tímpano para 2 Cilindros. ....	72
<b>Tabla 32</b> .....	72
Cálculo de Porcentaje de Afectados por Rotura de Tímpano para 3 Cilindros. ....	72
<b>Tabla 33</b> .....	73
Cálculo de Porcentaje Afectado de Daños Menores a la Estructura para 1 Cilindro. ....	73
<b>Tabla 34</b> .....	73
Cálculo de Porcentaje Afectado de Daños Menores a la Estructura para 2 Cilindros.....	73
<b>Tabla 35</b> .....	74
Cálculo de Porcentaje Afectado de Daños Menores a la Estructura para 3 Cilindros.....	74
<b>Tabla 36</b> .....	74
Cálculo de Porcentaje Afectado de Daños Mayores a la Estructura para 1 Cilindro. ....	74
<b>Tabla 37</b> .....	75
Cálculo de Porcentaje Afectado de Daños Mayores a la Estructura para 2 Cilindros.....	75
<b>Tabla 38</b> .....	75
Cálculo de Porcentaje Afectado de Daños Mayores a la Estructura para 3 Cilindros.....	75
<b>Tabla 39</b> .....	75
Cálculo de Porcentaje de Afectación por Colapso de Edificio para 1 Cilindro.....	75
<b>Tabla 40</b> .....	76
Cálculo de Porcentaje de Afectación por Colapso de Edificio para 2 Cilindros. ....	76
<b>Tabla 41</b> .....	76
Cálculo de Porcentaje de Afectación por Colapso de Edificio para 3 Cilindros. ....	76
<b>Tabla 42</b> .....	77
Cálculo de Porcentaje de Rotura de Vidrios para 1 Cilindro.....	77
<b>Tabla 43</b> .....	78
Cálculo de Porcentaje de Rotura de Vidrios para 2 Cilindros. ....	78
<b>Tabla 44</b> .....	79
Cálculo de Porcentaje de Rotura de Vidrio para 3 Cilindros.....	79
<b>Tabla 45</b> .....	89

Determinación de la Zona de Intervención y Alerta.....	89
<b>Tabla 46</b> .....	89
Determinación de la Zona de Intervención y Alerta.....	89
<b>Tabla 47</b> .....	89
Determinación de la Zona de Intervención y Alerta.....	89
<b>Tabla 48</b> .....	94
Datos Generales de la Institución .....	94
<b>Tabla 49</b> .....	100
Área Total de las Secciones de la Empresa. ....	100
<b>Tabla 50</b> .....	103
Personal de la Empresa .....	103
<b>Tabla 51</b> .....	104
Información del Personal de la Empresa .....	104
<b>Tabla 52</b> .....	104
Equipo y Recursos de la Institución.....	104
<b>Tabla 53</b> .....	107
Recursos de la Empresa. ....	107
<b>Tabla 54</b> .....	108
Extintores Pertencientes a la Empresa .....	108
<b>Tabla 55</b> .....	109
Identificación de Amenazas.....	109
<b>Tabla 56</b> .....	116
Resultados de la Valoración de Vulnerabilidad de 1 Cilindro.....	116
<b>Tabla 57</b> .....	117
Resultados de la Valoración de Vulnerabilidad de 2 Cilindro.....	117
<b>Tabla 58</b> .....	118
Resultados de la Valoración de Vulnerabilidad de 3 Cilindro.....	118
<b>Tabla 59</b> .....	119
Especificación de Riesgo. ....	119
<b>Tabla 60</b> .....	131
Conformación de las Brigadas.....	131



<b>Tabla 61</b> .....	134
Aforo y Tiempo de Evacuación. ....	134
<b>Tabla 62</b> .....	137
Simulacro Programado.....	137
<b>Tabla 63</b> .....	138
Coordinación Para la Asistencia en Caso de Emergencia. ....	138

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> .....	37
Diagrama de flujo. ....	37
<b>Figura 2.</b> .....	38
Secuencia de aplicación método Baker.....	38
<b>Figura 3.</b> .....	45
<b>Grafica Recipiente Elevados y no Elevados.</b> .....	45
<b>Figura 4.</b> .....	81
Porcentaje de Muertes por Lesión Pulmonar vs Distancia (m).....	81
<b>Figura 5.</b> .....	82
Porcentaje de Afectador por Rotura de Tímpano vs Distancia. ....	82
<b>Figura 6.</b> .....	84
Porcentaje de Daños Menores a la Infraestructura. ....	84
<b>Figura 7.</b> .....	85
Porcentaje de Afectación por Daños Mayores a la Estructura.....	85
<b>Figura 8.</b> .....	86
Porcentaje de Afectación por Colapso de Edificio. ....	86
<b>Figura 9.</b> .....	88
Porcentaje de Afectación por Rotura de Vidrio.....	88
<b>Figura 10.</b> .....	90
Zona de intervención y alerta vs número de cilindros. ....	90
<b>Figura 11.</b> .....	91
Zona de intervención y alerta vs número de cilindros. ....	91
<b>Figura 12.</b> .....	103
Organigrama de la Institución.....	103
<b>Figura 13.</b> .....	106
Ubicación de la Empresa. ....	106
<b>Figura 14.</b> .....	110
Mapa de Amenazas por Inundaciones ....	110
<b>Figura 15.</b> .....	111
Mapa de Amenazas por sequias.....	111

<b>Figura 16.</b> .....	<b>112</b>
Mapa de Zona de intervención y alerta por explosión de 1 cilindro domestico de GLP. ....	<b>112</b>
<b>Figura 17.</b> .....	<b>113</b>
Mapa de Zona de Intervención y Alerta por la Explosión de 2 Cilindros domésticos de GLP. .....	<b>113</b>
<b>Figura 18.</b> .....	<b>114</b>
Mapa de Zona de Intervención y Alerta por Explosión de 3 Cilindros domésticos de GLP..	<b>114</b>
<b>Figura 19.</b> .....	<b>126</b>
Bajar el Extintor Para el Uso .....	<b>126</b>
Sujecion de Mangera de Extintor.....	<b>127</b>
<b>Figura 21</b> .....	<b>128</b>
Comprobación de la Válvula del Cilindro .....	<b>128</b>
<b>Figura 22.</b> .....	<b>129</b>
Decarga de Comprobacion.....	<b>129</b>
<b>Figura 23.</b> .....	<b>130</b>
Organigrama de la Determinación de Brigadas de Emergencia. ....	<b>130</b>

## **RESUMEN**

En el presente trabajo de investigación, se realiza el estudio de los cilindros domésticos de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en la empresa “Rodri Pollos”. De la provincia de Chimborazo, ciudad de Riobamba, la investigación se enfoca principalmente en la determinación de la zona de afectación por explosión de un cilindro, considerando el volumen de almacenamiento, las condiciones en las que se encuentra el combustible en el cilindro: estado líquido y estado gaseoso y las condiciones termodinámicas.

Por medio del método Baker se determina los niveles de sobrepresión y del impulso mecánico los cuales son llevadas a cabo para explicar el efecto dominó producido como consecuencia del incidente, mediante la aplicación del método Probit se determinó la afectación en el personal y la edificación. En el hipotético escenario de una explosión. Como resultado de este trabajo, se presenta la propuesta del Plan de Emergencia, donde se detalla las acciones a realizar por el personal ante la explosión de cilindro doméstico de GLP para reducir los riesgos.

### **Palabras clave**

Método Probit, Número Probit, Zona de afectación, Zona de intervención, Zona de alerta, Método Baker, sobrepresión estática, impulso mecánico, Directiva Seveso, Normativa Seveso, Riesgo mayor. Gas Licuado de Petróleo, Cilindro doméstico de GLP.

## ABSTRACT

In this research work, the study of the domestic cylinders of Liquefied Petroleum Gas (LPG) is carried out in the company "Rodri Pollos" of the province of Chimborazo, city of Riobamba, the investigation focuses mainly on the determination of the affected area for the explosion of a cylinder considering the storage volume, the conditions in which the fuel is found in the cylinder are: liquid state and gaseous state and thermodynamic conditions.

Through the Baker method, the levels of overpressure and mechanical impulse that are carried out to explain the domino effect produced as a consequence of the incident are determined. Applying the Probit method, the affectation in the personnel and the building was determined. Nor the hypothetical scenario of an explosion.

As a result of this work, the Emergency Plan proposal is presented, detailing the staff's actions to be carried out in the event of an explosion of a domestic LPG cylinder to reduce risks.

*Keywords: Probit Method, Probit Number, Affected Zone, Intervention Zone, Alert Zone, Baker Method, static overpressure, mechanical impulse, Seveso Directive, Seveso Regulation, Major Risk. Liquefied Petroleum Gas Cylinder, Domestic LPG.*



LORENA DEL  
PILAR SOLIS  
VITERI

Reviewed by:

Mgs. Lorena Solis Viteri

ENGLISH PROFESSOR

c.c. 0603356783

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

A partir de la sustitución del uso de carbón por el uso de gas licuado de petróleo (GLP), el riesgo de accidentes mayores se ha incrementado notablemente, uno de los acontecimientos que marcó la historia, ocurrió en el año de 1976, donde 30 personas resultaron heridas y 220 000 personas de aldeas cercanas a la Industria, tuvieron que ser evacuadas cuando el mal funcionamiento de un proceso generó el escape de sustancia química en Seveso, Italia (Organización Internacional del Trabajo, 2003).

Se puede decir que los riesgos de accidentes mayores ocurren principalmente en los establecimientos donde se almacenan tanques de GLP que son destinados para el uso y la comercialización, y esto se debe a que los gases licuados de petróleo tienen un alto punto de inflamabilidad y explosividad.

El incidente que se registró en Guamani en el mes de febrero del año de 2020 no es el único, al contrario, es uno más en el índice de deflagración y explosión, el mismo que va en aumento en el Distrito Metropolitano de Quito, generando preocupación en las autoridades municipales. Y es que, en el transcurso del año 2020 se han registrado 55 incidentes de este tipo, en los 5 meses que van del año 2021, se han atendido veintisiete deflagraciones de GLP, dejando a cinco personas heridas y miles de dólares en daños materiales (MARIELLA TORANZOS, 2021)

Los accidentes mayores, de tipo antropogénico, han destruido por completo un sin número de instalaciones industriales y han cobrado muchas vidas desde el siglo anterior. En los países europeos y en el resto de países industrializados, rigen normativas rigurosas, que obligan a los empresarios a determinar los posibles escenarios accidentales y sus consecuencias para formular

medidas de prevención y control. En nuestro país, no existe normativa específica para tratar accidentes mayores; por lo que se hace necesario que cada propietario, con el afán de prevenir desastres de tipo tecnológico, analice el riesgo presente en su instalación, para proponer medidas de tipo preventivo o correctivo, consiguiendo disminuir el nivel de riesgo y por ende evitar accidentes catastróficos. (Edwin René Aguirre Herrera, 2015)

El Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto, 1986). Indica que el empleador debe “Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad”

Con el objetivo de evitar o minimizar los accidentes laborales, por lo que, las instituciones, organizaciones públicas y privadas están comprometidas a identificar, evaluar, controlar y hacer el seguimiento de las medidas de control para minimizar los riesgos a los que están expuestos los trabajadores, población, las instalaciones y/o el personal visitante dentro de sus instalaciones.

Con estos antecedentes se planteó como objetivo determinar el nivel de riesgo de accidente mayor por explosión de almacenamiento de GLP y elaboración de una propuesta de Plan de emergencia, el cual cumpla con los requerimientos de la normativa SEVESO, contribuyendo a la reducción de afectación en caso de accidente mayor; preparando al personal operativo, administrativo sobre la forma de proceder.

El Plan de Emergencia es el marco orgánico y funcional para prevenir, y en caso de emergencia, proporciona a las ocupantes de las instalaciones, las herramientas necesarias para planear, organizar, dirigir y controlar actividades tendientes a mitigar las consecuencias de accidentes graves. En él se establece el esquema de coordinación de las autoridades, organismos

y servicios llamados a intervenir, los recursos humanos y materiales necesarios para su aplicación y las medidas de protección más adecuadas.

Cabe mencionar que un plan de esta naturaleza implica una importancia especial, ya que la Ciudad de Riobamba existe desconocimiento y falta de cultura sobre temas como la seguridad y prevención de riesgos mayores.

La siguiente investigación tiene como objetivo identificar la zona de afectación y realizar la propuesta de implementación de un Plan de Emergencia para la posible explosión de almacenamiento de GLP de la Empresa “Rodríguez Pollo”.

La presente investigación comienza desde la descripción del problema y el planteamiento de los objetivos, como siguiente punto tenemos el desarrollo del marco teórico; continuamos con el capítulo más importante de la investigación como es la metodología, en el cual se aplica las técnicas adquiridas y métodos aprendidos durante el tiempo transcurrido en la Universidad Nacional de Chimborazo carrera de Ingeniería Industrial, como el método Baker, Probit y Meseri cuyos resultados obtenidos sirven para el planteamiento de la propuesta de Plan de emergencias donde se detallaran medidas para el control de riesgos en la empresa “Rodríguez Pollos” y finalmente las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexo.



## **1. Problemática**

### **1.1 Planteamiento del problema**

La empresa Rodri-Pollos se dedica a la comercialización y expendio de alimentos preparados, en sus instalaciones cuenta con cilindros de GLP, los cuales son necesarios para la realización de las distintas actividades que se ejecutan dentro de la empresa.

La empresa se encuentra situado en una zona vulnerable, ya que a pocos metros del establecimiento se encuentra la Jefatura de Policía N°5 y la Unidad Educativa “Liceo Policial de Chimborazo” en caso de accidente mayor provocado por el almacenamiento de cilindros de GLP las consecuencias podrían ser: decesos, lesiones graves, daños materiales, impactos ambientales, incendios, explosiones, fallas eléctricas y fallas en los equipos.

La empresa no realiza una adecuada gestión de riesgos mayores en la manipulación de sustancia peligrosa, ya que no se evidencia estudios que identifiquen, evalúe y controle los riesgos mayores, así mismo, se ha evidenciado desconocimiento del personal administrativo y operativo respecto a los riesgos mayores, causas de accidentabilidad, medidas de control, consecuencias, afectaciones y cómo se debe actuar en caso de accidente mayor, por el hecho que tampoco dispone de un plan de emergencia. Estos incumplimientos pueden provocar afectación a personas ajenas a la organización, como los clientes y moradores de la zona.

## **1.2 Justificación**

A través del presente trabajo se pronuncia la importancia en la investigación de gestión de riesgos mayores en los cilindros de GLP de la empresa “Rodri Pollos”. En el “REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO” Art 11 OBLIGACIONES DE LOS EMPLEADORES numeral 2 establece que el empleador debe “Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.” Según él (Decreto, 1986). Para lo cual se pretende establecer un Plan de Emergencia, donde se detallan acciones, procedimientos y medidas de prevención con el objetivo de salvaguardar las vidas del personal, de los ocupantes de la empresa y los daños a la infraestructura.

Con la elaboración del Plan de Emergencia se espera a futuro poder levantar acciones que encaminen a la reducción de riesgos que amenacen el capital de la empresa, incluyendo daños a la infraestructura como al talento humano (moradores, personal operático y consumidores).

Mediante la aplicación de múltiples metodologías, se pretende dar cumplimiento a los objetivos establecidos, se utilizará el modelo de explosión Baker para calcular los parámetros característicos de la onda de presión, sobrepresión, impulso y estimación de alcance de fragmentos, el método Probit para estimar las consecuencias desfavorables sobre la población al igual que la aplicación de la normativa Seveso, donde se busca detallar las acciones, procedimientos y medidas de prevención necesarias para salvaguardar las vidas humanas y evitar daños a la infraestructura y materiales.

La trascendencia del estudio, nos permitirá beneficiar directamente a la Empresa en mención y al estudiante investigador. Asimismo, se pretende que esta investigación sirva de base para el desarrollo de posibles investigaciones futuras.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Definir la zona de afectación por explosión industrial en el almacenamiento de GLP de la empresa Rodri Pollo de la ciudad de Riobamba. Propuesta de un plan de emergencia.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Calcular la sobrepresión e impulso mecánico del cilindro de GLP utilizando el método Baker.
- Calcular la afectación por explosión de cilindro de GLP en los ocupantes de la empresa con el método Probit.
- Determinar la zona de afectación con la aplicación de la normativa SEVESO.
- Elaborar una propuesta de Plan de emergencia necesario para la reducción de las consecuencias o daños humanos y económicos generados por accidentes derivados de la explosión de almacenamiento de GLP.

## CAPITULO II

### 2. Marco teórico

#### 2.1 Antecedentes

La experimentación en este campo presenta grandes dificultades técnicas y económicas, lo que justifica la escasa bibliografía publicada sobre accidentes mayores y concretamente sobre explosiones, por lo que la mayoría de las evaluaciones se realiza a partir de experiencias a pequeña escala o a partir de los resultados obtenidos mediante la aplicación de modelos informáticos. Sin embargo, realizando un recorrido por las principales bibliotecas de las universidades que ofertan carreras relacionadas con Seguridad Industrial o afines, se encuentra que:

En el libro, Dinámica de las Explosiones Industriales, realizado por (Botta, 2011) se indica:

El primer tipo es la Rotura de Recipiente, donde nos referimos a la descarga súbita de cualquier gas natural que se encuentre en el ambiente a una alta presión, generando así la rotura del mismo.

La rotura de un contenedor se puede dar por:

- Lo que pasa dentro del contenedor.
- Lo que está pasando al propio contenedor.
- Lo que sucede fuera del contenedor.

La generación repentina de gas a alta presión en el ambiente, puede ser el resultado de fenómenos físicos, como la evaporación instantánea de un líquido que está en contacto con una superficie caliente, o de fenómenos químicos como la explosión de alta potencia, o del auto confinamiento de gases pesados.

Al igual se revisó investigaciones realizadas sobre el tema de accidentes mayores, plan de emergencia para el almacenamiento y uso de GLP con el propósito de sustentar el presente trabajo. Según Monserrath Pesantes, en su trabajo de titulación **“Identificación, evaluación y control de riesgos y elaborar el plan de emergencia para el tanque estacionario de GLP de la Carrera de Gastronomía de la ESPOCH, aplicando normativa Seveso y método Probit”** citado por (Santiago, 2019). A partir del año 1956, en el Ecuador, se comercializa como bien básico al gas licuado de petróleo (GLP), tomando en consideración el consumo de la última década, se sabe que el gas GLP de uso doméstico aumentó un 70% mientras que el uso industrial e institución aumento en un 30 %. El incremento del consumo de gas GLP domestico, se debe a la compra del producto en cilindros domésticos de 15 Kg, y cada vez es más común y frecuente la demanda del sector Industrial e institucional que consideran el producto como fuente de energía alternativa económica.

En el trabajo de titulación **“DETERMINACIÓN DE RIESGO DE ACCIDENTE MAYOR Y SU INFLUENCIA EN LAS ÁREAS DE ALERTA Y SEGURIDAD DE LA EMPRESA AGROCUEROS S.A.”** elaborado por (Matheu, 2014) detalla que la importancia de su investigación radica en determinar las zonas de alerta y ubicar las áreas de seguridad en un hipotético evento de accidente mayor , determinando efectos que, en el caso de producirse un siniestro, tengan sobre el personal y las personas que residen en lugares cercanos , así también estimar los daños que se produjeran en edificaciones del entorno de la empresa.

## **2.2 Fundamento teórico**

### **2.2.1 Seguridad industrial**

Constituye un conjunto de principios, leyes, normas y mecanismo de prevención de los riesgos inherentes al recinto laboral, que pueden ocasionar un accidente ocupacional, con daños destructivos a la vida de los trabajadores o a las instalaciones o equipos de la empresa. (Gavilanez Felix, 2012).

### **2.2.2 Accidente mayor.**

Suceso inesperado y súbito (en particular, emisión, incendio o explosión importante), resultante de acontecimientos anormales durante una actividad industrial, que supone un peligro grave para los trabajadores, la población o el medio ambiente, sea inminente o no, dentro o fuera de la instalación, y en el que intervienen una o más sustancias peligrosas. (OIT, 1991).

### **2.2.3 Sustancias peligrosas**

Toda aquella que, debido a sus propiedades químicas, físicas o toxicológicas, constituye un peligro. (OIT, 1991).

### **2.2.4 Gas licuado de petróleo**

El gas (GLP) es un tipo más común de combustible utilizado, especialmente en áreas distantes, a las empresas de servicios de gas natural entubado. El GLP se describe como el conjunto de mezclas de hidrocarburos donde los componentes principales son el butano, el propano, el propileno y el isobutano. (Asfhal Ray, 2000).

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

#### **2.2.4.1 Uso de Gas Licuado de Petróleo**

Se emplea como combustible en el sector doméstico y comercial (gas directo); de igual manera, se utiliza como combustible para la generación de electricidad en la fabricación de aluminio, productos siderúrgicos, cementos y materiales de construcción, papel, cartón, textiles y vidrios. También se usa en los sistemas de refrigeración (aire acondicionado) de industrias, oficinas y complejos turísticos (Especial, 2003)

#### **2.2.4.2 Aplicación de GLP**

##### ***2.2.4.2.1 Sector residencial***

En el sector doméstico o residencial, las aplicaciones del GLP son múltiples y conocidas por todas las personas que habitan en las ciudades, donde el combustible se emplea para la cocción de alimentos, el calentamiento de agua y la calefacción. También es utilizado en las zonas semirurales y rurales en la preparación de alimentos y actividades agroindustriales. (OSINERGMIN, 2012)

##### ***2.2.4.2.2 Sector industrial.***

En el sector industrial, el GLP tiene una variedad de aplicaciones, al igual que el gas natural. En la industria alimentaria, el GLP responde a las exigencias muy estrictas de los procesos alimentarios. La cocción puede ser tanto con llama directa como indirecta. El GLP se utiliza, por ejemplo en hornos de panadería para cocer el pan, galletas, papas fritas o cualquier otro producto cocinado.(OSINERGMIN, 2012)



### **2.2.5 Explosión.**

De acuerdo con las propiedades del gas, una explosión puede darse por la presencia al mismo tiempo de niveles peligrosos del gas, aire o cualquier fuente comburente y una fuente de ignición en un espacio donde se acumule el combustible, de tal modo que la presión no sea fácilmente disipada. (SURA, 2002).

#### **2.2.5.1 Explosiones Físicas**

La explosión de un gas a alta presión es producida por medios mecánicos o fenómenos sin cambio alguno en el reactivo, antes y después del momento de la explosión la sustancia sigue siendo la misma, como máximo puede producir un cambio en el estado.

El gas puede alcanzar alta presión mecánicamente; o bien un líquido sobrecalentado puede liberarse súbitamente por medios mecánicos y generar alta presión por evaporación repentina. Estos fenómenos no ocasionan ninguna clase de cambio en la naturaleza química del reactivo; el proceso que genera la alta presión, la descarga y los efectos de la explosión se entenderán de acuerdo con las leyes fundamentales de la Física. (Botta, 2011).

#### **2.2.5.2 Tipos de explosiones.**

Las explosiones pueden clasificarse de diversas formas, pero este trabajo sigue un orden acorde con la tipología del producto causante del accidente (sustancia explosiva y nube inflamable) o de equipos donde puedan alcanzarse altas presiones. La onda de presión es el fenómeno peligroso común a cualquier explosión. No se estudian en este trabajo las explosiones nucleares, debido a su diferente tratamiento y al quedar fuera de las que pueden producirse en las industrias convencionales. (Ramírez Grey, 2019).

**Tabla 1***Tipos de explosiones*

---

<b>Tipo de explosión</b>	<b>Ejemplo</b>
Transición rápida de fase	Introducción de aceite caliente en un recipiente con agua. Mezcla de GNL y agua
BLEVE	Fallo por corrosión de una caldera  Rotura de un depósito de GLP
Explosión de recipientes de presión	Fallo mecánico de un recipiente que contiene gas a presión  Sobrepresión de un recipiente que contiene fas a presión

---

*Nota.* Tabla adaptada de “Aplicación informática para el cálculo de la sobrepresión e impulso en explosiones de recipientes industriales”, por Victor Santiago Ramírez Grey, p 8.

**2.2.6 Transición rápida de fase:**

Aunque este fenómeno no ocurre exclusivamente en el interior de recipientes, se ha incluido en esta sección, ya que es frecuente que así suceda. La transición rápida de fase puede ocurrir cuando dos líquidos con temperaturas de ebullición muy diferentes entran en contacto. Si se trata de un líquido caliente y de alto punto de ebullición que contacta con uno frío de bajo punto de ebullición, se produce un rápido cambio de fase en este último, produciendo una expansión volumétrica que genera una onda que impulsa a la mezcla, esparciéndola fuera del recipiente. La onda de sobrepresión que puede originar la transición rápida de fase está limitada por la energía puesta en juego en la vaporización. Solo una pequeña fracción de la energía de cambio de estado es transferida a la onda, de manera que en términos energéticos una transición rápida de fase es mucho menos eficiente que un explosivo en la generación de ondas de presión. Este fenómeno es

un caso poco frecuente de explosión en la industria, ya que solamente ocurre en condiciones especiales (Ramírez Grey, 2019)

### ***2.2.7 Explosión de recipientes a presión***

Cuando el recipiente que contiene un gas presurizado explota, la única fuente de energía disponible para la fragmentación y la generación de la onda de presión es la expansión de ese gas. La energía liberada dependerá, por tanto, de las condiciones de almacenamiento, fundamentalmente de la presión y cantidad de sustancia involucrada. Este fenómeno se le conoce como expansión de un gas comprimido. (Ramírez Grey, 2019).

### ***2.2.8 Causas de explosión de un recipiente.***

Un recipiente que contiene un gas o un líquido a presión siempre está sujeto al riesgo de estallido, el mismo que puede darse por las siguientes causas: (Matheu, 2014).

- Por debilidad estructural del recipiente, provocada por corrosión, erosión, fatiga o defectos de soldadura.
- Por golpes externos.
- Por aumento de la presión debido ha sobrellenado.
- Por aumento de temperatura, explosión interna, reacción fuera de control.
- Por combinación de las causas anteriores, así el sobrecalentamiento del fuego externo generara, un aumento en la presión interna del recipiente, por lo tanto, el fallo de los materiales del mismo, hasta llegar a la fatiga.

### ***2.2.9 BLEVE***

Una BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) es la explosión de un recipiente que contiene un líquido que se encuentra por encima de su punto de ebullición

normal. Cuando el recipiente se rompe, el líquido se vaporiza súbitamente, pasando gran cantidad al estado gaseoso, expandiendo el líquido en ebullición y originando una onda de presión. En este apartado se hará un breve resumen y en el epígrafe, la vaporización puede producirse de forma extremadamente rápida mediante un fenómeno en el que se forman burbujas microscópicas de vapor que crecen en torno a puntos de nucleación tales como impurezas, cristales o iones.

Una gran parte del líquido puede vaporizarse en milésimas de segundo, dando lugar a una onda de presión que supera la resistencia del equipo, fenómeno que ha sido denominado BLCBE (Boiling Liquid Compressed Bubble Explosion). Junto al líquido que se vaporiza y que contribuye en gran parte a la formación de la onda de sobrepresión, no hay que olvidar la expansión de la fracción gaseosa presente en el recipiente en el momento del estallido, y que también aporta una cantidad importante de energía a la explosión. (Ramírez Grey, 2019)

#### ***2.2.10 Daños de una explosión.***

En la investigación “Dinamica de una Explosión Industrial” elaborada por Nestor Botta menciona. Para entender el daño que puede causar una explosión, hay que entender el concepto de explosión como la liberación repentina de un gas a alta presión en el medio ambiente; Es la forma más sencilla de describir una explosión sin considerar su origen o el mecanismo que produce el gas a alta presión.

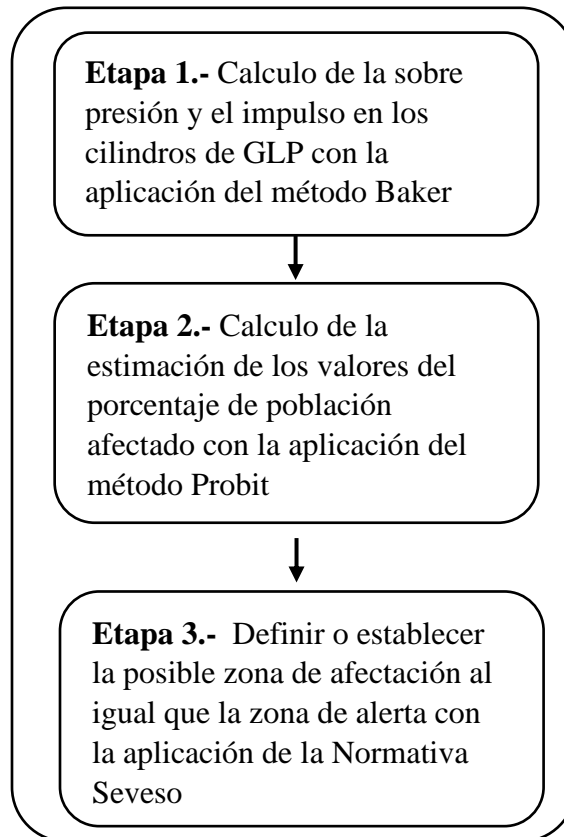
Cuando un contenedor explota, el gas se escapa y se expande a una velocidad muy alta hacia los alrededores, lo que hace que el aire estático que se encuentra en el frente se comprima y se mueva a una velocidad muy alta, generando una onda de presión devastadora. (Botta, 2011).

## 2.3 Procedimiento a seguir para la determinación de la zona de afectación por accidente mayor.

A continuación, se detallan de manera gráfica los métodos y procedimientos que se llevaran a cabo sistemáticamente en la investigación.

**Figura 1.**

*Diagrama de flujo.*



*Figura 1:* Pasos a realizar para la determinación de la zona de intervención y alerta en el posible escenario explosión de cilindro de GLP siguiendo las pautas de “Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas Seveso)” por (Díaz Alonso, 2006), p 234.

### 2.3.1 Método Baker

El método BAKER, consiste en una combinación del método multienergía y las curvas de explosión de Strehlow de 1979, se utiliza para el cálculo de la sobrepresión e impulso generado en el estallido de recipiente, estableciendo así la siguiente secuencia de aplicación:

#### Figura 2.

Secuencia de aplicación método Baker

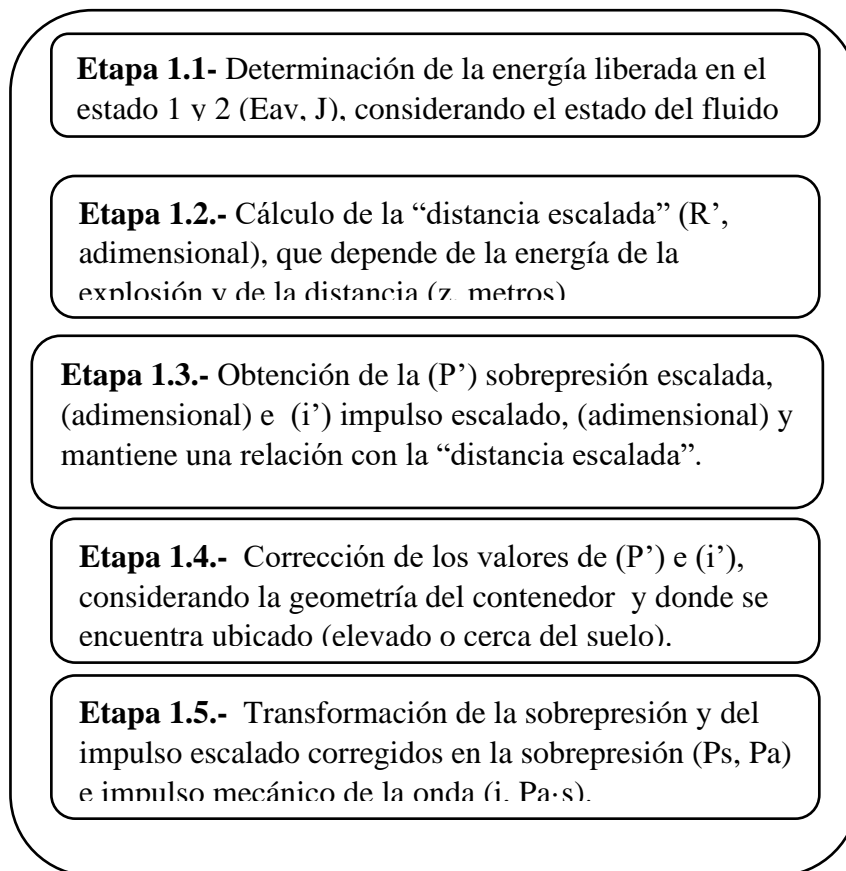


Figura 2. Pasos a realizar para la determinación de la zona de intervención y alerta en el posible escenario explosión de cilindro de GLP siguiendo las pautas de “Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas Seveso)” por, (Díaz Alonso, 2006) p 234.

### 2.3.1.1 Ecuaciones metodología Baker.

Para la determinación del sobrepresión estática e impulso mecánico por medio de la aplicación del método Baker se determinará los valores de entropía, entalpía y volumen específicos por medio de la tabla de propiedades del gas propano del anexo 1, una vez obtenidos los valores se procederá aplicar las siguientes ecuaciones las cuales son adaptadas de la investigación “Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas Seveso)” por Diaz Alonso 2006.

Para el cálculo de la energía interna general se aplicará la siguiente ecuación:

$$u = h - p * v . \quad (1)$$

Donde:

$u$ = Energía interna ( $\frac{J}{Kg}$ );

$h$ = Entalpía ( $\frac{J}{Kg}$ );

$v_1$ = Volumen ( $m^3$ ).

Para el cálculo de la energía total por fase se aplicará las siguientes ecuaciones:

$$u_{1liq} = h_{1liq} - P1 * v_{1liq} . \quad (2)$$

$$u_{1vap} = h_{1vap} - P1 * v_{1vap} . \quad (3)$$

Donde:

$u_1$ = Energía interna fase liquida-vapor ( $\frac{J}{Kg}$ );

$h_1$ = Entalpía especifica fase liquida-vapor ( $\frac{J}{Kg}$ );

$v_1$ = Volumen especifico fase liquida-vapor ( $\frac{m^3}{Kg}$ );

$P_1$ = Presion( $P_a$ ).

Para el cálculo de la fracción de vapor o calidad X por fase se aplicará las siguientes ecuaciones:

$$X_{\text{liq}} = \frac{S_{1\text{liq}} - S_{2\text{liq}}}{S_{2\text{vap}} - S_{2\text{liq}}} \quad (4)$$

$$X_{\text{vap}} = \frac{S_{1\text{vap}} - S_{2\text{liq}}}{S_{2\text{vap}} - S_{2\text{liq}}} \quad (5)$$

Donde.

$X_{\text{liq}}$  = Fracción de vapor;

$S_1$  = Entropía específica fase líquida-vapor estado 1 ( $\frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ );

$S_2$  = Entropía específica fase líquida-vapor estado 2 ( $\frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ ).

Para el cálculo de la fracción de vapor o calidad X por fase se aplicará la siguiente ecuación:

$$u_2 = (1 - X)h_{2\text{liq}} + Xh_{2\text{vap}} - (1 - X)P_0v_{2\text{liq}} - XP_0v_{2\text{vap}}. \quad (6)$$

Donde:

$u_2$  = Energía interna fase líquida-vapor ( $\frac{\text{J}}{\text{Kg}}$ ).

X = Calidad X líquida-vapor.

$v_2$  = Volumen específico fase líquida-vapor estado 2 ( $\frac{\text{m}^3}{\text{Kg}}$ ).

$P_0$  = Presión ( $P_a$ ).

$h_2$  = Entalpía específica fase líquida-vapor ( $\frac{\text{J}}{\text{Kg}}$ ).

Para el cálculo de la masa del líquido en el recipiente se aplicará la siguiente ecuación:

$$m_{1\text{liq}} = \frac{0,995 * V}{v_{1\text{liq}}}. \quad (7)$$

Donde:

$m_{1\text{liq}}$  = Masa líquida (Kg).

V = Volumen del cilindro ( $\text{m}^3$ ).

$v_{1\text{liq}}$  = Volumen específico fase líquida estado 1 ( $\frac{\text{m}^3}{\text{Kg}}$ ).



Se debe considerar para el cálculo que el cilindro se encuentra en un 0.995 % líquido u 0.005 vapor.

Para el cálculo de la energía total liberada se aplicará la siguiente ecuación:

$$E_{av} = (m_{1liq} u_{1liq} + m_{1vap} * v_{1vap}) - (m_{1liq} u_{1liq} + m_{1vap} * v_{1vap}). \quad (8)$$

Donde:

$E_{av}$ = Energía Total liberada (J).

$m_1$  = masa del líquido en el recipiente (Kg).

$u_1$ = Energía interna fase líquida-vapor ( $\frac{J}{Kg}$ ).

$v_1$ = Volumen específico ( $\frac{m^3}{Kg}$ ).

Para el cálculo de la energía efectiva de onda de presión se aplicará la siguiente ecuación:

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

Donde:

$E_{exp}$ = Energía efectiva de onda de presión (J).

$A_{sb}$  = Volumen del cilindro ( $m^3$ ).

$E_{av}$ = Energía liberada en la explosión (J).

Para el cálculo de la distancia-energía escalada se aplicará la siguiente ecuación:

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

Donde:

$R'$ =Distancia-energía escalada(adimensional.)

$E_{exp}$ = Energía efectiva de onda de presión (J).

$Z$  = Distancia del recipiente al punto de afectación (m).

$P_0$ = Presión atmosférica en el lugar (Pa).

Para el cálculo de la Sobrepresión estática se aplicará la siguiente ecuación:

$$P_s = P_0 * P'_1 \quad (11)$$

Donde:

$P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ ).

$P'_1$ = Sobrepresión estática (Adimensional).

$P_0$ = Presión atmosférica en el lugar (Pa).

Para el cálculo de la Impulso mecánico se aplicará la siguiente ecuación:

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

Donde:

$i$ = Impulso mecánico ( $P_a * s$ )

$i'_1$ = Impulso estática (Adimensional)

$P_0$ = Presión atmosférica en el lugar (Pa).

$E_{exp}$ = Energia efectiva de onda de presion (J).

### 2.3.2 *Presión.*

La presión se define como la fuerza normal que ejerce un fluido por unidad de área. Se habla de presión solo cuando se trata de gas o líquido, mientras que la contraparte de la presión en los sólidos es el esfuerzo normal. Puesto que la presión se define como la fuerza por unidad de área, tiene como unidad los newtones por metro cuadrado (N/m<sup>2</sup>), también conocida como pascal (Pa). (A.Cengel, 2005).

### 2.3.3 *Presión atmosférica*

Según (A.Cengel, 2005)“El hecho de que estemos rodeados de gas (aire), y debido a que este aire tiene peso sobre la tierra, al tener este aire estamos sometidos a una presión sobre la tierra (presión atmosférica), la presión ejercida por la atmósfera sobre la tierra, se mide normalmente

por medio del barómetro, al nivel del mar el valor de la presión es cercano a 14.7 lb/plg<sup>2</sup> (101,35Kpa), esto se reduce dependiendo de la altura del sitio.

#### **2.3.4 *Presión absoluta.***

Expresa (A.Cengel, 2005) la "presión absoluta", suponiendo que el vacío total no tiene presión, es decir, cuando el barómetro marque cero, la presión es cero (vacío total), se expresa en PSI. La presión se puede obtenerse sumando el valor positivo de la presión atmosférica a la lectura de la presión.

#### **2.3.5 *Onda de presión***

El efecto más común de la explosión es un fuerte aumento de la presión que se produce en el aire circundante y se distribuye en forma de ondas en todas las áreas de espacio libre. La forma característica y magnitud de ondas dependen del tipo de explosión, el medio ambiente y la distancia hasta el inicio de la explosión. (Díaz Alonso, 2006).

#### **2.3.6 *Impulso mecanico.***

Según (Johnston et al., 2007) El impulse de una fuerza F, es igual al cambio en el proceso de balance de partículas.

#### **2.3.7 *Efecto domino.***

De acuerdo a (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2003) citado por (Bueche, F; Hecht, E;, 2019) lo define como la cadena de efectos multiplica las consecuencias, ya que fenómenos peligrosos pueden afectar, además de factores externos vulnerables, a contenedores, tuberías u otros equipos de la misma instalación o de otros lugares cercanos, de tal forma que se genere un nuevo incendio, fuga, explosión y estallidos de los mismos.

### 2.3.8 Entropia.

Según (A.Cengel, 2005) El concepto de entropía en la termodinámica es un sinónimo de "desorden". Entonces, cuando dicen que la entropía ha aumentado en el sistema, esto significa un desorden entre elementos o moléculas del sistema. Y viceversa: Si la entropía disminuye en este sistema, esto significa que su desorden disminuye. Hay una entropía cuando hay una variación de estado debido a la presión, el grado de calor o dos variables al mismo tiempo.

### 2.3.9 Entalpia

Según (A.Cengel, 2005) "La entalpia es la cantidad de energía que un sistema termodinámico puede intercambiar con su entorno. Por ejemplo, en una reacción química a presión constante, el cambio de entalpia de un sistema es la cantidad de calor absorbido o liberado en la reacción. Por ejemplo, de un líquido a un gas. El cambio de entalpia es el calor latente, en este caso el calor de vaporización.

### 2.3.10 Factor de Conversión.

La conversión de unidades es una transformación digital de valor físico, que se muestra en una unidad de medición específica, en otro valor numérico equivalente y se expresa en otro bloque de medición del mismo carácter.

**Tabla 2**

*Factores de conversión*

Magnitud	Sistema Ingles	SI	Factor
Entalpia especifica	$\frac{\text{Btu}}{\text{lb}}$	J/kg	2,326
Volumen especifico	$\frac{\text{pie}^3}{\text{lb}}$	$\text{m}^3/\text{kg}$	0.06242

Entropía específica	$\frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}}$	$\text{kJ}/\text{k}^\circ\text{K}$	4.1868
---------------------	--	------------------------------------	--------

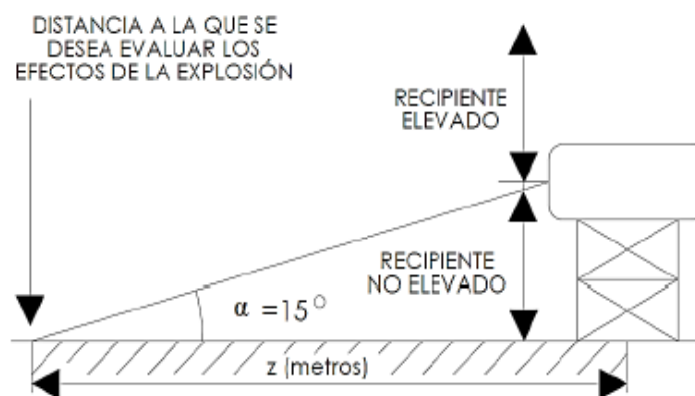
*Nota:* En la tabla se presenta el valor del factor por el cual se multiplicara los datos obtenidos de entalpia, entropía y volumen específico del Sistema Inglés al Sistema Internacional. Adaptado de Termodinámica Séptima Edición por

### 2.3.11 Ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado.

El ajuste del impulso mecánico y la sobrepresión escalado se realiza, ya que el recipiente que contienen el gas GLP es cilíndrico, asimismo se consideró que el cilindro se encuentra en el piso, por lo tanto, tiene una altura de 0 m, donde con la ayuda de la Figura #3 se determinó que el ángulo formado entre la ubicación del cilindro y la distancia considerada para la evaluación (Z) es menor a 15°.

**Figura 3.**

*Grafica Recipiente Elevados y no Elevados.*



*Nota.* En la gráfica se representa  $\infty$  Angulo formado por el cilindro y la Z= distancia de valuación. Adaptado de “Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas Seveso)” por (Díaz Alonso, 2006), p 231.

### 2.3.12 Recipientes elevados y no elevados.

Según (Díaz Alonso, 2006) “El factor  $A_{sb}$  tiene en cuenta la mencionada reflexión de la onda contra el suelo. Su valor es la unidad cuando el recipiente se encuentra suficientemente elevado, ó 2 cuando el recipiente está situado cerca del suelo. Se debe considerar que el recipiente está cercano al suelo cuando el ángulo formado por la línea que une el punto donde se desea determinar los efectos de la explosión y el recipiente es igual o menor a  $15^\circ$ ”.

**Tabla 3**

*Factor de Ajuste para Determinar Sobrepresión Escalada  $P'$  y el Impulso Escalado  $I'$  para Recipientes Cilíndricos.*

$R'$	Factor multiplicador (F)	
	Para $P'$	Para $i'$
$<0,3$	4	2
$\geq 0,3, y \leq 1,6$	1,6	1,1
$> 1,6 y \leq 3,5$	1,6	1
$> 3,5$	1,4	1

*Nota:* Mediante la  $R'$ = Distancia-energía escalada se determina el factor para ajustar la sobrepresión e impulso adaptado de “Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas Seveso)” por (Díaz Alonso, 2006), p 240.

**Tabla 4**

*Factor de Ajustes para Determinar la Sobrepresión Escalada  $P'$  y el Impulso Escalado  $I'$  para Recipientes Cercanos al Suelo con Ángulo Inferiores A  $15^\circ$ .*

$R'$	Factor multiplicador (F)	
	Para $P'$	Para $i'$
$< 1$	2	1,6
$\geq 1$	1,1	1

*Nota:* Mediante la  $R'$ = Distancia-energía escalada se determina el factor para ajustar la sobrepresión e impulso adaptado de “Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas Seveso)” por (Díaz Alonso, 2006) p 240.

### **2.3.13 Método Probit**

En este método se parte de una manifestación física de un incidente (por ejemplo, la explosión de un cilindro doméstico de GLP) 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.). (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2013).

Para el método Probit se emplea la siguiente fórmula:

$$Pr = a + b * \ln(V) \quad (13)$$

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

**Tabla 5***Ecuaciones Metodología Probit.*

Nombre	Ecuación	N°
Muerte por lesión pulmonar	$Y = -77.1 + 6.91 * \ln P_s$	(14)
Rotura Tímpano	$Y = -15.6 + 1.93 * \ln P_s$	(15)
Daños menores	$Y = 5 - 0.26 * \ln S$	(16)
	$S = \left(\frac{4.600}{P_s}\right)^{3.9} + \left(\frac{110}{i}\right)^5$	(17)
Daños mayores	$Y = 5 - 0.26 * \ln S$	(18)
	$S = \left(\frac{17.500}{P_s}\right)^{8.4} + \left(\frac{290}{i}\right)^{9.3}$	(19)
Colapso de edificio	$Y = 5 - 0.22 * \ln S$	(20)
	$S = \left(\frac{40.000}{P_s}\right)^{7.4} + \left(\frac{460}{i}\right)^{11.3}$	(21)
Rotura de vidrio	$Y = -18.1 + 2.79 * \ln P_s$	(22)

*Nota:*  $Y$ = Numero Probit en base a ( $P_s$ );  $S$ = Constante en función de ( $P_s$ );  $P_s$ = Sobrepresion estatica ( $P_a$ );  $i$ = Impulso mecanico ( $P_a * s$ ); adaptado de “Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas Seveso)” por (Díaz Alonso, 2006).

### 2.3.14 Interpolación lineal.

La interpolación lineal es el método más simple en uso hoy. Es el método usado por los programas de generación de gráficas, donde se interpola con líneas rectas entre una serie de puntos que el usuario quiere graficar. La idea básica es conectar los 2 puntos dados en  $x_i$ , es decir ( $x_0, y_0$ ) y ( $x_1, y_1$ ). Ecuación obtenida de la publicación de la (Universidad de los Andes, 2005).

La función interpelante es una línea recta entre los dos puntos. Para cualquier punto entre los dos valores de  $x_0$  y  $x_1$  se debe seguir la ecuación de la línea

$$\frac{y - y_0}{y_1 - y_0} = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$$



que se puede derivar geométricamente.

En lo anterior, el único valor desconocido es  $y$ , que representa el valor desconocido para  $x$ , despejando queda:

$$y = y_0 + (x - x_0) \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \quad (23)$$

### **2.3.15 Directiva SEVESO.**

El 9 de julio de 1976 sucedió un grave accidente en Seveso (Italia), por error humano se produjo el escape de una sustancia de alta toxicidad y para prevenir la ocurrencia de otros accidentes similares, la Comunidad Económica Europea aprobó la Directiva 85/5014 CEE conocida como Directiva SEVESO. En 1996, y luego de una revisión se publicó en el diario oficial de la comunidad europea la directiva, 96/82/CE - SEVESO II. (SEVESO, 2010)

Para el 24 de julio de 2012, fecha en la que se ha publicado la directiva 2012/18/UE, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y por la que se modifica y ulteriormente se deroga la Directiva 96/82/CE.

Sus principales objetivos son:

- Reforzar el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia.
- Introducir normas más estrictas para las inspecciones de las instalaciones afectadas, que garanticen la efectiva aplicación y cumplimiento de las normas de seguridad.

### **2.3.16 Normativa SEVESO**

En el TRABAJO DE TITULACION: **“IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS Y PLAN DE EMERGENCIA PARA EL TANQUE ESTACIONARIO DE GLP DE LA ESCUELA DE GASTRONOMIA DE LA ESPOCH,**

**APLICANDO LA NORMATIVA SEVESO Y MÉTODO PROBIT**” elaborado por Santiago Gonzales menciona que Tras el fatal accidente de Seveso (Italia) y similares, la Unión Europea introdujo normas destinadas a prevenir accidentes en varios sectores industriales.

Esta norma especificaba, entre otros aspectos, la introducción de nuevas actividades y materiales dentro del alcance de la norma, y la obligación de proporcionar información adicional a todas las personas que pudieran verse afectadas por el accidente. Tanto los trabajadores como las personas en general.(Santiago, 2019).

La Normativa Seveso se determinan básicamente a aprobar medidas de control de riesgos relacionadas con accidentes graves donde interviene peligrosas, para tener en cuenta las últimas enmiendas europeas (Directiva Seveso III) y transponer algunos compromisos con la Comisión Europea, porque la regulación en cualquier condición no proporcionaba una adecuada protección al público y al entorno relacionado con la cumplimiento, de los planes de emergencia, la información pública, las inspecciones, el control de la urbanización, todas tienen especial importancia para prevenir y controlar los accidentes.(Santiago, 2019)

### ***2.3.17 Zona de Intervención.***

En el trabajo “**ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS Y ZONAS DE PLANIFICACIÓN PARA EXPLOSIONES INDUSTRIALES ACCIDENTALES (EN EL ÁMBITO DE LAS DIRECTIVAS SEVESO)**”, realizado por (Díaz Alonso, 2006) lo define como: "Aquella en que las consecuencias de los accidentes producen vulnerabilidad humana y a la estructuras, las que justifican el uso de medidas de protección inmediatas. En la zona de intervención es el área donde las personas y estructuras pueden estar en mayor riesgo, por lo que se debe prestar más atención a los mecanismos regionales de prevención.”

### ***2.3.18 Zona de Alerta.***

En el trabajo “**ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS Y ZONAS DE PLANIFICACIÓN PARA EXPLOSIONES INDUSTRIALES ACCIDENTALES (EN EL ÁMBITO DE LAS DIRECTIVAS SEVESO)**”, realizado por (Díaz Alonso, 2006) lo define como: “Comienza cuando finaliza la zona de intervención y los efectos del accidente, aunque sentidos, no justifican la intervención, salvo para las poblaciones vulnerables.”

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Marco metodológico.

##### 3.1.1 *Tipo de investigación*

La investigación que se realiza es descriptiva, ya que describe y levanta información relacionada con la zona de afectación en el posible escenario de generarse una explosión de almacenamiento de GLP en el local de expendio de alimento Rodri-Pollos. Los datos que se va a obtener están relacionados con los valores de sobrepresión e impulso mecánico, al igual que a la identificación de las condiciones constructivas de las instalaciones de la empresa, esta información recolectada será analizada basándonos en el método Baker ya explicado al igual que se establecerá un plan de emergencia.

En la publicación de “**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**” por (Sampieri Hernandez et al., 1997) menciona que “Muy frecuentemente el propósito del investigador es describir situaciones y eventos. Esto es, decir cómo es y se manifiesta determinado fenómeno. Miden y evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir.”

En su publicación “Investigación Descriptiva: Tipos y Características” (Martinez, 2018) infiere que “al contrario que el método analítico, no describe por qué ocurre un fenómeno, sino que se limita a observar lo que ocurre sin buscar una explicación.”

Catherine Martínez también menciona que “este tipo de investigación no comprende el empleo de hipótesis ni predicciones, sino la búsqueda de las características del fenómeno estudiado que le interesan al investigador”.

### ***3.1.2 Diseño de investigación.***

El diseño de investigación en cuál se desarrolló esta investigación es el diseño no experimental transversal, ya que la investigación partió desde lo que es la recolección de datos hasta el establecimiento de zonas de afectación por explosión de almacenamiento de GLP y a su vez proponer un plan de emergencias.

### ***3.1.3 Unidad de análisis***

En esta investigación se tomó como unidad de análisis a 5 personas que laboran en las instalaciones (incluidos los propietarios) al igual que los 12 posibles clientes de la Empresa Rodri-Pollos.

### ***3.1.4 Población de estudio.***

Instalaciones de la empresa Rodri-Pollos

### ***3.1.5 Tamaño de la muestra.***

El tamaño de la muestra se conformará por 5 trabajadores y 12 posibles clientes mismos que hacen uso de las instalaciones de la empresa Rodri-Pollos.

### ***3.1.6 Técnicas de recolección de datos***

#### **Observación de campo**

Se aplicará la observación conjuntamente con una lista de chequeo, lo cual permitirá conocer la situación actual de la instalación de la empresa, analizar el grado de peligrosidad que estos representan e identificar que recursos poseen para prevenir, actuar o responder ante una emergencia.

## **Hoja recolección de datos**

En la investigación se procederá con un CHECK-LIST para registrar de manera directa la información de las condiciones constructivas de la instalación de la empresa Rodri-Pollos.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Etapa 1

##### 4.1 Escenario y datos de partida.

Para el cálculo del método Baker se tomó como datos iniciales el uso de 3 cilindros domesticos de GLP de 15 Kg, mismos que se encuentran distribuidos de la siguiente manera: 2 cilindros dispuestos para el uso y 1 cilindros para almacenamiento.

El estudio del cilindro domestico de GLP considera los estados en los cuales se encuentra el cilindro (liquido-vapor), así como, la presión a la que se encuentra el cilindro en la etapa 1, presión superior a la atmosférica, y en la etapa 2, presión igual a la atmosférica.

##### 4.2 Condiciones del cilindro de GLP en la Estado 1.

Para la investigación se considera que la empresa se encuentra en la ciudad de Riobamba donde la temperatura del aire promedio en el mes de Enero del 2022 es de 13.62 °C, dato obtenido de página de (INAMHI, 2022). como referencia la publicación del Proyecto de investigación con el nombre de “Estudio del Empleo del Propano y Gas Licuado del Petróleo como Sustitutos ecológicos del refrigerante R22 en Sistemas de Aire Acondicionado Domestico” donde (Salgado & Sandoval, 2013) menciona que en el Ecuador el Gas Licuado de Petróleo, contiene una composición de 70% propano y 30% butano. Por lo tanto, mediante la aplicación del diagrama de presión vs temperatura para diferentes mezclas Propano-Butano se establece que la presión del cilindro domestico de GLP es de  $7 \text{ Kg/cm}^2$ , lo que trasformado al Sistema Internacional es 686465,5 P.a.

#### 4.2.1 Volumen del recipiente.

La capacidad que tiene el cilindro domestico de GLP de 15 kg es de 36.5 dm<sup>3</sup>, dato obtenido de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 111, Cilindros de acero soldados para gas licuado de petróleo “GLP”. REQUISITOS E INSPECCIÓN. (Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2005).

La unidad de medida del volumen según el Sistema Internacional de Unidades es el m<sup>3</sup> por lo tanto la capacidad del cilindro domestico de GLP será igual a 0,0365 m<sup>3</sup>.

#### 4.2.2 Calculo de la entalpia y volumen especifica. Estado 1.

Para la determinación de la entalpia y volumen especifica del cilindro domestico de 15 Kg, se utilizó la tabla de propiedades termodinámicas del gas propano anexo 1, donde por medio de la utilización de la ecuación 23 se interpolo los datos hallados y se determinó los valores respectivos de entalpia y volumen específico para una presión de 99.563 PSI.

**Tabla 6**

*Cálculo Entalpía y Volumen Especifico Estado 1-Liquido.*

	<b>Presión (PSI)</b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>	<b>Y<sub>1</sub></b>	<b>Y<sub>2</sub></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>S.I</b>
Entalpia	99,563	99,300	107,100	137,200	140,500	99,563	137,311	319386,012
Volumen	99,563	99,300	107,100	0,031	0,032	99,563	0,031	0,002

*Nota:* Los valores de entalpia y volumen especifico; **X<sub>1</sub>**, **X<sub>2</sub>**, **Y<sub>1</sub>** y **Y<sub>2</sub>**, son obtenido de la tabla del anexo 1, la unidad de medida está dada en el Sistema Ingles por lo tanto, se procedió a cambiar al Sistema Internacional la entalpia ( $\frac{J}{kg}$ ) y volumen ( $\frac{m^3}{kg}$ ).



**Tabla 7***Cálculo de Entalpia y Volumen Especifico Estado 1-Vapor*

<b>Magnitud</b>	<b>Presión (PSI)</b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>	<b>Y<sub>1</sub></b>	<b>Y<sub>2</sub></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>S.I</b>
Entalpia	99,563	99,300	107,100	292,000	293,200	99,563	292,040	679286,114
Volumen	99,563	99,300	107,100	1,100	1,010	99,563	1,097	0,068

*Nota:* Los valores de entalpia y volumen especifico;  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_1$  y  $Y_2$ , son obtenido de la tabla del anexo 1, la unidad de medida está dada en el Sistema Ingles por lo tanto, se procedió a cambiar al Sistema Internacional la entalpia ( $\frac{J}{kg}$ ) y volumen ( $\frac{m^3}{kg}$ ).

#### 4.2.3 Cálculo de entropía especifica estado 1.

Para el cálculo de la entropía especifica del cilindro domestico de 15 Kg en el estado líquido y vapor, se utilizó a la presión interna del cilindro como entrada para la tabla de propiedades termodinámicas del gas propano (anexo 1), donde se obtuvo los valores de entropía especifica mismo que son interpolados mediante la aplicación de la ecuación 23.

**Tabla 8***Cálculo Entropía Especifica Estado 1.*

<b>Estado</b>	<b>Presion (PSI)</b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>	<b>Y<sub>1</sub></b>	<b>Y<sub>2</sub></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>S.I</b>
Liquido	99,563	99,300	107,100	0,298	0,305	99,563	0,298	1,249
Vapor	99,563	99,300	107,100	0,596	0,595	99,563	0,596	2,495

*Nota:* Los valores de entropía especifico;  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_1$  y  $Y_2$ , son obtenido de la tabla del anexo 1, la unidad de medida está dada en el Sistema Ingles por lo tanto, se procedió a cambiar al Sistema Internacional la entropía en ( $\frac{J}{kg}$ ).

#### 4.2.4 Cálculo de la energía interna estado 1.

Para determinar la energía interna en el estado 1 fase liquida y vapor se toman los datos obtenidos de entalpia y volumen especifico de la tabla 6 y entropía especifica de tabla 7, al igual

se considera la presión del cilindro en fase 1, y mediante la aplicación de la ecuación 2 se determinó la energía interna en estado líquido y ecuación 2 para estado vapor.

**Tabla 9**

*Cálculo Energía Interna Estado 1 Líquido-Vapor*

<b>Estado</b>	<b><math>h</math>(J/kg)</b>	<b><math>p</math></b>	<b><math>v</math> (m<sup>3</sup>)</b>	<b><math>u_1</math> (J/kg)</b>
Líquido	319386,012	647238,900	0,002	318123,151
Vapor	679286,114	647238,900	0,068	634967,997

*Nota:*  $h$ =Entalpia ( $\frac{J}{Kg}$ );  $p$ =Presión (Pa);  $v$ =Volumen específico ( $m^3$ );  $u_1$ = Energía interna Líquido-Vapor estado 1 ( $\frac{J}{Kg}$ ).

## Etapa 2

### 4.3 Condiciones del cilindro de GLP en la Estado 2.

Para el estado 2 se debe considerar la presión atmosférica de la ciudad donde se encuentra la empresa “Rodri Pollos” en este caso la ciudad de Riobamba, la presión atmosférica de esta ciudad es de 14,070 psi. Este dato es obtenido de la página oficial del INAMHI, (INAMHI, 2022).

#### 4.3.1 Cálculo de la entalpia y volumen específica. Estado 2

Para la determinación de la entalpia y volumen específica en el estado 2 del cilindro doméstico de 15 Kg, se consideró la tabla de propiedades termodinámicas del gas propano (ver anexo 1), donde mediante el uso de la presión atmosférica de la ciudad de Riobamba y con la aplicación de la ecuación 23 para interpolar los datos se obtuvo los valores de la entalpia y volumen específico para el estado 2 líquido y vapor.

**Tabla 10***Cálculo de la Entalpia y Volumen Especifico Estado2-Liquido*

<b>Magnitud</b>	<b>Presion (PSI)</b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>	<b>Y<sub>1</sub></b>	<b>Y<sub>2</sub></b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>S.I</b>
Entalpia	14,070	12,600	14,400	79,500	82,300	14,070	81,787	190235,787
Volumen	14,070	12,600	14,400	0,027	0,027	14,070	0,027	0,002

*Nota:* Los valores de entalpia y volumen especifico; **X<sub>1</sub>**, **X<sub>2</sub>**, **Y<sub>1</sub>** y **Y<sub>2</sub>**, son obtenido de la tabla del anexo 1, la unidad de medida está dada en el Sistema Ingles por lo tanto, se procedió a cambiar al Sistema Internacional la entalpia en ( $\frac{J}{kg}$ ) y volumen en ( $m^3$ ).

**Tabla 11***Cálculo de la Entalpia y Volumen Especifico Estado2-Vapor*

<b>Magnitud</b>	<b>Presión (psi)</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>y1</b>	<b>y2</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>S.I</b>
Entalpia	14,007	12,600	14,400	262,700	264,400	14,007	264,029	614131,066
Volumen	14,007	12,600	14,400	7,740	6,890	14,007	7,076	0,442

*Nota.* Los valores de entalpia y volumen especifico; **X<sub>1</sub>**, **X<sub>2</sub>**, **Y<sub>1</sub>** y **Y<sub>2</sub>**, son obtenido de la tabla del anexo 1, la unidad de medida está dada en el Sistema Ingles por lo tanto, se procedió a cambiar al Sistema Internacional la entalpia en ( $\frac{J}{kg}$ ) y volumen en ( $m^3$ ).

#### **4.3.2 Cálculo de entropía específica estado 2**

Para el cálculo de la entropía específica del cilindro domestico de 15 Kg en el estado líquido y vapor, se utilizó la presión atmosférica de la ciudad de Riobamba como entrada para la tabla de propiedades termodinámicas del gas propano anexo 1, donde se obtuvo los valores de entropía específica mismo que son interpolados mediante la aplicación de la ecuación 23.

**Tabla 12***Cálculo de Entropía Especifica Estado 2*

Estado	Presion (PSI)	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	X	Y	S.I
Liquido	14,070	12,600	14,400	0,173	0,179	14,070	0,178	0,745
Vapor	14,070	12,600	14,400	0,617	0,615	14,070	0,615	2,576

*Nota:* Los valores de entropia especifico; X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, Y<sub>1</sub> y Y<sub>2</sub>, son obtenido de la tabla del anexo 1, la unidad de medida está dada en el Sistema Ingles por lo tanto, se procedió a cambiar al Sistema Internacional la entropía en ( $\frac{J}{kg}$ ).

#### 4.3.3 *Calculo de la calidad X*

Para la determinación de la calidad X fase liquida y vapor se considera la entropía especifica calcula de las tablas 8 y tabla 12 para los 2 estados, mediante la ecuación 4 y ecuación 5.

**Tabla 13***Calculo de la calidad X*

Estado	S	Valor	Factor X
Liquido	S <sub>1liq</sub>	1,249	0,275
	S <sub>2liq</sub>	0,745	
Vapor	S <sub>1vap</sub>	2,495	0,956
	S <sub>2vap</sub>	2,576	

*Nota:* S<sub>1liq</sub>= Entropia fase liquida estado 1 ( $\frac{J}{kg}$ ); S<sub>2liq</sub>= Entropia fase liquida estado 2 ( $\frac{J}{kg}$ ); S<sub>1vap</sub>= Entropia fase vapor estado 1 ( $\frac{J}{kg}$ ); S<sub>2vap</sub>= Entropia fase vapor estado 2 ( $\frac{J}{kg}$ ). El factor X calculado es adimensional.

#### 4.3.4 *Cálculo de la energía interna estado 2*

Para el cálculo de la energía interna en el estado 2 fase liquida y vapor se determina el factor X o la fracción de líquido y vapor presente en el cilindro domestico mediante la ecuación 3,

por otro lado se toma los datos obtenidos en la tabla 10 y tabla 11 de entalpía y volumen específico a una presión de 97009.235 Pa.

**Tabla 14**

*Calculo de la Energía Interna Estado 2*

Estado	$h$	$p$	$v$	Calidad $X$	$u_2$
Líquido	190235,787	97009,235	0,002	0,275	294991,730
Vapor	614269,463	97009,235	0,440	0,956	554817,166

*Nota:*  $h$ =Entalpía ( $\frac{J}{Kg}$ );  $p$ =Presión (Pa);  $v$ =Volumen específico ( $m^3$ );  $u_2$ = Energía interna Líquido-Vapor estado 2 ( $\frac{J}{Kg}$ ).

#### 4.3.5 Cálculo de la masa líquida y vapor del cilindro doméstico de GLP.

Mediante la aplicación de la ecuación 7 se determinó la cantidad de masa líquida y cantidad de masa en vapor en el cilindro doméstico de GLP, se consideró que el 99.5% del contenido del envase de GLP es líquido mientras que el 0.5 % es gas.

**Tabla 15**

*Cálculo de Masa Líquida y Vapor de 1 Cilindro Doméstico de GLP.*

Estado	$V$	$v$	%	$m_{1liq}$	$m_{1vap}$
Líquido	0,037	0,002	0,995	18,613	0,003
Vapor	0,037	0,068	0,005		

*Nota:*  $V$ = Volumen del cilindro ( $m^3$ ); %= porcentaje de material líquida y vapor;  $v$ =Volumen específico ( $m^3$ );  $m_{1liq}$ = Masa líquida ( $Kg$ );  $m_{1vap}$ = Masa vapor ( $Kg$ ).

**Tabla 16***Cálculo de Masa Líquida y Vapor de 2 Cilindro Doméstico de GLP.*

<b>Estado</b>	<b>V</b>	<b>v</b>	<b>%</b>	<b>m<sub>1liq</sub></b>	<b>m<sub>1vap</sub></b>
<b>Líquido</b>	0,073	0,002	0,995	37,227	0,005
<b>Vapor</b>	0,073	0,068	0,005		

*Nota:* V= Volumen del cilindro (m<sup>3</sup>); %= porcentaje de material líquida y vapor; v=Volumen específico (m<sup>3</sup>); m<sub>1liq</sub>= Masa líquida (Kg); m<sub>1vap</sub>= Masa vapor (Kg).

**Tabla 17***Cálculo de Masa Líquida y Vapor de 3 Cilindro Doméstico de GLP.*

<b>Estado</b>	<b>V</b>	<b>v</b>	<b>%</b>	<b>m<sub>1liq</sub></b>	<b>m<sub>1vap</sub></b>
<b>Líquido</b>	0,110	0,002	0,995	55,840	0,008
<b>Vapor</b>	0,110	0,068	0,005		

*Nota:* V= Volumen del cilindro (m<sup>3</sup>); %= porcentaje de material líquida y vapor; v=Volumen específico (m<sup>3</sup>); m<sub>1liq</sub>= Masa líquida (Kg); m<sub>1vap</sub>= Masa vapor (Kg).

#### **4.4 Cálculo de la energía Total liberada**

##### **4.4.1 Cálculo de energía total liberada para 1 cilindro domestico**

Para el cálculo de la energía interna total de 1 cilindro domestico de GLP se aplicó la ecuación 8 considerando los valores ya obtenidos anteriormente de la energía interna líquida-vapor en los 2 estados de la tabla 9 y tabla 13 además se consideró la cantidad de masa líquida y masa de vapor en los dos estados de la tabla 15.

**Tabla 18***Cálculo Energía Total Liberada 1 Cilindro Doméstico de GLP.*

<b>Estado</b>	<b>m<sub>1</sub></b>	<b>u<sub>1</sub></b>	<b>u<sub>2</sub></b>	<b>E<sub>av</sub></b>
<b>Líquido</b>	18,613	318123,151	294991,73	430785,592
<b>Vapor</b>	0,003	634967,997	554817,166	

Nota:  $m_1$ = cantidad de masa estado 1 (Kg);  $u_1$ =Energia interna estado 1 ( $\frac{J}{Kg}$ );  $u_2$ =Energia interna estado 2 ( $\frac{J}{Kg}$ );  $E_{av}$ = Energia total (J).

#### 4.4.2 Cálculo de energía total para 2 cilindros domésticos.

Para el cálculo de la energía interna total de 2 cilindro domestico de GLP se aplicó la ecuación 8 considerando los valores ya obtenidos anteriormente de la energía interna liquida-vapor en los 2 estados de la tabla 9 y tabla 13 además se consideró la cantidad de masa liquida y masa de vapor en los dos estados de la tabla 15.

**Tabla 19**

*Calculo Energía Total Liberada 2 Cilindro Doméstico.*

Estado	$m_1$	$u_1$	$u_2$	$E_{av}$
Liquido	37,226	312754,922	294991,73	661704,668
Vapor	0,006	630164,221	554817,166	

Nota:  $m_1$ = cantidad de masa estado 1 (Kg);  $u_1$ =Energia interna estado 1 ( $\frac{J}{Kg}$ );  $u_2$ =Energia interna estado 2 ( $\frac{J}{Kg}$ );  $E_{av}$ = Energia total (J).

#### 4.4.3 Cálculo de energía total para 3 cilindros domésticos.

Para el cálculo de la energía interna total de 2 cilindro domestico de GLP se aplicó la ecuación 8 considerando los valores ya obtenidos anteriormente de la energía interna liquida-vapor en los 2 estados de la tabla 9 y tabla 13 además se consideró la cantidad de masa liquida y masa de vapor en los dos estados de la tabla 15.

**Tabla 20**

*Cálculo Energía Total Liberada 3 Cilindro Doméstico de GLP.*

Estado	$m_1$	$u_1$	$u_2$	$E_{av}$
Liquido	55,839	312754,922	294991,73	992557,002
Vapor	0,009	630164,221	554817,166	

Nota:  $m_1$ = cantidad de masa estado 1 (Kg);  $u_1$ =Energia interna estado 1 ( $\frac{J}{Kg}$ );  $u_2$ =Energia interna estado 2 ( $\frac{J}{Kg}$ );  $E_{av}$ = Energia total (J).

#### 4.4.4 Cálculo de la energía efectiva de la onda de presión.

Se efectuó el cálculo teniendo en cuenta que el recipiente está en el piso lo que nos quiere decir que el ángulo formado entre la ubicación del cilindro y el punto desde donde se evaluó tiene un ángulo de  $15^\circ$  y se tomó respectivo coeficiente explícito en la tabla 4 por lo que se usa el Factor  $A_{sb}$ , igual a 2.

**Tabla 21**

*Cálculo Onda de Presión Para 1 Cilindro Doméstico de GLP.*

$E_{av}$	$A_{sb}$	$E_{exp}$
430785,592	2,000	861571,184

Nota:  $E_{av}$ = Energia total (J);  $A_{sb}$ =Factor de correlacion por Ángulo de vision 1 ( $\frac{J}{Kg}$ );  $u_2$ =Energia efectiva de onda de presion (J).

**Tabla 22**

*Cálculo Onda de Presión Para 2 Cilindro Doméstico de GLP.*

$E_{av}$	$A_{sb}$	$E_{exp}$
661704,668	2,000	1323409,336

Nota:  $E_{av}$ = Energia total (J);  $A_{sb}$ =Factor de correlacion por Ángulo de vision 1 ( $\frac{J}{Kg}$ );  $u_2$ =Energia efectiva de onda de presion (J).

**Tabla 23**

*Cálculo Onda de Presión Para 3 Cilindro Doméstico de GLP.*

$E_{av}$	$A_{sb}$	$E_{exp}$
992557,002	2,000	1985114,004

Nota:  $E_{av}$ = Energia total (J);  $A_{sb}$ =Factor de correlacion por Ángulo de vision 1 ( $\frac{J}{Kg}$ );  $u_2$ =Energia efectiva de onda de presion (J)



#### **4.4.5 Determinación de sobrepresión escalada $P'$ e impulso escalado $i'$ .**

Para el cálculo de la sobrepresión e impulso escalado se determinó la distancia-energía escalada mediante la Ecuación 11 y ecuación 12, para 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36 y 40 metros, a una presión interna de 96574,865 Pa, y considerando los valores calculados en la tabla 21, tabla 22 y tabla 23 de onda de presión consiguiente a esto se encontró los respectivos valores de  $P'$  e  $i'$  en las gráficas del anexo 2 y anexo 3.

Una vez realizado el cálculo se determina que  $R'$  es igual a 0.1452635 a 1 metro de distancia como siguiente procedemos a establecer la sobrepresión escalada con la ayuda de la gráfica del Anexo 2, obteniendo que la sobrepresión escalada es  $P'= 2.5$ . Al igual con el mismo valor de  $R'$  ya obtenido se procede a determinar el valor de Impulso escalado con la ayuda de la gráfica del Anexo 3 siendo este  $i'= 0.11$ .

#### **4.4.6 Ajustes de sobrepresión escalada e impulso escalado.**

Para proceder con el ajuste de la sobrepresión e impulso escalado se debe tomar en consideración la forma del recipiente y su ubicación con referencia al suelo

El Recipiente estudiado tiene una forma cilíndrica al igual el mismo está situado en el suelo lo que forma un ángulo menor de  $15^\circ$ , indicado esto, los datos obtenidos anteriormente se debe multiplicarse por los valores obtenidos de la Tabla 3 y Tabla 4 respectivamente.

Por lo tanto, la presión escalada es:

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

$$P'_1 = 2.5 * 1.6 * 2$$

$$P'_1 = 8$$

Ajuste del impulso escalado:

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

$$i'_1 = 0.11 * 1.1 * 1.6$$

$$i'_1 = 0.1936$$

#### ***4.4.7 Cálculo de la sobrepresión estática (Ps) en Pa e impulso mecánico (i) en Pa.s.***

Una vez obtenidos los valores de sobrepresión e impulso escalado con la ayuda de la Tabla 3 y Tabla 4 se procedió con la identificación de los factores de ajuste (F1, F2), para sobrepresión e impulso escalado, por último con la ecuación 11 y ecuación 12 se determinó la sobrepresión estática e impulso mecánico.

**Tabla 24**

*Cálculo de la Sobrepresión Estática (Ps) E Impulso Mecánico (i) Para 1 Cilindro Domestico de GLP.*

<b>Z</b>	<b>P<sub>o</sub></b>	<b>E<sub>exp</sub></b>	<b>R'</b>	<b>P'</b>	<b>F<sub>1</sub>P'</b>	<b>F<sub>2</sub>P'</b>	<b>P'<sub>1</sub></b>	<b>i'</b>	<b>F<sub>1</sub>i'</b>	<b>F<sub>2</sub>i'</b>	<b>i'<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>s</sub></b>	<b>i</b>
1	96574,865	861571,184	0,482	1,350	1,6	2,0	4,320	0,100	1,1	1,6	0,17600	417203,417	103,683
2	96574,865	861571,184	0,964	0,430	1,6	2,0	1,376	0,051	1,1	1,6	0,08976	132887,014	52,878
3	96574,865	861571,184	1,446	0,235	1,6	1,1	0,414	0,038	1,1	1,0	0,04180	39943,364	24,625
4	96574,865	861571,184	1,929	0,155	1,6	1,1	0,273	0,029	1,0	1,0	0,02900	26345,623	17,084
5	96574,865	861571,184	2,411	0,096	1,6	1,1	0,169	0,0210	1,0	1,0	0,02100	16317,289	12,371
6	96574,865	861571,184	2,893	0,085	1,6	1,1	0,150	0,0190	1,0	1,0	0,01900	14447,600	11,193
7	96574,865	861571,184	3,375	0,065	1,6	1,1	0,114	0,0160	1,0	1,0	0,01600	11048,165	9,426
8	96574,865	861571,184	3,857	0,057	1,4	1,1	0,088	0,0150	1,0	1,0	0,01500	8477,342	8,837
9	96574,865	861571,184	4,339	0,047	1,4	1,1	0,072	0,0120	1,0	1,0	0,01200	6990,089	7,069
10	96574,865	861571,184	4,822	0,043	1,4	1,1	0,066	0,0110	1,0	1,0	0,01100	6395,188	6,480
11	96574,865	861571,184	5,304	0,038	1,4	1,1	0,059	0,0100	1,0	1,0	0,01000	5651,561	5,891
12	96574,865	861571,184	5,786	0,035	1,4	1,1	0,054	0,0090	1,0	1,0	0,00900	5205,385	5,302
16	96574,865	861571,184	7,715	0,025	1,4	1,1	0,039	0,0068	1,0	1,0	0,00680	3718,132	4,006
20	96574,865	861571,184	9,643	0,018	1,4	1,1	0,028	0,0054	1,0	1,0	0,00540	2677,055	3,181
24	96574,865	861571,184	11,572	0,016	1,4	1,1	0,025	0,0045	1,0	1,0	0,00450	2379,605	2,651
28	96574,865	861571,184	13,500	0,013	1,4	1,1	0,020	0,00400	1,0	1,0	0,00400	1933,429	2,356
32	96574,865	861571,184	15,429	0,012	1,4	1,1	0,018	0,00350	1,0	1,0	0,00350	1784,704	2,062
36	96574,865	861571,184	17,358	0,009	1,4	1,1	0,014	0,00300	1,0	1,0	0,00300	1338,528	1,767
40	96574,865	861571,184	19,286	0,0085	1,4	1,1	0,013	0,00280	1,0	1,0	0,00280	1264,165	1,649

*Nota:* Z: Distancia (m); P<sub>o</sub>: presión atmosférica (Pa); E<sub>exp</sub>: Energía de onda de presión para 1 cilindro (J); R': distancia-energía escalada; P': Sobrepresión escalada; i': impulso escalada; i'<sub>1</sub> = impulso mecánico; P'<sub>1</sub>: Sobrepresión estatica; F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub>= Factor de ajuste obtenido por tabla.

**Tabla 25**

*Cálculo de la Sobrepresión Estática (Ps) e Impulso Mecánico (i) para 2 Cilindro Domésticos de GLP.*

<i>Z</i>	<i>P<sub>o</sub></i>	<i>E<sub>exp</sub></i>	<i>R'</i>	<i>P'</i>	<i>F<sub>1</sub>P'</i>	<i>F<sub>2</sub>P'</i>	<i>P'<sub>1</sub></i>	<i>i'</i>	<i>F<sub>1</sub>i'</i>	<i>F<sub>2</sub>i'</i>	<i>i'<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>s</sub></i>	<i>i</i>
1	96574,865	1323409,336	0,418	2,000	1,6	2,0	6,400	0,110	1,1	1,6	0,19360	618079,136	131,593
2	96574,865	1323409,336	0,836	0,550	1,6	2,0	1,760	0,059	1,1	1,6	0,10384	169971,762	70,582
3	96574,865	1323409,336	1,254	0,290	1,6	1,1	0,510	0,041	1,1	1,0	0,04510	49291,811	30,655
4	96574,865	1323409,336	1,672	0,200	1,6	1,1	0,352	0,031	1,0	1,0	0,03100	33994,352	21,071
5	96574,865	1323409,336	2,089	0,150	1,6	1,1	0,264	0,0250	1,0	1,0	0,02500	25495,764	16,993
6	96574,865	1323409,336	2,507	0,095	1,6	1,1	0,167	0,0200	1,0	1,0	0,02000	16147,317	13,594
7	96574,865	1323409,336	2,925	0,080	1,6	1,1	0,141	0,0190	1,0	1,0	0,01900	13597,741	12,915
8	96574,865	1323409,336	3,343	0,067	1,6	1,1	0,118	0,0150	1,0	1,0	0,01500	11388,108	10,196
9	96574,865	1323409,336	3,761	0,058	1,4	1,1	0,089	0,0130	1,0	1,0	0,01300	8626,067	8,836
10	96574,865	1323409,336	4,179	0,048	1,4	1,1	0,074	0,0120	1,0	1,0	0,01200	7138,814	8,157
11	96574,865	1323409,336	4,597	0,045	1,4	1,1	0,069	0,0110	1,0	1,0	0,01100	6692,638	7,477
12	96574,865	1323409,336	5,015	0,038	1,4	1,1	0,059	0,0100	1,0	1,0	0,01000	5651,561	6,797
16	96574,865	1323409,336	6,686	0,028	1,4	1,1	0,043	0,00800	1,0	1,0	0,00800	4164,308	5,438
20	96574,865	1323409,336	8,358	0,021	1,4	1,1	0,032	0,00600	1,0	1,0	0,00600	3123,231	4,078
24	96574,865	1323409,336	10,029	0,018	1,4	1,1	0,028	0,00500	1,0	1,0	0,00500	2677,055	3,399
28	96574,865	1323409,336	11,701	0,015	1,4	1,1	0,023	0,00450	1,0	1,0	0,00450	2230,879	3,059
32	96574,865	1323409,336	13,372	0,013	1,4	1,1	0,020	0,00400	1,0	1,0	0,00400	1933,429	2,719
36	96574,865	1323409,336	15,044	0,011	1,4	1,1	0,017	0,00360	1,0	1,0	0,00360	1635,978	2,447
40	96574,865	1323409,336	16,715	0,010	1,4	1,1	0,015	0,00305	1,0	1,0	0,00305	1487,253	2,073

*Nota:* *Z*: Distancia (m); *P<sub>o</sub>*: presión atmosférica (Pa); *E<sub>exp</sub>*: Energía de onda de presión para 2 cilindro (J); *R'*: distancia-energía escalada; *P'*: Sobrepresión escalada; *i'*: impulso escalada; *i'<sub>1</sub>* = impulso mecánico; *P'<sub>1</sub>*: Sobrepresión estatica; *F<sub>1</sub>* y *F<sub>2</sub>*= Factor de ajuste obtenido por tabla.

**Tabla 26**

*Cálculo de la Sobrepresión Estática (Ps) e Impulso Mecánico (I) para 3 Cilindro Domésticos de GLP.*

<i>Z</i>	<i>P<sub>o</sub></i>	<i>E<sub>exp</sub></i>	<i>R'</i>	<i>P'</i>	<i>F<sub>1</sub>P'</i>	<i>F<sub>2</sub>P'</i>	<i>P'<sub>1</sub></i>	<i>i'</i>	<i>F<sub>1</sub>i'</i>	<i>F<sub>2</sub>i'</i>	<i>i'<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>s</sub></i>	<i>i</i>
1	96574,865	1985114,004	0,365	3,500	1,6	2,0	11,200	0,140	1,1	1,6	0,24640	1081638,488	191,720
2	96574,865	1985114,004	0,730	0,700	1,6	2,0	2,240	0,062	1,1	1,6	0,10912	216327,698	84,904
3	96574,865	1985114,004	1,095	0,360	1,6	1,1	0,634	0,045	1,1	1,0	0,04950	61189,834	38,515
4	96574,865	1985114,004	1,460	0,330	1,6	1,1	0,581	0,03900	1,1	1,0	0,04290	56090,682	33,380
5	96574,865	1985114,004	1,825	0,300	1,6	1,1	0,528	0,03000	1,0	1,0	0,03000	50991,529	23,342
6	96574,865	1985114,004	2,190	0,220	1,6	1,1	0,387	0,02400	1,0	1,0	0,02400	37393,788	18,674
7	96574,865	1985114,004	2,555	0,095	1,6	1,1	0,167	0,02000	1,0	1,0	0,02000	16147,317	15,562
8	96574,865	1985114,004	2,920	0,080	1,6	1,1	0,141	0,01800	1,0	1,0	0,01800	13597,741	14,005
9	96574,865	1985114,004	3,286	0,065	1,6	1,1	0,114	0,01650	1,0	1,0	0,01650	11048,165	12,838
10	96574,865	1985114,004	3,651	0,060	1,4	1,1	0,092	0,01450	1,0	1,0	0,01450	8923,518	11,282
11	96574,865	1985114,004	4,016	0,049	1,4	1,1	0,075	0,01250	1,0	1,0	0,01250	7287,539	9,726
12	96574,865	1985114,004	4,381	0,047	1,4	1,1	0,072	0,01200	1,0	1,0	0,01200	6990,089	9,337
16	96574,865	1985114,004	5,841	0,035	1,4	1,1	0,054	0,00900	1,0	1,0	0,00900	5205,385	7,003
20	96574,865	1985114,004	7,301	0,025	1,4	1,1	0,039	0,00700	1,0	1,0	0,00700	3718,132	5,447
24	96574,865	1985114,004	8,761	0,021	1,4	1,1	0,032	0,00600	1,0	1,0	0,00600	3123,231	4,668
28	96574,865	1985114,004	10,222	0,018	1,4	1,1	0,028	0,00500	1,0	1,0	0,00500	2677,055	3,890
32	96574,865	1985114,004	11,682	0,015	1,4	1,1	0,023	0,00420	1,0	1,0	0,00420	2230,879	3,268
36	96574,865	1985114,004	13,142	0,013	1,4	1,1	0,020	0,00400	1,0	1,0	0,00400	1933,429	3,112
40	96574,865	1985114,004	14,602	0,011	1,4	1,1	0,017	0,00390	1,0	1,0	0,00390	1635,978	3,035

*Nota:* *Z*: Distancia (m); *P<sub>o</sub>*: presión atmosférica (Pa); *E<sub>exp</sub>*: Energía de onda de presión para 3 cilindro (J); *R'*: distancia-energía escalada; *P'*: Sobrepresión escalada; *i'*: impulso escalada; *i'<sub>1</sub>* = impulso mecánico (*P<sub>a</sub>* \* *s*); *P'<sub>1</sub>*: Sobrepresión estatica; *F<sub>1</sub>* y *F<sub>2</sub>*= Factor de ajuste obtenido por tabla; *P<sub>s</sub>* = sobrepresión estatica (Pa); *i*= sobrepresión estatica (Pa\*s).

## 4.5 Cálculo número Probit.

### 4.5.1 Muertes por lesiones pulmonares.

Para el cálculo de muertes por lesiones pulmonares se empleó los valores obtenidos de sobrepresión tabla 24, tabla 25 y tabla 26 para 1, 2 y 3 cilindros domésticos respectivamente, se empleó la ecuación 13 para la determinación del número Probit, y mediante la aplicación de la tabla expuesta en el anexo 4 se determinó el porcentaje de afectación para muerte por lesiones pulmonares.

**Tabla 27**

*Cálculo de Porcentaje de Muertes por Lesión Pulmonar para 1 Cilindro.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	417203,417	12,9413292	12,3245847	100
2	132887,014	11,7972545	4,41902878	27
3	39943,364	10,5952178	-3,8870448	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ ); :  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; %= porcentaje de afectación.

**Tabla 28**

*Cálculo de Porcentaje de Muertes por Lesión Pulmonar para 2 Cilindros.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	618079,136	13,3343718	15,040509	100
2	169971,762	12,0433876	6,11980829	86
3	49291,811	10,8055132	-2,43390351	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; %= porcentaje de afectación.

**Tabla 29***Cálculo de Porcentaje de Muertes por Lesión Pulmonar para 3 Cilindros.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	1081638,49	13,8939876	18,9074541	100
2	216327,698	12,2845497	7,78623813	99,7
3	61189,934	11,021738	-0,93979057	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ ); :  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; %= porcentaje de afectación.

#### **4.5.2 Rotura de tímpanos.**

Para el cálculo de rotura de tímpanos se empleará la ecuación 14 al igual que el resultado de sobrepresión obtenidos en la tabla 29, tabla 30 y tabla 31 respectivamente para 1, 2 y 3 cilindros domésticos. Para determinar el porcentaje de afectados se usará la tabla del anexo 4.

**Tabla 30***Cálculo de Porcentaje de Afectados por Rotura de Tímpano para 1 Cilindro.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	417203,417	12,9413292	9,37676534	100
2	132887,014	11,7972545	7,16870124	98
3	39943,364	10,5952178	4,84877041	43
4	26345,623	10,1790574	4,04558084	16
5	16317,289	9,6999805	3,12096236	3
6	14447,6	9,57828359	2,88608733	1
7	11048,165	9,31001963	2,36833789	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ ); :  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; %= porcentaje de afectación.

**Tabla 31***Cálculo de Porcentaje de Afectados por Rotura de Tímpano para 2 Cilindros.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	618079,136	13,3343718	10,1353375	100
2	169971,762	12,0433876	7,64373806	99,5
3	49291,811	10,8055132	5,25464055	60
4	33994,352	10,4339497	4,53752287	32
5	25495,764	10,1462676	3,98229647	15
6	16147,317	9,68950918	3,10075273	2
7	13597,741	9,51765895	2,76908178	1
8	11388,108	9,34032493	2,42682712	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ ); :  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

**Tabla 32***Cálculo de Porcentaje de Afectados por Rotura de Tímpano para 3 Cilindros.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	1081638,49	13,8939876	11,215396	100
2	216327,698	12,2845497	8,10918084	100
3	61189,934	11,021738	5,6719543	75
4	56090,682	10,934725	5,50401921	69
5	50991,529	10,8394148	5,32007056	62
6	37393,788	10,5292599	4,72147156	39
7	16147,317	9,68950918	3,10075273	2
8	13597,741	9,51765895	2,76908178	1
9	11048,165	9,31001963	2,36833789	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ ); :  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.



### 4.5.3 Daños menores a la estructura del edificio.

Para el cálculo de daños menores a la infraestructura del edificio, se empleó la ecuación 15 y ecuación 16 al igual que los datos de sobrepresión obtenidos en la tabla 24, tabla 25 y tabla 26 para 1, 2 y 3 cilindros domésticos respectivamente. Mediante la aplica de la tabla del anexo 4 se procedió a la determinación del porcentaje de afectación.

**Tabla 33**

*Cálculo de Porcentaje Afectado de Daños Menores a la Estructura para 1 Cilindro.*

Distancia	$P_s$	$i$	$S$	$\text{Ln}(P_s)$	# Probit	%
1	417203,417	103,683	1,344081674	0,29571101	4,92311514	47
2	132887,014	52,878	38,95725478	3,66246501	4,0477591	16
3	39943,364	24,625	1778,616362	7,48359102	3,05426634	2
4	26345,623	17,084	11066,63676	9,31169016	2,57896056	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $i$  = Impulso mecánico ( $P_a * s$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

**Tabla 34**

*Cálculo de Porcentaje Afectado de Daños Menores a la Estructura para 2 Cilindros.*

Distancia	$P_s$	$i$	$S$	$\text{Ln}(P_s)$	# Probit	%
1	618079,136	131,593	0,40813091	-0,89616729	5,2330035	59
2	169971,762	70,582	9,19377055	2,21852614	4,4231832	28
3	49291,811	30,655	594,917705	6,38842308	3,33901	4
4	33994,352	21,071	3877,37438	8,2629135	2,85164249	1
5	25495,764	16,993	11366,1449	9,33839447	2,57201744	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $i$  = Impulso mecánico ( $P_a * s$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

**Tabla 35***Cálculo de Porcentaje Afectado de Daños Menores a la Estructura para 3 Cilindros.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>i</math></b>	<b><math>S</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	1081638,49	191,72	0,06217651	-2,77777803	5,72222229	76
2	216327,698	84,904	3,65025081	1,29479588	4,66335307	36
3	61189,934	38,515	190,02643	5,24716317	3,63573758	8
4	56090,682	33,38	388,625979	5,96261739	3,44971948	5
5	50991,529	23,342	2324,19797	7,7511303	2,98470612	3
6	37393,788	18,674	7092,12972	8,86674096	2,69464735	1
7	16147,317	15,562	17645,6051	9,77824203	2,45765707	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $i$  = Impulso mecánico ( $P_a * s$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

#### **4.5.4 Daños mayores a la estructura del edificio.**

Para el cálculo de daños mayores a la estructura del edificio en la explosión de cilindros domésticos de GLP se empleará las ecuaciones 17 y ecuación 18, considerando los datos de sobrepresión obtenidos en la tabla 24, tabla 25 y tabla 26 para 1, 2 y 3 cilindros domésticos respectivamente. Mientras que para determinar el porcentaje de afectados se usará la tabla del anexo 4.

**Tabla 36***Cálculo de Porcentaje Afectado de Daños Mayores a la Estructura para 1 Cilindro.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>i</math></b>	<b><math>S</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	417203,417	103,683	14263,3363	9,56544763	2,51298362	0

*Nota.*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $i$  = Impulso mecánico ( $P_a * s$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

**Tabla 37**

*Cálculo de Porcentaje Afectado de Daños Mayores a la Estructura para 2 Cilindros.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>i</math></b>	<b><math>S</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	618079,136	131,593	1553,9479	7,348554	3,08937596	2
2	169971,762	70,582	509856,018	13,1418836	1,58311025	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $i$  = Impulso mecánico ( $P_a * s$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

**Tabla 38**

*Cálculo de Porcentaje Afectado de Daños Mayores a la Estructura para 3 Cilindros.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>i</math></b>	<b><math>S</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	1081638,49	191,72	46,9347351	3,84875802	3,99932291	15
2	216327,698	84,904	91468,0824	11,4237454	2,02982621	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $i$  = Impulso mecánico ( $P_a * s$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

#### **4.5.5 Colapso de edificio.**

Para el cálculo del porcentaje de afectación por colapso del edificio se empleará la ecuación 19 y ecuación 20, al igual que los datos de sobrepresión obtenidos en la tabla 24, tabla 25 y tabla 26 para 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP respectivamente. Mediante la aplicación de la tabla del anexo 4 se determinó el porcentaje de afectación.

**Tabla 39**

*Cálculo de Porcentaje de Afectación por Colapso de Edificio para 1 Cilindro.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>i</math></b>	<b><math>S</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	417203,417	103,683	20495953,6	16,835738	1,29613763	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $i$  = Impulso mecánico ( $P_a * s$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

**Tabla 40**

*Cálculo de Porcentaje de Afectación por Colapso de Edificio para 2 Cilindros.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>i</math></b>	<b><math>S</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	618079,136	131,593	1386222,66	14,1420931	1,88873952	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $i$  = Impulso mecánico ( $P_a * s$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

**Tabla 41**

*Cálculo de Porcentaje de Afectación por Colapso de Edificio para 3 Cilindros.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>i</math></b>	<b><math>S</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	1081638,49	191,72	19725,2106	9,88965282	2,82427638	1
2	216327,698	84,904	196008718	19,0936697	0,79939267	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $i$  = Impulso mecánico ( $P_a * s$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

#### **4.5.6 Rotura de vidrio**

Para el cálculo de rotura de vidrios se empleó la ecuación 21 al igual que la sobrepresión obtenidos en la tabla 29. Mediante el manejo de la tabla del anexo 4 se determinó el porcentaje de afectación.

**Tabla 42***Cálculo de Porcentaje de Rotura de Vidrios para 1 Cilindro.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	417203,417	12,9413292	18,0063084	100
2	132887,014	11,7972545	14,8143401	100
3	39943,364	10,5952178	11,4606577	100
4	26345,623	10,1790574	10,2995702	100
5	16317,289	9,6999805	8,96294559	100
6	14447,6	9,57828359	8,62341122	100
7	11048,165	9,31001963	7,87495477	99,7
8	8477,342	9,04515224	7,13597474	98
9	6990,089	8,85224857	6,5977735	94
10	6395,188	8,76330111	6,3496101	91
11	5651,561	8,63968707	6,00472692	84
12	5205,385	8,55744895	5,77528256	78
16	3718,132	8,22097667	4,83652491	43
20	2677,055	7,89247259	3,91999852	13
24	2379,605	7,77468979	3,5913845	8
28	1933,429	7,56705039	3,01207059	2
32	1784,704	7,48700785	2,78875191	1
36	1338,528	7,19932578	1,98611893	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

**Tabla 43***Cálculo de Porcentaje de Rotura de Vidrios para 2 Cilindros.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	618079,136	13,3343718	19,1028973	100
2	169971,762	12,0433876	15,5010514	100
3	49291,811	10,8055132	12,0473819	100
4	33994,352	10,4339497	11,0107196	100
5	25495,764	10,1462676	10,2080866	100
6	16147,317	9,68950918	8,93373063	100
7	13597,741	9,51765895	8,45426848	100
8	11388,108	9,34032493	7,95950656	99,8
9	8626,067	9,06254394	7,1844976	98
10	7138,814	8,87330194	6,6565124	95
11	6692,638	8,8087634	6,47644987	92
12	5651,561	8,63968707	6,00472692	84
16	4164,308	8,33430539	5,15271205	56
20	3123,231	8,04662332	4,35007907	25
24	2677,055	7,89247259	3,91999852	13
28	2230,879	7,71015096	3,41132117	5
32	1933,429	7,56705039	3,01207059	2
36	1635,978	7,39999607	2,54598903	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

**Tabla 44***Cálculo de Porcentaje de Rotura de Vidrio para 3 Cilindros.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>\text{Ln}(P_s)</math></b>	<b># Probit</b>	<b>%</b>
1	1081638,49	13,8939876	20,6642253	100
2	216327,698	12,2845497	16,1738935	100
3	61189,934	11,021738	12,650649	100
4	56090,682	10,934725	12,4078827	100
5	50991,529	10,8394148	12,1419673	100
6	37393,788	10,5292599	11,276635	100
7	16147,317	9,68950918	8,93373063	100
8	13597,741	9,51765895	8,45426848	100
9	11048,165	9,31001963	7,87495477	99,7
10	8923,518	9,09644554	7,27908306	98
11	7287,539	8,89392118	6,7140401	95
12	6990,089	8,85224857	6,5977735	94
16	5205,385	8,55744895	5,77528256	78
20	3718,132	8,22097667	4,83652491	43
24	3123,231	8,04662332	4,35007907	25
28	2677,055	7,89247259	3,91999852	13
32	2230,879	7,71015096	3,41132117	5
36	1933,429	7,56705039	3,01207059	2
40	1635,978	7,39999607	2,54598903	0

*Nota:*  $P_s$ = Sobrepresión estática ( $P_a$ );  $\text{Ln}(P_s)$ = Logaritmo natural de la sobrepresión; % = porcentaje de afectación.

## **4.6 Análisis de resultados**

De acuerdo a la información obtenida de investigaciones referentes al tema, la explosión de 1 recipientes provoca el accionar de otro recipiente cercano a este, a los que se le conoce como “efecto domino”. En el caso de suscitarse un accidente mayor por explosión de cilindros domésticos de GLP en la empresa Rodri Pollos se accionarán los 3 cilindros.

Los resultados obtenidos mediante el uso del método Probit como el porcentaje de afectación al personal al igual que el porcentaje de afectación a la infraestructura para 1, 2 y 3 cilindros serán expuestos mediante gráficas.

### ***4.6.1 Análisis resultados muerte por lesión pulmonares.***

En el escenario de originarse una explosión de 1 cilindro domestico de GLP el porcentaje de fatalidad a 1 metro del punto de origen es del 100%, a 2 metros de la explosión el porcentaje de afectación es del 27%, mientras que a 3 metros el porcentaje de afectación es igual a 0% lo que nos quiere decir que a 3 metros del punto de la explosión n o existirá muertes por lesión pulmonar.

Mientras que en caso de suscitarse la explosión de 2 cilindros domésticos de GLP, el porcentaje de fatalidad a 1 metros de distancia es del 100%, a 2 metros el porcentaje de fatalidad es del 86 %, mientras que a 3 metros del punto de origen de la explosión el porcentaje de muertos por lesiones pulmonares es igual a 0, lo que quiere decir que a 3 metros no existirá muertes por lesión pulmonar.

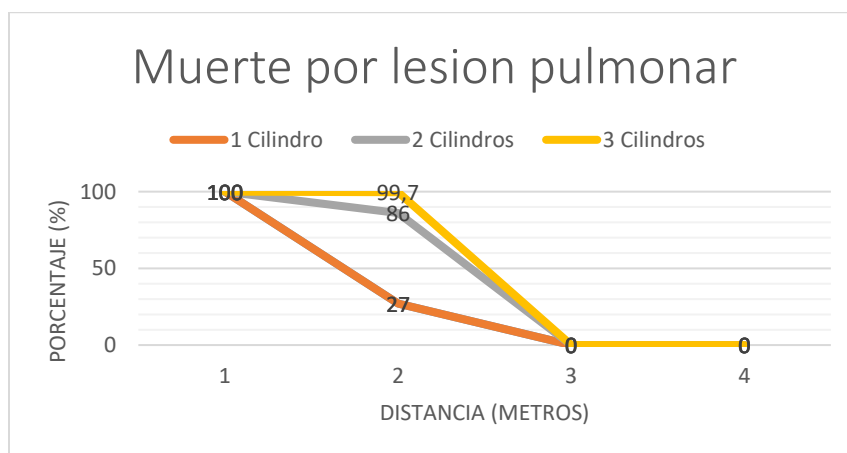
Al generarse la explosión de 3 cilindros domésticos de GLP, el porcentaje de fatalidad a 1 metro es del 100% y 2 metros de distancia es del 99.7%, mientras que a 3 metros de distancia es el porcentaje de fatalidad es del 0%, lo que nos dice que a 3 metros no se provocara muertes por lesión pulmonar.



Se puede decir que, en la explosión de 1, 2 y 3 cilindros domesticos de GLP. La distancia donde no recibirán daño trabajadores y ocupantes es de 3metros del punto de explosión. En la figura 4 se representa el porcentaje de fatalidad por lesiones pulmonares.

**Figura 4.**

*Porcentaje de Muertes por Lesión Pulmonar vs Distancia (m)*



*Figura 4:* Mediante el software Excel se realizó la representación gráfica del porcentaje de afectación vs la distancia considerada en la evaluación para la explosión de 1, 2 y 3 cilindros domesticos de GLP. Elaborado por el investigador.

#### **4.6.2 Análisis de resultados afección por rotura de tímpanos**

En el escenario de originarse una explosión de 1 cilindro domestico de GLP el porcentaje de afectación por rotura de tímpanos a 1 metro del punto de origen de la explosión es del 100%, a 4 metros de la explosión el porcentaje de afectación es de 16%, mientras que a 7 metros de la explosión el porcentaje de afectación es igual a 0% lo que nos quiere decir que a 7 metros del pinto de origen de la explosión no existe afectación por rotura de tímpano.

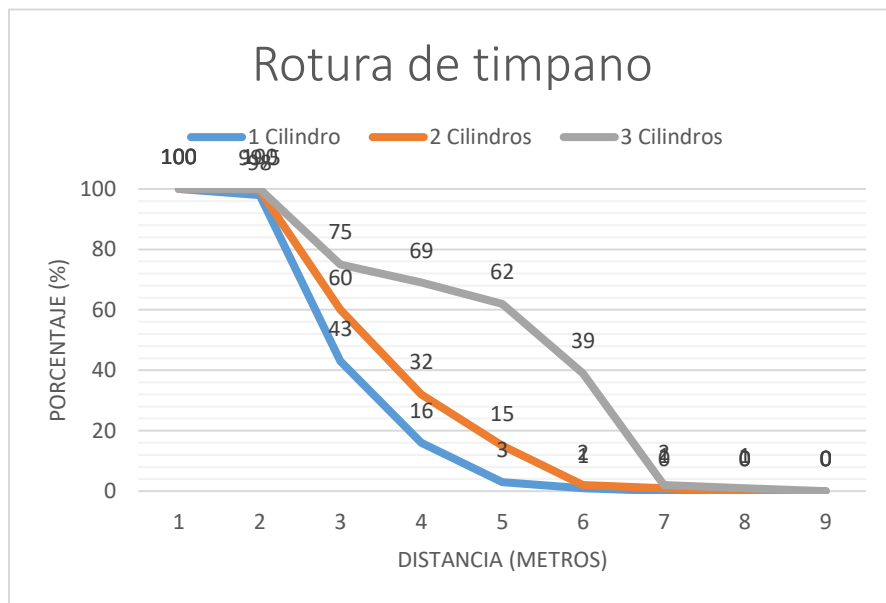
Por otro lado, en el caso de suscitarse la explosión de 2 cilindros domesticos de GLP, a 1 metro de distancia el porcentaje de fatalidad al metros de distancia es del 100%, a 4 metros el porcentaje de afectación es del 32%, mientras que a 8 metros de distancia el porcentaje de

afectación es igual a 0, lo que quiere decir que a 8 metros del punto de origen de la explosión no existirá afectador por rotura de tímpanos.

Al generarse la explosión de 3 cilindros domésticos de GLP, el porcentaje de afectación a 1 y 2 metros de distancia es del 100%, a 4 metros de distancia es el porcentaje de fatalidad es del 69%, mientras que a 9 metros de distancia del punto de origen de la explosión el porcentaje de afectación es igual a 0%, lo que nos dice que a 9 metros no existirá afectación por rotura de tímpano. A continuación, la figura 4, detalla el porcentaje de afectación por rotura de tímpano en el posible escenario de explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP.

**Figura 5.**

*Porcentaje de Afectador por Rotura de Tímpano vs Distancia.*



*Figura 5: Mediante el software Excel se realizó la representación gráfica del porcentaje de afectación vs la distancia considerada en la evaluación para la explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP. Elaborado por el investigador.*

#### **4.6.3 *Análisis de resultados daños menores a la estructura***

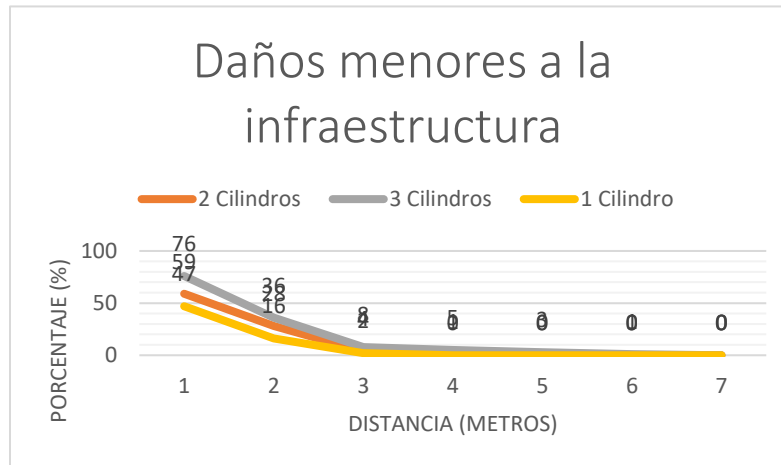
Se entiende por daños menores a la infraestructura al desprendimiento de puestas y ventanas, cuarteamientos a nivel superficial de paredes daños que no comprometen a la estructura de la edificación el porcentaje de daños menores a 1 metro del punto de origen de la explosión es del 47 %, a 2 metros de la explosión el porcentaje de afectación es de 16%, mientras que a 4 metros de la explosión el porcentaje de afectación es igual a 0% lo que nos quiere decir que a 4 metros del punto de origen de la explosión no existen daños menores a la infraestructura

Mientras que en caso de suscitarse la explosión de 2 cilindros domésticos de GLP, el porcentaje de daños menores a la infraestructura a 1 metros de distancia es del 59%, a 2 metros el porcentaje de afectación es del 28 %, mientras que a 5 metros de distancia el porcentaje de afectación es igual a 0, lo que quiere decir que a 5 metros del punto de origen de la explosión no tendrá daños menores la infraestructura.

Al generarse la explosión de 3 cilindros domésticos de GLP, el porcentaje de afectación a 1 metro de distancia del punto de origen el porcentaje de daños menores a la infraestructura es del 76%, a 2 metros de distancia del punto de origen de la explosión el porcentaje de afectación es igual a 36%, mientras que a 7 metros de distancia del punto de origen de la explosión el porcentaje de afectación es igual a 0%, lo que nos dice que a 7 metros no existirá daños menores a la infraestructura. A continuación, la figura 5 se detalla el porcentaje de daños menores en el posible escenario de explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP.

**Figura 6.**

*Porcentaje de Daños Menores a la Infraestructura.*



*Figura 6:* Mediante el software Excel se realizó la representación gráfica del porcentaje de afectación vs la distancia considerada en la evaluación para la explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP. Elaborado por el investigador.

#### **4.6.4 Análisis de resultados daños mayores a la estructura.**

Para el análisis de resultados se entiende por daños mayores a la rajadura de columnas, cuarteada visible tanto en la pared como en las columnas, daños que después de suscitarse una explosión la infraestructura debe ser sometida a un análisis estructural.

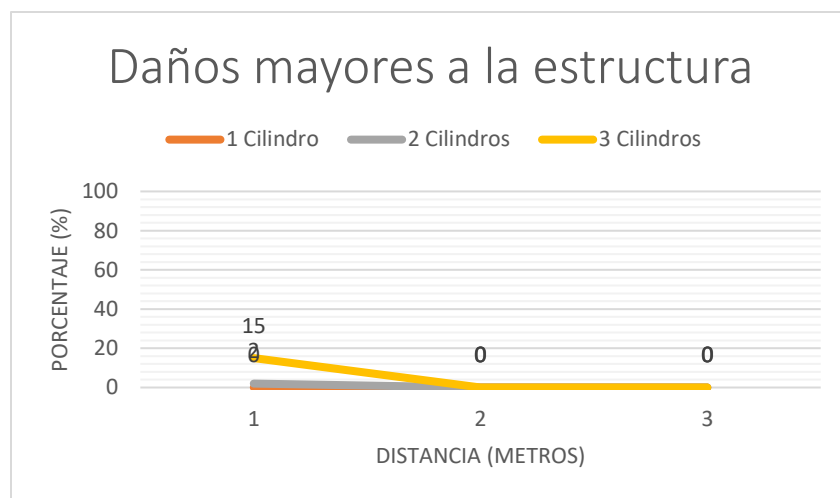
A la distancia de 1 metro del punto de origen de la explosión el porcentaje de afectación es del 0%, lo que quiere decir que a 1 metro del punto de origen de la explosión no tendrá daños mayores a la infraestructura.

Mientras que en caso de suscitarse la explosión de 2 cilindros domésticos de GLP, el porcentaje de daños mayores a la infraestructura a 1 metros de distancia es del 2%, mientras que a 2 metros el porcentaje de afectación es igual a 0%, lo que quiere decir que a 2 metro del punto de origen de la explosión no generara daños mayores a la infraestructura.

Al generarse la explosión de 3 cilindros domésticos de GLP, el porcentaje de afectación a 1 metro de distancia del punto de origen es del 15%, mientras que a 2 metros el porcentaje de daños mayores a la infraestructura es del 0%, lo que nos dice que a 2 metros no existirá daños menores a la infraestructura, mediante la figura 6 se representa el porcentaje de daños mayores que recibirá la empresa en el posible escenario de explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP.

**Figura 7.**

*Porcentaje de Afectación por Daños Mayores a la Estructura.*



*Figura 7:* Mediante el software Excel se realizó la representación gráfica del porcentaje de afectación vs la distancia considerada en la evaluación para la explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP. Elaborado por el investigador.

#### **4.6.5 Análisis de resultados colapso de edificio.**

Con la explosión de un cilindro domestico de GLP el porcentaje de afectación por colapso del edificio es del 0% a 1 metro de distancia, lo que quiere decir que en la explosión de 1 cilindro la infraestructura no colapsara.

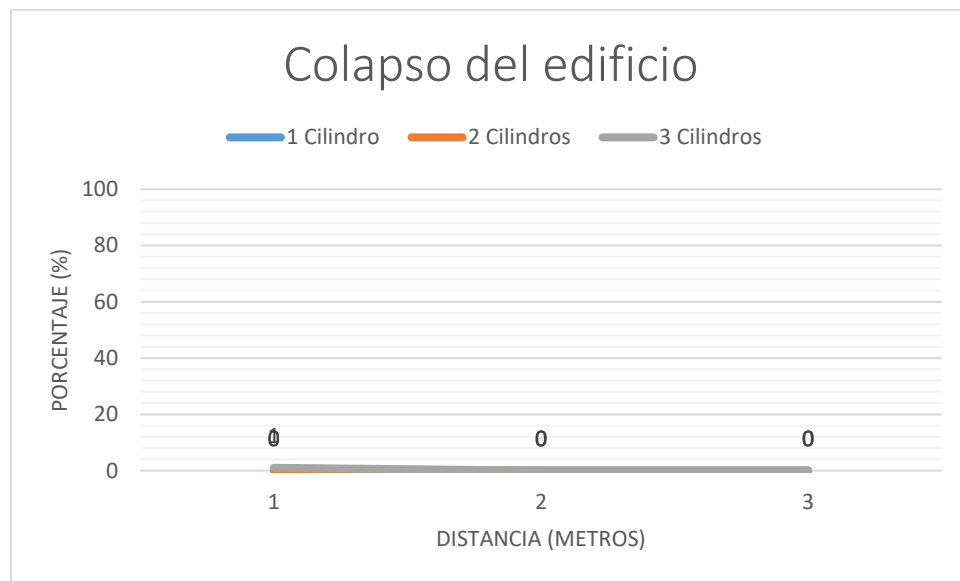
Mientras que en caso de suscitarse la explosión de 2 cilindros domésticos de GLP, el porcentaje afectación es de 0% en el caso de encontrarse a a 1 metros de distancia, lo que quiere decir que no existirá colapso de la edificación.

Al generarse la explosión de 3 cilindros domésticos de GLP, el porcentaje de afectación a 1 metro de distancia el porcentaje de afectación es del 1%, mientras que a 2 metros de distancia del punto de origen de la explosión el porcentaje de afectación es igual a 0%, lo que nos dice que a 2 metros no existirá colapso de la edificación.

En la figura 7 se expresa el porcentaje de afectación por el colapso de edificación en el posible escenario de explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP.

**Figura 8.**

*Porcentaje de Afectación por Colapso de Edificio.*



*Figura 8:* Mediante el software Excel se realizó la representación gráfica del porcentaje de afectación vs la distancia considerada en la evaluación para la explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP. Elaborado por el investigador.

#### **4.6.6 *Análisis de resultados rotura de vidrios***

En el escenario de originarse una explosión de 1 cilindro domestico de GLP el porcentaje de afectación por rotura de vidrios de 1 metro hasta 6 metro del punto de origen es del 100%, a 16 metros de la explosión el porcentaje de afectación es del 43%, mientras que a 36 metros el porcentaje de afectación es igual a 0% lo que nos quiere decir que a 32 metros del punto de la explosión no existirá afectación por rotura de vidrio.

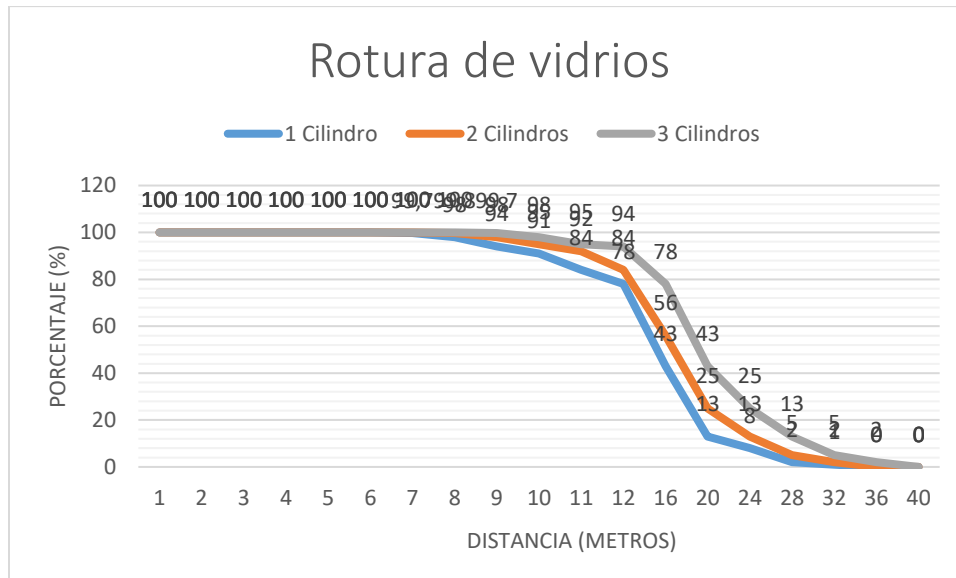
Mientras que en caso de suscitarse la explosión de 2 cilindros domésticos de GLP, el porcentaje de afectación a 1 metro hasta 7 metros de distancia es del 100%, a 20 metros el porcentaje de fatalidad es del 25 %, mientras que a 36 metros del punto de origen de la explosión el porcentaje de afectados es igual a 0, lo que quiere decir que a 36 metros no existirá afectación por rotura de vidrios.

Al generarse la explosión de 3 cilindros domésticos de GLP, el porcentaje de afectación a 1 metro hasta 8 metros de distancia es del 100%, a 24 metros de distancia es el porcentaje de afectación es del 25%, mientras que a 40 metros de distancia del punto de origen de la explosión el porcentaje de afectación es igual a 0%, lo que nos dice que a 40 metros del punto de origen de la explosión, no se provocara afectación por rotura de vidrio.

A continuación, la figura 8, representa el porcentaje de afectación por rotura de vidrios en el posible escenario de explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP.

**Figura 9.**

*Porcentaje de Afectación por Rotura de Vidrio.*



*Nota.* Mediante el software Excel se realizó la representación gráfica del porcentaje de afectación vs la distancia considerada en la evaluación para la explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP. Elaborado por el investigador.

#### **4.7 Determinación de la zona de afectación por explosión de cilindro domestico de GLP.**

En el escenario de presentarse una explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP de 15 kg, en las instalaciones de la empresa Rodri Pollos, los valores de porcentaje de afectación obtenido anteriormente mediante la aplicación del método Probit, deben ser comparados en función de los valores límites establecidos en la Directiva Seveso.

La Directiva Seveso determina las distancias en función al punto de origen de la explosión para la determinación de zona de intervención y zona de alerta.



#### 4.7.1 Zona de afectación por explosión de 1 cilindro domestico de GLP.

**Tabla 45**

*Determinación de la Zona de Intervención y Alerta.*

Zona de afectación	Ps	Max Ps	Distancia (m)
Zona de intervención	12500	125	6.573
Zona de alerta	5000	50	12,552

*Nota:* Para la determinación de la zona de afectación y alerta se consideró la norma NTP 291 al igual que el valor sobrepresión calculada para 1 cilindro;  $P_s$ =sobrepresión (Pa); Max  $P_s$ = valor para determina zona de afectación e intervención.

#### 4.7.2 Zona de afectación por explosión de 2 cilindro domestico de GLP.

**Tabla 46**

*Determinación de la Zona de Intervención y Alerta*

Zona de afectación	Ps (PA)	Ps (Mbar)	Distancia (m)
Zona de intervención	12500	125	7,497
Zona de alerta	5000	50	13.752

*Nota.* Para la determinación de la zona de afectación y alerta se consideró la norma NTP 291 al igual que el valor sobrepresión calculada para 2 cilindro;  $P_s$ =sobrepresión (Pa); Max  $P_s$ = valor para determina zona de afectación e intervención.

#### 4.7.3 Zona de afectación por explosión de 3 cilindro domestico de GLP.

**Tabla 47**

*Determinación de la Zona de Intervención y Alerta*

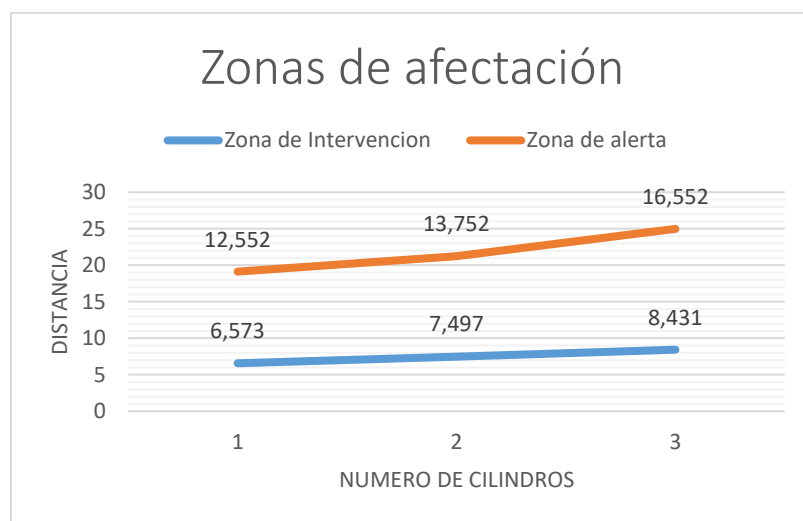
Zona de afectación	Ps (PA)	Ps (Mbar)	Distancia
Zona de intervención	12500	125	8.431
Zona de alerta	5000	50	16.552

*Nota:* Para la determinación de la zona de afectación y alerta se consideró la norma NTP 291 al igual que el valor sobrepresión calculada para 3 cilindro;  $P_s$ =sobrepresión (Pa); Max  $P_s$ = valor para determina zona de afectación e intervención.

Mediante la interpretación de la tabla 44, tabla 45 y tabla 46 se determina que la distancia de zona de afectación y zona de alerta son directamente proporcionales al número de cilindros domésticos de GLP utilizados. Lo que nos quiere decir que a mayores cilindros domésticos de GLP mayor la distancia de afectación y alerta como se muestra en la figura 10.

**Figura 10.**

*Zona de intervención y alerta vs número de cilindros.*



*Nota:* Realizado por el investigador

Por medio del análisis de los datos obtenido de sobrepresión e impulso en la tabla 23, tabla 24 y tabla 25, se determinó las zonas de intervención y zonas de alerta para la explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP respectivamente, donde se identificó que la explosión de 3 cilindros domésticos de GLP será la que genere mayor afectación.

En la figura 11, se presenta la gráfica de la zona de intervención y zonas de alerta en la explosión de 3 cilindros domésticos de GLP.

**Figura 11.**

*Zona de intervención y alerta vs número de cilindros.*



*Nota:* Realizado por el investigador

## CAPÍTULO V:

### 5. Conclusiones y recomendaciones.

#### 5.1 CONCLUSIONES.

- Se llegó a obtener mediante la aplicación del método Baker la sobrepresión ( $P'$ ) e impulso mecánico ( $i'$ ) del cilindro doméstico de GLP. Se hicieron los cálculos para 1, 2 y 3 cilindros, de los resultados, el de mayor importancia es el evento que se puede generar por la explosión de 3 cilindros, debido a que la sobrepresión tiene un valor de 1081638.488 Pa y el impulso mecánico un valor de 191.720 Pa\*s a una distancia de 1 metro del punto de origen de la explosión, lo que significa que esta genera mayor consecuencia para las personas y para los bienes de la empresa. Estos datos son necesarios para la obtención del porcentaje de afectación en el método Probit.
- Aplicando el método Probit se calculó el porcentaje de afectación por explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP, donde se determinó que la explosión de 3 cilindros será la causante del mayor porcentaje de afectación en los ocupantes y en la estructura de la empresa Rodri Pollos, ya que en el posible escenario de suscitarse una explosión de este tipo, el 100% de personas que se encuentren hasta una distancia de 1 metro sufrirán muerte por lesión pulmonar, mientras que a una distancia de 3 metros no sufrirán muerte por lesión pulmonar, el 100% de las personas que se encuentren a una distancia de 1 y 2 m sufrirán rotura de tímpano, a una distancia de 5 metros sufrirá el 62 % de afectación. Mientras que a una distancia de 9 metros no existirá afectación por rotura de tímpano. Con respecto a la infraestructura, a 1 metro de distancia de la explosión el edificio recibirá el 15% de daños mayores y el 1% del edificio colapsará, mientras que de 1 a 6 metros de distancia el 100% de vidrios se romperán, a 16 metros de distancia la infraestructura recibe el 43% de rotura de vidrios y a 36 metros la infraestructura recibirá el 0% de rotura de vidrio.
- Considerando el peor escenario que corresponde a la explosión de 3 cilindros domésticos de GLP, se determinó con la aplicación de la normativa Seveso que la distancia que corresponde a la zona de intervención es de 8.431 metros a la redonda, donde el nivel de daños justifica la aplicación inmediata de medidas de protección, mientras que la zona de alerta estará a 16.552 metros a la redonda del punto de origen de la explosión, donde se debe tener medidas de intervención planificadas y no requiere de medidas de intervención inmediatas.
- Considerando los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos mayores mediante la aplicación del método Baker, método Probit y normativa Seveso se elaboró la propuesta del plan de emergencia en el que constan medidas preventivas y de control, así como protocolos de Seguridad Industrial que cumplen con la normativa nacional vigente. Este plan de emergencia está elaborado bajo los lineamientos del formato establecido por la Secretaria de Gestión de Riesgos del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Riobamba.

## **5.2 RECOMENDACIONES.**

- Validar con la autoridad competente el plan de emergencia y ponerlo en práctica en las instalaciones de la empresa. A más de que es importante, que la empresa considere realizar dos simulacros al año.
- Realizar inspecciones periódicas utilizando check list para que verifiquen que los accesorios que son parte de la instalación de gas, se encuentren en buen estado, caso contrario estos accesorios sean remplazados, para esta actividad se debería designar a un trabajo responsable.
- Se recomienda continuar con investigaciones más detalladas sobre las especificaciones técnicas del cilindro domestico de GLP, así como, de los factores internos y externos que afectan a este cilindro de GLP, para que se provoque su explosión.
- Se recomienda iniciar un plan de capacitación, con entidades como: el Benemérito Cuerpo de Bomberos de la ciudad Riobamba y la Cruz Roja Ecuatoriana, con el objetivo de capacitar, formar y entrenar al personal de la Empresa Rodri Pollo, para que puedan actuar correctamente en el caso de presentarse una emergencia.

## CAPITULO VI

### 6. Propuesta del plan de emergencia

Esta propuesta de plan de emergencia dispondrá a la empresa Rodri Pollos, acciones planificadas para reducir los niveles de riesgo existentes ante un accidente mayor por explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP, ajustado a la realidad de la ciudad de Riobamba por lo que se encontrar realizado bajo el formato establecido por el Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

#### Propuesta del Plan de Emergencia ante la explosión de cilindro domestico de GLP

### 6.1 Datos Generales

#### Tabla 48

*Datos Generales de la Institución*

INFORMACION GENERAL			
<b>Nombre de la Empresa:</b>	"Rodri Pollos"	<b>Actividad Economica:</b>	Restaurante dedicado a la preparacion de comidarapida, ofrece Pollo brosther-asado y Hamburguesa para servirse, llevar y pedidos a domicilio.
<b>Nombre del propietario:</b>	Luis Rodrigo Cuenca Quishpi	<b>Correo Electronico:</b>	rodriburguer2@gmail.com

<b>Nombre de Encargado:</b>	Sebastián Andrés Pilataxi Quishpi	<b>Telefono:</b>	0995960944
<b>Direccion:</b>	Av. Leopoldo Freire y Riobamba 060110	<b>Telefono:</b>	0968660804
<b>Parroquia:</b>		<b>Coordenadas:</b>	
<b>N° de Empleados:</b>	5	<b>Modalidad de Turno:</b>	2 turnos rotativos de 8 horas
<b>1. Hora de Ingreso:</b>	08h00	<b>1. Hora de Salida:</b>	16h00
<b>2. Hora de Ingreso:</b>	16h30	<b>2. Hora de Salida:</b>	00h30
<b>Horas de atencion al publico:</b>	16	<b>Materia prima:</b>	N/A
<b>Material peligroso:</b>	Cilindros de GLP	<b>Aforo:</b>	30%
<b>Combustible Empleado:</b>	Gas GLP	<b>Cantidad Mensual:</b>	N/A
<b>Poliza de Seguro:</b>	N/A	<b>Valor total de Poliza:</b>	N/A

*Nota:* El cuadro de información general de la empresa es adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

## 6.2 Antecedentes

La Empresa “Rodri Polos” de la ciudad de Riobamba, tiene como principal actividad económica la venta de alimentos preparados y comida rápida (Pollo asado, pollo brosther y hamburguesas).

Dentro de las actividades realizadas por una Empresa, se puede generar situaciones de riesgos ocasionadas por el mal manejo de los instrumentos o fallo de los equipos utilizados, riesgos que materializado provocarían pérdidas económicas para la empresa al igual que afectación a la salud de las personas que se encuentren dando uso de sus instalaciones y en el peor de los escenarios causar la muerte.

Como indica (Bustos, 2015) en su investigación “Evaluación de accidentes mayores y su incidencia en el riesgo de incendios en la empresa Globalparts S.A”, afirma que “La vulnerabilidad ante un siniestro es tema de interés a nivel de seguridad y salud ocupacional, su identificación, análisis y disminución es el eje fundamental de la prevención de riesgos mayores.”

Se tomó como antecedente la investigación realizada por

(Cordova Suarez, 2017) en su investigación, “Determinación de riesgo de explosión de contenedores de gas licuado de petróleo (GLP) con el método Baker”, determina los parámetros termodinámicos mediante la aplicación del método backer y las tablas de volumen, entalpia y entropía al igual que el cálculo de la energía interna y determinación de la sobrepresión e impulso de un recipiente de almacenamiento de GLP y su porcentaje de afectación en la población por medio del método Probit.



A falta de información y escasas bibliográfica relacionada a riesgos mayores por explosión de cilindros domésticos de GLP a nivel provincial se tomarán los artículos publicados, por el Diario La Prensa donde la explosión de cilindros de gas doméstico deja a una menor de 5 años sin su pierna y su padre sufre quemadura de primer y segundo grado. Ivan Cherrez, del Departamento de Investigación de Incendios del Cuerpo de Bomberos, afirmó que “no contaba con el permiso de la entidad, es un local que se dedicaba a la venta de medicina natural y la propietaria también ofrecía baños de cajón”.

### **6.3 Justificativo del Plan.**

En el año de 1955 la Firma Italiana Domogas (Eni Ecuador), inicio sus actividades de envasado y comercialización de recipientes GLP en el Ecuador, a partir de este año el consumo de cilindros de gas licuado de petróleo (GLP) ha incrementado, y va en aumento a consecuencia del crecimiento industrial.

El giro de negocio de la empresa Rodri-Pollos es la comercialización y expendio de alimentos preparados, para la realización de las distintas actividades que se ejecutan dentro de sus instalaciones cuenta con 3 cilindros domésticos de GLP.

La posibilidad de suscitarse un accidente mayor por explosión de un cilindro domestico de GLP en la empresa Rodri Pollos, es un riesgo alarmante el cual se debe tener en consideración ya que la empresa aloja a clientes y a personal que labora dentro de las instalaciones.

Por lo tanto, es importante evitar un escenario como este por lo que se considera prioritario la necesidad de crear un Plan de Emergencias, donde se confiera los lineamientos necesarios para planear, organizar, dirigir y controlar, acciones y proporciones recursos que permitan mitigar las consecuencias ante la explosión de cilindro domésticos de GLP.

## **6.4 Objetivos del Plan de Emergencia.**

### **6.4.1 Objetivo General**

- Establecer las acciones coordinadas necesarias neutralización los riesgos y salvaguardar la integridad física y psicológica de los trabajadores y clientes en caso de una explosión de cilindro domestico de GLP.

### **6.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los equipos de trabajo y asignar a cada uno de ellos responsabilidades en caso de suscitarse una emergencia por explosión.
- Precautelar la integridad física y psicológica del personal de empres Rodri Pollos.
- Realizar la descripción de las áreas de la empresa Rodri Pollos y proponer un plan contra incendio y un plan ante una explosión.

## **6.5 Descripción de la Actividad.**

La empresa “Rodri Pollos” está ubicado en la provincia de Chimborazo, ciudad de Riobamba, su gerente y propietario es el Señor Luis Rodrigo Cuenca Quishpi. La principal actividad económica de la empresa es el expendio de comida rápida: pollo Broster, Pollo Asado y Hamburguesas. Posee dentro de sus instalaciones 3 cilindros domésticos de GLP de 15 Kg, los cuales son necesarios para realizar las actividades de la empresa, los cilindros se encuentran ubicados fuera de las instalaciones.

La empresa para desarrolla sus actividades cuenta con una infraestructura que consta por un baño, comedor, el área de la cocina que está distribuida para el lavadero y para la caja registradora.

### 6.5.1 Descripción de la Infraestructura

#### 5.5.1.2 Sección y áreas de la Empresa.

**Tabla 49**

*Área Total de las Secciones de la Empresa.*

<b>Sección (Local comercial)</b>	<b>Área Total en m<sup>2</sup></b>	<b>Área a emplear /o empleada en m<sup>2</sup></b>	<b>Responsable del control</b>
Empresa Rodri Pollos	81,62	81,62	N/A
Cocina (Lavabo, caja)	21,5	21,5	N/A
Baño	5,561	5,561	N/A
Comedor	44,1	44,1	N/A

*Nota:* Elaborado por el investigador. Adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

#### **Descripción de las áreas**

**Tabla 1**

*Descripción de las Áreas de la institución*

#### **Empresa “Rodri Pollos”**



La empresa Rodri Pollos empresa Riobambeña presta sus servicios de preparación de comida rápida, la empresa realiza sus actividades en la primera planta de una casa de 2 plantas.

#### **Cocina**



La cocina se encuentra ubicada alado del cajero y el labadero de platos separada por divisiones realizada por equipo y anaqueles, la cocina esta equipada con un sistema de ventilacion.

---

### Caja



La caja se encuentra ubicada alado de la cocina y delante el labaderi de platos comparte espacio con la cocina

---

### Lavabo



El lavabo esta ubicado frente a la cocina atrás de caja, la seccion esta separada por anaqueles de metal y refrigeradoras pero sigue formando parte del area de cocina

---

---

## Comedor

---



El comedor es la seccion con el area mas grande destinada para esta accion, se encuentra frente a la cocina, y la caja , al igual que alado de la puerta de Salida.

---

---

## Batería Sanitaria

---



Los servicios higiénicos se encuentran ubicados al final del pasillo frente al comedos, lugar donde le facilita el acceso para los clientes como para el personal.

---

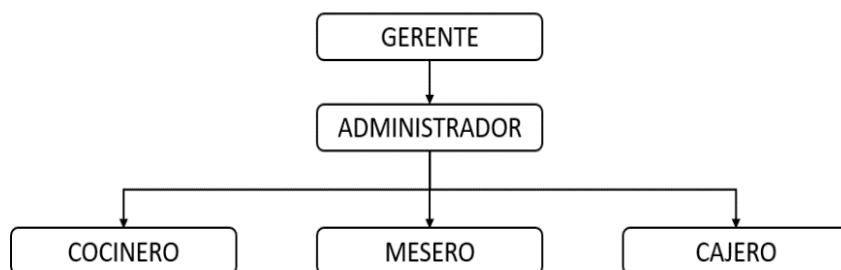
*Nota:* Realizado por el investigador. Adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

## 6.5.2 Análisis de recursos

### Recursos humanos

**Figura 12.**

*Organigrama de la Institución*



*Nota:* Realizado por el investigador

**Tabla 50**

*Personal de la Empresa*

Recursos Humanos	Total de personas	# Hombres	# Mujeres	# Personas con capacidades especiales	# Niños o personas ajenas a la institución que se encuentren frecuentemente en las instalaciones, considere el flujo de personas
Número de personal administrativo y trabajadores	6	3	3	0	0

*Nota:* El cuadro del personal de la empresa es adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba

### Datos del personal

**Tabla 51**

*Información del Personal de la Empresa*

N°	Nombre y Apellidos	N° de cedula	Cargo
1	Sebastián Andrés Pilataxi Quiishpi	605592773	Administrador
2	Susana Beatriz Cujilema Méndez	603384207	Cocina
3	Jhon Jairo Chacaguasay Quishpi	605822006	Ayudante de cocina
4	Karla Edith Tapia Echeverria	605369107	Cajera
5	Yulisa Nicole Reino López	605085026	Mesera
6	Luis Rodrigo Cuenca Quishpi	605458932	Gerente

*Nota:*. Elaborado por el investigador. Adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

### Equipos/Recursos

**Tabla 52**

*Equipo y Recursos de la Institución.*

Especificación	Total	Bueno	Malo	Regular	Funcional	No funcional
Puertas de emergencias	0					
Vías de evacuación señalizada	0					
Gabinete contra incendio	0					
Extintores	1	x			X	
Detectores de humo	0					
Detectores de GLP	0					



---

Lámpara de emergencia	0		
Detectores de temperatura	0		
Botiquín de Primeros Auxilios	1	x	x
Vehículos	0		
Sistema de comunicación (Handy, silbatos, linternas, otros)	0		
Dispensario médico (para empresas o industrias)	0		
Prendas de protección contra incendios (para empresas o industrias)	0		
Recursos asignados para cualquier emergencia	0		

---

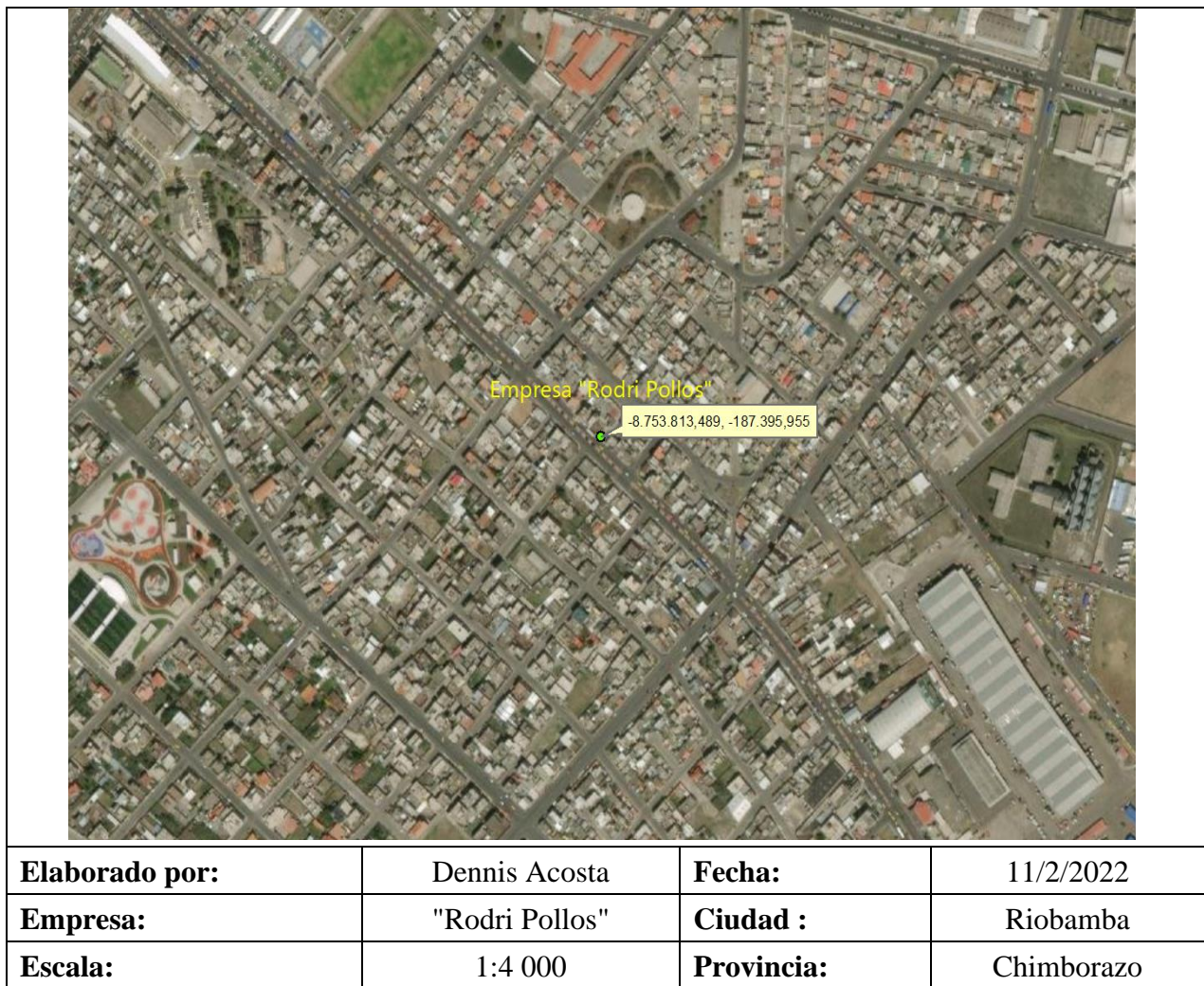
*Nota:* Elaborado por el investigador. Adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

### 6.5.3 Descripción de los alrededores del local

#### Ubicación de la empresa.

**Figura 13.**

*Ubicación de la Empresa.*



*Figura 13:* Elaborado por el investigador con el software ARCGIS.

### **Factores externos**

A 12 metros frente a la empresa se encuentra ubicado una vulcanizadora y a 8 metros junto a la empresa se encuentra una mecánica las cuales representan un factor de riesgo porque en sus instalaciones cuenta con combustible.

### **Identificación de riesgos**

#### **Recursos disponibles**

**Tabla 53**

*Recursos de la Empresa.*

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Ubicación</b>
Rociadores	0	N/A
Extintores	1	No se asigna ubicación
Sistema de seguridad	0	N/A
Sistema contra incendio	0	N/A
Lámparas de emergencias	0	N/A
Puertas de emergencias funcionales	0	N/A
Gabinetes - bocas de incendios equipadas	0	N/A
Detectores GLP	0	N/A
Detectores Temperatura	0	N/A
Detectores humo	0	N/A
Botiquín de Primeros Auxilios equipado	0	Junto al area de cocina
Reserva hídrica	0	N/A

Vehículo	0	Área de carga y descarga de combustible
Brigadistas primera respuesta	0	N/A
Otros	0	N/A

*Nota:* La empresa solo cuenta con un extintor, y no dispone de otros equipos para enfrentar una emergencia dentro de sus instalaciones. Elaborado por el investigador. Adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

### 6.5.3.1 Ubicación y características de los extintores

**Tabla 54**

*Extintores Pertenecientes a la Empresa*

N°	Localización	Tipo de extintor	Capacidad	Fecha de mantenimiento
1	Área de caja	PQS	10 lbs	Marzo 2020

*Nota:* Se identificó mediante la observación que el extintor se encuentra junto a la caja. Elaborado por el investigador. Adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

### 6.5.3.2 Identificación de amenazas.

**Tabla 55**

*Identificación de Amenazas*

Exposición	Extrema	Alta	Media	Baja	Muy baja	Afectación				
	2 veces al año	1 ves por año	De 2 a 5 años	de 5 a 8 años	más de 10 años	Muy baja	Bajas	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:* Elaborado por el investigador. Adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.





**Figura 15.**

*Mapa de Amenazas por sequias*



*Figura 15:* Elaborado por el investigador con el software ARCGIS.

**Figura 16.**

*Mapa de Zona de intervención y alerta por explosión de 1 cilindro domestico de GLP.*



*Figura 16:* Elaborado por el investigador con el software ARCGIS.



**Figura 17.**

*Mapa de Zona de Intervención y Alerta por la Explosión de 2 Cilindros domésticos de GLP.*



*Figura 17:* Elaborado por el investigador con el software ARCGIS.

**Figura 18.**

*Mapa de Zona de Intervención y Alerta por Explosión de 3 Cilindros domésticos de GLP.*



*Figura 18:* Elaborado por el investigador con el software ARCGIS.

## **6.6 Identificación y valoración de vulnerabilidades**

Para la identificación y valoración de vulnerabilidad se utilizó la metodología Becker para el cálculo de la sobrepresión estático e impulso mecánico y el método Probit para la valoración del porcentaje de afectación.

### ***6.6.1 Valoración de vulnerabilidad para 1 cilindro***

Mediante la aplicación del método Baker se procedió a la determinación de los valores de sobrepresión estático  $P_s$  e impulso mecánico  $i$  para la explosión de 1, 2 y 3 cilindros domésticos de GLP, para las distancias de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, y 40 metros con los valores obtenidos se procedió a la determinación del porcentaje de afectación para el personal como para la infraestructura.

**Tabla 56***Resultados de la Valoración de Vulnerabilidad de 1 Cilindro.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>i</math></b>	<b>%MLP</b>	<b>%RT</b>	<b>%D.M</b>	<b>%D.Ma</b>	<b>%C.E</b>	<b>%RV</b>
1	618079,136	14,63	100	100	47	0	0	100
2	173062,158	7,023	27	98	16	0	0	100
3	49291,811	2,926	0	43	2	0	0	100
4	32294,635	1,995	0	16	0	0	0	100
5	20396,611	1,663	0	3	0	0	0	100
6	15807,374	1,33	0	1	0	0	0	100
7	13597,741	1,264	0	0	0	0	0	99,7
8	11048,165	0,998	0	0	0	0	0	98
9	8626,067	0,865	0	0	0	0	0	94
10	7287,539	0,798	0	0	0	0	0	91
11	6692,638	0,732	0	0	0	0	0	84
12	5651,561	0,612	0	0	0	0	0	78
16	4313,033	0,466	0	0	0	0	0	43
20	2974,506	0,399	0	0	0	0	0	13
24	2677,055	0,333	0	0	0	0	0	8
28	2230,879	0,266	0	0	0	0	0	2
32	1859,066	0,233	0	0	0	0	0	1
36	1635,978	0,2	0	0	0	0	0	0
40	1338,528	0,18	0	0	0	0	0	0

*Nota:* La nomenclatura para esta tabla será;  $P_s$  = sobrepresión estática (Pa);  $i$  = impulso mecánico (PA)\*s ; MLP= muertes por lesión pulmonar; RT= rotura de tímpani; DM=Daños menores; DMa= Daños Mayores; C.E=Colapso de eficio; RV= Rotura de vidrio.

**Tabla 57***Resultados de la Valoración de Vulnerabilidad de 2 Cilindro.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>i</math></b>	<b>%MLP</b>	<b>%RT</b>	<b>%D.M</b>	<b>%D.Ma</b>	<b>%C.E</b>	<b>%RV</b>
1	3013135,79	42,899	100	100	59	2	0	100
2	262683,633	20,109	86	99,5	28	0	0	100
3	66288,987	4,608	0	60	4	0	0	100
4	47592,093	4,516	0	32	1	0	0	100
5	33994,352	2,514	0	15	0	0	0	100
6	24645,906	2,262	0	2	0	0	0	100
7	16997,176	1,927	0	1	0	0	0	100
8	15297,459	1,592	0	0	0	0	0	99,8
9	12067,995	1,466	0	0	0	0	0	98
10	10198,306	1,299	0	0	0	0	0	95
11	3718,132	1,257	0	0	0	0	0	92
12	892,352	1,047	0	0	0	0	0	84
16	520,539	0,754	0	0	0	0	0	56
20	431,303	628	0	0	0	0	0	25
24	356,941	0,503	0	0	0	0	0	13
28	282,578	0,419	0	0	0	0	0	5
32	267,706	0,377	0	0	0	0	0	2
36	208,215	0,327	0	0	0	0	0	0
40	185,907	0,293	0	0	0	0	0	0

*Nota:* La nomenclatura para esta tabla será;  $P_s$  = sobrepresión estática (Pa);  $i$  = impulso mecánico (PA)\*s ; MLP= muertes por lesión pulmonar; RT= rotura de tímpani; DM=Daños menores; DMa= Daños Mayores; C.E=Colapso de eficio; RV= Rotura de vidrio.

**Tabla 58***Resultados de la Valoración de Vulnerabilidad de 3 Cilindro.*

<b>Distancia</b>	<b><math>P_s</math></b>	<b><math>i</math></b>	<b>%MLP</b>	<b>%RT</b>	<b>%D.M</b>	<b>%D.Ma</b>	<b>%C.E</b>	<b>%RV</b>
1	4635593,52	276,227	100	100	76	15	1	100
2	339943,525	15,192	99,7	100	36	0	0	100
3	154519,784	10,128	0	75	8	0	0	100
4	50991,529	4,22	0	69	5	0	0	100
5	35694,07	3,693	0	62	3	0	0	100
6	30594,917	2,877	0	39	1	0	0	100
7	22096,329	2,398	0	2	0	0	0	100
8	16997,176	2,11	0	1	0	0	0	100
9	15297,459	1,918	0	0	0	0	0	99,7
10	13597,741	1,726	0	0	0	0	0	98
11	11898,023	1,583	0	0	0	0	0	95
12	8923,518	1,439	0	0	0	0	0	94
16	5949,012	1,055	0	0	0	0	0	78
20	5205,385	0,815	0	0	0	0	0	43
24	4015,583	0,662	0	0	0	0	0	25
28	3123,231	0,575	0	0	0	0	0	13
32	2825,781	0,48	0	0	0	0	0	5
36	2528,33	0,451	0	0	0	0	0	2
40	2230,879	0,384	0	0	0	0	0	0

*Nota:* La nomenclatura para esta tabla será;  $P_s$  = sobrepresión estática (Pa);  $i$  = impulso mecánico (PA)\*s ; MLP= muertes por lesión pulmonary; RT= rotura de timpani; DM=Daños menores; DMA= Daños Mayores; C.E=Colapso de eficio; RV= Rotura de vidrio.

## 6.6.2 Análisis de Riesgos

**Tabla 59**

*Especificación de Riesgo.*

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ubicación</b>
Explosión	Explosión causada por la combustión de gas, ocasionada por fallas técnicas en la construcción al igual que cilindros en mal estado.	El área de Cocina
Incendio	Incendio provocado por los equipos/accesorios o por descuidados del personal al dejar salir gas al ambiente.	

*Nota:* Elaborado por el investigador.

## 6.6.3 Escenario

### **Explosión**

La principal actividad económica de la empresa es la venta de alimentos preparado (pollo broster, pollo asado y hamburguesas) para realizar esta actividad la empresa Rodri Pollos cuenta con 3 cilindros domésticos de GLP, mismo que representan un alto riesgo para el personal y la infraestructura de la empresa, pues en el caso de existir un descuido por parte del personar ya sea por dejar la hornilla abierta, como por ubicar incorrectamente la válvula, permitiría el escape de GLP mismo que al tener contacto con el oxigene se crea el escenario adecuado para producir una explosión.

Poniendo en consideración que por descuido se produzca un accidente mayor provocado por la explosión de un Cilindro domestico de GLP, se pondría en riesgo la integridad física y psicológica del personal al igual que existiría perdidas económicas para la entidad.

#### **6.6.4 Plan de reducción de riesgos**

Una vez valorada la vulnerabilidad de la empresa Rodi Pollos se recomienda adoptar medidas estructurales y no estructurales para disminuir la vulnerabilidad presente.

##### **Estructurales**

- Identificar el tipo de equipo de extinción necesario para el área desprotegida de la empresa tomando en cuenta el tipo de riesgo al que está expuesto.
- Realizar una construcción física que ayude a reducir el impacto por explosión,
- Ubicación de la señalización e identificación de la ruta de evacuación.
- Verificar las instalaciones eléctricas internas de la empresa
- Dar mantenimiento a los equipos contra incendios para una adecuada función.

##### **No estructurales**

- Coordinar con el personal de la empresa la asignación de brigadas de emergencia y sus respectivas tareas.
- Difundir al personal las normas de seguridad al igual que designar las actividades que realizaran las brigadas de Emergencia en el escenario de suscitarse una explosión e incendio.
- Inspecciones y control de riesgos que puedan generar incendio
- Mantenimiento preventivo en los equipos para evitar fugas



- Mantener los materiales combustibles o inflamables lejos de fuentes de ignición.
- Mantener despejados y señalizados los accesos a los extintores y prestar mantenimiento correspondiente a el extintor.
- Trabajar en conjunto a los bomberos para realizar capacitaciones al personal sobre uso correcto del extintores y manejo de cilindro domestico de GLP
- Socialización del plan de emergencias mediante charlas dirigido al personal

#### **6.6.4.1 Procedimiento de mantenimiento de equipos de emergencia.**

Para el mantenimiento y recarga de los extintores de 10 libras se envía a la empresa Chuktu, la cual realizar el siguiente procedimiento:

- Inspección visual externa. -Una verificación inicial en la cual se verifica el estado del cilindro donde se identifica características como: la fecha de fabricación, la fecha de mantenimiento, fecha de última prueba hidrostática.
- Descarga de agente extinguidor. - se efectúa la descarga de agente extinguidor sobrante del cilindro, este proceso se realiza por medio de un recipiente de recuperación.
- Inspección visual interna y externa. - Se desarma el extintor, para proceder con el detallado del estado del cilindro en el interior y exterior, esto ayuda a la identificación de servicio que requiere (recarga, mantenimiento, prueba hidrostática).
- Prueba hidrostática. - En este punto se verifica la resistencia que tiene el cilindro para así saber su vida útil y según su valoración emitir un certificado.

- Limpieza manual del cilindro. - en este apartado se retira las escamas de laminación u óxido o pintura.
- Aplicación de pintura. - Se procede a la aplicación de la pintura anticorrosiva primario gris para así proteger al cilindro del óxido, finalmente se aplica acabado rojo bermellón.
- Recarga de agente extintor. —EL cilindro del extintor es llenado a su capacidad nominal esto se debe al tipo de agente.
- Armado del extintor. - se procede a ubicar todas las piezas nuevamente en el cilindro.
- Presurizado. - Se procede a la inyección de nitrógeno a su capacidad nominal con el fin de mantener la presión del extintor, al momento de ser usado el agente extinguidor sea expulsado con velocidad y fuerza.
- Etiquetado y embalaje. - Se procede a poner una etiqueta plastificada al frente del extintor, con medidas de seguridad q garantizan la calidad del servicio.
- Revisión de terminados. - En esta etapa se realiza control de calidad de la aplicación del servicio donde se aplica un check up de los estándares según requisitos.

## **6.7 Plan operativo y organizacional**

### ***6.7.1 Protocolo de alarma y comunicación para emergencia.***

### ***6.7.2 Procedimientos a efectuar en caso de emergencia por explosión.***

#### **Detección de la alarma**

Esta acción se realizará por medio de la instalación de sistema de seguridad como alarmas, detectores de humo, sensores de calor o por un trabajo previamente selección, el cual se encargará de detección de la alarma.

#### **Confirmación de la emergencia y activación de la alarma**

En el caso de que la alarma sea detectada por el sistema de seguridad la confirmación se la dará el responsable de seguridad o el delegado previamente seleccionado. En el caso de ser el delegado quien detecta la alarma esta no será confirmada.

#### **Reconocimiento del tipo de emergencia**

Una vez que ya se haya confirmado la alarma por medio del sistema de seguridad el delegado deberá declarar, según su criterio inicial que tipo de emergencia está suscitándose.

#### **Tipos de emergencia**

##### ***Conato de emergencia***

Se trata de una situación de poca gravedad donde su neutralización se puede realizar por medios humanos y materiales dispuestos por la empresa. Se trata de una emergencia de carácter ordinario por lo que no tiene mayor afectación colectiva.

### ***Emergencia parcial***

Nos referimos a los accidentes donde para que la emergencia pueda ser dominada requiere de la intervención de equipos especiales como los bomberos entre otros. Los efectos de esta emergencia parcial son limitados a una área controlable y por ende no afectada a otros colindantes.

### ***Emergencia General***

Se refiere al accidente el cual necesita la intervención de todos los equipos de la empresa al igual que medios de protección ya que supera capacidad de actuación de los bomberos. Muy posiblemente se necesite realizar la evacuación general de toda la empresa.

### **Comunicar la emergencia**

Una vez que se detecta la emergencia la persona deberá informar al delegado mismo que se le comunicara al responsable, el usara de teléfono fijo o el teléfono celular para proceder a dar aviso de la emergencia y en caso de que este medio falle en consecuencia de la emergencia, se utilizara a un delegado que designara el encargado de seguridad para que se dirija a la unidad de Bomberos más cercana a la empresa.

### **Evaluación parcial o general.**

Ante una situación de emergencia se requiere necesariamente la evaluación parcial de la empresa donde se valorizará el estado de la infraestructura, con el objetivo de identificar afectación para estableces las prioridades de actuación y adoptar las medidas necesarias.

### **Ayuda exterior.**

Si el delegado determina que la emergencia sobrepasa la capacidad de respuesta de la empresa Rodri Pollos, será necesario la intervención de los bomberos, policías, equipo de rescate, etc. La decisión de solicitar ayuda debe ser considerada en la evaluación inicial de la emergencia.

### **Fin de la emergencia**

En base a las condiciones de control aplicadas a la extinción de la emergencia y la evaluación final, el delegado de seguridad según su criterio deberá declarar el fin de misma.

#### **6.7.3 Procedimientos a efectuar en caso de emergencia por incendio.**

##### **Detección de fuego.**

La detección del fuego debe ser comunicada de manera inmediata al delegado de seguridad o en el caso, hacer uso de los instrumentos para accionar alarma contra incendios. En caso que el fuego sea controlable el empleado debe aplicar sus habilidades en el uso del extintor para intentar apagarlo. En caso contrario informar al delegado y evacuar el área.

##### **Confirmación de la emergencia y activación de la alarma**

En el caso de que la alarma sea detectada por el sistema de seguridad la confirmación se la dará el responsable de seguridad o el delegado previamente seleccionado. En el caso de ser el delegado quien detecta la alarma esta no será confirmada.

##### **Comunicar la emergencia**

La comunicación de la emergencia se debe realizar de manera verbal siendo el caso o por medio de los sistemas de comunicación, para que el personal que labora y los visitantes que se encuentran dando uso de las instalaciones procedan con la evacuación de la empresa. en caso de que el medio de comunicación falle por consecuencia de la emergencia, se deberá designar un delegad para que se dirija a la unidad de Bomberos más cercana a la empresa.

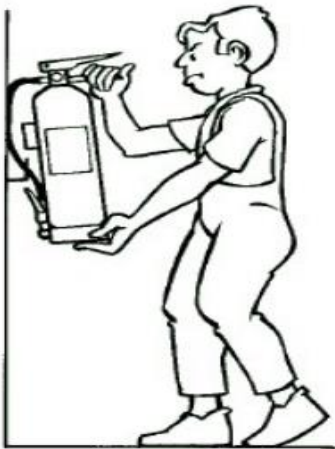
## Intervención

SI el fuego es controlable, se procederá a pagar con ayuda de los medios proporcionados por la empresa “Rodri Pollos (extintor). Considerando los siguientes pasos; obtenidos de la Nota Técnica de Prevención.(Adolfo, 1999).

Paso 1.- Bajar el extintor de su soporte asiéndolo por la maneta o asa fija que disponga y ponerlo en el suelo en posición vertical.

**Figura 19.**

*Bajar el Extintor Para el Uso*



*Figura 19:* En la imagen detallar la correcta forma de bajar el extintor de su ubicación imagen Adaptada de la Nota Técnica de Prevención 536 “Extintores de incendio portátiles: utilización” redactado por Adolfo Perez.

Paso 2.- Sujetar la manguera por la boquilla para evitar la salida incontrolada del polvo químico. No dirigirla hacia las personas.

**Figura 20.**

*Sujecion de Mangera de Extintor*



*Figura 20:* Sujetar de boquilla de la manguera para evitar salida de polvo extintor. imagen Adaptada de la Nota Técnica de Prevención 536 “Extintores de incendio portátiles: utilización” redactado por Adolfo Pérez.

Paso 3.- Comprobar en caso de que exista válvula o disco de seguridad que están en posición sin peligro de proyección de fluido hacia el usuario.

Paso 4.- Quitar el pasador de seguridad tirando de su anilla.

Paso 5.-Acercarse al fuego dejando como mínimo un metro de distancia hasta él. En caso de espacios abiertos acercarse en la dirección del viento.

**Figura 21.**

*Comprobación de la Válvula del Cilindro*



*Figura 21:* Mediante el rocío corto de polvo extintor comprobamos el buen funcionamiento del extintor. imagen Adaptada de la Nota Técnica de Prevención 536 “Extintores de incendio portátiles: utilización” redactado por Adolfo Pérez.

Paso 6.-Apretar la maneta y, en caso de que exista, apretar la palanca de accionamiento de la boquilla.

Paso 7.-Realizar una pequeña descarga de comprobación de salida del agente extintor. Dirigir el chorro a la base de las llamas.



## **Figura 22.**

### *Decarga de Comprobacion*



*Figura 22:* Al momento de expulsar el polvo extintor realizar pequeñas pausas y mover sus manos de izquierda a derecha para distribuir de mejor manera el polvo al incendio. imagen Adaptada de la Nota Técnica de Prevención 536 “Extintores de incendio portátiles: utilización” redactado por Adolfo Pérez.

Paso 8.- En el caso de incendios de líquidos proyectar superficialmente el agente extintor efectuando un barrido horizontal y evitando que la propia presión de impulsión pueda provocar el derrame incontrolado del producto en combustión. Avanzar gradualmente desde los extremos.

### **Evacuación y Ayuda exterior.**

Si el delegado determina que la emergencia sobrepasa la capacidad de respuesta de la empresa Rodri Pollos, se deberá evacuar las instalaciones y coordinar la asistencia con los bomberos, policías, equipo de rescate, etc. La decisión de solicitar ayuda debe ser considerada en la evaluación inicial de la emergencia.

### **Fin de la emergencia**

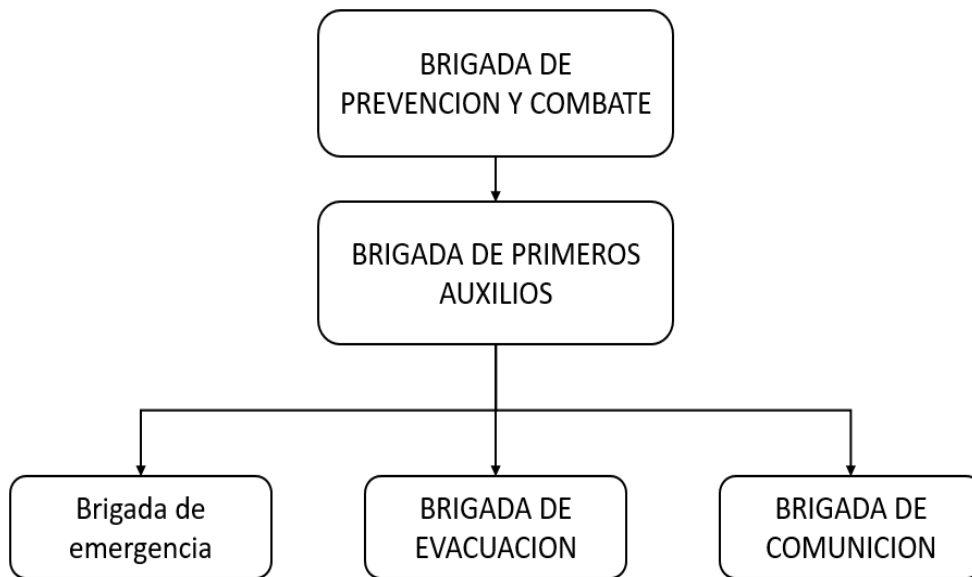
En base a las condiciones de control aplicadas para la extinción del fuego, el delegado de seguridad según su criterio deberá declara el fin de misma.

## 6.8 Organización

### 6.8.1 Determinación de brigadas de respuesta ante una emergencia.

**Figura 23.**

*Organigrama de la Determinación de Brigadas de Emergencia.*



*Figura 23:* Las asignaciones de los responsables de las brigadas de emergencia están conformadas por el personal y gerente de la empresa “Rodri Pollos”. Adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

**Tabla 60**

*Conformación de las Brigadas.*

<b>Nominación</b>	<b># de personas que la conforman</b>	<b>Nombre del coordinador</b>
Brigada de emergencia	1	Sebastian Pilataxi
Brigada de prevencion y combate	1	Luis Cuenca
Brigada de primeros auxilios	1	Jhon Chacaguasay
Brigada de evacuacion	1	Yulisa Reino
Brigada de comunicación	1	Karla Tapia

*Nota:* La empresa “Rodir Pollos” cuenta con 5 trabajadores y el gerente, razón por la cual la brigada de emergencia cuenta con 1 integrante cada una. Adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

### **6.8.2 Labor y responsabilidades de las brigadas.**

Las brigadas para la empresa Rodri Pollos serán determinadas por el criterio del investigador estas estarán organizadas y capacitados para hacer frente a las emergencias, los cuales serán los encargados de combatir de manera preventiva estos siniestros. Su función está orientada a salvaguardar la integridad física y psicológica de las personas, bienes y el entorno.

#### **Brigadas de emergencia.**

Las actividades que realizara la brigada de emergencia son:

- Informar y poner en marcha las actividades realizadas por el equipo de Seguridad cuando sea necesario.
- Asistir al personal de la empresa “Rodir Pollos” a mantener la calma durante una emergencia que se pueda suscitar dentro de las instalaciones.
- Difundir en el ambiente laboral una cultura de prevención.

- Serán los encargados de informar al personal y clientela sobre la emergencia.
- Colaboración en la identificación del tipo de emergencia y en la comunicación con entidades de seguridad externas.

### **Brigada de prevención y combate de incendios**

Las actividades que realizara la brigada de prevención y combate son:

- Realizar inspecciones rutinarias de los equipos contra incendio (extintores).
- Verificar que las conexiones eléctricas permanezcan en buen estado al igual verificar que no exista acumulación de materiales inflamables.
- Vigilar que los equipos contra incendio sean de fácil localización y no se encuentren obstruidos.
- Revisar que la ubicación de los Extintores sea la correcta, que se encuentren accesible a las personas al igual que no estén ubicado en lugares donde obstruya el paso
- Verificar que las instalaciones eléctricas y de gas, reciban el correspondiente mantenimiento preventivo y correctivo de manera permanente.
- Intervenir con ayuda de los medios disponibles de la empresa para tratar de evitar que se produzcan daños y pérdidas en las instalaciones.

Las funciones de la brigada culminaran, el momento que el Cuerpo de Bomberos termine el conato de incendio.

### **Brigadas de evacuación.**

Las actividades que realizara la brigada de evacuación son:

- En base a las instrucciones recibidas por el jefe de emergencia son los que darán la señal de evacuación
- Mantener en buen estado la señalización, botiquines y extintores.
- Guiar al personal y clientes que hagan uso de las instalaciones a las áreas seguras, inspeccionando que en el edificio no se quede nadie.
- Determinar los puntos de reunión.
- Verificar de manera constante y permanente que las vías de evacuación estén libres de obstáculos.

### **Brigada de primeros auxilios.**

Las actividades que realizara la brigada de primeros auxilios son:

- Llevar un registro del personal que labura en la empresa “Rodri Pollos” donde se establezca las enfermedades crónicas para tener medicamentos necesarios para cada caso
- Dirigir a la brigada a un punto de reunión determinado, para que en caso de emergencia instalar un puesto de Socorro.
- Brindar los primeros auxilios a las víctimas de la emergencia.
- Ayudar a los afectados a ser tratados por especialistas en primeros auxilios.
- Mantener buen estado los botiquines de primeros auxilios.

### **Brigada de comunicación.**

Las actividades que realizara la brigada de comunicación son:

- Elaborar un listado de con información necesaria para contactarse con el cuerpo de auxilio en el área de trabajo.

- Realizar las llamadas a las respectivas entidades de auxilio (cuerpos de auxilio, según el riesgo de emergencia).
- En coordinación con la Brigada de Primeros Auxilios, detallara y apuntara los lugares donde fueron remitidos los lesionados y comunicara a los familiares de los mismos.
- Recibir la información de cada brigada de acuerdo a la emergencia, para informar al respectivo comité.
- Mantenerse en el puesto de comunicación, antes durante y después de la emergencia.

### 6.8.3 *Calculo de aforo y tiempo de evacuación.*

**Tabla 61**

*Aforo y Tiempo de Evacuación.*

<b>Descripción</b>	<b>Area total por seccion</b>	<b>Area por persona</b>	<b># personas</b>	<b>Tiempo de evacuación</b>
Restaurante, cafeteria - cocina	21,5	1.5 M2 por persona	14	1.17
Restaurante - area de mesas	44,1	5 M2 por persona	9	1.17

*Nota:* Para la determinación del aforo se consideró que la empresa se dedica a la preparación de comida rápida (hamburguesas, pollo broster y pollo asado). Adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

## **6.9 Plan de evacuación.**

Una vez suscitada la emergencia, los brigadistas mediante el uso de los recursos de la empresa identificarán si pueden o no controlar la emergencia, si considera que no se puede controlar se procederá con la aplicación del plan de evacuación el cual engloba todo un conjunto de acciones necesarias para la evacuación ordenada del personal. Se debería tomar en cuenta lo siguiente:

- ~ Se deberá coordinar acciones con el líder de la brigada de evacuación generalmente el jefe de brigada será de la alta dirección o del personal administrativo.
- ~ El líder de evacuación será el encargado de dirigir las acciones de movilización de las personas en una emergencia.
- ~ Una vez se presente la emergencia se deberá informar y poner en alerta al personal de la empresa.
- ~ El líder de la brigada de evacuación será el encargado de dar la orden de evacuación por los medios existentes de la empresa (sirena, pitos o por viva voz).
- ~ Los brigadistas, instructores y personal administrativo promoverán la evacuación de todo el personal y clientes presentes en las instalaciones.
- ~ El personal tomará la ruta de evacuación, salida de emergencia hasta llegar al punto de encuentro o punto seguro.
- ~ La ruta de evacuación se tomará saliendo de la cocina, lavadero, caja, comedor y baños hacia los pasillos centrales y posterior a esto se dirigirá a la puerta de salida.
- ~ El punto de encuentro será detrás de la empresa.
- ~ Toda movilización en evacuación se deberá realizar rápidamente por el pasillo conservando la salida por la derecha y el personal deberá cubrir su cabeza con los brazos.

- ~ Una vez se encuentre en ejecución la evacuación por ningún motivo el personal se devolverá a la instalación.
- ~ Una vez realizada la evacuación de las instalaciones se organizará al personal en el punto de encuentro y se procederá a tomar lista.
- ~ Los brigadistas una vez que tomen lista deberán hacer el reporte de evacuados al líder de evacuación y al jefe de la brigada.
- ~ Una vez superada la emergencia el jefe de la brigada organizara una comisión de colaboradores para realizar una verificación de las instalaciones y equipos.
- ~ El personal no deberá regresar a las instalaciones hasta que el jefe de brigada lo autorice.
- ~ El jefe de brigada deberá de tomar el tiempo desde que se inicia la emergencia y se realiza la evacuación con el objetivo de determinar el record de salida y la efectividad de la evacuación.
- ~ Una vez terminada la evacuación la brigada de emergencia con la alta dirección se reunirán para realizar la evaluación de los aspectos de la emergencia como: tiempos de salida, el comportamiento del personal, aspectos positivos, aspectos por mejorar, consumo, deterioro y pedida de elementos.



### 6.9.1 Mapa de evacuación.

Dada la emergencia por explosión de 3 cilindro domestico de GLP en la empresa “Rodri Pollos”. El investigador realiza la propuesta de vía de evacuación y punto de encuentro como muestra el Anexo 5.

#### Tabla 62

##### *Simulacro Programado*

<b>Presentación de guiones.</b>	<b>Fecha programada*</b>
<b>Manejo, mantenimiento y uso correcto del extintor</b> Con la presencia del personal de la empresa y Cuerpo de Bomberos del cantón Riobamba se realizará el simulacro guiado a combatir el incendio de un cilindro domestico de GLP por medio de extintor de polvo quimico seco.	<b>Fecha programada 16-04-2022</b>
<b>Actuación del personal ante una explosión.</b> Se realizará un Simulacro: Por medio del Cuerpo de Bomberos del cantón Riobamba se procederá a realizar el simulacro donde se establecerá y se socializara los lineamientos, ruta de evacuación, acciones que realizara el personal, los brigadista y alta dirección ante una explosión.	<b>Fecha programada 23-04-2022</b>

*Nota:* En la presente tabla se detalla las fechas tentativas para realizar los simulacros, las fechas podrán ser cambiadas según le convenga a la empresa. Adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

### 6.9.2 Coordinación para la asistencia en caso de emergencia.

Tabla 63

#### *Coordinación Para la Asistencia en Caso de Emergencia.*

Dirección exacta del UPC que le corresponda según circuito de Policía.	Av. Leopoldo Freire entre Washington y calle La Paz	# telefónico
Centro de atención médica que se encuentra más cercano al local	Av Leopoldo Freire y Lisboa	# telefónico (3) 262-8164
Tiempo estimado al cuartel de Cuerpo de Bomberos más cercano	min. 10 Cuartel 1	# telefónico

*Nota:* Se debe tener en consideración que la Empresa se encuentra a pocos metros del Comando de Policías de Chimborazo, el cuadro fue Adaptado del “Formato de Plan de Emergencia” del Departamento de Gestión de Riesgos de Riobamba.

## BIBLIOGRAFIA

- A.Cengel, Y. (2005). Termodinámica Iv. In *Monografía De Enseñanza De La Ingeniería Térmica Y De Fluídos*. [http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodinâmica/Material Didático/Livro - Cengel/Termodinamica - Cengel 7th - espanhol.pdf](http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodinâmica/Material%20Didático/Livro%20-%20Cengel/Termodinamica%20-%20Cengel%207th%20-%20espanhol.pdf)
- Adolfo, P. G. (1999). Extintores de incendio portátiles : utilización. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo, 4*.  
[https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp\\_536.pdf/b7659f34-a3d0-4bbf-b5acd7f936604d3f](https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_536.pdf/b7659f34-a3d0-4bbf-b5acd7f936604d3f)
- Asfhal Ray. (2000). *SEGURIDAD INDUSTRIAL y SALUD CUARTA E D I C I*  
*Ó&quot;&quot;N*.  
<https://higieneysseguridadlaboralcvs2.files.wordpress.com/2014/03/seguridad-y-salud-industrial-ray-asfahl.pdf>
- Botta, A. (2011). *Dinámica de las Explosiones Industriales*.  
[https://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieexplosiones/30\\_Dinamica\\_Explosiones\\_Industriales\\_1a\\_edicion\\_Diciembre2015.pdf](https://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serieexplosiones/30_Dinamica_Explosiones_Industriales_1a_edicion_Diciembre2015.pdf)
- Bueche, F; Hecht, E;, 2001. (2019). *Trabajo de titulación*.
- Bustos, K. (2015). *Evaluación De Accidentes Mayores Y Su Incidencia En El Riesgo De Incendios En La Empresa Globalparts S.a*.  
[https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10935/1/Tesis\\_t1012mshi.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10935/1/Tesis_t1012mshi.pdf)
- Cordova Suarez, M. (2017). *Determinación De Riesgo De Explosión De Contenedores De Gas*

*Licuido De Petroleo ( Glp ) Con El Método Baker Determination of Explosion Risk of Glp.*  
*XX(X).*

Decreto, 2393. (1986). Decreto Ejecutivo 2393 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO. *Iess*, 2–94.

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.

<https://www.tesisenred.net/handle/10803/10935;jsessionid=47FB4F4BD41C124D4BEFD4B258B8D1D8>

Edwin René Aguirre Herrera. (2015). *ANÁLISIS DEL RIESGO DE ACCIDENTES MAYORES CON GAS LICUADO DE PETRÓLEO DE TIPO ANTROPOGÉNICO EN EL TERMINAL G.L.P. OYAMBARO DE LA EMPRESA PÚBLICA DE HIDROCARBUROS DEL ECUADOR - E.P. PETROECUADOR*. 151, 1. <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>

Especial, T. (2003). “ *Diagnóstico De Seguridad En Plantas De Llenado De Cilindros De Gas Licuido De Petróleo ( Glp )* ” “ *Diagnóstico De Seguridad* .

Gavilanez Felix. (2012). *Plan De Emergencia Para El Terminal Terrestre De La Ciudad De Ambato*. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25700/1/Tesis\\_t1250id.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25700/1/Tesis_t1250id.pdf)

INAMHI. (2022). *No Title*. SEDC. <http://sedc.fonag.org.ec/reportes/inamhi>

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

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. (2013). NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit. *Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales*, 8.  
[http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/fichastecnicas/ntp/ficheros/201a300/ntp\\_291.pdf](http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/fichastecnicas/ntp/ficheros/201a300/ntp_291.pdf)
- Johnston, B. E. R., Eisenberg, J. E. R., Vectorial, M., & Ingenieros, P. (2007). *Mecanica Vectorial para Ingenieros -Estatica 8Ed.pdf*.  
<https://seguiremosestudiandoingenieriacivil.files.wordpress.com/2017/06/mecnica-vectorial-paraingenieros-8-edicion.pdf>
- MARIELLA TORANZOS. (2021). *Accidentes po gas domestico*. Expreso.  
<https://www.expreso.ec/quito/accidentes-gas-domestico-peligro-aumento-104314.html>
- Martinez, C. (2018). Investigación Descriptiva: Tipos y Características. *Lifeder.Com*, 7.
- Matheu, H. (2014). *Determinación De Riesgo De Accidente Mayor Y Su Influencia En Las Áreas De Alerta Y Seguridad De La Empresa Agrocueros S.A.*  
[https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8065/1/Tesis\\_t908mshi.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8065/1/Tesis_t908mshi.pdf)
- OIT. (1991). *PREVENCION DE ACCIDENTES INDUSTRIALES MAYORES*.  
[https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed\\_protect/@protrav/@safework/documents/normativeinstrument/wcms\\_112650.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/normativeinstrument/wcms_112650.pdf)
- Organización Internacional del Trabajo. (2003). *Control de riesgos de accidentes mayores*.  
[https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---)

safework/documents/instructionalmaterial/wcms\_235688.pdf

OSINERGMIN. (2012). *El gas natural y sus diferencias con el GLP*. 1–16.

Ramírez Grey, V. S. (2019). *Aplicación informática para el cálculo de la sobrepresión e impulso en explosiones de recipientes industriales*.

Salgado, C., & Sandoval, G. (2013). *Escuela politécnica nacional*.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6400>

Sampieri Hernandez, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1997). Pilar Metodología de la Investigación. *Mc Graw Hill*, 53(9), 1–128.

[https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci3n\\_Sampieri.pdf](https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci3n_Sampieri.pdf)

Santiago, G. (2019). *Trabajo de titulación*.

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11555/1/85T00549.pdf>

Schlumberger, S. M. P. (2017). *DETERMINACIÓN DE RIESGO DE EXPLOSIÓN DE CONTENEDORES DE GAS LICUADO DE PETROLEO ( GLP ) CON EL MÉTODO BAKER DETERMINATION OF EXPLOSION RISK OF GLP. XX(X)*.

SEVESO, L. C. (2010). Seveso : o desastre e a Directiva. *Laboreal*, 6(2), 0–7.

<https://doi.org/10.4000/laboreal.8938>

SURA. (2002). *Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente – CISTEMA*. 1–15.

Universidad de los Andes. (2005). Interpolación con funciones splines. *Universidad Andes*, 4, 2–  
4. <http://wwwprof.uniandes.edu.co/~gprieto/classes/compufis/interpolacion.pdf>

# ANEXOS

## Anexos 1: Tabla Termodinámica de las Propiedades del propano saturado

Enthalpies and Entropies are referred to saturated liquid at -20.0°F, where the values are zero. Refer to Fig. 1 for Enthalpies and Entropies of superheated propane vapor.

Temp. Deg. F. t	Pressure Lb. Per Sq. In.		Specific Volume Cu. Ft. per Lb.		Density Lb. Per Cu. Ft.		Enthalpy** Btu per Lb.		Latent** Heat Btu per Lb. L	Entropy** Btu per Lb. Deg. F.		Temp. Deg. F. t
	Absolute P	Gauge yp.	Liquid v	Vapor V	Liquid lv	Vapor lv	Liquid hf	Vapor hv		Liquid sf	Vapor sv	
-75	6.37	*17.0	0.02660	14.5	37.59	0.02660	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	0.02688	11.3	37.20	0.02885	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	0.157	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	*0.8	0.02748	6.89	36.39	0.145	82.3	264.4	181.9	0.179	0.615	-45
-40	16.2	1.5	0.02763	6.13	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	5.0	0.02795	4.93	35.78	0.203	90.2	268.9	178.7	0.190	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	95.6	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	18.7	0.02860	3.28	34.96	0.307	101.0	274.9	173.9	0.220	0.607	-10
-5	34.7	20.0	0.02878	2.97	34.75	0.337	103.8	276.2	172.4	0.228	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	0.238	0.604	+5
10	46.0	31.3	0.02931	2.27	34.12	0.441	111.3	280.5	167.2	0.246	0.603	10
15	50.6	35.9	0.02950	2.07	33.90	0.483	114.0	281.8	167.8	0.248	0.602	15
20	55.6	40.8	0.02970	1.90	33.67	0.528	116.9	283.1	166.3	0.254	0.601	20
25	60.9	46.2	0.02991	1.74	33.43	0.575	119.7	284.4	164.7	0.260	0.600	25
30	66.3	51.0	0.03012	1.60	33.20	0.625	122.3	285.7	163.4	0.260	0.599	30
35	72.0	57.3	0.03033	1.48	32.94	0.678	125.0	287.0	162.0	0.272	0.598	35
40	78.0	63.3	0.03055	1.37	32.73	0.730	128.0	288.3	160.3	0.278	0.597	40
45	84.8	69.9	0.03078	1.27	32.49	0.787	131.1	289.5	158.4	0.285	0.596	45
50	91.8	77.1	0.03102	1.18	32.24	0.847	134.2	290.7	156.5	0.292	0.596	50
55	99.3	84.8	0.03125	1.10	32.00	0.909	137.2	292.0	154.8	0.298	0.595	55
60	107.1	92.4	0.03150	1.01	31.75	0.980	140.6	293.2	152.5	0.305	0.595	60
65	115.4	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	146.8	0.327	0.594	75
80	142.8	129.1	0.03257	0.770	30.70	1.30	154.0	299.1	145.1	0.335	0.593	80
85	153.1	136.4	0.03284	0.722	30.42	1.38	157.0	299.2	142.2	0.342	0.593	85
90	164.0	189.0	0.03317	0.673	30.15	1.48	160.3	300.3	140.0	0.349	0.593	90
95	175.0	180.0	0.03348	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	1.68	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	28.96	1.92	172.9	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	238.0	0.03575	0.432	27.97	2.31	183.5	305.8	122.3	0.398	0.588	125
130	272.0	257.3	0.03618	0.404	27.64	2.48	183.8	306.1	119.3	0.406	0.587	130
135	288.0	273.3	0.03662	0.382	27.32	2.62	190.0	306.3	116.3	0.413	0.583	135
140	305.0	290.3	0.03707	0.360	27.00	2.78	194.0	306.5	112.5	0.422	0.505	140

\* Based on material from Dana, Jenkins, Bukick and Thim, published originally in HEATING AND ENGINEERING, June, 1926, Vol. 12, No. 12, Page 403.

\*\* Inches of mercury divided one thousandth of an atmosphere (29.92 in.).

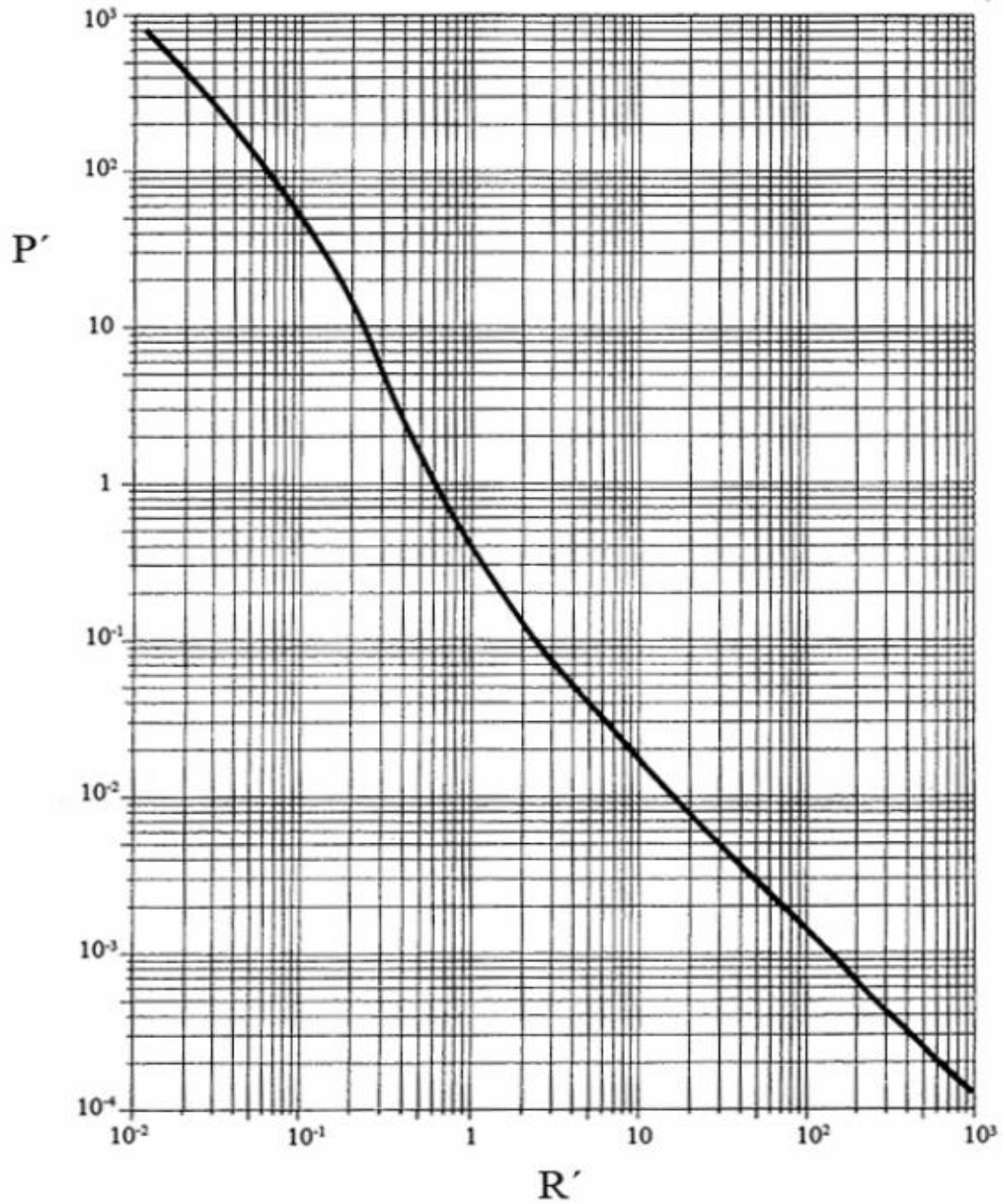
\*\*\* From Mollier Diagrams for Propane, W.C. Edmister, Standard Oil Co. (Indiana).

Provided by: Ely Energy Inc-USA Publication: C037 Published in: America	Proprietary Data of Ely Energy Inc. Not to be reproduced without permission Ely Energy Inc-2004	A Global Leader in LPG Energy Systems Fax: ++1918254 5412 Visit us: www.elyenergy.com
---	---	---



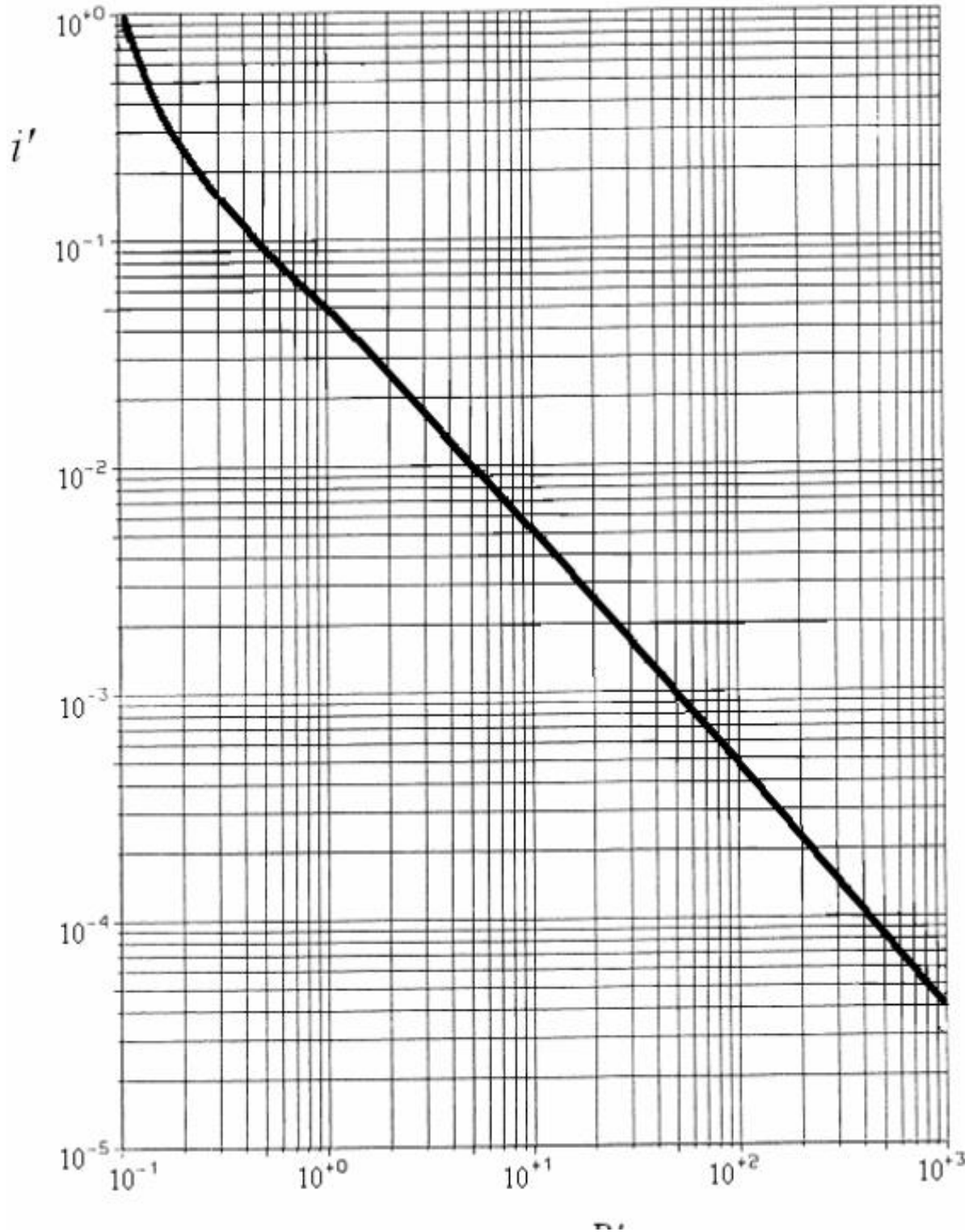
**Anexo 2:**

Grafica para la determinación de la sobrepresión escalada ( $P'$ ) vs a la distancia escalada ( $R'$ ).



**Anexo 3:**

Grafica para la determinación del impulso escalado ( $i'$ ) vs la distancia escalada ( $R'$ ).

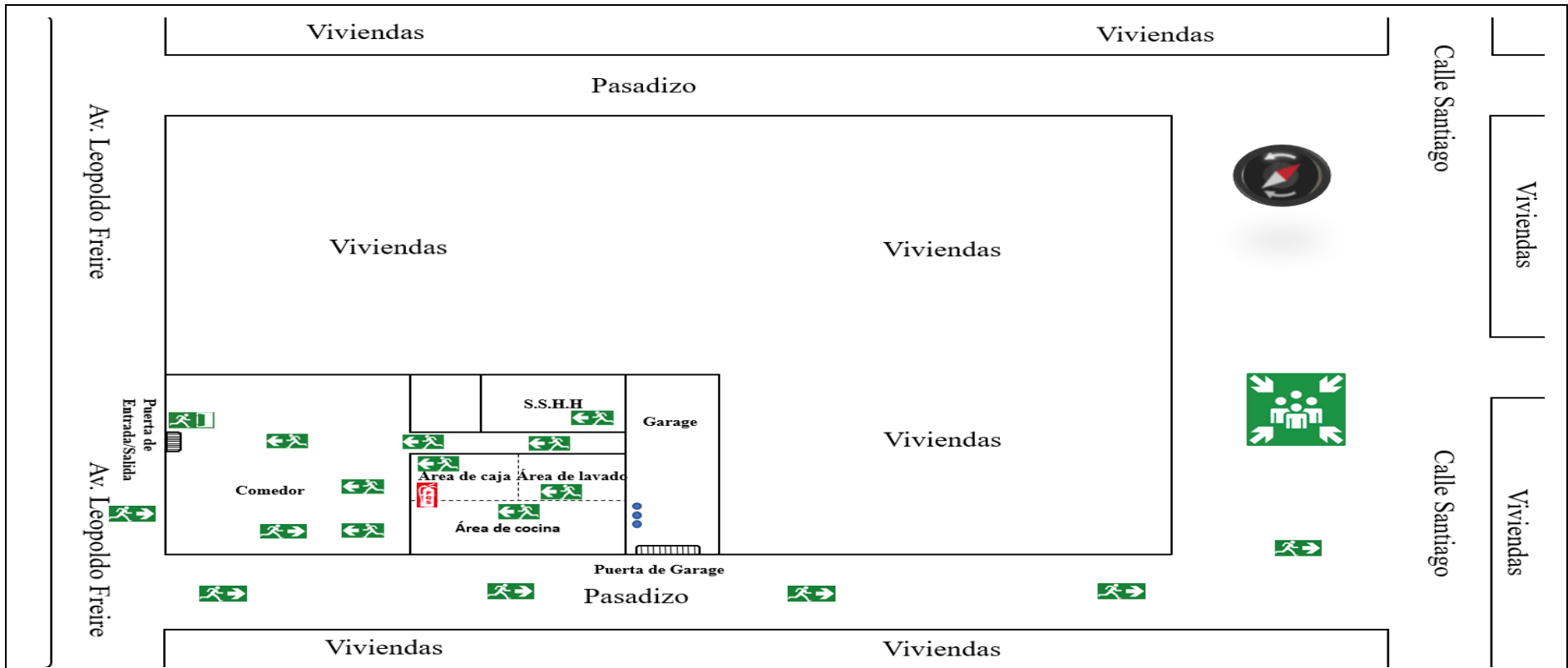


**Anexo 4:**

Relacion de valores Probit y porcentaje de edificios o poblacion afectada

<b>Probit (Y)</b>	<b>%</b>	<b>Probit (Y)</b>	<b>%</b>	<b>Probit (Y)</b>	<b>%</b>	<b>Probit (Y)</b>	<b>%</b>	<b>Probit (Y)</b>	<b>%</b>
0	0	4,23	22	4,85	44	5,41	66	6,18	88
2,67	1	4,26	23	4,87	45	5,44	67	6,23	89
2,95	2	4,29	24	4,9	46	5,47	68	6,28	90
3,12	3	4,33	25	4,92	47	5,5	69	6,34	91
3,25	4	4,36	26	4,95	48	5,52	70	6,41	92
3,36	5	4,39	27	4,97	49	5,55	71	6,48	93
3,45	6	4,42	28	5	50	5,58	72	6,55	94
3,52	7	4,45	29	5,03	51	5,61	73	6,64	95
3,59	8	4,48	30	5,05	52	5,64	74	6,75	96
3,66	9	4,5	31	5,08	53	5,67	75	6,88	97
3,72	10	4,53	32	5,1	54	5,71	76	7,05	98
3,77	11	4,56	33	5,13	55	5,74	77	7,33	99
3,82	12	4,59	34	5,15	56	5,77	78	7,37	99,1
3,87	13	4,61	35	5,18	57	5,81	79	7,41	99,2
3,92	14	4,64	36	5,2	58	5,84	80	7,46	99,3
3,96	15	4,67	37	5,23	59	5,88	81	7,51	99,4
4,01	16	4,69	38	5,25	60	5,92	82	7,58	99,5
4,05	17	4,72	39	5,28	60	5,95	83	7,65	99,6
4,08	18	4,75	40	5,31	62	5,99	84	7,75	99,7
4,12	19	4,77	41	5,33	63	6,04	85	7,88	99,8
4,16	20	4,8	42	5,36	64	6,08	86	8,09	99,9
4,19	21	4,82	43	5,39	65	6,13	87	>=8,10	100

**Anexo 5:** Propuesta de Via de Evacuacion para la empresa “Rodri Pollos”.



Simbologia					Elaborado por:	Dennis Acosta
Cilindro de Gas	Ruta de Evacuación	Punto de encuentro	Salida de emergencia	Extintor PQS	Empresa:	"Rodri Pollos"
					Dirección:	Av. Leopoldo Freire
					Fecha:	11/2/2022
					Ciudad:	Riobamba
					Provincia:	Chimborazo

