





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Afectación por Irradiación Térmica en la Estación de Servicios “Granja” en el  
cantón Pallatanga. Propuesta de un Plan de Emergencia

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Robalino Padilla, Anderson Eduardo

**Tutor:**

Ing. Manolo Alexander Córdova Suarez. Mg

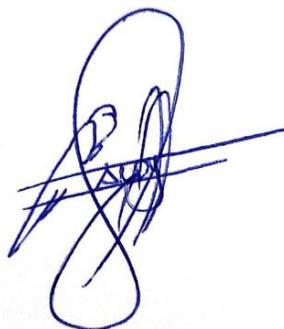
**Riobamba, Ecuador. 2022**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, ANDERSON EDUARDO ROBALINO PADILLA con cédula de ciudadanía 060523231-3, autor del trabajo de investigación titulado: Afectación por Irradiación Térmica en la Estación de Servicios “Granja” en el cantón Pallatanga. Propuesta de un Plan de Emergencia, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

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

En Riobamba, 04 de marzo de 2022.



---

Anderson Eduardo Robalino Padilla

C.I. 060523231-3

## DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

*en movimiento*



UNACH-RGF-01-04-08.11  
VERSIÓN 01: 06-09-2021

### ACTA FAVORABLE - INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En la Ciudad de Riobamba, a los 4 días del mes de Marzo de 2022, luego de haber revisado el Informe Final del Trabajo de Investigación presentado por el estudiante **Anderson Eduardo Robalino Padilla** con CC: **0605232313**, de la carrera de **Ingeniería Industrial** y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el **ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado "**Afectación por Irradiación Térmica en la Estación de Servicios "Granja" en el cantón Pallatanga. Propuesta de un Plan de Emergencia**", por lo tanto, se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes.



Firmado digitalmente por:  
**MANOLO ALEXANDER  
CORDOVA SUAREZ**

Mgs. Manolo Córdova  
**TUTOR (A)**

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Afectación por Irradiación Térmica en la Estación de Servicios “Granja” en el cantón Pallatanga. Propuesta de un Plan de Emergencia, presentado por Anderson Eduardo Robalino Padilla, con cédula de identidad número 060523231-3, 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 01 de junio de 2022.

Presidente del Tribunal de Grado

Mgs. Carlos Mesias Bejarano Naula



Firma

Miembro del Tribunal de Grado

Mgs. Fabian Fernando Silva Frey



Firma

Miembro del Tribunal de Grado

Mgs. José Vicente Soria Granizo



Firma

# CERTIFICADO ANTIPLAGIO



Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO



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

## CERTIFICACIÓN

Que, **Robalino Padilla Anderson Eduardo** con CC: **0605232313**, estudiante de la Carrera **de Ingeniería Industrial**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Afectación por Irradiación Térmica en la Estación de Servicios "Granja" en el cantón Pallatanga. Propuesta de un Plan de Emergencia**", cumple con el 6 %, 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



Verificado digitalmente por:  
**MANOLO ALEXANDER  
CORDOVA SUAREZ**

Ing. Manolo Córdova, Mg  
**TUTOR**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación se lo dedico a Dios por permitirme cumplir uno de mis más grandes sueños, por darme la sabiduría, el valor y la fortaleza para superar todas las adversidades presentadas a lo largo de mi vida universitaria.

A mis padres Wilson Robalino y Livia Padilla quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, superación y valentía.

A mi hermana Vanesa Robalino por el cariño y apoyo incondicional que me ha brindado en todo momento. A toda mi familia porque con sus consejos, palabras de aliento siempre me han motivado a ser mejor persona de una u otra manera siempre están presentes celebrando cada uno de mis logros. A mi tío Armando Padilla por ser una de las personas que me enseñó que ante cualquier obstáculo presentado en la vida se debe ver el lado positivo de las cosas y luchar para salir adelante, siempre mantenido una mente positiva y optimista, que Descanses en Paz tío tus enseñanzas siempre estarán presentes en mi corazón.

A mi enamorada Natali Lema, por el apoyo incondicional brindado a lo largo de mi vida universitaria, por los consejos, la paciencia y sobre todo por el amor que me brinda día a día y me motiva a seguir adelante.

A todos los docentes, compañeros y amigos que tuve el placer de conocer a lo largo de mi etapa como estudiante de la Universidad Nacional de Chimborazo.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecerle a Dios por permitirme compartir estos momentos únicos con mis seres queridos, de igual manera agradecer a mis padres y a mi hermana por ser los principales promotores de mis sueños gracias a ellos por confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias por enseñarme que cualquier sacrificio y esfuerzo tarde o temprano será recompensado, agradezco a mis maestros por haberme impartido sus conocimientos que perdurarán durante mi vida profesional. Me faltan las palabras para agradecerles por todo lo que han hecho por mí, los amo con todo mi corazón.

A mi familia por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida, por siempre estar presentes y pendientes en cada uno de mis sueños, por el cariño y el amor de familia que siempre me han sabido dar.

A la Universidad Nacional de Chimborazo por abrirme sus puertas y permitirme formar parte de esta gran familia universitaria, a todos mis docentes de la carrera de Ingeniería Industrial, gracias de todo corazón por guiarme a lo largo de toda la carrera, por enseñarme que ante de ser un excelente profesional se debe ser una excelente persona.

A mi tutor Ing. Manolo Córdova, por toda su asesoría y ayuda brindada para la realización de este proyecto de investigación a pesar de las adversidades presentadas.

Al ingeniero Fausto Granja por abrirme las puertas de su establecimiento, la Estación de Servicios “Granja” y permitirme realizar mi proyecto de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	3
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR .....	4
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL.....	5
CERTIFICADO ANTIPLAGIO.....	6
DEDICATORIA .....	7
AGRADECIMIENTO .....	8
ÍNDICE GENERAL .....	9
ÍNDICE DE TABLAS .....	15
ÍNDICE DE FIGURAS.....	19
ÍNDICE DE ANEXOS .....	20
RESUMEN .....	22
ABSTRACT.....	24
CAPÍTULO I .....	25
1.1. Introducción .....	25
1.2. Planteamiento del Problema.....	27
1.3. Justificación .....	27
1.4. Objetivos... ..	30
1.4.1. Objetivo General.....	30
1.4.2. Objetivos específicos .....	30

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	31
2.1. Antecedentes .....	31
2.2. Fundamentación legal .....	32
2.3. Fundamentación teórica .....	33
2.3.1. Seguridad Industrial .....	33
2.3.2. Accidentes mayores .....	33
2.3.3. Incendio.....	33
2.3.4. Comburente.....	34
2.3.5. Combustible .....	34
2.3.6. Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE).....	34
2.3.7. Condiciones para que se produzca una explosión BLEVE.....	35
2.3.8. Onda electromagnética.....	35
2.3.9. Radiación no Ionizante .....	35
2.3.10. Radiación Ionizante .....	35
2.3.11. Radiación térmica .....	36
2.3.12. Consecuencias de una BLEVE .....	36
2.3.13. Quemaduras .....	37
2.3.14. Tipos de quemaduras .....	37
2.3.15. Evaluación de la radiación térmica .....	38
2.3.16. Método PROBIT.....	41

2.3.17. Normativa SEVESO .....	43
2.3.18. Zona de afectación .....	43
2.3.19. Plan de Emergencia.....	43
2.3.20. Estación de Servicios .....	44
2.3.21. Tanque de Almacenamiento de Líquidos Combustibles .....	44
2.3.22. Medidor de Estrés Térmico.....	45
2.3.23. Temperatura Ambiental .....	45
2.3.24. Humedad Relativa.....	45
 CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....	 46
3.1. Tipo de Investigación.....	46
3.2. Diseño de la Investigación .....	46
3.3. Técnicas de recolección de datos .....	46
3.3.1. Observación directa .....	47
3.3.2. Hoja de recolección de datos .....	47
3.3.3. Hoja de Cálculo (Excel).....	47
3.4. Unidad de análisis .....	47
3.4.1. Población de estudio .....	47
3.4.2. Tamaño de la muestra .....	47
3.5. Métodos de análisis .....	48
3.5.1. Identificación de las condiciones constructivas de la bodega.....	48

3.5.2.	Cálculo de la irradiación térmica recibida .....	50
3.5.3.	Determinación del porcentaje de personas afectadas mediante el método PROBIT.....	51
3.5.4.	Delimitación de las zonas de afectación .....	51
3.5.5.	Propuesta del Plan de Emergencia.....	53
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		54
4.1.	Condiciones constructivas de la Bodega de almacenamiento de los tanques de combustible.....	54
4.2.	Cálculo de la irradiación térmica recibida .....	56
4.2.1.	Cálculo de irradiación térmica en el tanque de almacenamiento de Diésel Premium.....	56
4.2.2.	Cálculo de irradiación térmica en el tanque de almacenamiento de Gasolina Súper.....	59
4.2.3.	Cálculo de irradiación térmica en el tanque de almacenamiento de Gasolina Extra.....	61
4.2.4.	Cálculo general de irradiación térmica recibida .....	64
4.3.	Resultado del cálculo del porcentaje de personas afectadas mediante el método PROBIT ..	65
4.3.1.	Resultado del cálculo del tiempo de exposición efectiva .....	65
4.3.2.	Cálculo de afectación producida por un incendio en el tanque de almacenamiento de Diésel Premium .....	66

4.3.3. Cálculo de afectación producida por un incendio en el Tanque de Almacenamiento de Gasolina Súper.....	70
4.3.4. Cálculo de afectación por un incendio en el Tanque de Almacenamiento Extra.....	75
4.3.5. Cálculo de afectación producida por un incendio general .....	80
4.4. Zonas de afectación por incendio tipo BLEVE.....	85
4.4.1. Zonas de afectación por un incendio tipo BLEVE generado en el tanque de Diésel Premium .....	86
4.4.2. Zonas de afectación por un incendio tipo BLEVE generado en el tanque de Gasolina Súper.....	87
4.4.3. Zonas de afectación por incendio tipo BLEVE generado en el tanque de Gasolina Extra	88
4.4.4. Zonas de afectación por un incendio general tipo BLEVE.....	89
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	90
5.1. Conclusiones .....	90
5.2. Recomendaciones .....	92
<u>CAPÍTULO VI: PROPUESTA.....</u>	93
6.1. Propuesta del Plan de Emergencia ante un Incendio Tipo BLEVE en la Estación de Servicios “Granja”.....	93
6.1.1. Datos Generales .....	93
6.1.2. Objetivos del Plan.....	96

6.1.3. Descripción de la Actividad.....	96
6.1.4. Descripción de la Infraestructura .....	97
6.1.5. Análisis de recursos .....	100
6.1.6. Descripción de los alrededores del local.....	102
6.1.7. Identificación de riesgos .....	103
6.1.8. Plan de reducción de riesgos.....	119
6.1.9. Plan operativo y organizacional.....	122
6.1.10. Organización.....	128
6.1.11. Guía y recursos para la evacuación.....	134
6.1.12. Coordinación para la asistencia en caso de emergencia .....	138
BIBLIOGRAFÍA .....	139
ANEXOS .....	143

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Máxima Radiación Tolerable para personas.....	36
<b>Tabla 2</b> Modelo de hoja de registro para la recolección de los datos constructivos de la bodega .....	49
<b>Tabla 3</b> Modelo de hoja de registro para las especificaciones técnicas de los tanques de almacenamiento .....	49
<b>Tabla 4</b> Modelo de registro de las especificaciones técnicas de los combustibles. ....	50
<b>Tabla 5</b> Valores Umbrales para Determinar una Zona de Intervención .....	52
<b>Tabla 6</b> Valores Umbrales para Determinar una Zona de Alerta.....	52
<b>Tabla 7</b> Condiciones constructivas de la bodega de tanques de almacenamiento de combustible .....	54
<b>Tabla 8</b> Especificaciones técnicas de los tanques .....	55
<b>Tabla 9</b> Especificaciones Técnicas de los Combustibles .....	55
<b>Tabla 10</b> Datos termo higrométricos de la bodega de tanques de almacenamiento de combustibles .....	56
<b>Tabla 11</b> Datos y valores constantes para el cálculo de Irradiación Térmica .....	56
<b>Tabla 12</b> Resultado del cálculo de la duración de la bola de fuego(t) en el Tanque de Diésel Premium.....	57
<b>Tabla 13</b> Resultado del cálculo de Radiación Térmica Recibida (I).....	57
<b>Tabla 14</b> Resultado del cálculo de la duración de la bola de fuego(t) en el Tanque de Gasolina Súper .....	59
<b>Tabla 15</b> Resultado del cálculo de Radiación Térmica Recibida (I).....	60

<b>Tabla 16</b> Resultado del cálculo de la duración de la bola de fuego (t), en el Tanque de Gasolina Extra.....	62
<b>Tabla 17</b> Resultado del cálculo de Radiación Térmica Recibida (I).....	62
<b>Tabla 18</b> Resultado del cálculo de Radiación Térmica Recibida (I) por los 5 tanques de almacenamiento .....	64
<b>Tabla 19</b> Resultado del cálculo del tiempo de exposición efectivo .....	66
<b>Tabla 20</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales usando ropa de protección.....	66
<b>Tabla 21</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales sin usar ropa de protección.....	67
<b>Tabla 22</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de 2° grado.....	68
<b>Tabla 23</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de primer grado.....	69
<b>Tabla 24</b> Resultado del Porcentaje de mortalidad por Radiación térmica .....	70
<b>Tabla 25</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales usando ropa de protección.....	71
<b>Tabla 26</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales sin ropa de protección.....	72
<b>Tabla 27</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de 2° grado.....	73
<b>Tabla 28</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de primer grado.....	74
<b>Tabla 29</b> Resultado del Porcentaje de Mortalidad por Irradiación Térmica .....	75
<b>Tabla 30</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales con ropa de protección.....	76

<b>Tabla 31</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales sin ropa de protección.....	77
<b>Tabla 32</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de 2° grado.....	78
<b>Tabla 33</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de primer grado.....	79
<b>Tabla 34</b> Resultado del Porcentaje de mortalidad por Irradiación térmica.....	80
<b>Tabla 35</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales con ropa de protección.....	81
<b>Tabla 36</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales sin ropa de protección.....	82
<b>Tabla 37</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de 2° grado.....	83
<b>Tabla 38</b> Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de primer grado.....	84
<b>Tabla 39</b> Resultado del Porcentaje de mortalidad por Irradiación Térmica .....	85
<b>Tabla 40</b> Zonas de Afectación por incendio tipo BLEVE .....	86
<b>Tabla 41</b> Datos generales de la gasolinera .....	93
<b>Tabla 42</b> Capacidad de carga de la infraestructura .....	97
<b>Tabla 43</b> Descripción de las áreas de la gasolinera.....	97
<b>Tabla 44</b> Personal de la gasolinera.....	100
<b>Tabla 45</b> Listado del personal de la gasolinera.....	101
<b>Tabla 46</b> Recursos y equipos de la gasolinera .....	101
<b>Tabla 47</b> Recursos de la gasolinera.....	103
<b>Tabla 48</b> Extintores pertenecientes a la gasolinera .....	103
<b>Tabla 49</b> Datos del vehículo de la gasolinera .....	104
<b>Tabla 50</b> Identificación de amenazas .....	104

<b>Tabla 51</b> Simbología .....	104
<b>Tabla 52</b> Valor obtenido del Método FEMA 154 .....	113
<b>Tabla 53</b> Resultado del Método FEMA 154 .....	113
<b>Tabla 54</b> Valor obtenido del Método MESERI .....	113
<b>Tabla 55</b> Resultado del Método MESERI.....	113
<b>Tabla 56</b> Priorización de la amenaza .....	115
<b>Tabla 57</b> Matriz de vulnerabilidad institucional .....	115
<b>Tabla 58</b> Análisis de vulnerabilidad.....	116
<b>Tabla 59</b> Matriz de riesgos.....	116
<b>Tabla 60</b> Resultado de la irradiación térmica recibida por un incendio general.....	117
<b>Tabla 61</b> Especificación del riesgo .....	118
<b>Tabla 62</b> <i>Porcentaje de mortalidad por Irradiación Térmica en un incendio General</i> .....	118
<b>Tabla 63</b> Capacitaciones propuestas .....	122
<b>Tabla 64</b> Clasificación y uso de extintores .....	126
<b>Tabla 65</b> Conformación de las Brigadas .....	128
<b>Tabla 66</b> Tiempos de evacuación.....	135
<b>Tabla 67</b> Simulacros propuestos .....	137
<b>Tabla 68</b> Coordinación para la asistencia en caso de emergencia. ....	138

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Flujograma de actividades.....	48
<b>Figura 2</b> Irradiación térmica Recibida vs distancia en el Tanque de Diésel Premium .....	58
<b>Figura 3</b> Irradiación térmica Recibida vs distancia en el Tanque de Gasolina Súper .....	61
<b>Figura 4</b> Irradiación térmica recibida vs distancia en el tanque de Gasolina Extra.....	63
<b>Figura 5</b> Radiación térmica recibida de manera general vs distancia.....	65
<b>Figura 6</b> Zonas de Afectación por un incendio generado por el tanque de Diésel Premium.....	86
<b>Figura 7</b> Zonas de afectación por incendio generado en el tanque de Gasolina Súper.....	87
<b>Figura 8</b> Zonas de Afectación por incendio generado en el tanque de Gasolina Extra .....	88
<b>Figura 9</b> Zonas de Afectación correspondientes a un incendio general de los 5 tanques.....	89
<b>Figura 10</b> Organigrama de la gasolinera.....	100
<b>Figura 11</b> Ubicación de la gasolinera .....	102
<b>Figura 12</b> Mapa de amenazas por Inundaciones .....	106
<b>Figura 13</b> Mapa de amenazas por sequías .....	107
<b>Figura 14</b> Mapa de amenazas por eventos peligrosos.....	108
<b>Figura 15</b> Mapa de Afectación por Incendio generado por el tanque de Diésel Premium .....	109
<b>Figura 16</b> Mapa de Afectación por Incendio generado por el tanque de Gasolina Súper .....	110
<b>Figura 17</b> Mapa de Afectación por Incendio generado por el tanque de Gasolina Extra .....	111
<b>Figura 18</b> Mapa de Afectación por Incendio generado por todos los tanques.....	112
<b>Figura 19</b> Diagrama de flujo del protocolo contra incendios. ....	123
<b>Figura 20</b> Organigrama de las brigadas. ....	128

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Modelos de registro para la recolección de datos termo higrométricos.....	143
<b>Anexo 2</b> Tabla de Presión de vapor.....	144
<b>Anexo 3</b> Porcentajes de personas afectadas. Método PROBIT.....	144
<b>Anexo 4</b> Mapa de evacuación propuesto.....	145
<b>Anexo 5</b> Evidencias Fotográficas.....	146
<b>Anexo 6</b> Método FEMA 154.....	149
<b>Anexo 7</b> Metodo MESERI.....	151
<b>Anexo 8</b> Registro de datos termo higrométricos.....	152
<b>Anexo 9</b> Certificado de calibración del medidor de estrés térmico.....	155
<b>Anexo 10</b> Certificados de pruebas, inspecciones y especificaciones técnicas de los tanques de almacenamiento.....	157
<b>Anexo 11</b> Cálculos de datos termo higrométricos (realizados en Excel).....	163
<b>Anexo 12</b> Cálculos de irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en los Tanques de Diesel Premium (realizados en Excel).....	163
<b>Anexo 13</b> Cálculos de irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en el Tanques de Gasolina Super (realizados en Excel).....	165
<b>Anexo 14</b> Cálculos de irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en el Tanques de Gasolina Extra (realizados en Excel).....	166
<b>Anexo 15</b> Cálculos de irradiación térmica por incendio tipo BLEVE de los 5 tanques de almacenamiento (realizados en Excel).....	167
<b>Anexo 16</b> Cálculo del Tiempo de Exposición Efectivo (realizado en Excel).....	168

<b>Anexo 17</b> Cálculos de afectación por irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en el Tanque de Diesel Premium. Método PROBIT (realizados en Excel) .....	169
<b>Anexo 18</b> Cálculos de afectación por irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en el Tanque de Gasolina Super. Método PROBIT (realizados en Excel).....	170
<b>Anexo 19</b> Cálculos de afectación por irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en el Tanque de Gasolina Extra. Método PROBIT (realizados en Excel) .....	171
<b>Anexo 20</b> Cálculos de afectación por irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en los 5 tanques de almacenamiento. Método PROBIT (realizados en Excel) .....	172

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se lo realizó en la Estación de Servicios “Granja” ubicada en el cantón Pallatanga, en la que se determinó las zonas de afectación por irradiación térmica al generarse un incendio tipo BLEVE en los tanques de almacenamiento de líquido combustible en el establecimiento y se propuso un plan de emergencia ante incendios para mitigar y prevenir y reducir los daños hacia las personas y el establecimiento. El diseño de la investigación fue no experimental, de campo, de tipo inductivo, cualitativo y cuantitativo. Se trabajó con una población de 9 personas las cuales son el total de trabajadores de la gasolinera y por ende la población total fue la muestra de estudio. La Gasolinera cuenta con 5 tanques de almacenamiento de combustibles de los cuales 3 son de Diésel Premium, uno de gasolina súper y otro de gasolina extra, cada uno de los contenedores tiene una capacidad máxima de  $37,85 m^3$ . Mediante la NTP 293: Explosiones BLEVE (I) se calculó la irradiación térmica que recibirían las personas al generarse un incendio provocado por los 5 tanques de almacenamiento la radiación térmica es de  $5.18 kw/m^2$  a una distancia de 750m. En base al método PROBIT se calculó el porcentaje de personas afectadas por la radiación térmica recibida, obteniendo que el 100% de la población a una distancia de 500m a la redonda resultaría afectada por quemaduras mortales, con una mortalidad del 74%. Finalmente, por medio de la normativa SEVESO y la NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit, se estableció las zonas de afectación, dando como que resultado que la zona de intervención es de 763 m, mientras que la zona de alerta es de 980 m a la redonda. Con todos los resultados obtenidos se elaboró y se propuso un plan de emergencia ante un incendio tipo BLEVE.

**Palabras claves:** irradiación térmica, Incendio tipo BLEVE, método PROBIT, zonas de afectación, plan de emergencia.

## ABSTRACT

The present document is the outcome of the research at the filling station "Granja" in Pallatanga, in which areas affected by thermal irradiation determined when BLEVE type fire took place in the fuel liquid storage tanks, and an emergency fire plan proposed to mitigate, prevent, and reduce the damage to people and the establishment. The research design was non-experimental, field-based, inductive, qualitative, and quantitative. The population and sample of this study were all gas station workers (9 people). The gas station has five fuel storage tanks, of which three are for premium diesel, one for super gasoline, and one for extra, each with a maximum capacity of  $37.85\text{ m}^3$ . Using Technical Prevention Note (NTP) 293: BLEVE Explosions (I), the thermal radiation that people would receive in the event of a fire in the five storage tanks were analyzed, with the result that at a distance from 750 m the thermal radiation to which they would be exposed is  $5.18\text{ kw/m}^2$ . Based on the PROBIT method, the percentage of people affected analyzed by thermal radiation received, obtaining 100% of the population within a distance from 500 m would be affected by fatal burns with a mortality rate of 74%. Finally, by employing the SEVESO regulations and NTP 291: Models of the vulnerability of people due to severe accidents: PROBIT method, the areas affected determined, delimiting the intervention zone at 763 m from the point of origin of the fire, while the alert zone is 980 m around. Based on the results, it was prepared and proposed an emergency plan for a BLEVE-type.

**Keywords:** thermal irradiation, BLEVE fire, PROBIT method, affected areas, emergency plan.



Firmado electrónicamente por:

**JHON JAIRO  
INCA**

Reviewed by:

Lcdo. Jhon Inca Guerrero.

**ENGLISH PROFESSOR**

C.C. 0604136572

# CAPÍTULO I

## 1.1.Introducción

En la actualidad la mayoría de factores de riesgos que son causantes de accidentes laborales se encuentran identificados, medidos, evaluados y cuentan con sus respectivas medidas de prevención, sin embargo, existen los accidentes mayores, los cuales pueden ser de origen natural (sismos, erupciones volcánicas, etc.) o antrópico, tal es el caso de un incendio, siendo este el tema principal a tratar en esta investigación, ya que una estación de servicios (gasolinera) al tener como principal actividad económica el almacenamiento y venta de líquidos combustibles en elevadas cantidades esta propensa a sufrir accidentes graves, entre todas estas posibilidades se pretende estudiar la irradiación térmica que se puede generar por medio de una BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explotion) que traducida al español es Expansión Explosiva del Vapor de un Líquido en Ebullición; lo cual según la NTP 293: Explosiones BLEVE (I), es un tipo de explosión o estallido producido en un recipiente de almacenamiento a gran presión en el que se da un escape súbdito hacia la atmosfera en forma de una inmensa masa de líquido o gas licuado a presión sobrecalentada (Bestratén & Turmo, 1992).

La gasolinera en la que se realizó el estudio cuenta con 5 tanques de almacenamiento de combustible con una capacidad de 10 000 galones por contenedor, en el caso de producirse una atmosfera explosiva por la sobrepresión de los tanques se puede dar origen a una BLEVE y esta traería consigo una serie de desastres y afectaciones hacia las instalaciones, trabajadores y personas que se encuentren en el establecimiento y a sus alrededores, tal como lo sucedido en el año 2014 en la ciudad de Quito donde se produjo un incendio por fallas en el sistema de mantenimiento (El Comercio, 2014), o lo acontecido en Machala en la que una falla humana genero una leve deflagración (El Universo, 2020), de estos dos acontecimientos el primero fue el más alarmante

pues los trabajadores presentaron quemaduras de primer y segundo grado, las casa aledañas sufrieron leves afectaciones y un trabajador falleció a causa de una infección en sus órganos debido a las quemaduras que presentaba.

Esta investigación es de campo y bibliográfica con carácter inductivo pues parte de teorías generales para aplicarlas a un caso en particular(Grajales, 2000), cuantitativo ya que se utilizan ecuaciones matemáticas como lo es el método Probit para determinar el porcentaje de personas afectadas por la radiación térmica, cualitativa ya que por medio de los resultados de radiación térmica recibida se establecen las zonas de afectación. Por otro lado, tiene un diseño no experimental ya que la investigación no cuenta con variables de estudio, y transversal puesto que toda la investigación se la realizó en un periodo de 6 meses.

La investigación tiene como objetivo determinar las zonas de afectación por irradiación térmica por lo que se calculó la radiación térmica que genera un incendio tipo BLEVE, el porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales empleando el método Probit y con los resultados obtenidos, por medio de la Normativa SEVESO de España se establecieron las zonas de intervención y alerta, todo esto en función al tipo de combustible que expende la gasolinera. Por último, se elaboró y propuso un plan de emergencia basado en los datos y resultados calculados para que tanto el propietario del establecimiento y sus trabajadores sepan cómo prevenir y actuar ante una emergencia generada por un incendio, beneficiando así a los trabajadores, empleadores, infraestructura, bienes de la instalación y a la población que se encuentre dentro del rango de afectación.

## **1.2.Planteamiento del Problema**

A nivel nacional existe una falta de información y casos relacionados a incendios tipo BLEVE, las afectaciones que se producen por la irradiación térmica y la delimitación de las zonas afectadas, de igual manera en los distintos formatos y planes de emergencia enfocados a incendios no se toma en cuenta los niveles de radiación térmica a las que las personas se verían expuestas en un incendio o las afectaciones que se generarían.

La Estación de Servicios “Granja” ubicada en el Cantón Pallatanga se encuentra en un lugar estratégico para el despacho de combustible y a sus alrededores se ubican negocios tales como: una vulcanizadora, una lavadora exprés de autos, restaurantes y hogares en un rango de 1000 metros a la redonda, los cuales al momento de generarse un incendio se verían afectados por los niveles de radiación térmica a la que se expongan.

La gasolinera actualmente no cuenta con un plan de emergencia y contingencia lo cual es muy riesgoso, puesto que al almacenar y expender líquidos combustibles que son altamente inflamables se puede dar origen a un incendio a gran escala y consigo la emisión de radiación térmica, la cual generaría quemaduras mortales a los despachadores de combustibles, a las personas que se encuentren en el establecimiento, la población y las distintas edificaciones situadas a sus alrededores, el grado de las quemaduras y el porcentaje de afectados dependerá de la distancia a la que se encuentren del punto de origen del incendio y en el peor de los casos las personas más cercanas fallecerían a causa de la irradiación térmica recibida.

## **1.3.Justificación**

A lo largo de los años se han presentado pequeños accidentes relacionados con incendios en gasolineras, tal como el que sucedió en el año 2014 en la provincia de Pichincha ya que se

suscitó un incendio en la Gasolinera Petrocóndor, según (El Telegrafo, 2014), el teniente coronel de los bomberos informo que la aparente causa del incendio seria por una falla humana en el sistema de mantenimiento, además que varios de los trabajadores resultaron con quemaduras de segundo y tercer grado en sus manos y rostros, y en cuanto a las viviendas aledañas debido a la explosión hubo afectaciones en los ventanales. Por otra parte según (El Comercio, 2014) un trabajador falleció a causa de una infección de sus órganos y por sus quemaduras de tercer grado en más del 50% de su cuerpo, en otras palabras la irradiación térmica a la que se expuso el decesado fue sumamente elevada a las que una persona puede tolerar  $4 \text{ kW/m}^2$ . Otro evento similar sucedió en una gasolinera ubicada en Machala, en el año 2020 se produjo una pequeña deflagración, en base a lo manifestado por una persona perteneciente al cuerpo de bomberos de la zona, se generó una a acumulación de gases lo que provocó una combustión sumamente rápida, pero sin explosión debido a que todo sucedió en el área de descarga. (El Universo, 2020), es preciso destacar que lo sucedido fue por causa del uso de un teléfono celular en el área de descarga de combustible. Todo esto hace referencia a una explosión generada por un escape y acumulación de gases o líquidos combustibles dentro del área de almacenamiento en el que se estaba trabajando en ese momento, en otras palabras, se generó un efecto tipo BLEVE.

Ante todos estos eventos suscitados en el país por causas totalmente distintas es necesario determinar la afectación por irradiación térmica al momento de producirse un incendio tipo BLEVE en los distintos tanques de almacenamiento, lo que generaría quemaduras al personal que labora en las instalaciones, las personas que acuden al establecimiento y a la población e infraestructuras que se radican en zonas aledañas (1000 m) al punto de origen de la explosión, todo esto se lo realizara en base a la radiación térmica recibida por medio del método PROBIT y la

Directiva SEVESO, con los datos y resultados obtenidos se elaborará un plan de emergencia para la gasolinera.

Por medio de un plan de emergencia se pretende prevenir y establecer las zonas de afectación por un incendio tipo BLEVE y por ende la irradiación térmica emanada hacia la población ubicada en el rango de afectación, de tal manera que la importancia de este estudio radica en la creación de medidas de control y prevención para disminuir al máximo las afectaciones que se podrían generar.

## **1.4.Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo General***

Proponer un plan de emergencia para atenuar la afectación por irradiación térmica en la Estación de Servicios “Granja” en el Cantón Pallatanga

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Identificar las condiciones constructivas en la bodega y tanques de almacenamiento de combustible de la Estación de Servicios Granja Pallatanga.
- Calcular la irradiación térmica y la afectación a las personas mediante el método de PROBIT.
- Establecer las áreas afectadas por irradiación térmica en base a la Normativa SEVESO.
- Desarrollar un plan de emergencia enfocado en un incendio tipo BLEVE en la Estación de Servicios “Granja” Pallatanga.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

**Simulación numérica de BLEVE de mediana a gran escala y la predicción de la onda expansiva de BLEVE en un entorno obstruido.** Realizada por: Jingde Li & Hong Hao; Australia en el año 2020, en la que se planteó como objetivo la predicción de la presión máxima y el estudio de la interacción de las ondas de choque con la estructura, llegando a la conclusión que la distancia entre el centro de explosión y el obstáculo influye significativamente en la presión máxima en la pared del obstáculo, lo que indica que aumentar la distancia de separación entre los tanques en un grupo de tanques es muy efectivo para mitigar la carga explosiva en y detrás del tanque adyacente. (Li & Hao, 2021)

**Evaluación del nivel de riesgo de incendio y explosión en las estaciones de servicio de combustible del cantón Loja en el 2019, a través del método Índice Dow y la estimación de las zonas de amenaza con el software informático ALOHA.** Realizada por: Richard Gálvez Gonzáles; Cuenca-Ecuador en el año 2020, en la que se buscó evaluar el riesgo de incendio y explosión en las estaciones de servicio de combustible del cantón Loja en el 2019, a través del método Índice Dow y software ALOHA; y, estructurar y aplicar una matriz de verificación de cumplimiento técnico y legal; con lo cual se aportará en la prevención de la seguridad de los trabajadores, usuarios y de la comunidad de la zona de influencia de las estaciones de servicio, esta investigación fue de carácter cuantitativo descriptivo, lo que permitió realizar la evaluación de riesgo de incendio y explosión, a través del método Índice Dow y estimar las zonas de amenaza con el software informático ALOHA en todas las estaciones de servicio de combustible del cantón Loja. Concluyendo que en caso de un accidente de tipo BLEVE se determina que existiría una amenaza dentro de los primeros 60 segundos de daño potencialmente grave (zona roja) a las

personas en un radio que va desde los 249 m. hasta los 339 m. alrededor de las estaciones de combustible del cantón Loja.(Gálvez, 2020)

## **2.2. Fundamentación legal**

En el Ecuador no existe una legislación que se encargue de la regulación de irradiación térmica en incendios de tipo BLEVE, por lo que para el desarrollo de la investigación se empleó normativa internacional, tal es el caso de las Notas Técnicas de Prevención (NTP) elaboradas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (I.N.S.H.T.).

- NTP 293: Explosiones BLEVE (I): evaluación de la radiación térmica. Empleada para el estudio teórico del fenómeno en el que se analizó las condiciones y conciencias que se producen por una BLEVE. (Bestratén & Turmo, 1992)
- NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases. En este documento se empleó para el estudio de la irradiación térmica de incendios sin que varié el tiempo ni la incidencia del viento, de igual manera establece la radiación máxima que una persona puede tolerar.(Turmo, 1991)
- NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas, por accidentes mayores: método Probit. Esta nota técnica se la empleo para determinar el porcentaje de población afectada por radiación térmica. Además, se la empleo para establecer las zonas de afectación. (Turmo, 2013)
- Normativa Seveso. Se la utilizo para determinar las zonas de afectación juntamente con la NTP 291 y el Real Decreto 1196/2003.

## **2.3. Fundamentación teórica**

### ***2.3.1. Seguridad Industrial***

Es la disciplina enfocada en el estudio de los riesgos y las condiciones materiales relacionadas con el trabajo, es decir estudia y analiza de las condiciones de seguridad de los puestos de trabajo, la adecuación de máquinas y equipos empleados, la electricidad o los incendios. (Navarro, 2019)

### ***2.3.2. Accidentes mayores***

Son eventos imprevistos que se encuentran relacionados con accidentes y situaciones excepcionales, sus consecuencias pueden presentar una especial gravedad hacia las personas y el ambiente, puesto que la rápida expulsión de productos peligrosos o de energía es capaz de afectar a áreas considerables. (Falagan et al., 2000)

### ***2.3.3. Incendio***

Según la Academia Nacional de Bomberos de Chile en su guía de Auto instrucción N°1(S. Albornoz et al., 2016), se define como incendio al fuego que se encuentra fuera de control, es decir se encuentra en grandes proporciones y aumenta de manera significativa causando daños materiales, económicos, alteración del ambiente y en el peor de los caos la pérdida de vidas humanas.

#### **2.3.4. Comburente**

Se hace alusión a comburente como toda sustancia que da inicio al desarrollo de la combustión, es decir todo elemento con propiedades físico químicas necesarias para iniciar y sostener un proceso de ignición. (Gálvez, 2020)

#### **2.3.5. Combustible**

Sustancia que emite o desprende energía por combustión controlada o escisión nuclear capaz de plasmar su contenido energético en trabajo, es también cualquier sustancia capaz de arder en determinadas condiciones (necesitará un comburente y una energía de activación)(Esparza, n.d.)

#### **2.3.6. Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE)**

Según la NTP 293: Explosiones BLEVE (I). La BLEVE es un suceso especial de estallido catastrófico de un contenedor a presión en el que ocurre un escape súbito a la atmósfera de una gran masa de líquido sobrecalentado. (Bestratén & Turmo, 1992)

Por otro lado, se puede originar una BLEVE a causa de un incendio externo muy cercano a los contenedores, al mantenerse la transferencia de calor entre el recipiente y el incendio este debilita la estructura y provoca una ruptura del contenedor dando como resultado una fuga del líquido combustible e inflamable el cual cambiara de estado en cuestión de segundos a vapor, lo que generaría una bola de fuego. (Bestratén & Turmo, 1992)

### **2.3.7. Condiciones para que se produzca una explosión BLEVE**

Para que se origine una explosión BLEVE tienen que concurrir ciertas condiciones las cuales son interdependientes entre sí:

1. Producto en estado líquido sobrecalentado; en otras palabras, el líquido debe estar a temperaturas sumamente elevadas en comparación a las que normalmente está en condiciones de presión de vapor normales.
2. Bajada súbita de la presión (isoentrópica) en el interior del recipiente; es decir mientras más elevada sea la caída de presión mayor será el efecto de una BLEVE. (Bestratén & Turmo, 1992)

### **2.3.8. Onda electromagnética**

Una onda electromagnética es aquella que transportan energía de tipo radioeléctrica a distancias y estas a su vez se encuentran constituidas por un campo eléctrico y uno magnético. (Frizzera, 2007)

### **2.3.9. Radiación no Ionizante**

Las radiaciones de origen artificial proceden de diversos artefactos creados por el hombre y pueden ser producidas por equipos radioeléctricos o no. (Frizzera, 2007)

### **2.3.10. Radiación Ionizante**

Hace alusión a las ondas electromagnéticas de frecuencia extremadamente elevada (rayos X y gamma), que contienen energía fotónica suficiente para producir la ionización mediante la ruptura de los enlaces atómicos, y afectar así el estado natural de los tejidos vivos. (Frizzera, 2007)

### 2.3.11. Radiación térmica

Es un tipo de radiación electromagnética presente en la región infrarroja de un espectro electromagnético y una parte de esta se encuentra en la región visible, este tipo de radiación no requiere de ningún medio para la transferencia de energía, además esta transferencia es más rápida y no sufre atenuación en el vacío. (Connor, 2019)

**Irradiación.** Hace referencia a la emisión de radiación de tipo térmica, luminosa, magnética, etc.

**Radiación tolerable para materiales y personas.** En base a la NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases (Turmo, 1991), los valores máximos de irradiación que pueden tolerar las personas se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Máxima Radiación Tolerable para personas*

<b>Personas</b>	<b>Irradiación térmica kW/m<sup>2</sup></b>
Durante 20 s, sin quemaduras.....	6,5*
Bomberos y personas protegidas.....	4,7
Personas desprotegidas .....	4,0

*Nota.* \*Los valores presentados son obtenidos de la NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases(Turmo, 1991).

El límite máximo de radiación térmica que una persona puede soportar se encuentra entre los valores de 4 y 5 kW/m<sup>2</sup>. (Turmo, 1991)

### 2.3.12. Consecuencias de una BLEVE

El impacto más importante en el caso de una BLEVE originado por una sustancia inflamable es la radiación térmica desprendida por medio de una bola de fuego. La energía

liberada en cortos lapsos de tiempo suele imposibilitar la huida de las personas que se encuentran a su alrededor. Esta radiación crece de forma exponencial desde su inicio y se suma a los daños causados por la explosión mecánica que proviene del estallido del propio recipiente.(Chen Ho, 2014)

### ***2.3.13. Quemaduras***

Las quemaduras son daños que se generan en el tejido del cuerpo debido al contacto de este con elementos físicos (noxas térmicas, eléctricas y radiantes), elementos químicos y biológicos. (Castillo D., 2003)

### ***2.3.14. Tipos de quemaduras***

La clasificación de las quemaduras se la realiza de acuerdo a la profundidad y la extensión que estas presenten, es así que la NTP 524: Primeros auxilios: quemaduras (Moline & Sole, 1999), las categoriza de la siguiente manera:

**2.3.14.1. Quemaduras de primer grado.** También llamadas de tipo “A” o ERITEMA, son lesiones de grosor parcial y afecta únicamente a la capa superficial de la piel, epidermis y generando un leve enrojecimiento en la piel.

**2.3.14.2. Quemaduras de segundo grado.** Llamadas también como quemaduras de tipo “AB”, tiene un grosor similar a las quemaduras de primer grado, sin embargo, este tipo de lesiones afecta a la epidermis y de manera leve a la dermis generando ampollas denominadas FLICTENA, este tipo de quemadura es dolorosa y la herida pierde líquidos por efecto de la aparición de ampollas.

**2.3.14.3. Quemaduras de tercer grado.** Técnicamente se las conoce como ESCARAS o quemaduras de tipo “B”, presentan un grosor total y afecta a todas las capas de la piel incluyendo a la dermis profunda la cual genera un aspecto de cuero seco sin embargo estas no presentan dolor debido a la devastación de las terminaciones nerviosas.(Moline & Sole, 1999)

### **2.3.15. Evaluación de la radiación térmica**

Las ecuaciones que se emplean para el cálculo y evaluación de la irradiación térmica se basan de la NTP 293: Explosiones BLEVE (I) (Bestratén & Turmo, 1992), obteniendo las siguientes formulas:

$$I = d * F * E \tag{1}$$

Donde:

I = Irradiación térmica recibida (kW/m<sup>2</sup>)

d = coeficiente de transmisión atmosférica

F = factor geométrico de visión

E = intensidad media de radiación (kW/m<sup>2</sup>)

Para calcular el diámetro de la bola de fuego se emplea la siguiente ecuación:

$$D = 6,48 * W^{0,325} \tag{2}$$

Donde:

D = diámetro máximo (m)

W = masa total del combustible (Kg)

Se requiere conocer el valor de la densidad de cada combustible para determinar la masa total de los mismos, por lo que se empleó las hojas MSDS correspondientes a cada combustible.

Para obtener el valor de la altura de la bola de fuego se debe emplear:

$$H = 0,75 * D \quad (3)$$

Donde:

H = altura del centro de la bola (m)

D = Diámetro máximo (m)

Para calcular la duración de la bola de fuego se realiza la siguiente ecuación:

$$t = 0,852 * W^{0,26} \quad (4)$$

Donde:

t = tiempo de duración (s)

W = masa total del combustible (Kg)

Para obtener el coeficiente de transmisión atmosférica se debe emplear la ecuación 5.

$$d = 2,02(P'v * hr * x1)^{-0,09} \quad (5)$$

Donde:

P'v = presión parcial absoluta del vapor en el aire ambiental (Pa)

hr = Humedad relativa del aire (%)

x1 = distancia entre el envolvente de la bola de fuego y el punto considerado (m)

Para obtener x1 se emplea la siguiente ecuación:

$$x1 = (H^2 + x^2)^{1/2} - \frac{D}{2} \quad (5.1)$$

Donde:

$x_1$  = distancia entre el envolvente de la bola de fuego y el punto considerado (m)

H = altura del centro de la bola (m)

x = distancia (m)

D = diámetro máximo de la bola de fuego (m)

El factor geométrico de visión emplea la siguiente ecuación:

$$F = \frac{D^2}{4 * \left(\frac{D}{2} + x_1\right)^2} \quad (6)$$

Siendo:

F = factor geométrico de visión

D = diámetro máximo de la bola de fuego (m)

$x_1$  = distancia entre el envolvente de la bola de fuego y el punto considerado (m)

La intensidad media de radiación es el flujo radiante por unidad de superficie y tiempo, para obtener este valor se emplea la ecuación (7):

$$E = \frac{f_r * W * H_c}{\pi * D^2 * t} \quad (7)$$

Donde:

$f_r$  = un coeficiente de radiación el cual oscila entre 0,25 y 0,40

W = masa total del combustible (kg)

$H_c$  = calor de combustión (kJ/kg)

D = diámetro máximo de la bola de fuego (m)

t = tiempo de duración de la BLEVE (s)

El coeficiente  $f_r$  señala la fracción de la energía total que se da en la combustión, fundamentalmente en la convección de humos. (Bestratén & Turmo, 1992)

### 2.3.16. Método *PROBIT*

El método Probit parte de una manifestación física de un incidente y nos da como resultado una previsión de los daños a las personas expuestas al incidente, el valor obtenido nos va a permitir determinar en porcentajes la cantidad de la población que se verá afectada por lesiones o muerte a causa de la exposición determinada. (Turmo, 2013)

El método se basa en una función matemática lineal de carácter empírico:

$$Pr = a + b * \ln(V) \quad (8)$$

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.

Como paso previo a emplear el método Probit se calculó el tiempo de exposición efectivo, la ecuación a emplear según la NTP 291 (Turmo, 2013), es:

$$t_{ef} = t_r + \frac{3}{5} * \frac{x_o}{\mu} \left[ 1 - \left( 1 + \frac{\mu}{x_o} * t_v \right)^{-5/3} \right] \quad (9)$$

Donde:

$t_{ef}$  = Tiempo de exposición efectivo (s)

$t_r$  = Tiempo de Reacción (5s)

$x_o$  = Distancia al centro del incendio (m)

$\mu$  = Velocidad de escape (m/s)

$t_v$  = Tiempo en llegar a la distancia en la que la intensidad de irradiación sea  $1 \text{ kW/m}^2$  (s)

En base a la NTP 436: Cálculo estimativo de vías y tiempos de evacuación (Pérez, 1999), una persona adulta sin ningún tipo de impedimentos físicos se puede desplazar a una velocidad de 1m/s.

Una vez calculado el tiempo de exposición efectivo se realizan las distintas ecuaciones correspondientes al porcentaje de población afectada por un incendio tipo BLEVE en función de la intensidad de irradiación térmica (Turmo, 2013) y la distancia tomada. Empleando así las siguientes ecuaciones:

Quemaduras mortales (protegidos con ropa):

$$Pr = -37.23 + 2.56 \ln(t I^{4/3}) \quad (8.1)$$

- Quemaduras mortales (sin protección):

$$Pr = -36.38 + 2.56 \ln(t I^{4/3}) \quad (8.2)$$

- Quemaduras de 2º grado:

$$Pr = -43.14 + 3.0188 \ln(t I^{4/3}) \quad (8.3)$$

- Quemaduras de 1mer. grado:

$$Pr = -39.83 + 3.0186 \ln(t I^{4/3}) \quad (8.4)$$

- Porcentaje de Mortalidad:

$$Pr = -14,9 + 32,56 \ln\left(\frac{t * I^{4/3}}{10^4}\right) \quad (8.5)$$

Donde:

t = tiempo efectivo de exposición en segundos.

I = Intensidad de irradiación en  $W/m^2$

### ***2.3.17. Normativa SEVESO***

Fue implantada en España con la intención de establecer normas y pautas indispensables para prevenir accidentes graves y esta a su vez es de carácter obligatoria para todas las instituciones en las que se labore con sustancias peligrosas. (Tadem, 2016).

### ***2.3.18. Zona de afectación***

Hace referencia a un determinado sitio en el que se puede generar un ambiente detonante a grandes escalas por lo cual es vital generar medidas especiales para salvaguardar la salud e integridad de los trabajadores. (Achillides et al., 2010)

**2.3.18.1. Zona de intervención.** Es el área en la que las afectaciones de los accidentes producidos generan un daño en el que se requieren la ejecución inmediata de una serie de medidas de protección enfocada a la población en el rengu de intervención. (Ministerio del Interior, 2003)

**2.3.18.2. Zona de alerta.** Es aquella en la que las consecuencias suscitadas por el incendio inicien efectos evidentes para la población, pero no es prioritario una intervención por medio de medidas de protección. (Ministerio del Interior, 2003)

### ***2.3.19. Plan de Emergencia***

Es el conjunto de acciones y procedimientos técnicos, administrativos y operativos para la atención de un siniestro con el objeto de reducir los daños a los factores humanos y materiales.(Cattaneo, 2011).

### **2.3.20. Estación de Servicios**

Punto de despacho de combustible y lubricantes para automotores tales como; autos, camiones, motocicletas, entre otros.(Sura, n.d.)

### **2.3.21. Tanque de Almacenamiento de Líquidos Combustibles**

Tipo de recipiente elaborado con el fin de almacenar petróleo crudo y sus derivados en distintos establecimientos como: centros de producción, terminales de almacenamiento, autotanques, etc. (INEN, 2013)

#### **2.3.21.1. Requisitos y especificaciones técnicas aplicables a tanques de almacenamiento.**

Cada uno de los requisitos y especificaciones técnicas que debe cumplir los establecimientos dedicados a la venta de líquidos combustibles se encuentran especificados en la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 2251:2013 MANEJO, ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y EXPENDIO EN LOS CENTROS DE DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS. REQUISITOS (INEN, 2013), de la cual se puede resaltar lo siguiente:

Las dimensiones del tanque, diámetro interno y espesor de paredes deben estar determinadas por su capacidad, material de construcción y condiciones de uso; mediante el diseño apropiado de ingeniería que cumpla con normas de construcción pertinentes como API 650, API 12F, API 12D, UL 58, UL1 746, UL 142 o equivalentes.

Los tanques para almacenamiento del combustible para gasolineras serán subterráneos, deberán ser cilíndricos para instalación horizontal, fabricados con planchas de acero al carbón de conformidad con el código utilizado y recubiertos exteriormente con fibra de vidrio o similar, los cuales deberán tener un certificado de calidad otorgado por el fabricante.

La distancia de los tanques a linderos y propiedades vecinas debe ser de 6,00 m como mínimo y podrá ocupar los retiros reglamentarios municipales. Además, los tanques deberán estar retirados al menos 5,00 m de toda clase de edificación o construcción propia del establecimiento. (INEN, 2013)

### ***2.3.22. Medidor de Estrés Térmico***

Equipo empleado para la evaluación de puestos de trabajo por medio de la medición de temperatura de evaporación (tnw), temperatura global (tg) y la temperatura del aire (ta) y a su vez se los clasifica en función de la humedad.(PCE Ibérica S.L., n.d.)

### ***2.3.23. Temperatura Ambiental***

Es la temperatura que experimenta una persona en un sitio de trabajo dado, y esta es el resultado del intercambio de calor por conducción y radiación.(C. Albornoz, 2013)

### ***2.3.24. Humedad Relativa***

Hace referencia a la relación existente entre la cantidad de agua que se encuentra presente en el aire la máxima que se puede contener a un mismo valor de temperatura.(C. Albornoz, 2013)

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Tipo de Investigación**

La investigación realizada es de campo debido a que se tomó datos termo higrométricos en la gasolinera de estudio, bibliográfica ya que se empleó como fuentes de referencia distintas normas técnicas para calcular la radiación térmica y posteriormente establecer las zonas de afectación. Además, será de tipo inductiva puesto que no genera nuevo conocimiento, más bien parte de teoría y normativas generales para aplicarlas a un caso en particular como lo es un incendio (Grajales, 2000). De igual manera es cuantitativa debido a que se realizará el cálculo de afectación mediante el método PROBIT y cualitativa ya que se determinará las áreas afectadas en base a la normativa SEVESO, y por último será de tipo longitudinal debido a que la toma de datos y el desarrollo de la misma se la realizará en el periodo de seis meses o menos. (Rojas, 2015)

### **3.2. Diseño de la Investigación**

El presente trabajo de investigación al no contar con variables de estudio se lo desarrollará en base a un diseño no experimental, es decir no se trabajará ni manipulará variables para probar una hipótesis, de igual manera será transversal debido a que la recolección de datos se la ejecutará en un momento específico con los cuales se procederá a realizar sus respectivos cálculos. (Rojas, 2015)

### **3.3. Técnicas de recolección de datos**

La técnica de recolección de datos que se empleara en la investigación son las siguientes:

### **3.3.1. Observación directa**

Se va a observar de manera directa las condiciones en las que se encuentran las instalaciones de la Estación de Servicios sujeta a estudios.

### **3.3.2. Hoja de recolección de datos**

El checklist u hoja de recolección de datos son complementos de la observación directa puesto que las condiciones observadas y datos termo higrométricos medidos en la bodega en la que se encuentran los tanques de almacenamiento de líquido combustible serán registrados para su análisis y cálculos pertinentes.

### **3.3.3. Hoja de Cálculo (Excel)**

Los datos obtenidos a través de la observación y las hojas de recolección de datos serán utilizados por para determinar el porcentaje de personas afectadas aplicando el método PROBIT, todo esto mediante el uso de Microsoft Excel.

## **3.4.Unidad de análisis**

Instalaciones de la Estación de Servicios “Granja Pallatanga”.

### **3.4.1. Población de estudio**

Personal de la Estación de Servicios “Granja” en el Cantón Pallatanga; 9 trabajadores.

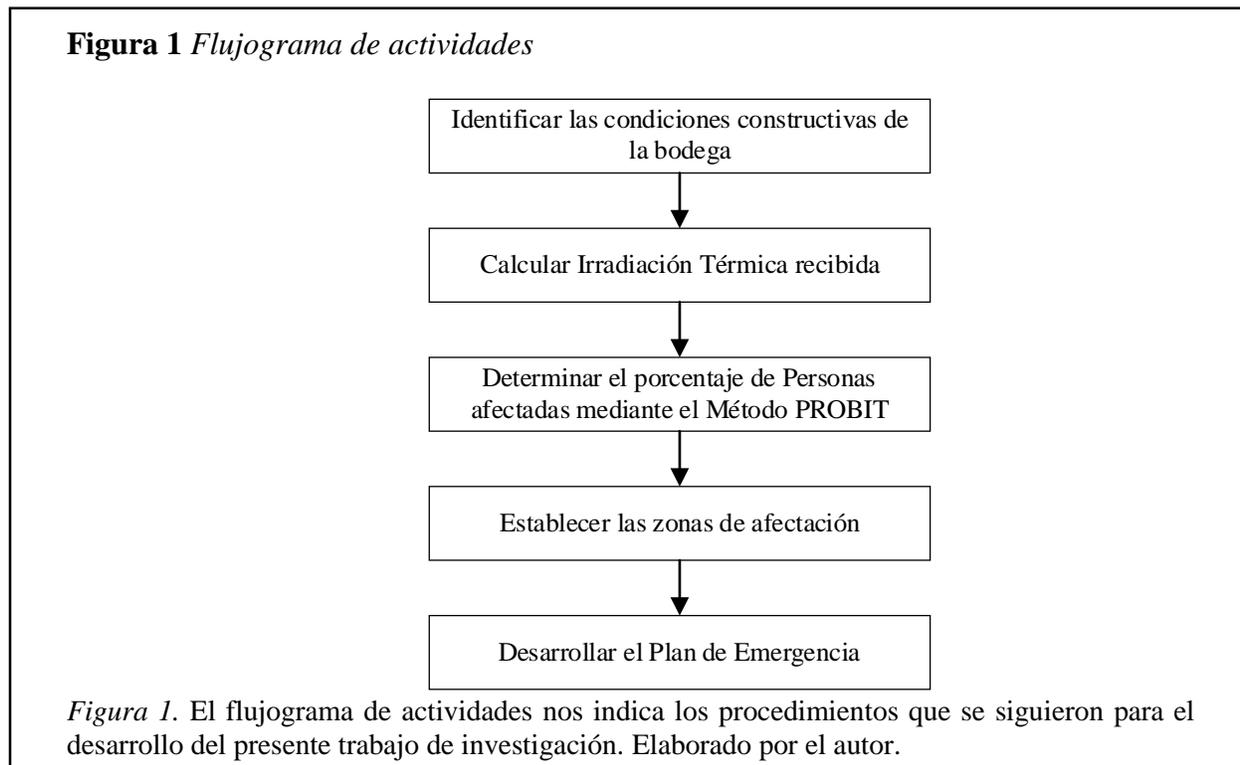
### **3.4.2. Tamaño de la muestra**

La investigación no cuenta con muestra debido a que se utilizó toda la población, 9 trabajadores.

### 3.5. Métodos de análisis

Para identificar las zonas de afectación se debe calcular la irradiación térmica que genera un incendio tipo BLEVE, determinar el porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales empleando el método Probit y finalmente con los resultados obtenidos y por medio de la Normativa SEVESO de España se establecen las zonas de intervención y alerta, todo esto en función al tipo de combustible que expende la gasolinera.

En la Figura 1 se indica el flujograma de actividades que se realizaron para el desarrollo de la investigación.



#### 3.5.1. Identificación de las condiciones constructivas de la bodega

Se identificó las condiciones constructivas de la bodega en la que se encuentran los tanques de almacenamiento de combustible, tomando como referencia la hoja de registro de datos presentada en la Tabla 2:

### **Tabla 2**

*Modelo de hoja de registro para la recolección de los datos constructivos de la bodega*

---

<b>Condiciones constructivas de la bodega</b>
Material de Construcción
Número de tanques
Distribución de los tanques <sup>a</sup>
Área total
Volumen total*

---

*Nota.* <sup>a</sup>Número de tanques de almacenamiento asignados para cada tipo de líquido combustible. \* Volumen total del cubeto.

En la Tabla 3 se debe detallar las características técnicas de los tanques de almacenamiento de líquido combustible que pertenezcan a la gasolinera.

### **Tabla 3**

*Modelo de hoja de registro para las especificaciones técnicas de los tanques de almacenamiento*

---

<b>Especificaciones técnicas del tanque de almacenamiento</b>
Capacidad nominal
Longitud
Diámetro mayor
Diámetro menor
Fecha de construcción aproximada
Tipo de material
Numero de compartimentos
Tipo de tanque

---

*Nota.* Elaborado por el autor.

En la Tabla 4 se indica el modelo de registro que se empleó para describir las especificaciones técnicas de los tipos de combustibles que almacena la gasolinera.

**Tabla 4**

*Modelo de registro de las especificaciones técnicas de los combustibles.*

<b>Combustible</b>	<b>Densidad (<math>kg/m^3</math>)</b>	<b>Calor de Combustión (<math>kJ/kg</math>)</b>
Diésel Premium		
Gasolina Extra		
Gasolina Súper		

*Nota.* Para obtener los valores de densidad y calor de combustión se debe emplear las hojas MSDS correspondientes a cada tipo de combustible.

De igual manera es necesario medir la temperatura ambiental y humedad relativa de preferencia en condiciones extremas (días soleados), por lo cual es necesario el uso de un medidor de estrés térmico o un termo higrómetro, los valores se los debe registrar en la hoja de recolección de datos presentada en el Anexo 1.

Ya que los 5 tanques de almacenamiento de líquido combustible se encuentran ubicados en la misma bodega, se establecieron los valores que son constantes en este estudio tales como: la Humedad relativa, volumen de los tanques de almacenamiento, presión parcial absoluta de vapor en el aire ambiental, el cual se obtiene mediante la Presión de vapor saturado del agua (Pa) en función de la temperatura ambiental ( $^{\circ}C$ ) (Anexo 2) y el coeficiente de radiación.

### **3.5.2. Cálculo de la irradiación térmica recibida**

Una vez establecidos los valores que van a ser constantes en este estudio se procede a calcular la Irradiación térmica por cada tanque de almacenamiento, empezando por el tanque de Diésel Premium seguido del tanque de gasolina Súper y por último el tanque de Gasolina Extra. Empleando las ecuaciones: 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 (**ver sección 4.2**), las cuales se basan de la NTP 293: Explosiones BLEVE (I) (Bestratén & Turmo, 1992), se calcula la radiación térmica que recibe la población al generarse una BLEVE, tomando un rango de distancia entre 0 y 1000 m en intervalos de 50 m, estos cálculos se los realiza de manera individual para cada tipo de combustible: Diésel

Premium, gasolina Súper y gasolina Extra, de igual manera se realiza un cálculo para el peor de los escenarios posibles, es decir un incendio en cadena o general de todos los tanques de combustible, para ello se suman todos los valores de radiación térmica calculados.

### ***3.5.3. Determinación del porcentaje de personas afectadas mediante el método PROBIT***

Una vez calculada la radiación térmica que recibe una persona en un incendio tipo BLEVE se determina el porcentaje de la población afectada al estar sobreexpuesta a altos niveles de irradiación térmica, y tomando como referencia la NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit (Turmo, 2013). se emplean las ecuaciones: 9, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 y 8.5 (**ver sección 4.3**).

El cálculo se realizó tomando en cuenta una distancia entre 0 y 1000m (en intervalos de 50 m) y los valores de radiación térmica recibida por cada uno de los contenedores, de igual manera, se calculó un valor general tomando en cuenta un incendio a gran escala de los 5 tanques de almacenamiento.

### ***3.5.4. Delimitación de las zonas de afectación***

Para establecer las distintas zonas de afectación: zona de intervención y zona de alerta se toma como referencia a la normativa SEVESO de España y a la NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit.

**3.5.4.1. Valores umbrales para determinar una zona de intervención.** En lo que se refiere a dosis de radiación térmica de  $250 (kW/m^2)^{4/3}$  debe de ser equivalente a la combinación de intensidad térmica y tiempo de exposición:

**Tabla 5**

*Valores Umbrales para Determinar una Zona de Intervención*

<b><math>I, kW/m^2</math></b>	7	6	5	4	3
<b><math>t_{exp}, s</math></b>	20	25	30	40	60

*Nota.* Información obtenida del Real Decreto 1196/2003 (Ministerio del Interior, 2003)

Por otra parte, la NTP 291, establece que para que un área sea determinada como zona de intervención el flujo de Radiación térmica debe ser superar a los  $5 kW/m^2$  (Turmo, 2013).

**3.5.4.2. Valores umbrales para determinar una zona de alerta.** En lo que se refiere a dosis de radiación térmica de  $115 (kW/m^2)^{4/3}$  debe de ser equivalente a la combinación de intensidad térmica y tiempo de exposición:

**Tabla 6**

*Valores Umbrales para Determinar una Zona de Alerta*

<b><math>I, kW/m^2</math></b>	6	5	4	3	2
<b><math>t_{exp}, s</math></b>	11	15	20	30	45

*Nota.* Información obtenida del Real Decreto 1196/2003 (Ministerio del Interior, 2003)

Por otra parte, la NTP 291 establece que para que un área sea determinada como zona de Alerta el flujo de Radiación térmica debe ser menor a  $3kW/m^2$ . (Turmo, 2013)

Para establecer la Zona de intervención y alerta se trabajó con los datos calculados de Irradiación Térmica recibida, la identificación de las zonas se lo realiza de manera individual (por cada tipo de combustible) y una de manera global (incendio total de los 5 tanques de almacenamiento), graficando las distintas zonas por medio del software ArcMap (**ver sección 4.4**).

### ***3.5.5. Propuesta del Plan de Emergencia***

Para el desarrollo del plan de emergencia enfocado a un incendio tipo BLEVE se tomó el formato establecido por el Departamento de Gestión de Riesgos del Gobierno autónomo Descentralizado del Cantón Riobamba, ya que el Cantón Pallatanga no cuenta con un formato de Plan de emergencia acorde al tipo de establecimiento en la que se realizó la investigación.

El plan de emergencia se lo desarrolló tomando como punto de partida los datos calculados de irradiación térmica, porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales, porcentaje de mortalidad y las zonas de afectación establecidas.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Condiciones constructivas de la Bodega de almacenamiento de los tanques de combustible

Las condiciones constructivas de la bodega en la que se encuentran situados los distintos contenedores de almacenamiento, las especificaciones técnicas y características de los tanques y los distintos combustibles se encuentran detallados en las siguientes tablas:

En la Tabla 7 se indica las condiciones constructivas de la bodega en la que se encuentran los tanques de almacenamiento de combustible, la cantidad de tanques y su distribución.

**Tabla 7**

*Condiciones constructivas de la bodega de tanques de almacenamiento de combustible*

<b>Condiciones constructivas</b>	
Material de Construcción	Cemento y bloque
Número de tanques	5 tanques de almacenamiento
Distribución de los tanques	3 de Diésel Premium, 1 de Gasolina Extra, 1 de Gasolina Súper
Área total	179, 19 <sup>a</sup> m <sup>2</sup>
Volumen total	627,17* m <sup>3</sup>

*Nota.* <sup>a</sup>El área obtenida corresponde a la bodega en la que se encuentran los tanques de almacenamiento.  
\*Volumen total del cubeto.

En la Tabla 8 se observan las especificaciones técnicas más relevantes de los tanques que almacenan combustible.

**Tabla 8***Especificaciones técnicas de los tanques*

<b>Especificaciones del tanque de almacenamiento</b>	
Capacidad nominal	10 000 galones*
Longitud	6 585 mm
Diámetro mayor	2 710 mm
Diámetro menor	2 710 mm
Fecha de construcción aproximada	1986
Tipo de material	Acero comercial A-36
Numero de compartimentos	1
Tipo de tanque	Cilindro Horizontal

*Nota.* \*Este volumen se replica para los 5 tanques de combustible que tienen las mismas características. Para una mayor información sobre los tanques y certificados de inspecciones ver el Anexo 10.

La gasolinera “Granja” expende 3 tipos de combustibles, cada uno cuenta con especificaciones técnicas distintas las cuales se pueden observar en la Tabla 9.

**Tabla 9***Especificaciones Técnicas de los Combustibles*

<b>Combustible</b>	<b>Densidad (<math>kg/m^3</math>)</b>	<b>Calor de Combustión (<math>kJ/kg</math>)</b>
Diésel Premium <sup>a</sup>	865	26051,204
Gasolina Extra <sup>b</sup>	764,3	44838,308
Gasolina Super <sup>c</sup>	717,4	44838,308

*Nota:* los datos técnicos de cada combustible se los obtuvo de las hojas MSDS de Petroecuador; <sup>a</sup>Diésel Premium (Jóse et al., 2014a), <sup>b</sup>Gasolina Extra (Jóse et al., 2014b), <sup>c</sup>Gasolina Súper (Jóse et al., 2014c).

Se realizó una toma de datos termo higrométricos en la bodega en la que se encuentran situados los 5 tanques de almacenamiento de combustible, definiendo 3 réplicas en tres días diferentes como se observa en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Datos termo higrométricos de la bodega de tanques de almacenamiento de combustibles*

Ítem	Día de toma de datos	Temperatura* (°C)	Humedad relativa (%)
1	29/12/2021	23,90	74,77
2	02/01/2022	23,90	73,97
3	04/01/2022	24,93	73,60
<b>Promedio</b>		<b>24,24</b>	<b>74,11</b>

*Nota.* \*Temperatura ambiental promedio al tiempo de medición de 25 minutos según UNE-EN 27243:1989, en condiciones extremas de trabajo (12:00 pm) Los valores de temperatura y humedad relativa se mantienen para los 5 tanques puesto que se encuentran en el mismo lugar. Se tomaron 3 réplicas para disminuir la incertidumbre de la medición (Miguel et al., n.d.).

#### **4.2.Cálculo de la irradiación térmica recibida**

Debido a que los tanques se encuentran ubicados en el mismo lugar y cuentan con la misma capacidad de almacenamiento, en la Tabla 11 se observan los valores que únicamente para esta investigación son constantes.

**Tabla 11**

*Datos y valores constantes para el cálculo de Irradiación Térmica*

Datos	Valor
Volumen de los Tanques	$v = 10\ 000\ Gl = 37,85\ m^3*$
Temperatura ambiental	23,83 °C
Humedad Relativa	76,09%
Presión parcial absoluta del vapor en el aire ambiental	2911,1 Pa
Coefficiente de radiación <sup>a</sup>	0,25

*Nota.* <sup>a</sup> El coeficiente de radiación es 0,25 ya que la bodega es de pavimento y este no refleja los rayos solares (Bestratén & Turmo, 1992). \*Los 5 tanques de combustible replican las mismas características descritas.

#### **4.2.1. Cálculo de irradiación térmica en el tanque de almacenamiento de Diésel Premium**

En la Tabla 12 se observa el cálculo de la bola de fuego, la altura de la bola de fuego y el tiempo de duración de la bola de fuego para un incendio tipo BLEVE originado en el tanque de Diésel Premium.

**Tabla 12**

*Resultado del cálculo de la duración de la bola de fuego(t) en el Tanque de Diésel Premium*

<b>D (m)<sup>a</sup></b>	<b>H (m)<sup>b</sup></b>	<b>T (s)<sup>c</sup></b>
190,10	142,57	12,72

*Nota.* <sup>a</sup> D, diámetro de la bola de fuego, <sup>b</sup> Altura de la bola de fuego. <sup>c</sup> Tiempo de duración de la bola de fuego.

En la Tabla 13 se muestran los resultados del cálculo de Irradiación térmica recibida en un incendio tipo BLEVE en el tanque de Diésel Premium de la Gasolinera “Granja”.

**Tabla 13**

*Resultado del cálculo de Radiación Térmica Recibida (I)*

<b>Distancia (m)</b>	<b>x1 (m)<sup>a</sup></b>	<b>d<sup>b</sup></b>	<b>F<sup>c</sup></b>	<b>E (kw/m<sup>2</sup>)<sup>d</sup></b>	<b>I (kw/m<sup>2</sup>)<sup>e</sup></b>
0	47,52	0,47	0,44	147,70	30,98
50	56,04	0,46	0,40	147,70	27,18
100	79,10	0,45	0,30	147,70	19,83
150	111,90	0,44	0,21	147,70	13,61
200	150,57	0,43	0,15	147,70	9,41
250	192,75	0,42	0,11	147,70	6,70
300	237,11	0,41	0,08	147,70	4,94
350	282,88	0,40	0,06	147,70	3,75
400	329,60	0,40	0,05	147,70	2,93
450	377,00	0,39	0,04	147,70	2,35
500	424,88	0,39	0,03	147,70	1,91
550	473,13	0,38	0,03	147,70	1,59
600	521,66	0,38	0,02	147,70	1,33
650	570,40	0,38	0,02	147,70	1,14
700	619,32	0,37	0,02	147,70	0,98
750	668,38	0,37	0,02	147,70	0,85
800	717,56	0,37	0,01	147,70	0,75
850	766,83	0,37	0,01	147,70	0,66
900	816,17	0,37	0,01	147,70	0,59
950	865,59	0,36	0,01	147,70	0,53
1000	915,06	0,36	0,01	147,70	0,47

*Nota.* <sup>a</sup> Distancia entre el centro de la esfera y el cuerpo irradiado, <sup>b</sup> Coeficiente de transmisión atmosférica, <sup>c</sup> Factor geométrico de visión, <sup>d</sup> Intensidad media de Irradiación, <sup>e</sup> Irradiación térmica recibida. Para el cálculo del método Probit se tomó una distancia de afectación de 0 a 1000 m.

La población que se encuentre en una distancia menor a 300 metros al punto de origen del incendio está sobreexpuesta a quemaduras mortales, ya que a partir de los  $4 \text{ kW}/\text{m}^2$  la radiación recibida deja de ser tolerable para las personas que no cuenten con ropa especializada de protección, no obstante, se desconoce el porcentaje de personas expuestas a quemaduras, por lo que se emplea el método PROBIT (ver sección 4.3.2) para determinar la población afectada por radiación térmica recibida en función a la distancia y por medio de la normativa SEVESO (ver sección 4.4.1) se establecen las zonas de intervención y alerta.

En la Figura 2 se observa la irradiación térmica recibida en función a la distancia, aplicado a un incendio tipo BLEVE en el tanque de Diésel Premium.

**Figura 2** Irradiación térmica Recibida vs distancia en el Tanque de Diésel Premium

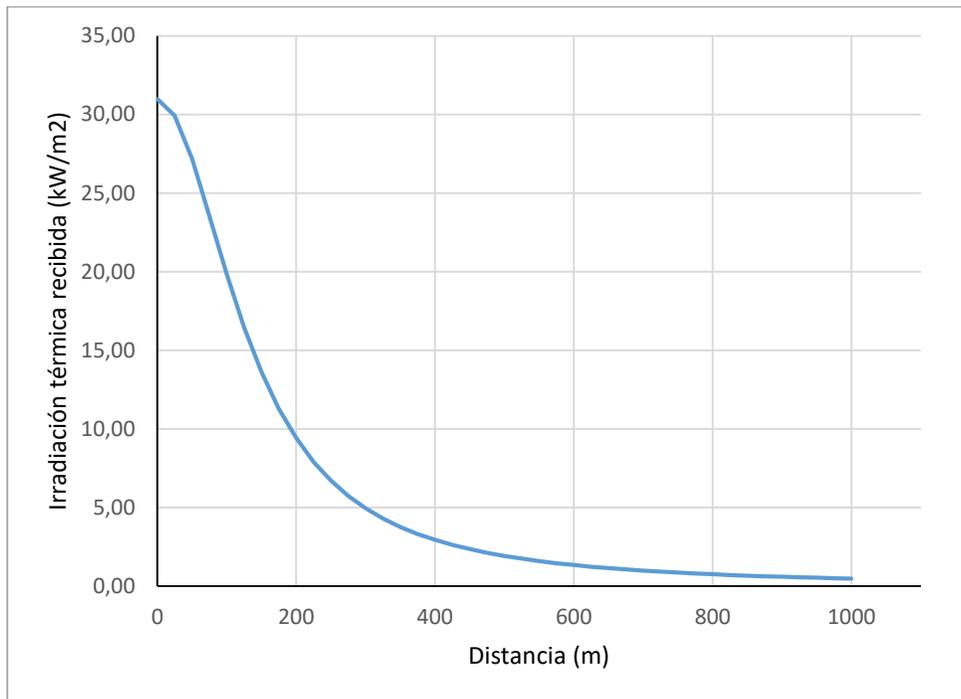


Figura 2. La radiación térmica que recibe una persona en función a la distancia en la que se encuentre con respecto al punto de origen del incendio. La irradiación térmica generada en un incendio causado por el tanque de Diésel Premium a una distancia menor a 300 m es intolerable para las personas, pero disminuirá a una mayor distancia llegando a ser tolerable a partir de los 400m, es decir la radiación térmica es inversamente proporcional a la distancia.

#### 4.2.2. Cálculo de irradiación térmica en el tanque de almacenamiento de Gasolina Súper

En la Tabla 14 se observa el cálculo de la bola de fuego, la altura de la bola de fuego y el tiempo de duración de la bola de fuego, para un incendio tipo BLEVE originado en el tanque de gasolina Súper.

**Tabla 14**

*Resultado del cálculo de la duración de la bola de fuego(t) en el Tanque de Gasolina Súper*

<b>D (m)<sup>a</sup></b>	<b>H (m)<sup>b</sup></b>	<b>t(s)<sup>c</sup></b>
178,88	134,16	12,11

*Nota.* <sup>a</sup> D, diámetro de la bola de fuego, <sup>b</sup> Altura de la bola de fuego. <sup>c</sup> Tiempo de duración de la bola de fuego.

En la Tabla 15 se muestran los resultados del cálculo de Irradiación térmica recibida en un incendio tipo BLEVE en el tanque de gasolina Súper en la Gasolinera “Granja”.

**Tabla 15***Resultado del cálculo de Radiación Térmica Recibida (I)*

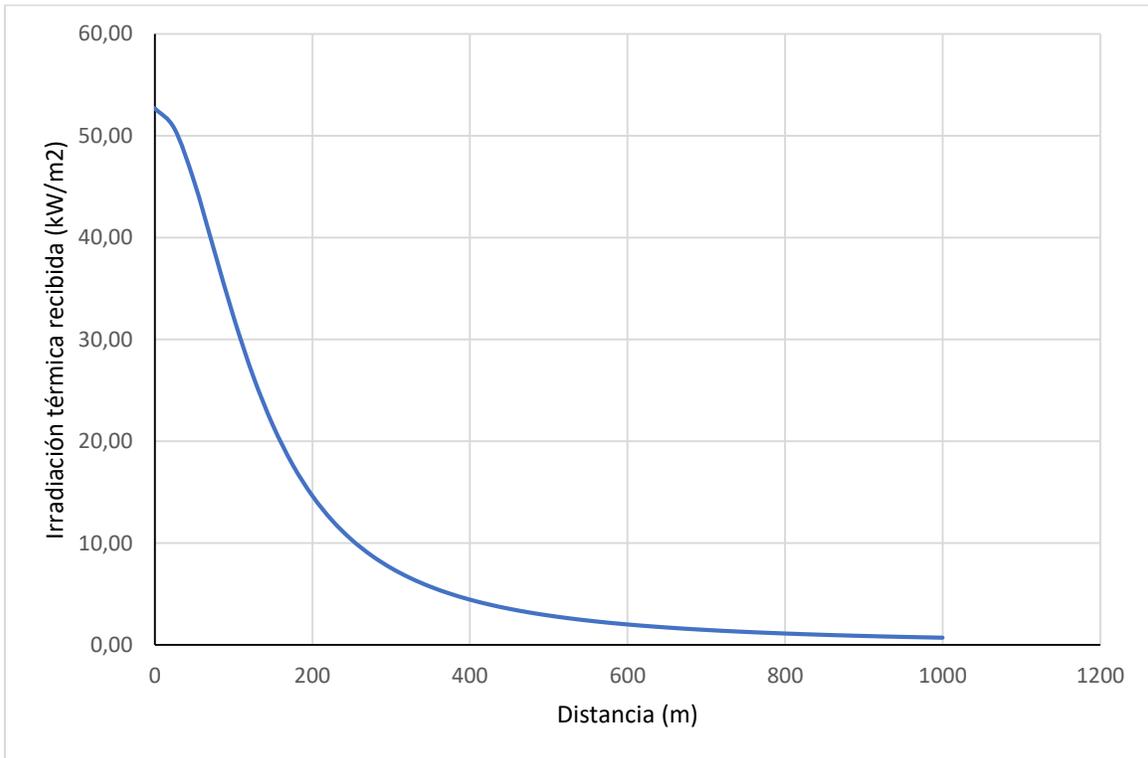
<b>Distancia (m)</b>	<b>x1 (m)<sup>a</sup></b>	<b>d<sup>b</sup></b>	<b>F<sup>c</sup></b>	<b>E (kw/m<sup>2</sup>)<sup>d</sup></b>	<b>I (kw/m<sup>2</sup>)<sup>e</sup></b>
0	44,72	0,47	0,44	249,97	52,71
50	53,73	0,47	0,39	249,97	45,53
100	77,89	0,45	0,29	249,97	32,24
150	111,80	0,44	0,20	249,97	21,57
200	151,39	0,43	0,14	249,97	14,66
250	194,28	0,42	0,10	249,97	10,33
300	239,19	0,41	0,07	249,97	7,55
350	285,39	0,40	0,06	249,97	5,72
400	332,46	0,40	0,04	249,97	4,45
450	380,13	0,39	0,04	249,97	3,55
500	428,25	0,39	0,03	249,97	2,89
550	476,69	0,38	0,02	249,97	2,39
600	525,38	0,38	0,02	249,97	2,01
650	574,26	0,38	0,02	249,97	1,71
700	623,30	0,37	0,02	249,97	1,47
750	672,46	0,37	0,01	249,97	1,28
800	721,73	0,37	0,01	249,97	1,12
850	771,08	0,37	0,01	249,97	0,99
900	820,50	0,37	0,01	249,97	0,88
950	869,99	0,36	0,01	249,97	0,79
1000	919,52	0,36	0,01	249,97	0,71

*Nota.* <sup>a</sup> Distancia entre el centro de la esfera y el cuerpo irradiado, <sup>b</sup> Coeficiente de transmisión atmosférica, <sup>c</sup> Factor geométrico de visión, <sup>d</sup> Intensidad media de Irradiación, <sup>e</sup> Irradiación térmica recibida. Para el cálculo del método Probit se tomó una distancia de afectación de 0 a 1000 m.

La radiación térmica recibida en un incendio tipo BLEVE generada en el tanque de gasolina Súper, es intolerable para la población que se encuentre a una distancia menor a 350 m al punto de origen, pues están sobrepuestos a niveles elevados de irradiación térmica y por ende a quemaduras mortales. Para determinar el porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales se emplea el método PROBIT (ver sección 4.3.3) y en la sección 4.4.2 se establecen las zonas de intervención y alerta en base a la normativa SEVESO.

En la Figura 3 se observa la irradiación térmica recibida en función a la distancia aplicado a un incendio tipo BLEVE en el tanque de Gasolina Súper.

**Figura 3** *Irradiación térmica Recibida vs distancia en el Tanque de Gasolina Súper*



*Figura 3.* La radiación térmica recibida en un incendio tipo BLEVE generado en el tanque de almacenamiento de gasolina Súper en función a la distancia, es así que en un intervalo de 0 y 300 m a la redonda la radiación térmica recibida es sumamente elevada e intolerable para las personas, no obstante, a medida que se aleja del punto de origen del incendio la radiación disminuye considerablemente, a partir de los 600 m se puede tolerar la radiación recibida y las afectaciones son mínimas.

#### **4.2.3. Cálculo de irradiación térmica en el tanque de almacenamiento de Gasolina Extra**

En la Tabla 16 se observa el cálculo de la bola de fuego, la altura de la bola de fuego y el tiempo de duración de la bola de fuego para un incendio tipo BLEVE originado en el tanque de gasolina Extra.

**Tabla 16**

*Resultado del cálculo de la duración de la bola de fuego (t), en el Tanque de Gasolina Extra*

<b>D (m)<sup>a</sup></b>	<b>H (m)<sup>b</sup></b>	<b>t(s)<sup>c</sup></b>
182,60	136,95	12,31

*Nota.* <sup>a</sup> D, diámetro de la bola de fuego, <sup>b</sup> Altura de la bola de fuego. <sup>c</sup> Tiempo de duración de la bola de fuego.

En la Tabla 17 se muestran los resultados del cálculo de Irradiación térmica recibida en un incendio tipo BLEVE en el tanque de gasolina Extra de la Gasolinera “Granja”.

**Tabla 17**

*Resultado del cálculo de Radiación Térmica Recibida (I)*

<b>Distancia (m)</b>	<b>x1 (m)<sup>a</sup></b>	<b>d<sup>b</sup></b>	<b>F<sup>c</sup></b>	<b>E (kw/m<sup>2</sup>)<sup>d</sup></b>	<b>I (kw/m<sup>2</sup>)<sup>e</sup></b>
0	45,65	0,47	0,44	251,40	52,92
50	54,49	0,47	0,39	251,40	45,96
100	78,27	0,45	0,29	251,40	32,88
150	111,81	0,44	0,20	251,40	22,19
200	151,09	0,43	0,14	251,40	15,17
250	193,75	0,42	0,10	251,40	10,72
300	238,48	0,41	0,08	251,40	7,86
350	284,54	0,40	0,06	251,40	5,96
400	331,49	0,40	0,05	251,40	4,64
450	379,08	0,39	0,04	251,40	3,71
500	427,12	0,39	0,03	251,40	3,02
550	475,49	0,38	0,03	251,40	2,50
600	524,13	0,38	0,02	251,40	2,10
650	572,97	0,38	0,02	251,40	1,79
700	621,97	0,37	0,02	251,40	1,54
750	671,10	0,37	0,01	251,40	1,34
800	720,34	0,37	0,01	251,40	1,18
850	769,66	0,37	0,01	251,40	1,04
900	819,06	0,37	0,01	251,40	0,92
950	868,52	0,36	0,01	251,40	0,83
1000	918,03	0,36	0,01	251,40	0,74

*Nota.* <sup>a</sup> Distancia entre el centro de la esfera y el cuerpo irradiado, <sup>b</sup> Coeficiente de transmisión atmosférica, <sup>c</sup> Factor geométrico de visión, <sup>d</sup> Intensidad media de Irradiación, <sup>e</sup> Irradiación térmica recibida. Para el cálculo del método Probit se tomó una distancia de afectación de 0 a 1000 m.

Al producirse un incendio originado en el tanque de almacenamiento de Gasolina Extra en una distancia entre 0 y 400 metros se recibe una radiación térmica entre 52,92 y 4,64  $kW/m^2$ , esta radiación deja de ser tolerable para todas las personas que no cuenten con ropa especializada, es decir la población que se encuentre en ese rango sufrirían afectaciones mortales a causa de la radiación térmica a la que se encuentren sobreexpuestos. En base a estos valores se procede aplicar el método PROBIT para determinar el porcentaje de población afectada por quemaduras (ver sección 4.3.4), además para establecer las zonas de alerta e intervención se emplea la Normativa SEVESO desarrollada en la sección. 4.4.3.

En la Figura 4 se observa la irradiación térmica recibida en función a la distancia aplicado a un incendio tipo BLEVE en el tanque de Gasolina Extra.

**Figura 4** Irradiación térmica recibida vs distancia en el tanque de Gasolina Extra

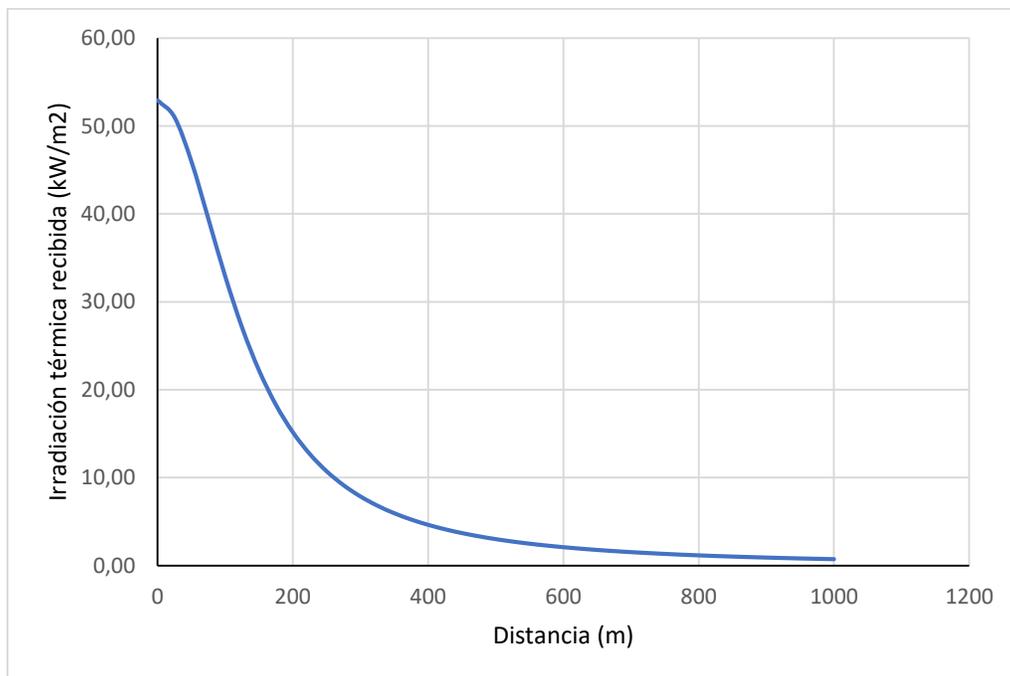


Figura 4. La población ubicada a una distancia menor a 400m esta sobreexpuesta a altos niveles de radiación térmica (más de 4  $kW/m^2$ ), mientras que a medida que se aleja del punto del incendio los niveles de irradiación recibida disminuirán dando a entender que a una mayor distancia la radiación térmica tiende a reducirse.

#### 4.2.4. Cálculo general de irradiación térmica recibida

En la Tabla 18 se presenta el resultado de la irradiación térmica para los 5 tanques de almacenamiento de combustible.

**Tabla 18**

*Resultado del cálculo de Radiación Térmica Recibida (I) por los 5 tanques de almacenamiento*

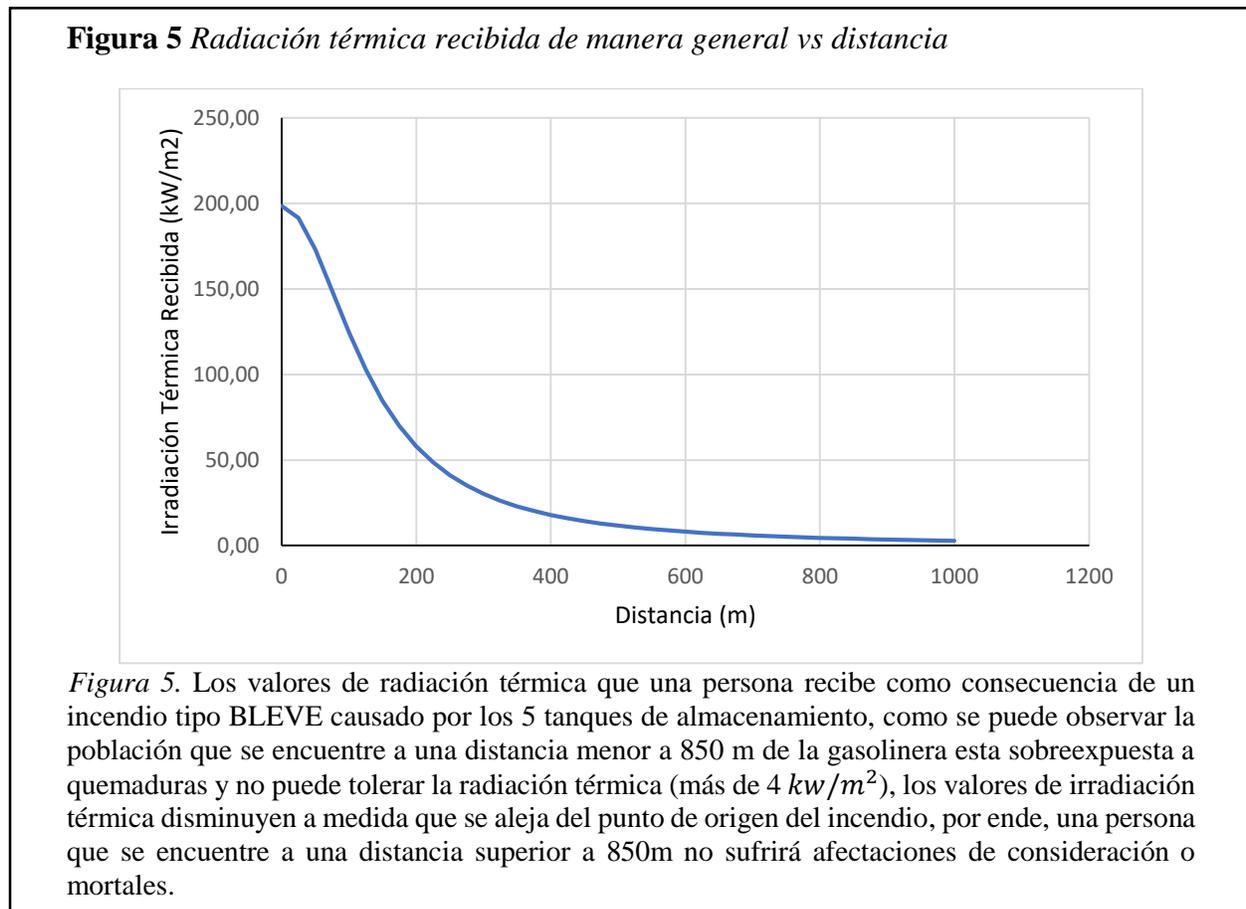
<b>Distancia (m)</b>	<b>Diesel P.* I (kw/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>G. Super I (kw/m<sup>2</sup>)</b>	<b>G. Extra I (kw/m<sup>2</sup>)</b>	<b>TOTAL I (kw/m<sup>2</sup>)</b>
0	92,93	52,71	52,92	198,56
50	81,54	45,53	45,96	173,02
100	59,50	32,24	32,88	124,61
150	40,84	21,57	22,19	84,60
200	28,23	14,66	15,17	58,05
250	20,11	10,33	10,72	41,16
300	14,82	7,55	7,86	30,24
350	11,26	5,72	5,96	22,94
400	8,80	4,45	4,64	17,89
450	7,04	3,55	3,71	14,29
500	5,74	2,89	3,02	11,65
550	4,76	2,39	2,50	9,65
600	4,00	2,01	2,10	8,12
650	3,41	1,71	1,79	6,91
700	2,94	1,47	1,54	5,95
750	2,55	1,28	1,34	5,18
800	2,24	1,12	1,18	4,54
850	1,98	0,99	1,04	4,01
900	1,76	0,88	0,92	3,57
950	1,58	0,79	0,83	3,19
1000	1,42	0,71	0,74	2,87

*Nota.* <sup>a</sup> Irradiación térmica recibida. \*La gasolinera “Granja” cuenta con 3 tanques de almacenamiento de Diésel Premium por lo que el valor inicial de radiación térmica recibida se triplica, únicamente para el Diésel. Para el cálculo del método Probit se tomó una distancia de afectación de 0 a 1000 m.

Si se genera un incendio tipo BLEVE en los 5 tanques de almacenamiento de líquido combustible, la población ubicada a una distancia menor a 850m se vería afectada por quemaduras

mortales, sin embargo, para determinar el porcentaje de mortalidad y quemaduras por la irradiación térmica recibida se emplea el método PROBIT (ver sección 4.3.5), de igual manera en la sección 4.4.4 se establece las zonas de afectación en base a la normativa SEVESO.

En la Figura 5 se observa la gráfica de irradiación térmica recibida en función a la distancia aplicado a un incendio tipo BLEVE de todos los tanques de almacenamiento.



### 4.3. Resultado del cálculo del porcentaje de personas afectadas mediante el método PROBIT

Para cada una de las fórmulas la intensidad de irradiación térmica recibida será en  $\text{W/m}^2$

#### 4.3.1. Resultado del cálculo del tiempo de exposición efectiva

En la Tabla 19 se muestran los valores calculados del tiempo de exposición efectiva en un incendio tipo BLEVE en la estación de servicios “Granja”.

**Tabla 19**

*Resultado del cálculo del tiempo de exposición efectivo*

	<b>Diésel Premium</b>	<b>Gasolina Súper</b>	<b>Gasolina Extra</b>	<b>Incendio general (5 tanques)</b>
Tiempo de exposición efectiva (s)	100,34	120,81	124,22	115,12

*Nota.* Para cada caso de incendio el tiempo de exposición fue calculado en función del tiempo en la que una persona llega a la distancia en la que la intensidad de irradiación térmica sea  $1 \text{ kW/m}^2$ .

#### **4.3.2. Cálculo de afectación producida por un incendio en el tanque de almacenamiento de**

##### ***Diésel Premium***

#### **4.3.2.1. Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales (usando ropa de protección)**

En la Tabla 20 se muestra el porcentaje de personas que cuentan con ropa de protección y que son afectadas por quemaduras mortales.

**Tabla 20**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales usando ropa de protección*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (<math>\text{W/m}^2</math>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	30977,05	9,87	100
50	27178,41	9,42	100
100	19832,26	8,34	100
150	13612,11	7,06	98
200	9408,71	5,80	79
250	6702,19	4,64	36
300	4938,68	3,60	8
350*	3754,78	2,66	1

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 350 m puesto que a una distancia mayor el porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales usando ropa de protección es menor o igual a 1.

El porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales y que dispongan de ropa de protección (bomberos), en un tiempo de exposición de 100,34 segundos causaría quemaduras mortales a más del 95% de la población que se encuentre a una distancia menor a 150 metros del punto de origen del incendio, mientras que menos del 50% de la población resultaría afectada por quemaduras en un rango de 250m, a partir de los 350 metros el porcentaje de afectados disminuirá a menos del 1%.

#### 4.3.2.2. Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales (sin ropa de protección)

En la Tabla 21 se muestra el porcentaje de personas que no cuenten con ropa de protección y que son afectadas por quemaduras mortales.

**Tabla 21**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales sin usar ropa de protección*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	30977,05	10,72	100
50	27178,41	10,27	100
100	19832,26	9,19	100
150	13612,11	7,91	100
200	9408,71	6,65	95
250	6702,19	5,49	69
300	4938,68	4,45	29
350	3754,78	3,51	7
400*	2933,31	2,67	1

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 400 m puesto que a una distancia mayor el porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales es menor o igual a 1.

La irradiación térmica recibida en un tiempo de exposición de 100,34 segundos causaría quemaduras mortales a más del 95 % de personas que se encuentren a una distancia entre 0 y 200 metros del punto de origen, mientras que a una distancia entre 275 y 300 metros el porcentaje de personas afectadas se reduce considerablemente (48% - 29%), a partir de los 400 metros el porcentaje de afectados es menor al 1%.

#### 4.3.2.3. Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras de 2° grado

En la Tabla 22 se muestra el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de segundo grado.

**Tabla 22**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de 2° grado*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	30977,05	12,40	100
50	27178,41	11,87	100
100	19832,26	10,60	100
150	13612,11	9,09	100
200	9408,71	7,60	100
250	6702,19	6,23	89
300	4938,68	5,00	50
350	3754,78	3,90	14
400*	2933,31	2,91	2

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 400 m puesto que a una distancia mayor el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de Segundo grado es menor o igual a 1.

La irradiación térmica de los primeros 200 metros del punto de origen de la explosión afecta con quemaduras de segundo grado al 100% de la población, el 50% de la población en un rango de 300 metros resultaría afectada por quemaduras de segundo grado, el porcentaje de afectados será menor a 1% a partir de los 400 metros de distancia al punto de origen del incendio, todos esto en un tiempo de exposición efectiva de 100,34 segundos.

#### 4.3.2.4. Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras de 1er grado

En la Tabla 23 se muestra el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de primer grado.

**Tabla 23**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de primer grado*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (<math>W/m^2</math>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	30977,05	15,70	100
50	27178,41	15,18	100
100	19832,26	13,91	100
150	13612,11	12,39	100
200	9408,71	10,91	100
250	6702,19	9,54	100
300	4938,68	8,31	100
350	3754,78	7,21	99
400	2933,31	6,21	89
450	2345,31	5,31	62
500	1912,51	4,49	31
550	1586,06	3,74	10
600*	1334,49	3,04	3

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 600 m puesto que a una distancia mayor el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de primer grado es menor o igual a 1.

La irradiación térmica causa quemaduras de primer grado a más del 95% de personas que se encuentren a una distancia menor a 350 metros del origen de la explosión, por otro lado, a partir de una distancia superior a 500 metros el porcentaje de afectados se reduce a la mitad, mientras que menos del 1% de la población que se encuentre a más de 650 metros del punto de origen del incendio resultaría afectada por quemaduras de primer grado.

#### 4.3.2.5. Cálculo del Porcentaje de mortalidad por Radiación térmica

En la Tabla 24 se muestra el porcentaje de mortalidad por radiación térmica recibida.

**Tabla 24**

*Resultado del Porcentaje de mortalidad por Radiación térmica*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	30977,05	8,62	100
50	27178,41	8,17	100
100	19832,26	7,09	98
150	13612,11	5,81	79
200	9408,71	4,55	33
250	6702,19	3,39	6
300*	4938,68	2,35	1

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 300 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de mortalidad es menor o igual a 1.

Para la población que se encuentre en un rango entre 0 y 100 metros el porcentaje de mortalidad por irradiación térmica en un tiempo de 100,34 segundos va a ser superior al 95%, mientras que la población que se encuentre a una distancia superior a 200 m tiene un porcentaje de mortandad del 50%, por otro lado, el porcentaje de personas fallecidas es menor al 1% a una distancia superior a 300 m.

### **4.3.3. Cálculo de afectación producida por un incendio en el Tanque de Almacenamiento de Gasolina Súper**

#### **4.3.3.1. Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales (usando ropa de protección)**

En la Tabla 25 se muestra el porcentaje de personas que cuentan con ropa de protección y que son afectadas por quemaduras mortales.

**Tabla 25**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales usando ropa de protección*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	52713,91	12,16	100
50	45526,58	11,65	100
100	32236,53	10,48	100
150	21573,51	9,11	100
200	14658,80	7,79	100
250	10327,12	6,59	94
300	7554,79	5,52	70
350	5715,67	4,57	33
400	4449,96	3,72	10
450*	3549,19	2,95	2

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 450 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales es menor o igual a 1.

Más del 90% de la población que se encuentre protegida con ropa especial y que se encuentre en un rango entre 0 y 250 m están propensas a quemaduras mortales, a partir de los 325 metros el porcentaje disminuirá a un 51% y a una distancia superior a 450 metros el porcentaje de afectados será menor o igual a 2%, todo esto en un tiempo de exposición efectivo de 120,81 segundos.

#### **4.3.3.2.Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales (sin ropa protección)**

En la Tabla 26 se muestra el porcentaje de personas que no cuenten con ropa de protección y que son afectadas por quemaduras mortales.

**Tabla 26**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales sin ropa de protección*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	52713,91	13,01	100
50	45526,58	12,50	100
100	32236,53	11,33	100
150	21573,51	9,96	100
200	14658,80	8,64	100
250	10327,12	7,44	99
300	7554,79	6,37	91
350	5715,67	5,42	66
400	4449,96	4,57	33
450	3549,19	3,80	12
500*	2888,98	3,09	3

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 500 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales es menor o igual a 1.

Más del 95% de la población que no cuente con la ropa adecuada de protección y que se encuentre a una distancia menor a 250 metros del incendio padecerá de quemaduras mortales en un tiempo de exposición de 120,81 segundos, por otra parte, menos del 50% de la población que se encuentre a una distancia de 400 m se vería afectada, finalmente menos del 1% de las personas que se encuentren en un rango que supere los 550 m padecerían quemaduras mortales.

#### **4.3.3.3. Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras de 2º grado**

En la Tabla 27 se muestra el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de segundo grado.

**Tabla 27**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de 2° grado*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	52713,91	15,10	100
50	45526,58	14,51	100
100	32236,53	13,12	100
150	21573,51	11,50	100
200	14658,80	9,94	100
250	10327,12	8,53	100
300	7554,79	7,28	99
350	5715,67	6,15	87
400	4449,96	5,15	56
450	3549,19	4,24	22
500	2888,98	3,41	6
550*	2392,56	2,65	1

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 550 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de segundo grado es menor o igual a 1.

Más del 95% de la población que se encuentre a una distancia menor a 300 m de la estación de servicios “Granja” se vería afectada por quemaduras de segundo grado en un tiempo de exposición de 120,811 segundos, a medida que se aleja del punto céntrico del incendio el porcentaje de afectación disminuye, por consiguiente a partir de una distancia superior a 400 m menos del 56% de personas resultarían afectadas y un porcentaje menor o igual a 1% se vería afectada si se encuentra a una distancia mayor a 550 m de la gasolinera.

#### **4.3.3.4. Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras de 1er grado**

En la Tabla 28 se muestra el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de primer grado.

**Tabla 28***Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de primer grado*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	52713,91	18,40	100
50	45526,58	17,81	100
100	32236,53	16,42	100
150	21573,51	14,81	100
200	14658,80	13,25	100
250	10327,12	11,84	100
300	7554,79	10,58	100
350	5715,67	9,46	100
400	4449,96	8,45	100
450	3549,19	7,54	99
500	2888,98	6,71	96
550	2392,56	5,96	83
600	2010,93	5,26	60
650	1711,85	4,61	35
700	1473,48	4,00	16
750	1280,68	3,44	6
800*	1122,67	2,91	2

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 800 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de primer grado es menor o igual a 2.

Un porcentaje mayor al 95% de las personas que se encuentre en una distancia menor a 500 m se verían afectadas por quemaduras de primer grado, mientras que a una distancia mayor a 600 metros el porcentaje se reduce a menos de la mitad (47%) y menos del 2% de la población que se encuentre a una distancia mayor a 800 metros resultarían con quemaduras de primer grado.

#### **4.3.3.5. Cálculo del Porcentaje de mortalidad por Radiación térmica**

En la Tabla 29 se muestra el porcentaje de mortalidad por radiación térmica.

**Tabla 29**

*Resultado del Porcentaje de Mortalidad por Irradiación Térmica*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	52713,91	10,91	100
50	45526,58	10,41	100
100	32236,53	9,23	100
150	21573,51	7,86	100
200	14658,80	6,54	94
250	10327,12	5,34	63
300	7554,79	4,28	24
350	5715,67	3,32	5
400*	4449,96	2,47	1

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 400 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de mortalidad es menor o igual a 1.

La radiación térmica recibida en un rango entre 0 y 200 m causa un porcentaje de mortandad superior al 90%, el porcentaje de personas fallecidas disminuirá a menos del 50% siempre y cuando se encuentren a una distancia que sobrepase los 300 m y menos del 1% de la población fallecerá por irradiación térmica a partir de los 400 metros de distancia de la Gasolinera.

#### **4.3.4. Cálculo de afectación por un incendio en el Tanque de Almacenamiento Extra**

##### **4.3.4.1. Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales (usando ropa de protección)**

En la Tabla 30 se muestra el porcentaje de personas que cuentan con ropa de protección y que son afectadas por quemaduras mortales.

**Tabla 30**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales con ropa de protección*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	52917,10	12,24	100
50	45955,15	11,76	100
100	32879,95	10,62	100
150	22193,86	9,27	100
200	15166,99	7,97	100
250	10724,48	6,79	96
300	7864,29	5,73	77
350	5959,42	4,79	42
400	4644,94	3,94	15
450	3707,69	3,17	3
500*	3019,79	2,47	1

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 500 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales usando ropa de protección es menor o igual a 1.

El porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales es mayor al 95% a una distancia menor a 250 metros del punto de origen del incendio tipo BLEVE, a partir de los 350 metros se reduce el porcentaje de afectados (42%) y a una distancia superior a 450 metros menos del 5% de la población se vería afectadas, siempre y cuando cuenten con ropa de protección.

#### **4.3.4.2.Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales (sin ropa de protección)**

En la Tabla 31 se muestra el porcentaje de personas que no cuenten con ropa de protección y que son afectadas por quemaduras mortales.

**Tabla 31**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales sin ropa de protección*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	52917,10	13,09	100
50	45955,15	12,61	100
100	32879,95	11,47	100
150	22193,86	10,12	100
200	15166,99	8,82	100
250	10724,48	7,64	100
300	7864,29	6,58	94
350	5959,42	5,64	74
400	4644,94	4,79	42
450	3707,69	4,02	16
500	3019,79	3,32	5
550*	2502,01	2,67	1

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 550 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales es menor o igual a 1.

En un rango entre 0 y 300 metros más del 90% de las personas resultarían afectadas, a partir de los 400 m de distancia de la gasolinera menos del 50% de población se ve afectada por quemaduras mortales y en distancias mayores a 550 m menos del 1% de la población resultaría afectada por quemaduras mortales.

#### **4.3.4.3. Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras de 2º grado**

En la Tabla 32 se muestra el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de segundo grado.

**Tabla 32**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de 2° grado*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	52917,10	15,20	100
50	45955,15	14,63	100
100	32879,95	13,28	100
150	22193,86	11,70	100
200	15166,99	10,17	100
250	10724,48	8,77	100
300	7864,29	7,52	99
350	5959,42	6,41	92
400	4644,94	5,40	66
450	3707,69	4,50	31
500	3019,79	3,67	9
550*	2502,01	2,91	2

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 550 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de segundo grado es menor o igual a 1.

Más del 90% de la población que se encuentre a una distancia menor a 350 metros de la gasolinera resultarían con quemaduras de segundo grado, a partir de los 450 m el porcentaje de personas con quemaduras de segundo grado se reduce a 48% y menos del 1% de las personas que se encuentren a distancias superiores a 575 metro se verían afectadas por quemaduras tipo “AB”

#### **4.3.4.4. Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras de 1er grado**

En la Tabla 33 se muestra el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de primer grado.

**Tabla 33***Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de primer grado*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	52917,10	18,50	100
50	45955,15	17,93	100
100	32879,95	16,59	100
150	22193,86	15,00	100
200	15166,99	13,47	100
250	10724,48	12,08	100
300	7864,29	10,83	100
350	5959,42	9,71	100
400	4644,94	8,71	100
450	3707,69	7,80	100
500	3019,79	6,98	98
550	2502,01	6,22	89
600	2103,65	5,52	70
650	1791,27	4,87	45
700	1542,18	4,27	23
750	1340,62	3,71	10
800	1175,39	3,18	4
850*	1038,36	2,68	1

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 850 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de primer grado es menor o igual a 1.

Las quemaduras de primer grado las cuales son teóricamente más comunes y por ende más fáciles a generarse para más del 98% de la población que se encuentre en un rango entre 0 y 500 metros de la gasolinera, a partir de los 650 metros se reduce el porcentaje de afectados al 45% , por consiguiente a distancias mayores el porcentaje de personas con quemaduras de primer grado se reducirá dando como resultado que a una distancia mayor a 850 metros dijo porcentaje ser menor o igual a 1%, todos estos porcentajes se los obtiene a un tiempo de exposición de 124,22 segundos.

#### 4.3.4.5. Cálculo del Porcentaje de mortalidad por Radiación Térmica

En la Tabla 34 se muestra el porcentaje de mortalidad por radiación térmica.

**Tabla 34**

*Resultado del Porcentaje de mortalidad por Irradiación térmica*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (<math>W/m^2</math>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	52917,10	10,99	100
50	45955,15	10,51	100
100	32879,95	9,37	100
150	22193,86	8,03	100
200	15166,99	6,73	96
250	10724,48	5,54	71
300	7864,29	4,48	30
350	5959,42	3,54	7
400*	4644,94	2,69	2

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 400 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de mortalidad es menor o igual a 2.

El porcentaje de mortalidad por la radiación térmica recibida por un incendio generado por la Gasolina Extra es del 100% para la población situada a una distancia menor a 150 metros, a una distancia de 300 m el porcentaje de fallecidos se reduce al 30% y a partir de una distancia que supere los 400 m el porcentaje de mortalidad será menor o igual a 2% del total de la población expuesta.

#### 4.3.5. Cálculo de afectación producida por un incendio general

##### 4.3.5.1. Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales (usando ropa de protección)

En la Tabla 35 se muestra el porcentaje de personas que cuentan con ropa de protección y que son afectadas por quemaduras mortales.

**Tabla 35**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales con ropa de protección*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	198562,15	16,56	100
50	173016,97	16,09	100
100	124613,27	14,97	100
150	84603,69	13,65	100
200	58051,93	12,36	100
250	41158,16	11,19	100
300	30235,14	10,13	100
350	22939,41	9,19	100
400	17894,84	8,34	100
450	14292,80	7,58	99,5
500	11646,31	6,88	97
550	9652,76	6,24	89
600	8118,07	5,65	74
650	6914,02	5,10	54
700	5953,57	4,59	34
750	5176,16	4,11	19
800	4538,70	3,66	9
850	4009,96	3,24	4
900*	3566,84	2,84	2

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 900 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de personas con ropa de protección afectadas por quemaduras mortales es menor o igual a 2.

El 100% de personas que cuenten con ropa de protección y se encuentren en un rango entre 0 y 450 m de la gasolinera están propensos a quemaduras mortales, de igual manera el 34% de la población que este ubicada a más de 700 m se vería afectada por quemaduras y a partir de los 900 m menos del 2% de población resultaría afectada por quemaduras mortales siempre y cuando cuenten con ropa de protección adecuada.

#### 4.3.5.2. Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales (sin ropa de protección)

En la Tabla 36 se muestra el porcentaje de personas que no cuentan con ropa de protección y que son afectadas por quemaduras mortales.

**Tabla 36**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras mortales sin ropa de protección*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (<math>W/m^2</math>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	198562,15	17,41	100
500*	11646,31	7,73	100
550	9652,76	7,09	98
600	8118,07	6,50	93
650	6914,02	5,95	83
700	5953,57	5,44	67
750	5176,16	4,96	49
800	4538,70	4,51	31
850	4009,96	4,09	18
900	3566,84	3,69	9
950	3192,03	3,31	5
1000	2872,33	2,95	2

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se omitió los valores entre 1 y 499 m, puesto que el porcentaje de afectación en ese rango es del 100%

El 100% de la población que no cuente con ropa de protección adecuada y que se encuentre a una distancia menor a 500 m están propensas a quemaduras mortales, menos del 50% de la población se vería afectada a una distancia superior a 750m y a una longitud mayor a 1000 m un porcentaje menor al 2% de la población está expuesta a quemaduras mortales.

#### 4.3.5.3.Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras de 2° grado

En la Tabla 37 se muestra el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de segundo grado.

**Tabla 37**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de 2° grado*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	198562,15	20,29	100
550*	9652,76	8,12	100
600	8118,07	7,42	99
650	6914,02	6,77	96
700	5953,57	6,17	88
750	5176,16	5,61	73
800	4538,70	5,08	53
850	4009,96	4,58	34
900	3566,84	4,11	19
950	3192,03	3,66	9
1000	2872,33	3,24	4

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se omitió los valores entre 1 y 549 m, puesto que el porcentaje de afectación en ese rango es del 100%

En un tiempo de exposición de 115,12 segundos el 100% de la población que se encuentre a una distancia menor a 550 m se vería afectada por quemaduras de segundo grado, mientras que menos del 40% de las personas que se encuentren a más de 850m son proclives a quemaduras tipo “AB” y a partir de 1000 metros de distancia el 4% de la población total se vería afectada por quemaduras de segundo grado.

#### 4.3.5.4.Cálculo del porcentaje de personas afectadas por quemaduras de 1er grado

En la Tabla 38 se muestra el porcentaje de personas afectadas por quemaduras de primer grado.

**Tabla 38**

*Resultado del Porcentaje de población afectada por quemaduras de primer grado*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	198562,15	23,59	100
850*	4009,96	7,89	100
900	3566,84	7,42	99
950	3192,03	6,97	98
1000	2872,33	6,55	94

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se omitió los valores entre 1 y 849 m, puesto que el porcentaje de afectación en ese rango es del 100%

Si se produce un incendio generado por los 5 tanques de almacenamiento de combustible en un rango de 1000 metros a la redonda más del 90% de la población se vería afectada por quemaduras de primer grado, pero en base a la distancia en la que se encuentren ubicados en relación con la gasolinera el porcentaje de mortalidad variará, por lo que, la sección 4.3.5.5 se calcula el porcentaje de mortalidad por radiación térmica recibida.

#### **4.3.5.5.Cálculo del Porcentaje de mortalidad por Radiación térmica**

En la Tabla 39 se muestra el porcentaje de mortalidad por radiación térmica.

**Tabla 39**

*Resultado del Porcentaje de mortalidad por Irradiación Térmica*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
0	198562,15	15,31	100
50	173016,97	14,84	100
100	124613,27	13,72	100
150	84603,69	12,40	100
200	58051,93	11,11	100
250	41158,16	9,94	100
300	30235,14	8,89	100
350	22939,41	7,94	100
400	17894,84	7,10	98
450	14292,80	6,33	91
500	11646,31	5,63	74
550	9652,76	4,99	50
600	8118,07	4,40	27
650	6914,02	3,85	12
700	5953,57	3,34	4
750*	5176,16	2,86	2

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número Probit. \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 750 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de mortalidad es menor o igual a 1.

EL porcentaje de mortalidad por radiación térmica un tiempo de exposición efectivo de 115,12 segundos y a una distancia menor a 350 m del punto de origen va a ser del 100%, a partir de los 550 metros de la gasolinera el porcentaje de mortalidad será del 50% y a mayor distancia el porcentaje disminuye considerablemente es así que a 750 m el porcentaje de muertes por irradiación térmica recibida es menor al 2%.

#### **4.4. Zonas de afectación por incendio tipo BLEVE**

Por medio del Software ArcGIS y en base a la normativa SEVESO se estableció las distintas zonas de intervención y alerta para cada caso de incendio.

En la Tabla 40 se muestran las zonas de afectación causadas por un incendio tipo BLEVE generado por los distintos tanques de la gasolinera y de manera general.

**Tabla 40**

*Zonas de Afectación por incendio tipo BLEVE*

<b>Tanque de origen del incendio</b>	<b>Zona de intervención (m)<sup>a</sup></b>	<b>Zona de alerta (m)<sup>b</sup></b>
Diésel Premium	298	395
Gasolina Súper	376	491
Gasolina Extra	385	502
Incendio General	763	980

Nota. <sup>a</sup>Los valores presentados hacen referencia al radio de la zona de intervención. <sup>b</sup>Los valores descritos representan el radio de la zona de alerta. Elaborado por el autor.

**4.4.1. Zonas de afectación por un incendio tipo BLEVE generado en el tanque de Diésel**

**Premium**

En la Figura 6 se observan las zonas de afectación causadas por un incendio en el tanque de Diésel Premium.

**Figura 6** *Zonas de Afectación por un incendio generado por el tanque de Diésel Premium*

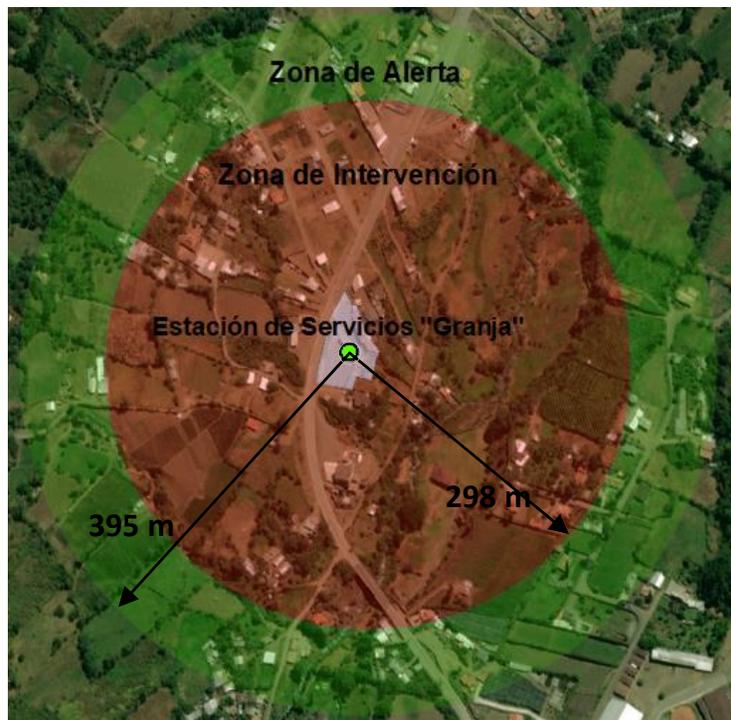
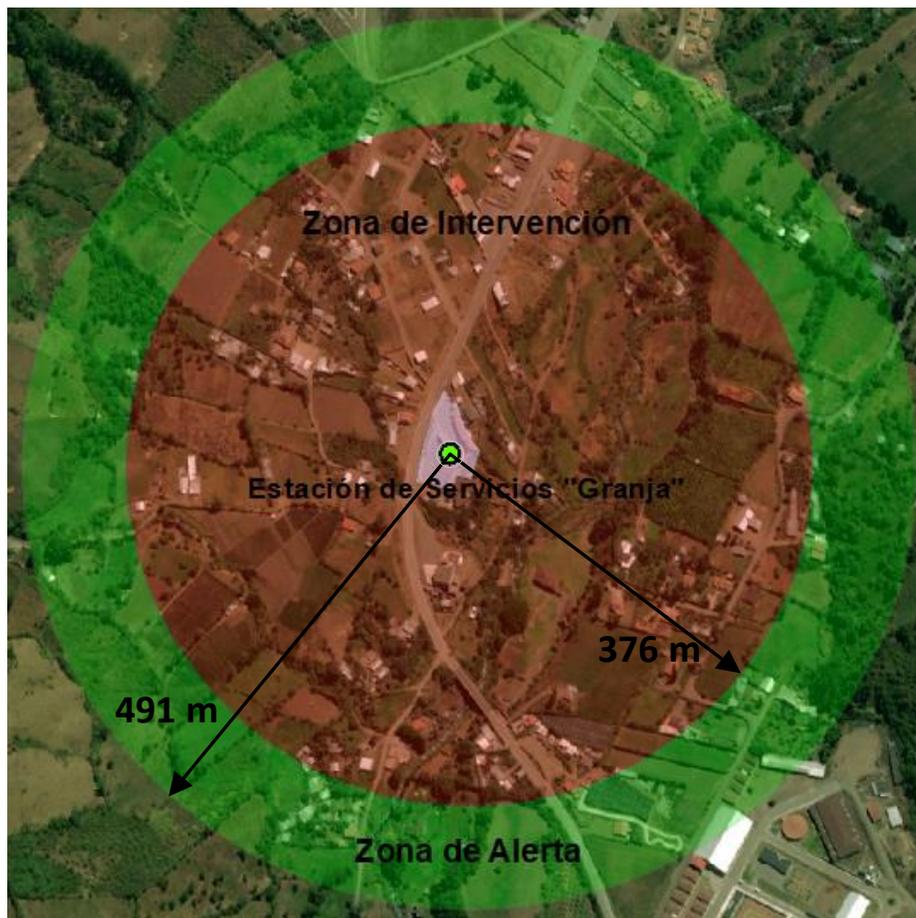


Figura 6. La zona de intervención (color rojo) comprende un radio de 298 m, en la que se deben implementar medidas de prevención y protección para la población que se encuentre en el área. La zona de alerta (color verde) tiene un radio de 395 m en la que las afectaciones son mínimas y no requieren de medias especiales de protección. Realizado en ArcMap 10.4.1.

#### 4.4.2. Zonas de afectación por un incendio tipo BLEVE generado en el tanque de Gasolina Súper

En la Figura 7 se observan las zonas de afectación causadas por un incendio en el tanque de gasolina Súper.

**Figura 7** Zonas de afectación por incendio generado en el tanque de Gasolina Súper



*Figura 7.* La zona de intervención (color rojo) comprende un radio de 376 m, en la que es necesario implementar medidas de prevención y protección para la población que se encuentre en el área. La zona de alerta (color verde) tiene un radio de 491 m en la que las afectaciones son mínimas y no requieren de medias especiales de protección. Realizado en ArcMap 10.4.1

#### 4.4.3. Zonas de afectación por incendio tipo BLEVE generado en el tanque de Gasolina Extra

En la Figura 8 se observan las zonas de afectación causadas por un incendio en el tanque de Gasolina Extra.

**Figura 8** Zonas de Afectación por incendio generado en el tanque de Gasolina Extra

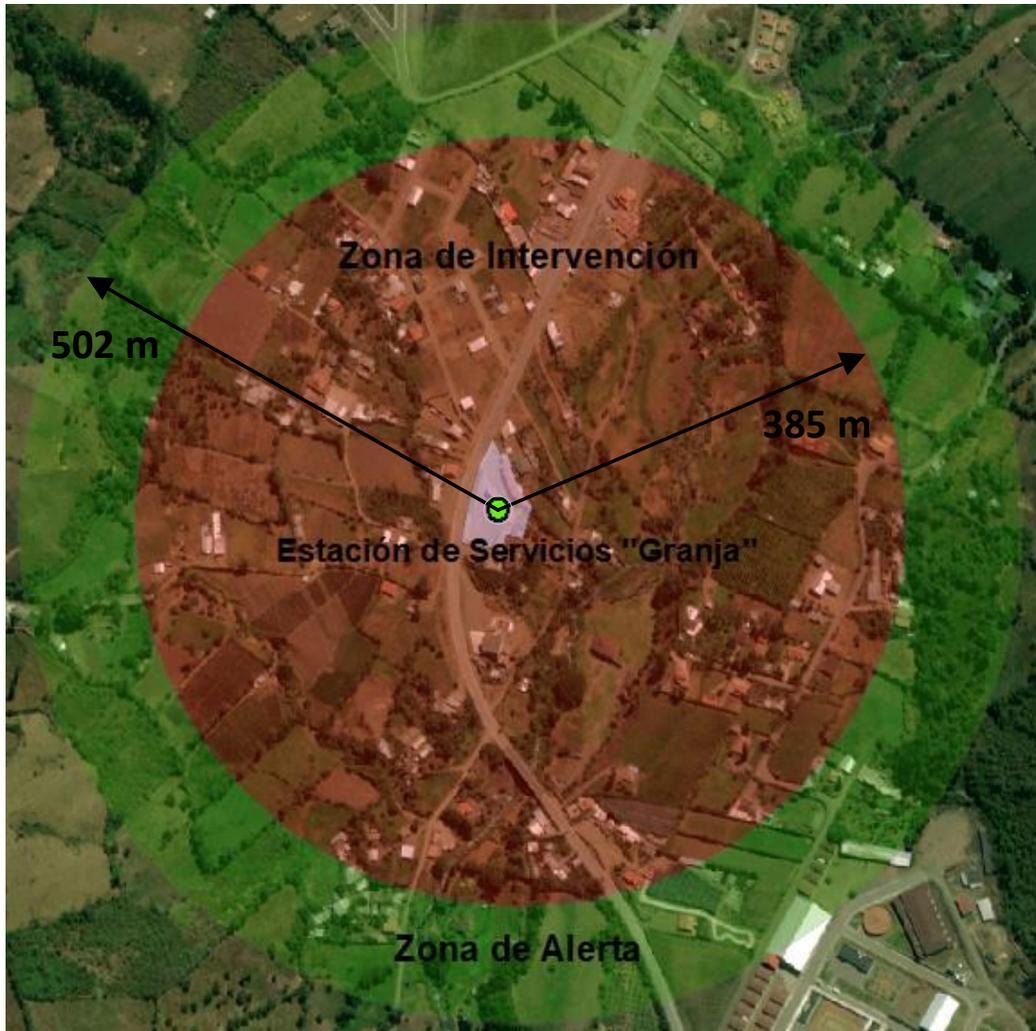


Figura 8. La zona de intervención (color rojo) comprende un radio de 385 m, en la que se deben implementar medidas de prevención y protección para la población que se encuentre en el área. La zona de alerta (color verde) tiene un radio de 502 m en la que las afectaciones son mínimas y no requieren de medidas especiales de protección. Realizado en ArcMap 10.4.1.

#### 4.4.4. Zonas de afectación por un incendio general tipo BLEVE

En la Figura 9 se observan las zonas de afectación causadas por un incendio total de los 5 tanques de almacenamiento de combustible.

**Figura 9** Zonas de Afectación correspondientes a un incendio general de los 5 tanques

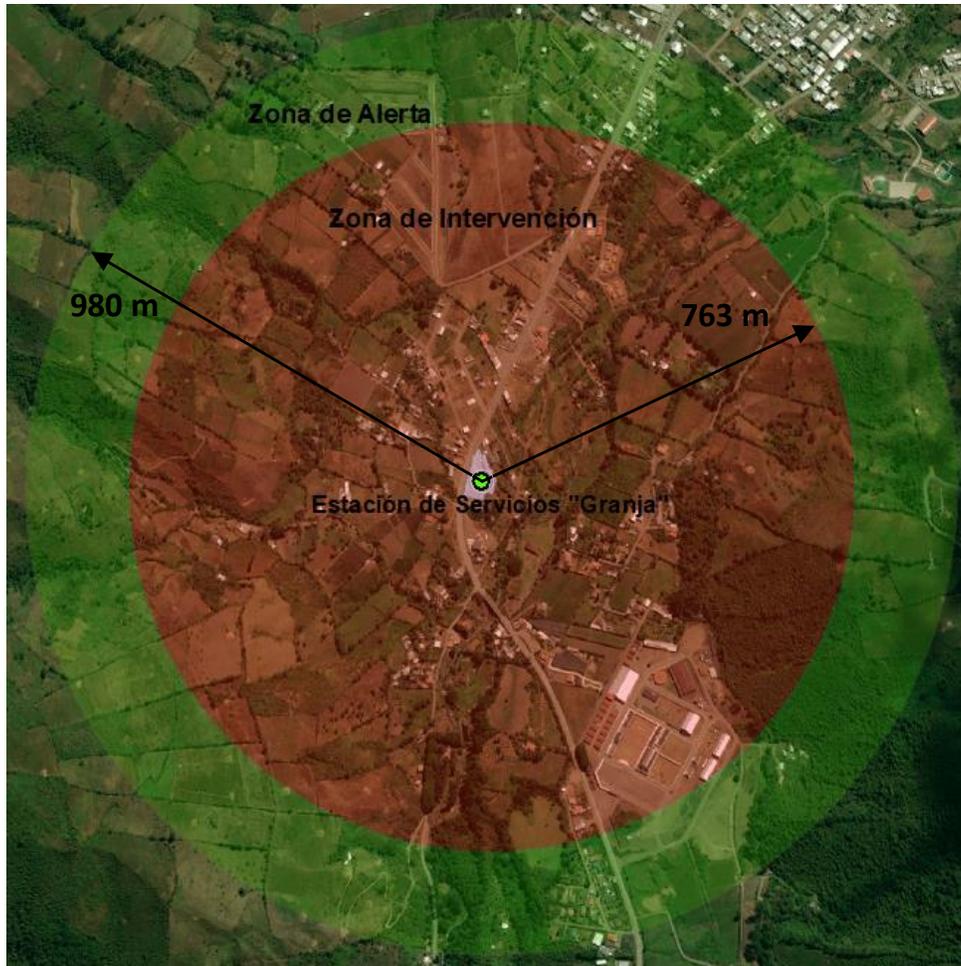


Figura 9. La zona de intervención (color rojo) comprende un radio de 763 m, en la que se deben implementar medidas de prevención y protección para la población que se encuentre en el área. La zona de alerta (color verde) tiene un radio de 980 m en la que las afectaciones son mínimas y no requieren de medias especiales de protección. Realizado en ArcMap 10.4.1.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Se identificó las condiciones constructivas de la bodega en la que se encuentran ubicados los tanques de almacenamiento de combustible, la cual cumple con los requisitos de funcionamiento establecidos en la NTE INEN 2251:2013, de los cuales se destaca que los tanques están contruidos con planchas de acero al carbón y su capacidad operativa no es menor a su capacidad nominal, cuentan con sus respectivas pruebas hidrostáticas, poseen tubos de venteo, en otras palabras la bodega y los tanques de almacenamiento de la Estación de Servicios “Granja” están operando correctamente bajo la normativa nacional.

- Para que se genere un incendio tipo BLEVE en la Gasolinera “Granja” se deben cumplir ciertas condiciones atmosféricas: temperatura ( $23,83^{\circ}\text{C}$ ), presión parcial absoluta (2911,1 Pa) y Humedad relativa (76,09%), u originarse un incendio por factores externos y que avance de manera abrupta hasta los tanques de almacenamiento de combustible, todos estos factores hacen que la investigación sea estrictamente exclusiva para la estación de servicios “Granja”.

- Se calculó la Irradiación Térmica que recibirá el personal expuesto a un incendio tipo BLEVE que puede darse con cada uno de los tanques de almacenamiento de combustible, al tratarse de radiación térmica recibida, si se habla de manera individual, el que mayor nivel de radiación emite es el tanque de Gasolina Extra con  $5 \text{ kW/m}^2$  a de 385m a la redonda, lo cual debe generar alerta a la población que se encuentre dentro de la zona de intervención ya que se encuentran propensos a altos niveles de radiación térmica y por ende a quemaduras mortales en función al tiempo de exposición.

- En base al método PROBIT se determinó que el tanque de Gasolina Extra causa más afectaciones hacia las personas si llegase a generar un incendio, pues a una distancia menor a 250 m se obtiene un porcentaje de mortalidad por radiación mayor al 95% en un tiempo de exposición de 2,07 min, cifra que alerta a la población aledaña, la cual ve afectada directamente, pues ante la falta de información y el desconocimiento del riesgo latente son más propensos a sufrir afectaciones mortales.

- Si todos los tanques de almacenamiento son los causantes de un incendio el porcentaje de personas afectadas por quemaduras mortales se incrementa considerablemente, es así que el 100% de la población que se encuentre a una distancia con un radio menor a 450 m de la gasolinera se vería afectada directamente, sin embargo, el porcentaje de mortalidad es del 100% a una distancia menor a 375 m a la redonda, una distancia a tomar en cuenta, debido a que a esa distancia se encuentran urbanizaciones y restaurantes con una afluencia significativa de turistas que se verían afectados directamente por la radiación térmica y quemaduras posteriores.

- Se delimitó las zonas de intervención en base a los niveles de radiación térmica recibida aplicando la Normativa SEVESO, en lo que respecta a un incendio dado por todos los 5 tanques de almacenamiento de combustible, se obtiene una zona de intervención con un radio de 763 m, una zona sumamente extensa y peligrosa para toda la población que está ubicada en ese rango pues los niveles de radiación son intolerables, las afectaciones y quemaduras serían mortales para la población expuesta.

- Mediante la propuesta del plan de emergencia enfocado a incendios tipo BLEVE se desarrolló medidas preventivas y un protocolo a seguir en caso de que se presente la emergencia, lo cual hace que la gasolinera labore dentro de las legislaciones nacionales vigentes y se encuentre de cierta manera preparada para actuar ante un incendio.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda aprobar e implementar el plan de emergencia propuesto, para generar un ambiente de trabajo más seguro para el personal y la población que se encuentra propensa a afectaciones de un incendio de tipo BLEVE que se origine en la gasolinera.

- Es prioritario generar alianzas estratégicas con el cuerpo de bomberos del Cantón para realizar capacitaciones y charlas hacia los trabajadores en lo referente a incendios y la radiación térmica que se genera, manejo de materiales y sustancias inflamables.

- Se debe establecer un punto de encuentro más seguro considerando los cálculos en caso de un incendio tomando como referencia las zonas de afectación establecidas previamente, se sugiere tomar como base las zonas establecidas en caso de incendio del tanque de Gasolina Extra.

- Es necesario informar a la ciudadanía que se encuentra localizada a los alrededores de la gasolinera sobre las posibles afectaciones que pueden recibir al estar expuestos a irradiación térmica proveniente de un incendio tipo BLEVE.

- Se debe controlar y establecer restricciones de acceso para la bodega en la que se encuentran los tanques de almacenamiento de líquido combustible.

- Es necesario implementar sistemas de alerta y seguridad contra incendios como son: detectores de humo, sistemas contra incendios, ubicación estratégica de un hidrante o una toma siamesa, implementar y mejorar la señalética en toda la gasolinera.

- Se recomienda realizar un estudio enfocado en el uso y mantenimiento adecuado de los surtidores de combustible.

## CAPÍTULO VI: PROPUESTA

### 6.1. Propuesta del Plan de Emergencia ante un Incendio Tipo BLEVE en la Estación de Servicios “Granja”

#### 6.1.1. Datos Generales

*Tabla 41*

*Datos generales de la gasolinera*

INFORMACIÓN GENERAL			
<b>Nombre de la Empresa</b>	Estación de Servicios “Granja”		
<b>Actividad Económica</b>	Venta al por menor de combustible para vehículos automotores y motocicletas en establecimientos especializados.		
<b>Nombre de propietario</b>	Ing. Fausto Granja	<b>Nombre de administrador</b>	Ing. Fausto Granja
<b>Correo electrónico</b>	<a href="mailto:faustogranja1@gmail.com">faustogranja1@gmail.com</a>	<b>Teléfono(s)</b>	Secretaria: 03 2324033 Gerencia:
<b>Dirección</b>	Panamericana Sur, Vía Guayaquil. E487.	<b>Parroquia</b>	Matriz
<b>Sector</b>	Panamericana Sur	<b>Coordenadas</b>	X 2.01024 Y 78.97486
<b>No. De Empleados</b>	9	<b>Hora de Ingreso</b>	07:H00 am
		<b>Hora de Salida</b>	07:H00 pm
<b>Modalidad de turnos</b>	Turnos rotativos de 12 Horas	<b>Hora de atención al público</b>	24/7
<b>Materiales peligrosos</b>	Líquidos combustibles	<b>Cantidad empleada mensualmente</b>	181 500*
<b>Combustible empleado</b>	Diésel Premium, Gasolina Súper, Gasolina Extra	<b>Cantidad mensual</b>	181 500*
<b>Pólizas de Seguro</b>	<b>Cantidad</b> 2	<b>Valor total de pólizas</b>	\$ 520 000

*Nota.* \*El valor empleado por mes es un aproximado, ya que las ventas varían en función de los meses.

#### **6.1.1.1. Antecedentes**

La Estación de servicios “Granja” se encuentra ubicada en el cantón Pallatanga, se encuentra en funcionamiento desde el 01 de diciembre de 1999, actualmente el gerente y propietario es el Ingeniero Fausto Granja. La principal actividad económica la venta al por menor de combustible para vehículos automotores y motocicletas en establecimientos especializados.

Hasta la fecha no existen registros de accidentes mayores o graves en la Gasolinera y ante la falta de información correspondiente a datos sobre accidentes mayores ocurridos en el Cantón Pallatanga en lo referente a incendios de Gasolineras, explosiones u otras situaciones que se cataloguen de riesgo mayor (sismos, deslizamientos de tierras, erupciones volcánicas, etc.).

En lo relacionado a sismos o terremotos se debe considerar que el Cantón Pallatanga se encuentra ubicado en los límites de una falla geológica, la misma que causo el terremoto que destruyó a la ciudad de Riobamba en 1797, sin embargo no existen registros de movimientos telúricos de mayor escala en el cantón, únicamente se tiene como registro el terremoto del 16 de abril de 2016 de 7,8 en la escala Richter ocurrido al noreste de Ecuador y a menor escala una serie de sismos suscitados a lo largo de los años.

Como se mencionó anteriormente al no contar con datos históricos sobre antecedentes locales para este plan de emergencia se tomará registros históricos sucedidos a nivel nacional, de las que se puede resaltar el caso de la gasolinera Petrocándor, en la que según reportes tomados de Diario el Telégrafo existieron ciertos errores humanos en el sistema de mantenimiento lo que causo que los trabajadores resulten con quemaduras de segundo y tercer grado y a causa de dichas quemaduras una persona perdió la vida. De igual manera en Machala al momento de realizar una

descarga de líquido combustible se dio una pequeña deflagración o acumulación de gases generando una combustión relativamente rápida.

#### **6.1.1.2. Justificativo del Plan**

El presente plan de emergencia ante un Incendio se rige en las leyes gubernamentales actuales del Ecuador por lo cual en base al artículo 92 de la ley de Defensa Contra Incendios en el que se establece que todo establecimiento que posea un área superior a 200m<sup>2</sup> deberá contar con un plan de emergencia

Una estación de servicios al expender y almacenar constantemente líquidos combustibles altamente inflamables está en un riesgo permanente de sufrir un accidente mayor en este caso un incendio tipo BLEVE por lo que la irradiación térmica a la que la población se vería expuesta causaría serias afectaciones en la población y edificaciones que se encuentren a sus alrededores, por lo que un plan de contingencia y emergencia enfocado hacia un incendio es primordial para salvaguardar la vida de todas las personas, trabajadores y conductores de los distintos medios de transporte y a la ciudadanía en general que se vea afectada al productos un incendio en la Gasolinera “Granja”.

Este plan de emergencia establece lineamientos a seguir en busca de mitigar y reducir las afectaciones por un Incendio tipo BLEVE, por lo que se establecen distintas brigadas (emergencia, contra incendios, de evacuación, etc.), acciones y recursos necesarios para tener en cuenta al momento que se presente el siniestro.

### **6.1.2. *Objetivos del Plan***

#### **6.1.2.1.Objetivo General**

Salvaguardar la integridad de la Estación de Servicios “Granja” en el cantón Pallatanga ante un incendio tipo BLEVE.

#### **6.1.2.2.Objetivos Específicos**

- Informar a los trabajadores y ciudadanía en general los pasos a seguir ante un incendio.
- Determinar los lineamientos a seguir en caso de que se suscite un incendio en la gasolinera.
- Identificar una ruta de evacuación y zona segura para los trabajadores.

### **6.1.3. *Descripción de la Actividad***

La Estación de servicios “Granja” se encuentra ubicada en el cantón Pallatanga, está en funcionamiento desde el 01 de diciembre de 1999, actualmente el gerente y propietario es el Ing. Fausto Granja.

La principal actividad económica la venta al por menor de combustible para vehículos automotores y motocicletas en establecimientos especializados. Posee cinco tanques de almacenamiento de 10 000 galones cada uno, los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera: 3 tanques para el almacenamiento de Diésel Premium, 1 tanque para el almacenamiento de Gasolina Súper y uno capacidad para el almacenamiento de Gasolina Extra, dando como total una capacidad nominal de 50 000 galones que puede almacenar la gasolinera, además se estima que diariamente se expende un aproximado de 6050 galones de líquidos combustibles.

## 6.1.4. Descripción de la Infraestructura

### 6.1.4.1. Capacidad de carga de la infraestructura

**Tabla 42**

*Capacidad de carga de la infraestructura*

SECCIÓN.	Área total en m <sup>2</sup>	Área empleada en m <sup>2</sup>	Responsable del control
Estación de Servicios “Granja”	6458,48	5758,48	Ing. Fausto Granja
Dispensadores	324,58	324,58	Ing. Fausto Granja
Planta baja (tienda, oficinas)	384,54	384,54	Ing. Fausto Granja
Bodega Tanques de almacenamiento	179,19	179,19	Ing. Fausto Granja

*Nota.* Realizado por el autor.

### 6.1.4.2. Descripción de las áreas

**Tabla 43**

*Descripción de las áreas de la gasolinera*

Estación de Servicios “Granja” Fachada	Area de despacho (Islas y Sutidores)
---	--------------------------------------



La Gasolinera cuenta con 4 islas, en cada isla se encuentran ubicados distintos surtidores encargados del expendio de combustible.

---

### Oficinas administrativas

---



Las oficinas administrativas se encuentran en el área lateral de la estación de servicios a pocos pasos del área de descarga de combustible.

Frente a las oficinas administrativas se encuentra el área de desechos comunes.

En el segundo piso se encuentra un minidepartamento el cual es ocupado por el administrador.

---

### Tienda

---



La tienda de abastos se encuentra ubicada junto a las oficinas administrativas y junto a ella se encuentra un cajero automatico que corresponde la Bnaco de Pichincha.

---

### Baterías sanitarias

---



Los baños están ubicados cerca del cajero automático, el mismo cuenta con una sección para personas con capacidades especiales.

---

### Bodega de los tanques de almacenamiento

---



La bodega en la que están los tanques de almacenamiento se encuentra ubicada en la parte lateral de la gasolinera. Cada uno de los tanques posee una certificación vigente con respecto a las características y especificaciones técnicas, de operatividad, además de certificados de inspecciones Hidrostáticas y neumáticas. (ANEXO 10)

---

### Área de manejo de desechos

---



Recipientes empleados para la recolección temporal de desechos peligrosos.

---

### Área verde

---



La Gasolinera posee 1 área verde, la cual se encuentra junta a la panamericana Sur.

---

### Generador eléctrico

---



El generador eléctrico es de marca NNNN, se encuentra en una bodega apartada de los tanques de almacenamiento y es de uso único cuando existen cortes de energía eléctrica.

---

### Tuberías de venteo

---



La gasolinera cuenta con 6 tubos de venteo, los cuales son empleados para el desfogue de los tanques de almacenamiento de combustible, cada uno cuenta con campanas de alivio para los gases emitidos por los tanques.

---

### Trampas de grasas

---



Área destinada para las aguas hidro-carburadas provenientes del área de los distintos surtidores, estas aguas llegan por medio de canaletas.

---

### Área de carga y descarga de combustible

---



En esta área se encuentran ubicados y señalizados 3 compartimentos empleados para la recepción de combustibles (Diesel Premium, Super y Extra).

---

### Servicios conexos (aire, tanque cisterna, área de lavado)

---



La Gasolinera cuenta con un área para el lavado de autos ubicados en la parte lateral junto a la panamericana Sur y un área en la que se encuentra un compresor de aire para los vehículos que lo requieran.

---

### Entradas de inspección a los tanques

---



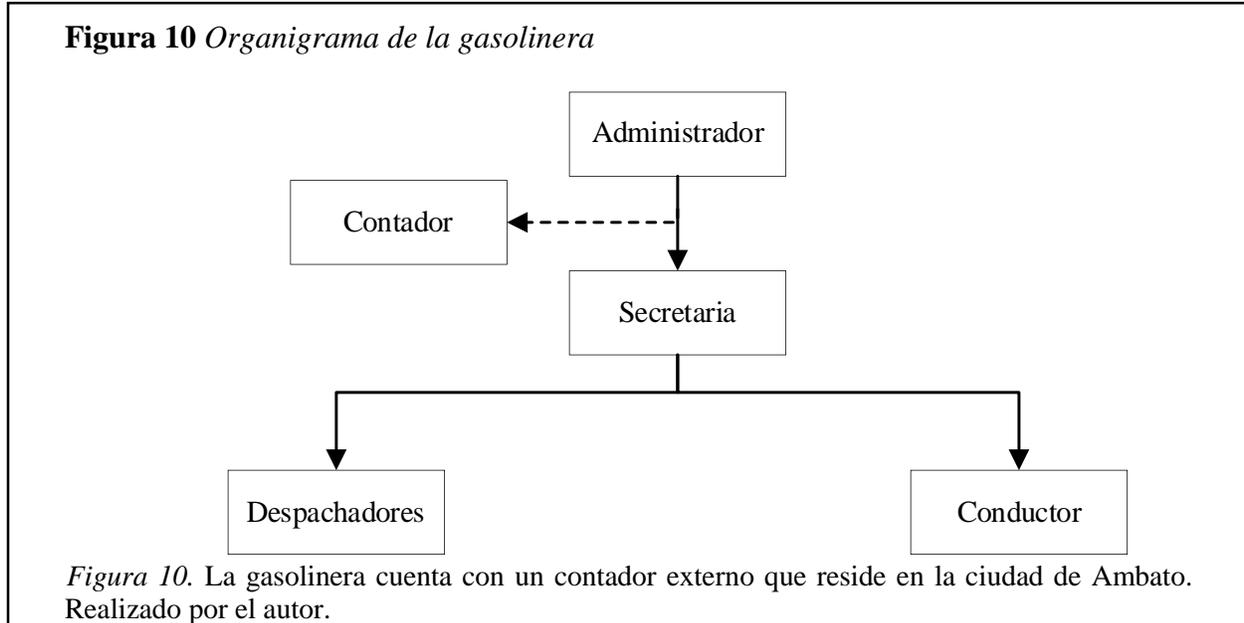
Son entradas empleadas para la inspección y limpieza en la parte superior de los tanques y la vez realizan la función de ventilación.

---

*Nota.* Realizado por el autor.

### 6.1.5. Análisis de recursos

#### 6.1.5.1. Recursos humanos



**Tabla 44**

#### *Personal de la gasolinera*

<b>Recursos humanos</b>	<b>Total, de personas</b>	<b># Hombres</b>	<b># Mujeres</b>	<b># Personas con capacidades especiales</b>	<b># Niños o personas ajenas a la gasolinera que se encuentren frecuentemente en las instalaciones, considere el flujo de personas</b>
Número de personal administrativo y trabajadores	9	7	2	0	0

*Nota.* Realizado por el autor.

**Tabla 45***Listado del personal de la gasolinera*

N°	Nombres y Apellidos	N° de Cédula	Cargo
1	Mario Efraín Merino Orozco	060331761-1	Despachador
2	Pedro Robinson Peñafiel Sinaluisa	060366760-1	Despachador
3	Maycol Enrique Romero Lema	060523248-7	Despachador
4	Dennis Javier Cayambe Tagua	060540860-8	Despachador
5	Jasmal Fabricio Sánchez Cadena	180377001-3	Despachador
6	Narcisa Rosario Castillo Sinaluisa	060402747-4	Despachador
7	Nidia Melania Cali López	060349993-0	Secretaria
8	Jorge Eduardo Gancino Santiana	160006011-3	Chofer
9	Granja Benalcázar Fausto Benigno	180168108-9	Administrador

*Nota.* Realizado por el autor.**6.1.5.2.Equipos/Recursos****Tabla 46***Recursos y equipos de la gasolinera*

Especificación	Total	Bueno	Malo	Regular	Funcional	No funcional
Puertas de emergencias	1	X			X	
Vías de evacuación señalizada	1			X	X	
Gabinete contra incendio	1	X			X	
Extintores	12				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	1	X			X	
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					

*Nota.* Realizado por el autor.

## 6.1.6. Descripción de los alrededores del local

### 6.1.6.1. Ubicación de la Gasolinera

*Figura 11 Ubicación de la gasolinera*



*Figura 11. Ubicación de la estación de Servicios “Granja” Gráfico realizado en ArcMap 10.4.1. Elaborado por el autor.*

### 6.1.6.2. Factores externos

A una distancia de 25 metros de la gasolinera se encuentra ubicada una lavadora exprés de autos, junto a la misma se ubica un taller mecánico y una ciudadela.

Junto a la gasolinera en la salida a Riobamba se encuentra una vulcanizadora.

### 6.1.7. Identificación de riesgos

#### 6.1.7.1. Recursos disponibles

**Tabla 47**

*Recursos de la gasolinera*

Equipos	Cantidad	Ubicación
Extintores	13	Distribuidos en toda la instalación
Sistema de seguridad	23	Distribuidos en toda la instalación
Sistema contra incendio	1	Junto a la tienda de abastos
Lámparas de emergencias	0	N/A*
Puertas de emergencias funcionales	1	Oficinas administrativas
Gabinetes - bocas de incendios equipadas	0	N/A
Detectores humo	0	N/A
Botiquín de Primeros Auxilios equipado	1	Junto a las oficinas administrativas
Reserva hídrica	0	N/A
Vehículo	1	Área de carga y descarga de combustible

*Nota.* \*N/A = No Aplica. Realizado por el autor.

#### 6.1.7.2. Ubicación y características de los extintores

**Tabla 48**

*Extintores pertenecientes a la gasolinera*

N°	Ubicación	Tipo de extintor	Capacidad	Fecha de mantenimiento
1	Oficina de la secretaria	CO2	10 lbs	Enero 2020
2	Oficina de la secretaria	PQS	5 lbs	Enero 2020
3	Oficina del Administrador	CO2	10 lbs	Enero 2020
4	Entre las oficinas administrativas	PQS	100 lbs	Enero 2020
5	Isla 1	PQS	20 lbs	Enero 2020
6	Isla 2	PQS	20 lbs	Enero 2020
7	Isla 3	PQS	20 lbs	Enero 2020
8	Isla 4	PQS	20 lbs	Enero 2020
9	Camión de despacho	PQS	10 lbs	Enero 2020
10	Camión de despacho	PQS	10 lbs	Enero 2020
11	Camión de despacho	PQS	10 lbs	Enero 2020
12	Bodega 1	PQS	20 lbs	Enero 2020
13	Bodega 1	PQS	10 lbs	Sin mantenimiento

*Nota.* Realizado por el autor.

### 6.1.7.3.Datos del vehículo de la gasolinera

**Tabla 49**

*Datos del vehículo de la gasolinera*

N°	Tipo de vehículo	Capacidad (gal)	Matricula	Conductor
1	Tanquero	10 000	PAA5406	Jorge Gancino

*Nota.* Realizado por el autor.

### 6.1.7.4.Identificación de amenazas

**Tabla 50**

*Identificación de amenazas*

Exposición	Ex	A	Md	B	MB	Afectación				
	2 veces al año	1 ves por año	De 2 a 5 años	de 5 a 8 años	más de 10 años	MB	B	Mod	A	Ex
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.* Realizado por el autor.

**Tabla 51**

*Simbología*

Nivel de amenaza	Símbolo
Extrema	Ex
Alta	A
Media	Md
Moderada	Mod
Baja	B
Media Baja	MB

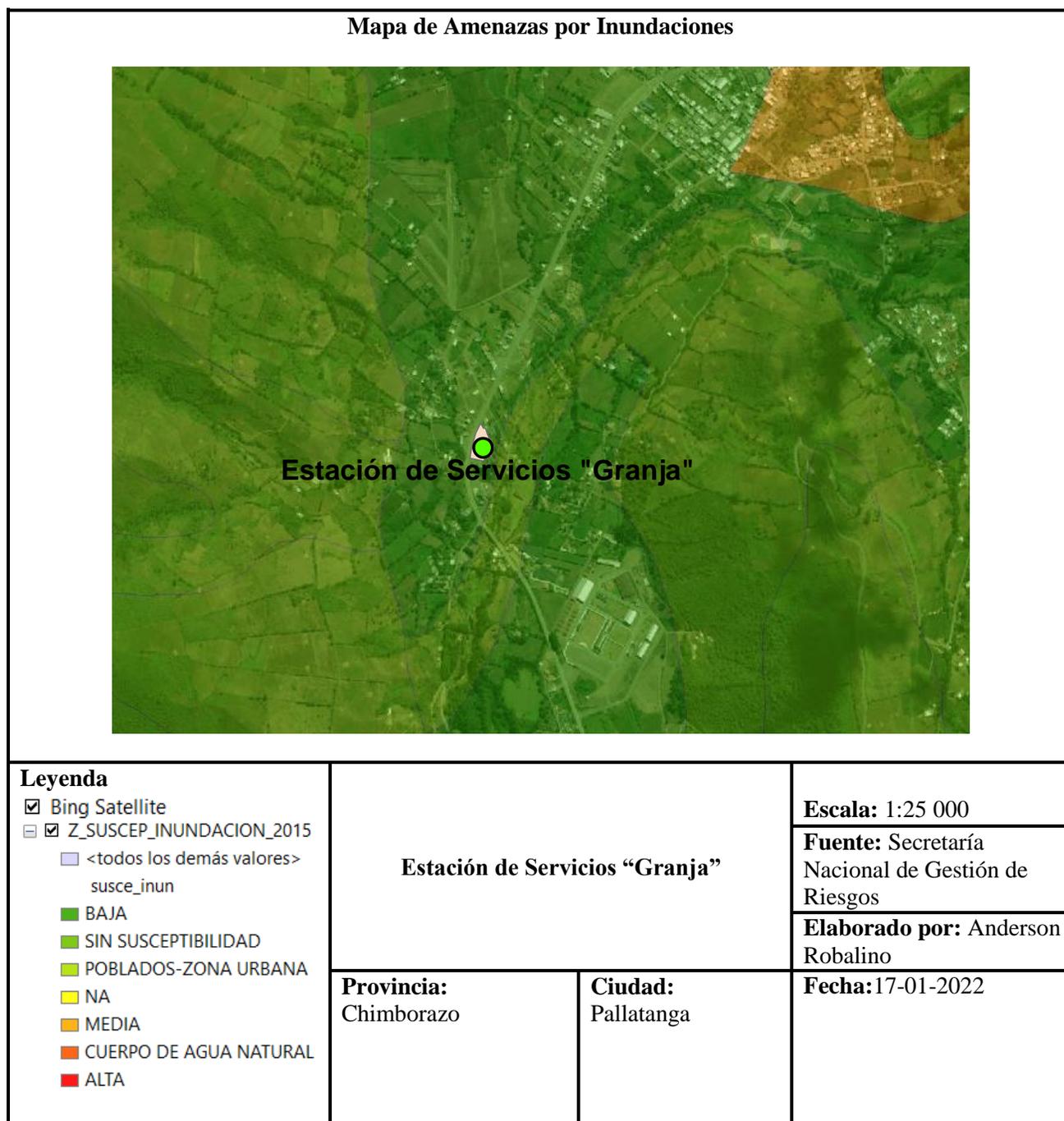
*Nota.* Realizado por el autor.

#### **6.1.7.5.Mapas de amenazas**

Ante la falta de información y/o datos en los distintos softwares geográficos en lo referente a mapas de amenazas que correspondan al cantón Pallatanga, se obtuvo cierta información relacionada con inundaciones, sequias y deslaves de la página de la **Secretaría Nacional del Ecuador**, cabe recalcar que los mapas son de manera general para todo el país y no da un escenario exacto para el Cantón Pallatanga además estos mapas se encuentran en una escala de 1:25000.

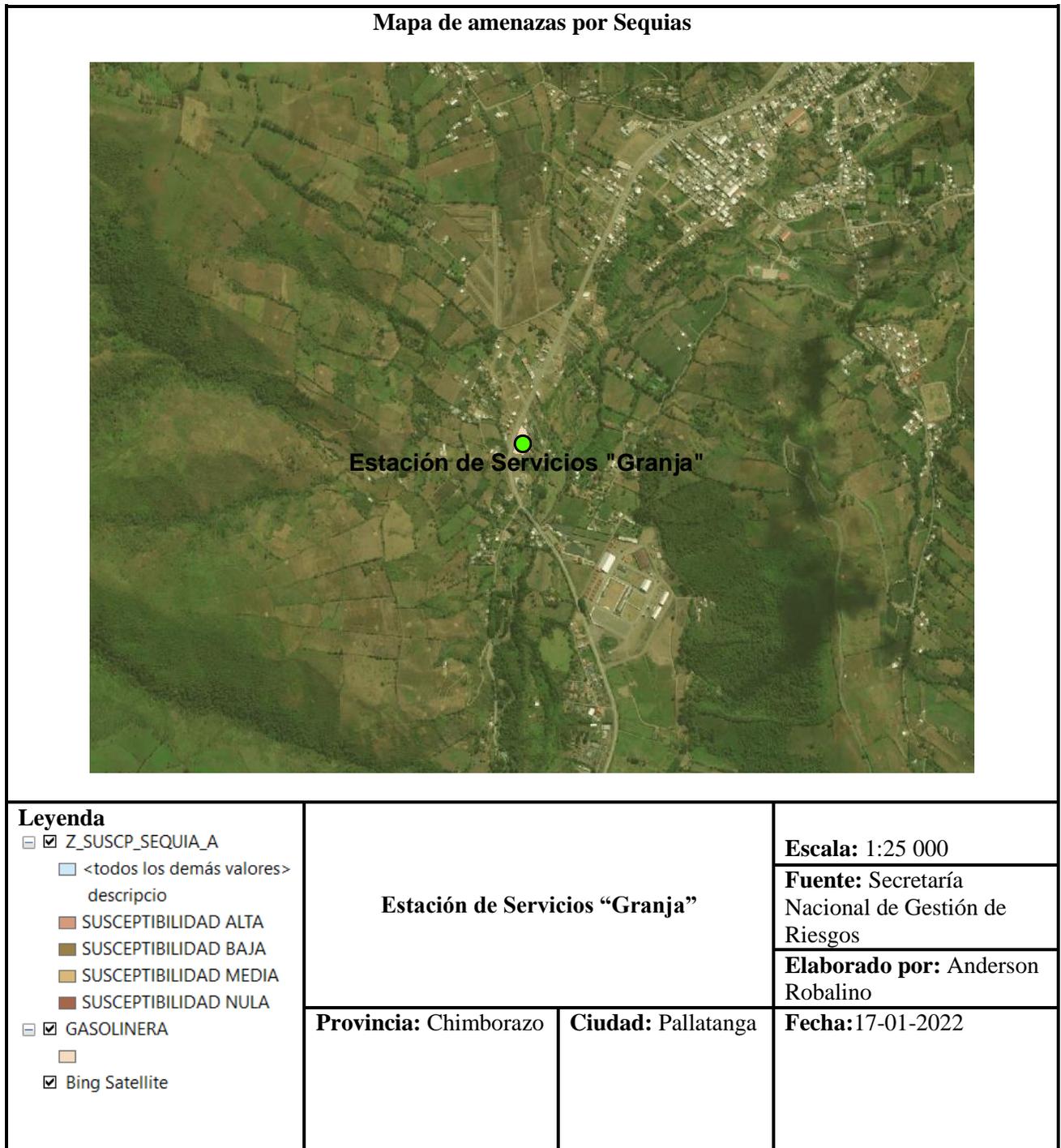
Para la limitación de los mapas con las zonas de afectación por incendio se los realizo en base a la **Normativa SEVESO** de España y **la NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit**, haciendo énfasis en un incendio causado individualmente por cada tipo de combustible e incendio global de todos los contenedores.

**Figura 12** *Mapa de amenazas por Inundaciones*



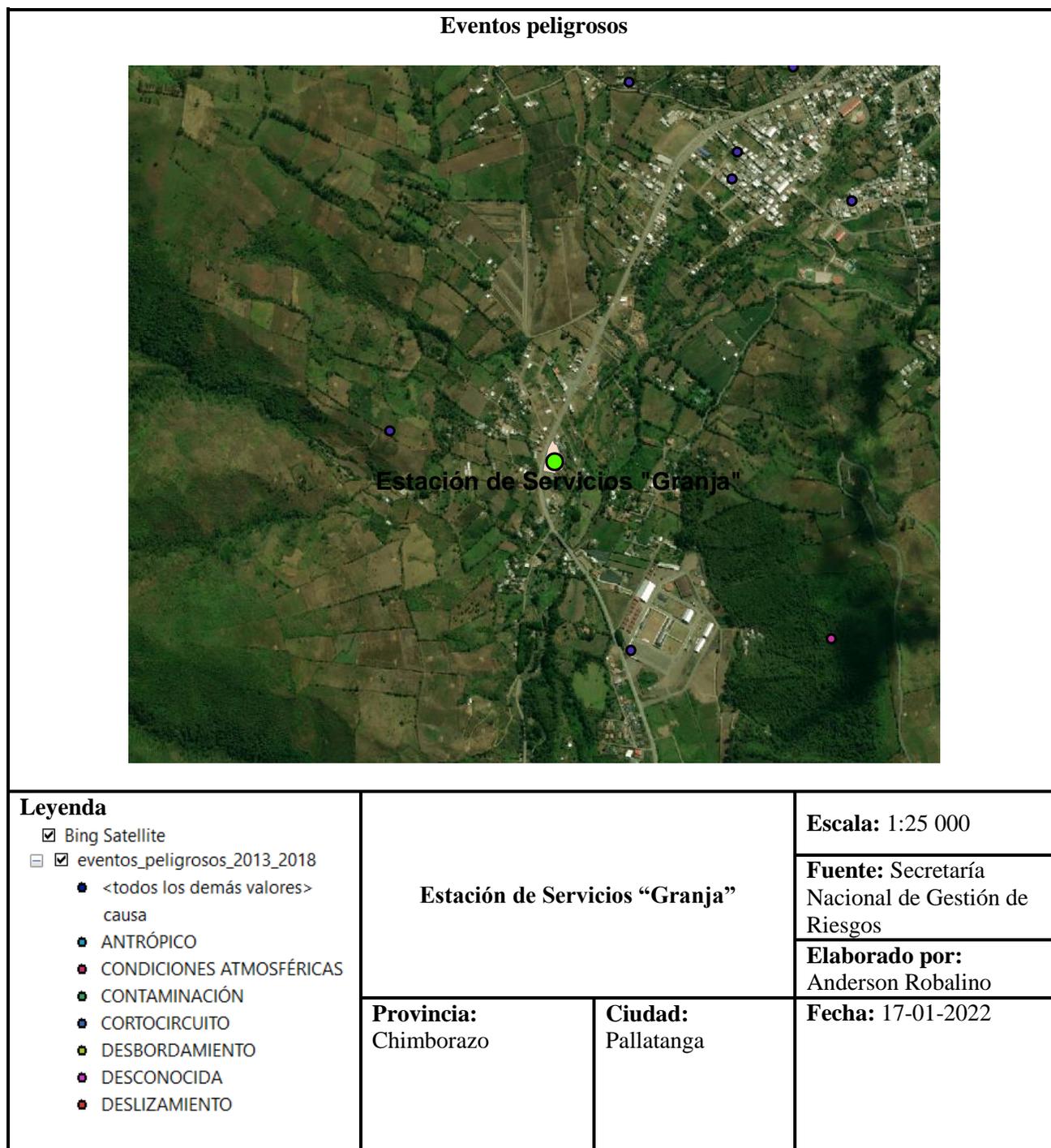
*Nota.* Realizado por el autor.

**Figura 13** Mapa de amenazas por sequias



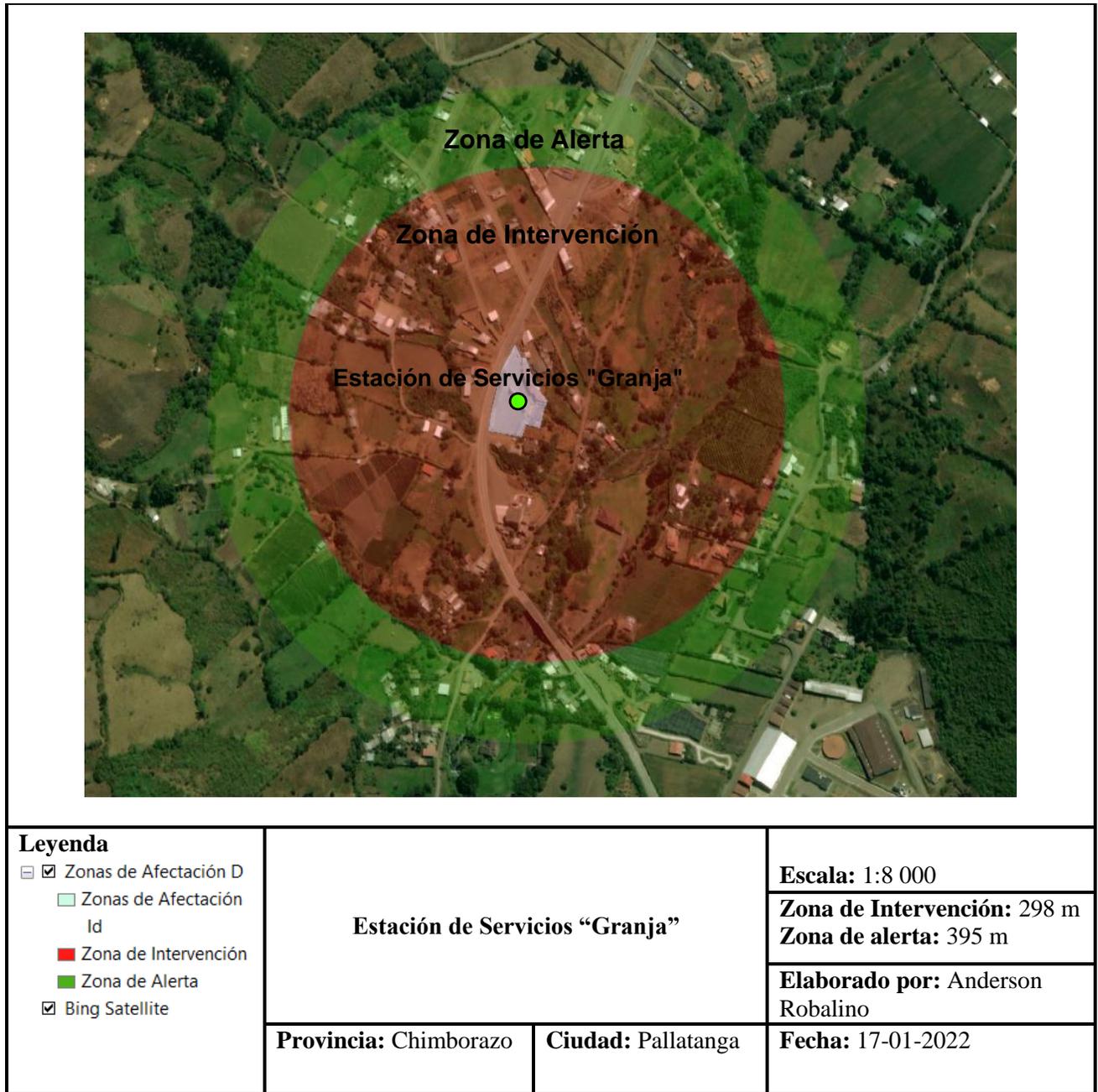
*Nota.* Realizado por el autor.

**Figura 14** Mapa de amenazas por eventos peligrosos



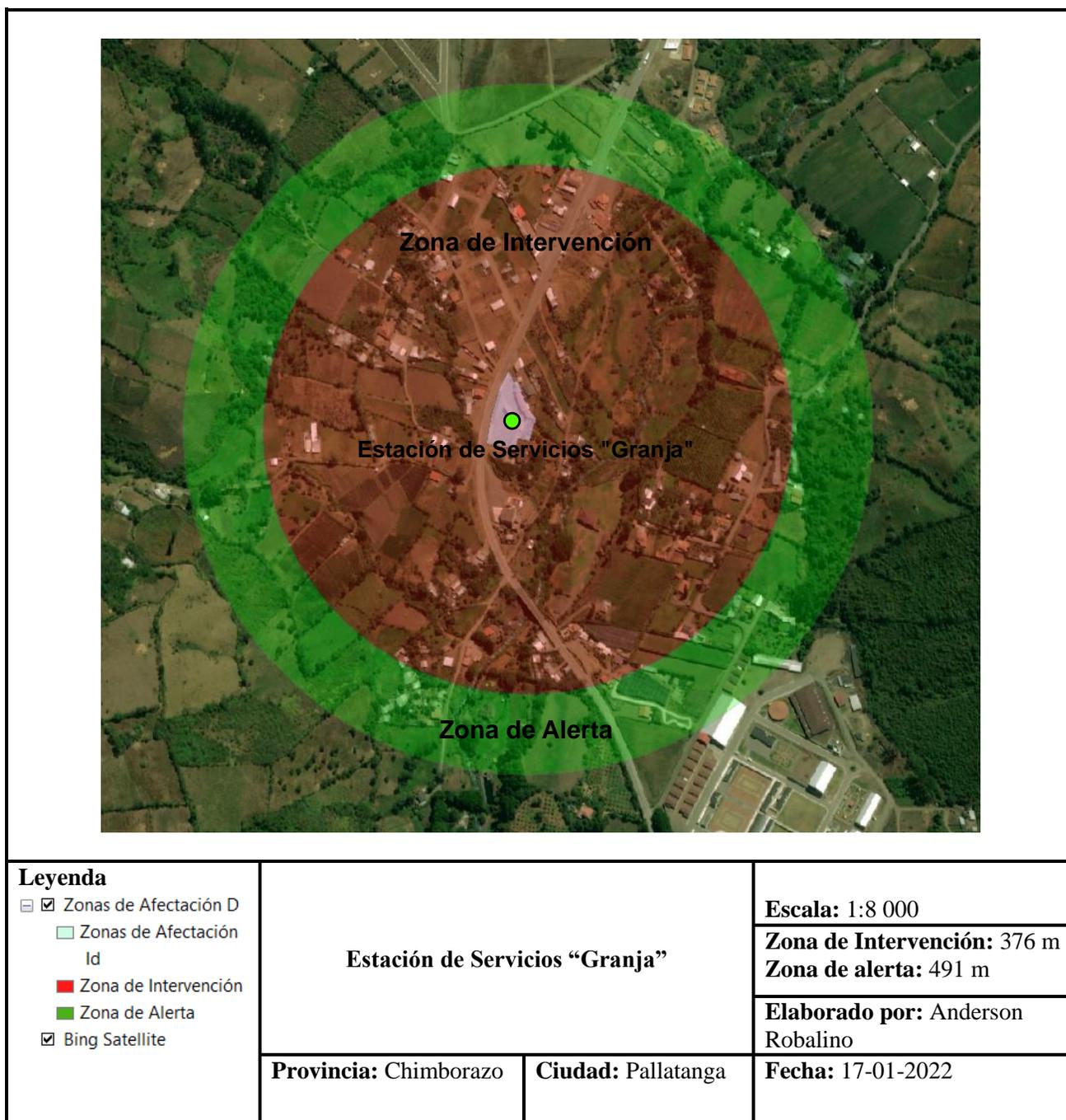
*Nota.* Realizado por el autor.

**Figura 15** Mapa de Afectación por Incendio generado por el tanque de Diésel Premium



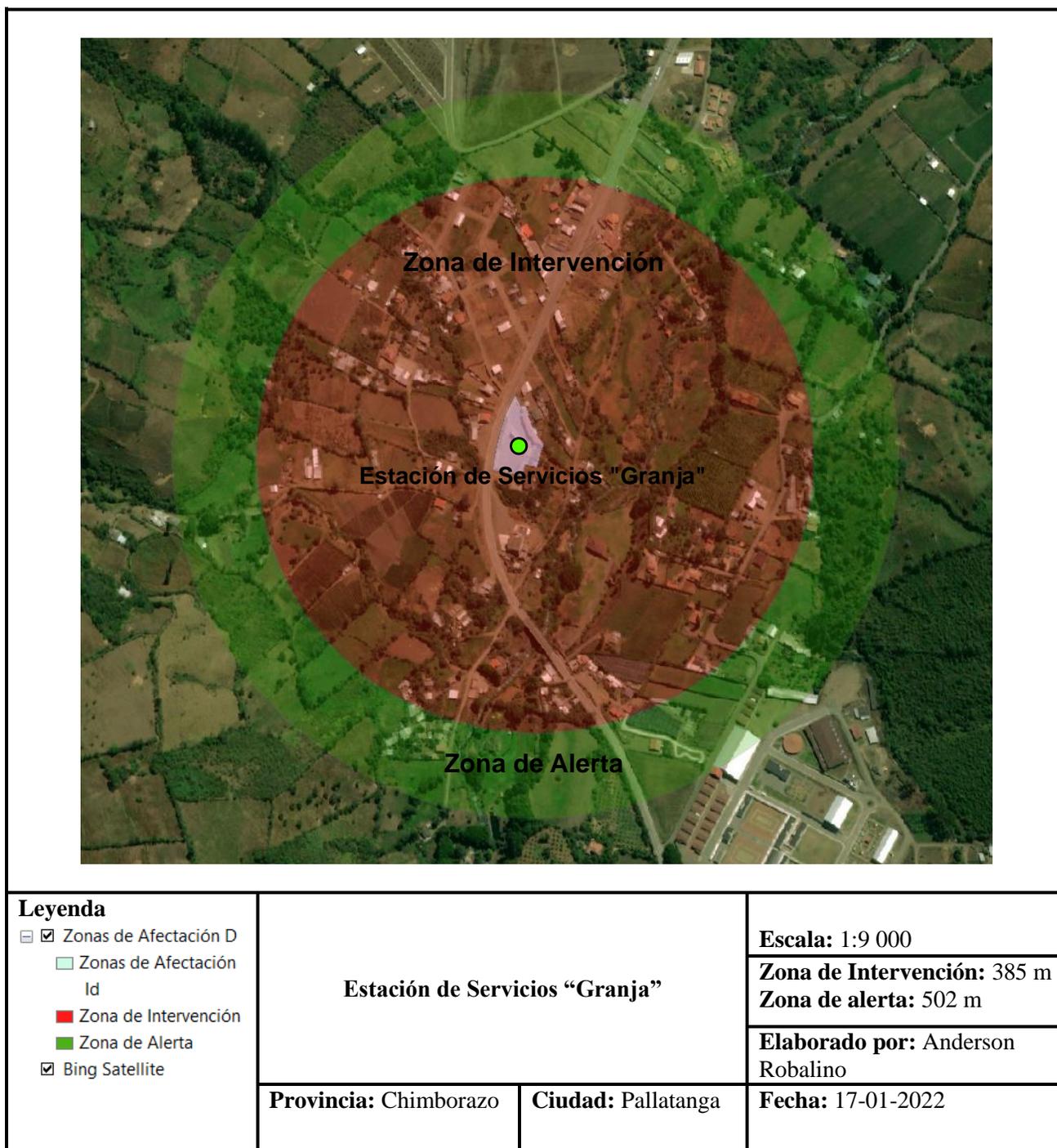
*Nota.* Realizado por el autor.

**Figura 16** Mapa de Afectación por Incendio generado por el tanque de Gasolina Súper



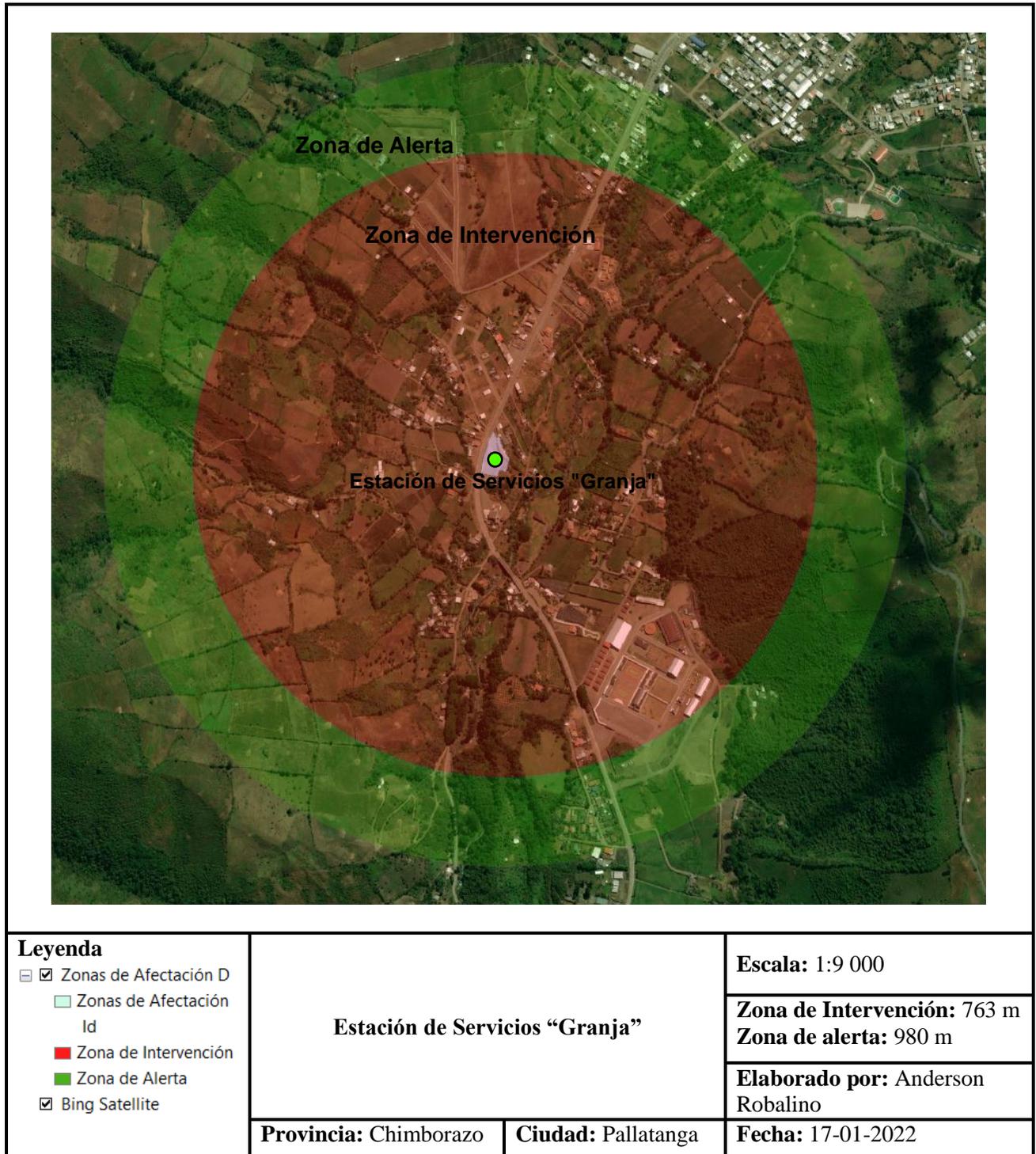
*Nota.* Realizado por el autor.

**Figura 17** Mapa de Afectación por Incendio generado por el tanque de Gasolina Extra



*Nota.* Realizado por el autor.

**Figura 18** Mapa de Afectación por Incendio generado por todos los tanques



Nota. Realizado por el autor.

### 6.1.7.6. Identificación y valoración de vulnerabilidades

#### a. Método de evaluación Sísmica FEMA 154

**Tabla 52**

Valor obtenido del Método FEMA 154

Ubicación	Índice
Bodega de los tanques de almacenamiento de combustible.	1,9

Nota. Realizado por el autor.

**Tabla 53**

Resultado del Método FEMA 154

Índice	Vulnerabilidad
Menores a 2	Alta
De 2 a 2,5	Media
Mayores de 2,5	Baja

Nota. Realizado por el autor.

#### b. Método de evaluación de riesgo de incendios (MESERI)

**Tabla 54**

Valor obtenido del Método MESERI

Ubicación	Índice
Bodega de los tanques de almacenamiento de combustible.	4,079

Nota. Realizado por el autor.

**Tabla 55**

Resultado del Método MESERI

Valor P	Categoría del Riesgos
---------	-----------------------

---

0 a 2	Muy Garbe
2,1 a 4	Grabe
4,1 a 6	Medio
6,1 a 8	Leve
8,1 a 10	Muy leve

---

*Nota.* Realizado por el autor.

*c. Matriz de vulnerabilidades*

**Tabla 56**

*Priorización de la amenaza*

		PRIORIZACIÓN DE LA AMENAZA			
		GRAVEDAD			
		1	2	3	4
PROBABILIDAD		Insignificante	Relevante	Crítico	Catastrófico
1	Baja	5%	10%	15%	20%
2	Mediana	10%	20%	30%	40%
3	Media-alta	15%	30%	45%	60%
4	Alta	20%	40%	60%	80%

*Nota.* Realizado por el autor.

**Tabla 57**

*Matriz de vulnerabilidad institucional*

		MATRIZ DE VULNERABILIDAD						
		GRAVEDAD						
		SER HUMANO	R PROPIEDAD	R EN EL NEGOCIO	SIST Y PROC	AMBIENTAL	% Total	INTER P.
<b>NATURALES</b>	<b>TOTAL</b>	4	3	3	3	2		
SISMO	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA
VIENTOS O VENDABALES	1	20%	15%	15%	15%	10%	15%	BAJA
LLUVIAS O GRANIZADAS	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA
INUNDACIONES	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA
MAREMOTOS	1	20%	15%	15%	15%	10%	15%	BAJA
DESLIZAMIENTOS O AVALANCHAS	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA
ERUPCIÓN VOLCÁNICA	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA
EPIDEMIAS Y PLAGAS	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA
<b>TECNOLÓGICOS</b>								
INCENDIO	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA
EXPLOSIÓN	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA
FUGAS	1	20%	15%	15%	15%	10%	15%	BAJA
DERRAMES DE SUSTANCIAS PELIGROSAS	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA
INTOXICACIONES	2	40%	30%	30%	30%	20%	30%	BAJA
CONTAMINACIÓN RADIATIVA - BIOLÓGICA	1	20%	15%	15%	15%	10%	15%	BAJA

ACCIDENTES VEHICULARES	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA
ACCIDENTES DE TRABAJO CON MAQUINARIA	1	20%	15%	15%	15%	10%	15%	BAJA
<b>SOCIALES</b>								
ASALTO-HURTO	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA
SECUESTRO	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA
TERRORISMO	1	20%	15%	15%	15%	10%	15%	BAJA
DESORDEN CÍVIL - ASONADAS	3	60%	45%	45%	45%	30%	45%	MEDIA

*Nota.* Realizado por el autor.

**Tabla 58**

*Análisis de vulnerabilidad*

<b>ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD</b>		
	0 a 33 %	Baja Vulnerabilidad
	34 a 66 %	Media Vulnerabilidad
	67 a 100 %	Alta Vulnerabilidad

*Nota.* Realizado por el autor.

### 6.1.7.7. Análisis de riesgos

**Tabla 59**

*Matriz de riesgos*

<b>Matriz de Riesgos</b>							
Riesgo	Probabilidad			Consecuencia			Nivel de riesgo
	Bajo	Medio	Alto	Ligeramente Dañino	Dañino	Extremadamente Dañino	
Incendio		X				X	IMPORTANTE
Explosión		X				X	IMPORTANTE
Sismo		X			X		MODERADO
Caída de ceniza	X			X			TRIVIAL
Robo		X			X		MODERADO
Inundación	X			X			TRIVIAL
Deslave		X			X		MODERADO

*Nota.* Realizado por el autor.

En base a la NTP 293: Explosiones BLEVE (I): evaluación de la radiación térmica, se desarrolló una tabla en la que se muestran los niveles de radiación térmica que se podrían generar al darse un incendio en los 5 tanques de almacenamiento de líquidos combustibles.

**Tabla 60**

*Resultado de la irradiación térmica recibida por un incendio general.*

<b>Distancia (m)</b>	<b>TOTAL I (<math>kw/m^2</math>)<sup>a</sup></b>
0	198,56
50	173,02
100	124,61
150	84,60
200	58,05
250	41,16
300	30,24
350	22,94
400	17,89
450	14,29
500	11,65
550	9,65
600	8,12
650	6,91
700	5,95
750	5,18
800	4,54
850	4,01
900	3,57
950	3,19
1000*	2,87

*Nota.* I= Irradiación térmica recibida. \*Para el cálculo del método Probit se tomó una distancia de afectación de 0 a 1000 m.

La NTP 293 explica que una persona sin ropa de protección puede soportar hasta  $4 kw/m^2$ , en otras palabras, toda la población en un rango entre 0 y 850 m al punto de origen del incendio se encuentra sobreexpuesta a altos niveles de radiación térmica y en función al tiempo de exposición son proclives a quemaduras mortales, de primer y segundo grado.

### 6.1.7.8.Especificación del Riesgo

**Tabla 61**

*Especificación del riesgo*

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Nivel de riesgo asociado</b>
Incendio tipo BLEVE	Fuego causado por la combustión de líquidos inflamables, causados por fallas humanas o mecánicas en los distribuidores, tanques de almacenamiento o área de carga de líquidos.	Islas de la Gasolinera, bodega de los tanques de almacenamiento	Importante

*Nota.* Realizado por el autor.

Para una mejor visión del nivel de riesgo que presenta un incendio tipo BLEVE y la radiación que se genera se realizó el método PROBIT en el que se determinó el porcentaje de mortalidad a causa de la radiación térmica recibida en un tiempo de exposición efectivo de 115,12 segundos.

**Tabla 62**

*Porcentaje de mortalidad por Irradiación Térmica en un incendio General*

<b>Distancia (m)</b>	<b>I (W/m<sup>2</sup>)<sup>a</sup></b>	<b>Pr<sup>b</sup></b>	<b>% de población afectada</b>
350 <sup>c</sup>	22939,41	7,94	100
400	17894,84	7,10	98
450	14292,80	6,33	91
500	11646,31	5,63	74
550	9652,76	4,99	50
600	8118,07	4,40	27
650	6914,02	3,85	12
700	5953,57	3,34	4
750	5176,16	2,86	2
775*	4842,11	2,63	1

*Nota.* <sup>a</sup>Irradiación térmica recibida. <sup>b</sup>Número PROBIT. <sup>c</sup>Se inicia el cálculo a partir de 350 m, pues a una distancia menor el porcentaje de mortandad es del 100% \*Se realizó el cálculo hasta una distancia de 775 m puesto que a una mayor longitud el porcentaje de mortalidad es menor o igual a 1.

### **6.1.7.9.Escenarios**

*a. Incendio.* El presente plan de emergencia aplica únicamente a incendios tipo BLEVE es decir por la sobresaturación de los distintos tanques de almacenamiento de líquidos combustibles. Este evento es serio y potencialmente catastrófico que al producirse expone directamente a las personas que se encuentren ubicados en la gasolinera, las distintas infraestructuras y al medio ambiente, causando daños inmediatos y mortales (quemaduras mortales, de primer y segundo grado, en base a la distancia y radiación térmica recibida existe un porcentaje de mortalidad.) a todas las personas sobreexpuestas y es de suma urgencia su atención por los servicios de emergencia.

Los distintos escenarios que se pueden dar en el caso de un incendio tipo BLEVE se encuentran en la sección Mapas de Amenazas en la que se detallan las zonas de intervención y alerta.

### **6.1.8. Plan de reducción de riesgos**

#### **6.1.8.1.Medidas estructurales**

- Señalización y adecuamiento de las rutas de evacuación.
- Implementar equipos de seguridad y alerta (detectores de humo, luces de emergencia, botón de pánico, alarma contra incendios) que más se acople con la gasolinera.
- Adecuamiento de los depósitos de materiales inflamables.
- Ubicación de señalética correspondientes a los equipos de seguridad y alerta en el establecimiento.

- Implementar un sistema de seguridad física (guardia de seguridad) y restricciones de accesos a la bodega de almacenamiento de combustible.
- Limpieza y mantenimiento adecuado de sumideros y desagües.
- Mantener la zona de afluencia vehículos correctamente señalada y limitada.
- Dar mantenimiento a las protecciones externas de las islas.
- En todas las islas se debe promover las medidas de prevención ante incendios por medio de infografías en las que se destacaran las de: no fumar, apagar el vehículo, no usar el teléfono, entre otras.
- Mantener el área de carga y descarga de combustible limpia y ordenada.
- Inspecciones periódicas a los surtidores de combustible, mangueras, ductos y tanques de almacenamiento.
- Todos los equipos eléctricos deben contar con una toma a tierra.
- Disponer de una toma a tierra en los tanques cisterna al momento de realizar la carga y descarga de combustible.

#### **6.1.8.2. Medidas no estructurales**

- Conformar brigadas de emergencia, evacuación y de lucha contra incendios.
- Asignar roles y tareas a todos los miembros de las distintas brigadas conformadas.
- Realizar capacitaciones a todos los trabajadores juntamente con el Cuerpo de Bomberos del cantón.
- Realizar simulacros de evacuación y combate de conatos de incendios juntamente con el Cuerpo de Bomberos del cantón.
- Dotar de equipos de protección personal a los trabajadores (overol de jean, zapatos de suela alta antideslizante, mascarillas, guates entre otros).

- Realizar inspecciones rutinarias a los equipos de emergencia y seguridad pertenecientes a la gasolinera.
- Establecer un plan de contingencia para la gasolinera y complementar con el plan de emergencia ante incendios.
- Realizar un estudio enfocado en la factibilidad de implementar tomas siamesas o un hidrante para la gasolinera.
- Establecer por medio de un técnico especialista pautas para un correcto mantenimiento preventivo de los distintos surtidores de combustible.
- Difundir a la población que se encuentre en un rango de 800 m a la redonda de la gasolinera sobre el riesgo de incendio y las afectaciones a las que están propensos por la radiación térmica.

### **6.1.8.3.Procedimientos de mantenimiento de equipos de emergencia**

*a. Extintores.* Los extintores son enviados a una empresa “Servifuego” esta microempresa se encarga del mantenimiento, inspecciones y recargas de los distintos extintores que posee la gasolinera, este mantenimiento se los realiza el primer mes de cada año, pero como medida preventiva cada semana se realizan chequeos de los extintores en los que se verifica: condiciones de la manguera, presión en el manómetro y cinta de seguridad. Además, estos equipos se encuentran bajo la vigilancia y cuidado del trabajador de turno.

#### 6.1.8.4.Procedimientos de capacitación/fecha programada (dd/mm/aa)

**Tabla 63**

*Capacitaciones propuestas*

<b>Capacitaciones Planteas</b>	<b>Fecha programada*</b>
Inducción sobre seguridad y salud Ocupacional	02-03-2022
Riesgos de trabajo y accidentes mayores	02-03-2022
Actos y condiciones inseguros: lesiones, incapacidades.	09-03-2022
Carga y descarga de líquidos combustibles	16-03-2022
Manejo correcto de líquidos inflamables	16-03-2022
El fuego, clasificación y sus agentes extintores	23-03-2022
Manejo correcto de extintores	23-03-2022

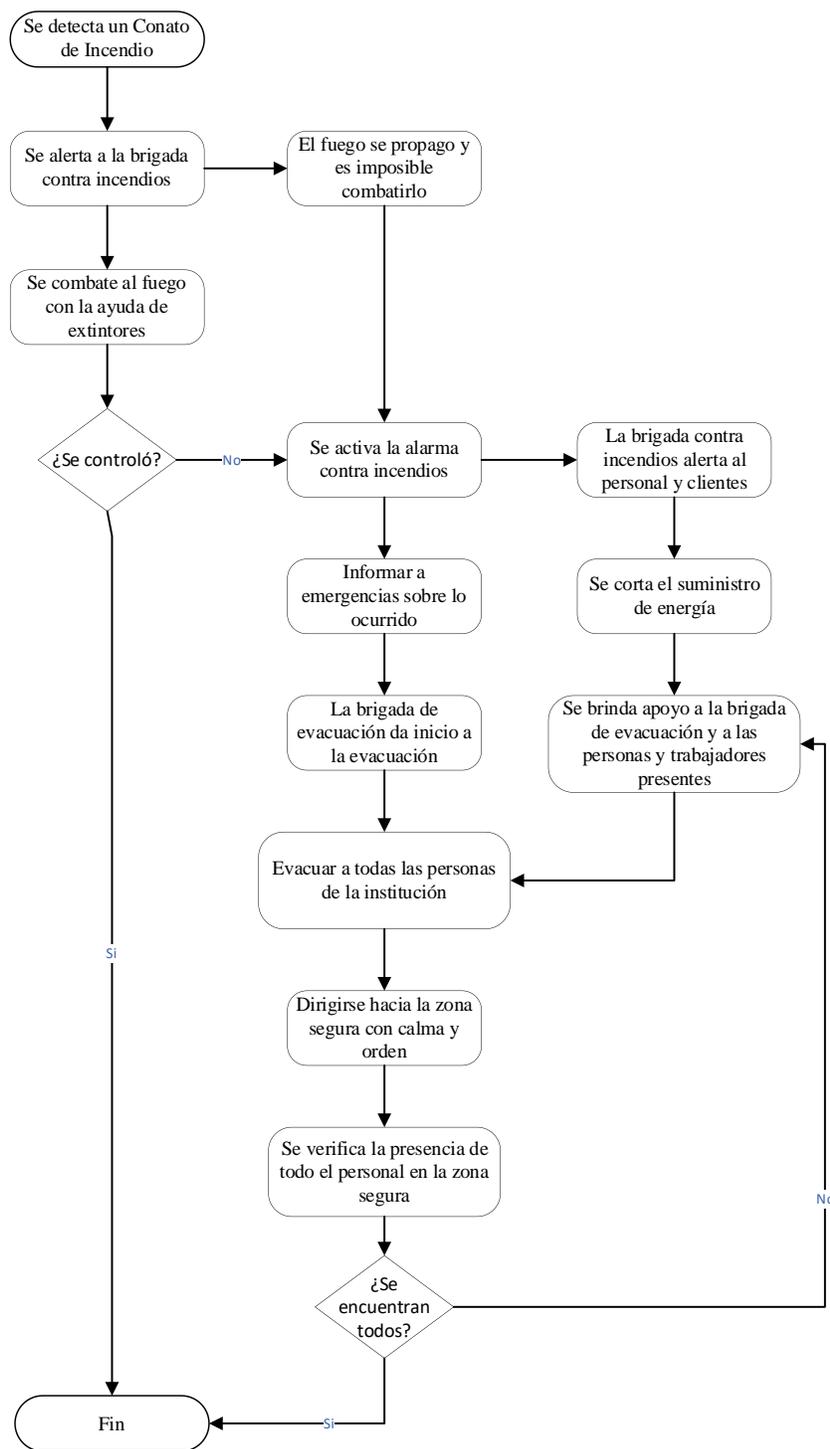
*Nota.* \*Al tratarse de una propuesta las fechas pueden variar, en base a las disposiciones del administrador. Realizado por el autor.

#### **6.1.9. Plan operativo y organizacional**

##### **6.1.9.1.Protocolo ante un incendio**

En la Figura 19 se observa un diagrama de flujo con respecto al protocolo a seguir en caso de un conato de incendio y posteriormente un incendio.

**Figura 19** Diagrama de flujo del protocolo contra incendios.



*Figura 19.* El diagrama de flujo nos indica la secuencia de pasos, actividades y procedimientos a realizar ante un incendio tipo BLEVE, que se origine en la gasolinera. Elaborado por el autor.

Se debe considerar que para que se origine un incendio deben existir tres elementos (calor, combustible y oxígeno), y al estar en una gasolinera se tiene siempre presente el combustible y oxígeno por lo que es primordial evitar al máximo la generación de calor que sea capaz de reaccionar con estos dos elementos y formar un incendio. Es así como se debe tener en cuenta las temperaturas de inflamabilidad y auto ignición de los líquidos combustibles:

*a. Diésel Premium.* Tiene como punto de inflamación una temperatura de 52°C y a temperaturas superiores a 240°C tiende a hacer auto ignición.

*b. Gasolina Extra.* Tiene como punto de inflamación una temperatura de -42°C y a temperaturas superiores a 250°C tiende a hacer auto ignición.

*c. Gasolina Súper.* Tiene como punto de inflamación una temperatura de -42°C y a temperaturas superiores a 280°C tiende a hacer auto ignición.

Una emergencia independientemente del tipo que sea se subdivide en tres fases, entre las que tenemos:

*a. Antes de la emergencia.* Esta es la fase de preparación y capacitación en la que se capacita a los trabajadores por medio de simulacros y capacitaciones coordinadas con los organismos de emergencia pertinentes del Cantón Pallatanga como lo son: Policía Nacional, Cuerpo de Bomberos, Centro de Salud del Cantón, Departamento de Gestión de Riesgos y COE Cantonal. Esta etapa durará hasta que inicie una emergencia de incendio.

En esta fase entran en vigor las acciones preventivas para disminuir la posibilidad a que se de origen un conato de incendio y posteriormente un incendio, entre las que tenemos:

- Capacitaciones y simulacros dirigidos al personal.
- Orden en las zonas que sea catalogadas como fuente potencial de incendio.
- Disponer de extintores de acorde al tipo de fuego que se puede generar en la gasolinera.
- Despejar las zonas en las que se encuentran los extintores para que su acceso sea rápido y oportuno.
- Verificar la ubicación y señalización de los extintores.
- Mantenimientos preventivos a extintores y sistemas contra incendios.
- Inspección de sistemas eléctricos y cableados.
- Evitar fumar en toda la gasolinera y mayormente en las áreas cercanas a los surtidores de líquido combustible y bodega de almacenamiento de tanques.
- Evitar el uso de teléfonos celulares y aparatos eléctricos cerca de las zonas de descarga de combustible y de las maquinas surtidoras.
- Ubicación y señalización de turas de evacuación y zonas seguras.
- Inspecciones rutinarias a los distintos sistemas de alerta y emergencia (detectores de humo, lámparas de emergencia, gabinete contra incendios, etc.)
- Evitar la generación de chispas cerca del área de descarga de líquido combustible y de las maquinas surtidoras.
- Conformar las distintas brigadas de respuesta ante una emergencia como lo son: Brigadas de Seguridad, Brigada contra Incendios y la Brigada de Evacuación.
- Se debe informar a la ciudadanía que se ubique a 800 metros a la redonda lo que se debe hacer en caso de un incendio en la Gasolinera, pues el rango de afectación se encuentra hasta dicha distancia.

**b. Durante la emergencia.** Esta fase se activa al momento que se origine o se identifique la emergencia pertinente (Incendio), en la que se deberá seguir los procedimientos expuestos en el Plan de Emergencia ante Incendios. Esta fase culminara cuando la emergencia sea controlada y sea seguro un retorno progresivo al establecimiento.

Si se trata de un conato de incendio, la brigada contra incendio deberá actuar instantáneamente, en función al tipo de fuego se empelará el extintor adecuado.

**Tabla 64**

*Clasificación y uso de extintores*

<b>Clase de fuego</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo de extintor adecuado</b>
<b>Clase A</b>	Fuego originado en madera, cartón papel, neumáticos, prendas de vestir, entre otros.	Extintor de espuma Extintor de polvo químico seco (PQS)
<b>Clase B.</b>	Originado por líquidos inflamables (combustible, gasolina, tolueno, etc.) y gases inflamables (etanol, propano, butano, entre otros)	Extintor de espuma Extintor de polvo químico seco (PQS) Extintor de CO2
<b>Clase C.</b>	Esta clasificación se atribuye al fuego que tiene orígenes eléctricos.	Extintor de polvo químico seco (PQS) Extintor de CO2

*Nota.* Realizado por el autor.

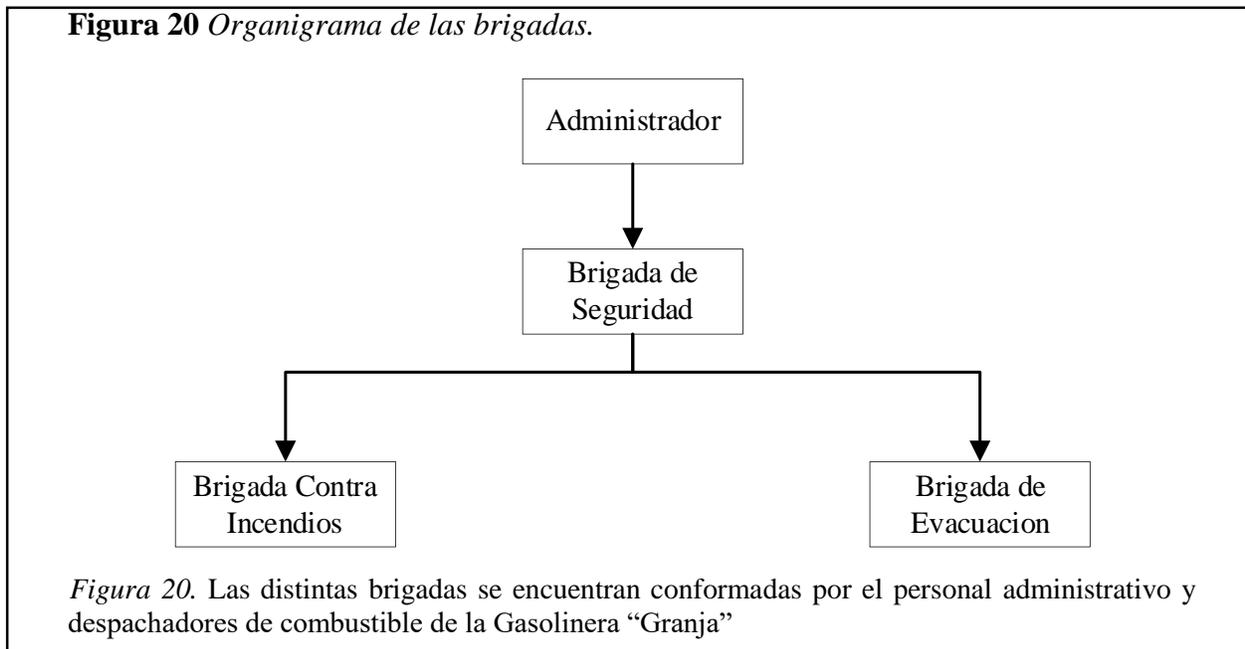
- Si un trabajador se encuentra capacitado y entrenado en el manejo de extintores y puede colaborar a combatir el conato de incendio siguiendo las instrucciones de la brigada contra incendios.
- Si el conato de incendio se sale de control o en el caso que se genere un incendio instantáneamente y no exista tiempo a reacción se deberá llamar a emergencias (ECU-911), al realizar la llamada se debe:

- Informar de la manera más clara y concreta posible, en base a la siguiente secuencia: **QUIÉN** informa, **QUÉ** ocurre y **DÓNDE** ocurre.
  - Una vez dada la información cuelgue el teléfono y evacue rápidamente.
  - Se debe aislar el área afectada, si existen contenedores expuestos se debe emplear agua pulverizada para enfriar los mismos.
  - Si el fuego se sale de control abandone el área.
  - Si se encuentra en presencia de humo camine lo más agachado posible con un trapo o pañuelo de preferencia húmedo.
  - Ayude a otras personas en el único caso de que sea seguro y oportuno.
  - En lo posible se debe cerrar puertas y ventanas sin dejar atrapados a otras personas.
  - Apague y desconecte equipos eléctricos.
  - En el peor de los casos y no puede abandonar un área cerrada debe cerrar la puerta para evitar el ingreso de humo y de igual manera tape las rendijas de las puertas con trapos y espera la llegada del cuerpo de bomberos.
  - Seguir las indicaciones dadas por parte de la brigada contra incendios y la brigada de evacuación.
  - Seguir el plan de evacuación conforme lo estipulado en el **numeral 5.5.11.** del presente plan de emergencia y dirigirse hacia las zonas seguras.
  - Si una persona tiene fuego en su ropa haga que se tienda en el piso y ruede constantemente, pero cubriéndose la cara y cuello, cúbralo con una manta para apagar el fuego.
- c. Después de la emergencia.** Inicia cuando la emergencia ha sido controlada y es seguro retornar a las actividades rutinarias, en esta fase las brigadas deberán:

- Informar a sus superiores sobre todo lo sucedido, equipo empelado y la situación en la que se encuentra la estación de servicios.
- Cuando la emergencia sea superada se deberá revalorar el plan de contingencia en base a lo sucedido y replantear nuevas medidas de prevención y acción de ser necesarios.

### 6.1.10. Organización

#### 6.1.10.1. Brigadas de respuesta ante una emergencia



**Tabla 65**

#### Conformación de las Brigadas

Nominación	# de personas que la conforman	Nombre del coordinador*
Coordinador de brigada Seguridad	3	Fabricio Sánchez
Coordinador de brigada Contra incendios	3	Maycol Romero
Coordinador de brigada Evacuación	3	Nidia Cali

*Nota.* \*Los líderes o coordinadores de las distintas brigadas son los trabajadores con más trayectoria laboral en la gasolinera.

### **6.1.10.2. Funciones y responsabilidades de las brigadas**

#### ***a. Brigada de Seguridad***

Funciones y responsabilidades de la brigada de seguridad antes de la emergencia:

- El coordinador de la brigada deberá estar siempre dispuesto y con teléfono activo las 24 horas del día.
- Difundir el plan de emergencia a todos los trabajadores
- Socializar las distintas normas y reglas de Seguridad y Salud ocupacional a los trabajadores.
- Conformar la Brigada contra incendios y de evacuación con los trabajadores de la gasolinera.
- Asignar funciones y responsabilidades a los trabajadores en base a la brigada a la que pertenecen.
- Organizar simulacros y capacitaciones conforme a los lineamientos del plan de emergencia.
- Inspeccionar y dotar de elementos necesarios a los kits de emergencia, los cuales deberán contar con una linterna, guantes de látex, mascarillas, protección visual, alcohol etílico.
- Verificar el estado del botiquín de emergencia.
- Mantener comunicaciones constantes con los líderes de la brigada contra incendios y de evacuación.
- Realizar inspecciones periódicas a los equipos de seguridad de la gasolinera.
- Apoyar y coordinar acciones preventivas con el resto de las brigadas.

Funciones y responsabilidades de la brigada de seguridad durante la emergencia:

- En caso de un incendio y posterior evacuación la brigada deberá apoyar en lo posible al resto de brigadas siempre y cuando no esté en peligro su vida.
- Ayudar en los procesos de evacuación a la brigada de evacuación.
- Dar indicaciones generales a las personas que se encuentren en la gasolinera y guiarlas hacia las zonas seguras.

Funciones y responsabilidades de la brigada de seguridad después de la emergencia:

- La brigada deberá informar al gerente sobre lo ocurrido, personas heridas, daños, equipos empelados entre otras cosas, por medio de un informe general.
- El personal de la brigada deberá reunirse con los líderes de las otras brigadas y proponer nuevas o mejores medidas de prevención y acción para el plan de emergencia.
- Evaluar los daños generados y proponer nuevas medidas de prevención y acción.

***b. Brigada contra incendios***

Funciones y responsabilidades de la brigada contra incendios antes de la emergencia:

- Capacitarse en prevención y control de conatos de incendios por especialistas (Cuerpo de Bomberos del Cantón Pallatanga).
- Capacitarse en uso y manejo correcto de extintores por especialistas (Cuerpo de Bomberos del Cantón Pallatanga).
- Conocer el plan de seguridad contra incendios o protocolo contra incendios.
- Socializar a los trabajadores sobre el plan de contingencia para incendios.
- Generar una sociedad consiente en materia de prevención de incendios.
- Verificar que los trabajadores y personas que acuden a la gasolinera no fumen.

- Participar en los distintos simulacros y programas contra incendios y promover la participación del resto de trabajadores.
- Disponer del equipo mínimo para la lucha contra incendios. (extintores)
- Verificar constantemente los distintos equipos contra incendios en base a los reglamentos pertinentes (NFPA10 en el caso de extintores)
- Eliminar obstáculos que impidan el acceso inmediato a los extintores.
- Identificar y aplicar medidas correctivas en condiciones de riesgo eléctrico y que puedan causar incendios (circuitos que no estén aislados correctamente), evitar en lo posible sobrecargar los tomacorrientes
- Mantenerse alerta constantemente en caso de un conato de incendio.

Funciones y responsabilidades de la brigada contra incendios durante la emergencia:

- En lo posible y con la ayuda de extintores y otros elementos contra incendios que sean acorde al tipo de incendio combatir la propagación del fuego, hasta la llegada del equipo de emergencia.
- En caso de que el conato de incendio no sea controlado y se genere un incendio una brigada contra incendio tiene como funciones:
  - Activar la alarma contra incendios
  - Llamar a la línea de emergencias del ECU-911
  - Suspender inmediatamente el suministro de energía.
  - Llevar todos los extintores adecuados para el tipo de incendio a la zona afectada.
  - Seguir la información dotada por la brigada de evacuación y el plan de evacuación.

- Ayudar a las personas con la evacuación, manteniendo orden y calma a cada instante.

Funciones y responsabilidades de la brigada contra incendios después de la emergencia:

- Asilar el lugar con la ayuda del resto de brigadas de emergencia
- Evitar el ingreso a la zona del incendio si constatar que dicha área se encuentre segura y fuera de peligros.
- Si una persona tiene fuego en su ropa haga que se tienda en el piso y ruede constantemente, pero cubriéndose la cara y cuello, cúbralo con una manta para apagar el fuego.
- Tener a la mano un agente extintor de incendio para evitar que el fuego se avive.
- Estar alerta y a disposición de las otras brigadas para brindar apoyo en caso de que se requiera.
- Informar al generante y/o encargado de todas las brigadas sobre lo sucedido, elementos empleados y plantear posibles soluciones o mejoras para el plan de emergencia.

### ***c. Brigada de evacuación***

Funciones y responsabilidades de la brigada de evacuación antes de la emergencia:

- Establecer una zona y ruta segura para la evacuación.
- Conocer la zona de evacuación, puntos seguros, rutas de evacuación y acceso.
- Informar a los trabajadores sobre las rutas, pasos y acciones a realizar en una evacuación.
- Mantener en buenas condiciones las distintas señalizaciones de evacuación y/o alerta.

- Verificar constantemente las distintas rutas de evacuación y que estas no se encuentren con obstáculos.
- Determinar un listado actualizado de todos los trabajadores de la gasolinera.
- Participar e incluir al personal a los simulacros establecidos.
- Ser los guías y líderes en caso de que se requiera una evacuación real y disponer acciones de repliegue.

Funciones y responsabilidades de la brigada de evacuación durante una emergencia:

- Dirigir a las personas hacia los puntos seguros en caso de un desastre o que se esté produciendo un siniestro.
- Mantener el orden y serenidad durante la evacuación
- Estar alerta e informado de la situación con el propósito de recibir nuevas instrucciones para brindar ayuda a otras brigadas que las requiera.
- Colaborar en lo necesario con las otras brigadas de respuesta.

Funciones y responsabilidades de la brigada de evacuación después de la emergencia:

- Coordinar el retorno del personal hacia la gasolinera cuando el evento adverso haya pasado y no exista peligro alguno.
- Evaluar las rutas y protocolos de evacuación para la mejora continua del plan de emergencia.
- Realizar informes de cumplimiento, herramientas y/o equipo empleado para llevar a cabo la evacuación.
- Verificar que todo el personal se encuentre en las zonas seguras.

## **6.1.11. Guía y recursos para la evacuación**

### **6.1.11.1. Lineamientos a seguir ante una emergencia**

- a. Trabajadores.** Todo el personal administrativo y despachadores de la estación de servicios deberán actuar conforme al protocolo de incendio establecido en la **sección 5.1.9**, en el que se establece los procedimientos antes, durante y después de que se presente una emergencia.
- b. Clientes.** Al producirse un incendio este será detectado por los clientes de manera inmediata mediante la observación o a su vez serán alertados por una persona de las distintas brigadas de respuesta. En el caso que sea el procedimiento por realizar es el mismo:
- Las personas que se encuentren en la gasolinera al momento de generarse el incendio deberán seguir las actividades indicadas por la brigada de evacuación y la brigada contra incendios.
  - Guíese por la señalética del establecimiento para evacuar de manera segura hacia las zonas de encuentro.
  - Es indispensable conservar la calma y el orden en todo momento para evitar el pánico colectivo.
  - Bajo ningún motivo intenten sofocar el fuego por su propia cuenta.
  - No interfiera en las labores de la brigada contra incendios, puede poner en riesgo su bienestar y el de los brigadistas.
  - Si se encuentra en espacios cerrados y con la presencia de humo intente caminar agachado y con un trapo o pañuelo húmedo que proteja su rostro.

- Si su ropa se encuentra en llamas deberá tirarse al suelo y rodar, cubriendo su cabeza y rostro con sus manos.
- Al llegar a la zona segura evite regresar a las instalaciones.

### 6.1.11.2. Tiempo de evacuación

**Tabla 66**

*Tiempos de evacuación*

<b>Ubicación</b>	<b>Aforo calculado<sup>a</sup></b>	<b>Tiempo de evacuación en min.</b>
Oficinas administrativas *	3	2.36
Tienda	2	2.36
Área de surtidores	2	2.36

*Nota.* <sup>a</sup>El aforo de la gasolinera (con excepción de las oficinas administrativas) aplica únicamente a los trabajadores que laboran en los distintos turnos, es decir el aforo será el mismo en cada turno de trabajo.

\*El aforo en las oficinas administrativas variara en función al turno en el que se tome como referencia.

### 6.1.11.3. Plan de evacuación

Cuando la emergencia no sea controlada por las brigadas se deberá activar el plan de evacuación el cual deberá ser acatado por los trabajadores y las personas que se encuentren en la gasolinera, por lo que se seguirán las siguientes instrucciones:

- Al producirse un incendio y/o escuchar la alarma o sirena de evacuación prepárese para abandonar inmediatamente el establecimiento.
- Guiarse en el mapa de y señalética de evacuación en el caso que ningún brigadista este al momento de la emergencia.
- Realizar todas las actividades conforme lo estipule la brigada de Evacuación.
- En lo posible desconectar todos los aparatos eléctricos que se encuentren a su cargo, pero evitar regresar a recoger objetos personales u otras cosas.

- Todo el personal debe dirigirse por las distintas rutas de evacuación hacia las zonas seguras señaladas en la gasolinera.
- Se debe tener prioridad de evacuación a mujeres, niños, adultos de la tercera edad, mujeres embarazadas y personas con altos niveles de vulnerabilidad.
- Si una persona tiene fuego en su ropa haga que se tienda en el piso y ruede constantemente, pero cubriéndose la cara y cuello, cúbralo con una manta para apagar el fuego.
- Si se encuentra en una habitación y el humo es espeso agáchese y busque la salida gateando de ser posible, debido a que el humo se acumula en las partes altas, se recomienda cubrir el rostro con un trapo o pañuelo húmedo.
- En el peor de los casos y no puede abandonar un área cerrada debe cerrar la puerta para evitar el ingreso de humo y de igual manera tape las rendijas de las puertas con trapos y espera la llegada del cuerpo de bomberos.
- En caso de encontrarse con alguna persona dirigirla hacia la zona segura
- Al momento de evacuar no es necesario correr para evitar la histeria colectiva, se debe caminar a paso largo, de manera rápida pero ordenada.
- Al estar en la evacuación en lo posible mantener la calma y tranquilizar a aquellas personas que se encuentren descontroladas.
- Dirigirse directamente a la zona segura y no obstaculizar las salidas de emergencia.
- Al llegar a la zona segura seguir las instrucciones de las personas, brigadas o personal de emergencia que se encuentren a cargo.
- Bajo ningún motivo se debe retornar a la gasolinera hasta que sea seguro.

#### 6.1.11.4. Mapa de evacuación

Dado que un incendio tipo BLEVE en el que se encuentren involucrados los 5 tanques de almacenamiento de líquidos combustibles abarca una zona de intervención superior a los 763 m, tal como se muestra en los mapas de amenazas. Se estableció un punto de encuentro limitado a la estación de servicios “Granja” (Anexo 4)

#### 6.1.11.5. Simulacros

**Tabla 67**

*Simulacros propuestos*

<b>Presentación de guiones.</b>	<b>Fecha programada*</b>
<b>Uso de extintores para combatir conatos de Incendios</b>	<b>Fecha programada</b> 23-03-2022
<b>Simulacro:</b> Por medio del Cuerpo de Bomberos del Cantón Pallatanga se realizará un simulacro enfocado en el correcto uso de los extintores para combatir conatos de incendios y como se los debe manipular. Este simulacro contara con la presencia y participación de todos los trabajadores de la gasolinera.	
<b>Como proceder ante un incendio</b>	<b>Fecha programada</b> 30-03-2022
<b>Simulacro:</b> Por medio del Cuerpo de Bomberos del Cantón Pallatanga se realizará un simulacro en el que se detallaran los lineamientos a seguir cuando exista un incendio en el que se detallara la ruta de evacuación y zonas de encuentro.	

*Nota.* \*Al tratarse de una propuesta las fechas pueden cambiar según le convenga al administrador.  
Realizado por el autor.

**6.1.12. Coordinación para la asistencia en caso de emergencia**

**Tabla 68**

*Coordinación para la asistencia en caso de emergencia.*

Dirección exacta del UPC que le corresponda según circuito de Policía.	Panamericana Sur, Vía a la costa.	# telefónico	03-2919-149
Centro de atención médica que se encuentra más cercano al local	Barrio “El Progreso”	# telefónico	N/A*
Tiempo estimado al cuartel de Cuerpo de Bomberos más cercano	min. 5 Cuartel 1	# telefónico	03-291-9128

*Nota.* \*N/A= No Aplica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Achillides, S., Gezelovská, D., & Gehre, J. (2010). Riesgos por explosiones 7. *ISSA*, 1–22.
- Albornoz, C. (2013). *PROTOCOLO PARA LA MEDICIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO*.  
<https://multimedia.3m.com/mws/media/1571805O/protocolo-medicion-estres-termico.pdf>
- Albornoz, S., Chereau, J.-P., & Araya, S. (2016). Guía de Autoinstrucción N°1. El Fuego y los Incendios. In *Chile*. [http://www.anb.cl/documentos\\_sitio/81229\\_4\\_Guia\\_Fuego.pdf](http://www.anb.cl/documentos_sitio/81229_4_Guia_Fuego.pdf)
- Bestratén, M., & Turmo, E. (1992). NTP 293: Explosiones BLEVE (I): evaluación de la radiación térmica. *INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene Del Trabajo, I*, 10.
- Castillo D., P. (2003). Quemaduras: Conceptos para el médico general. *Cuadernos de Cirugía*, 17(1), 58–63. <https://doi.org/10.4206/cuad.cir.2003.v17n1-10>
- Cattaneo, M. (2011). *ELABORACIÓN DEL PLAN DE EMERGENCIAS*.
- Chen Ho, L. Y. (2014). *Estudio comparativo y selección de modelos matemáticos para el análisis del fenómeno BLEVE*.
- Connor, N. (2019, September 16). *¿Qué es la radiación térmica? Calor radiante: definición*.  
<https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-la-radiacion-termica-calor-radiante-definicion/>
- El Comercio. (2014). *Fallecio tras explosión en gasolinera*.  
<https://www.ultimasnoticias.ec/noticias/18911-gasolinera-quito-petrocondor-explosion.html>
- El Telegrafo. (2014, January 8). *Destrozos y 11 heridos por incendio en gasolinera* .  
<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/destrozos-y-11-heridos-por-incendio-en-gasolinera>

El Universo. (2020, March 9). *A uso de celular se atribuye explosión de gases en una gasolinera de Machala.* Ecuador.

<https://www.eluniverso.com/noticias/2020/03/09/nota/7774212/machala-explosion-gasolinera-herido-uso-celular/>

Esparza, F. (n.d.). *Combustibles Sólidos, Líquidos y Gaseosos* . Retrieved July 28, 2021, from <http://www.ingenieroambiental.com/2020/bomberos navarra combustibles.pdf>

Falagan, M. J., Canga, A. A., Ferrer, P., & Fernandez, J. M. (2000). De Riesgos Laborales : In *Instituto Nacional De Seguridad E Higiene En El Trabajo* (Primera, Issue Riesgos Laborales). Julio 2000. [http://www.conectapyme.com/files/publica/OHSAS\\_Anexo\\_2.pdf](http://www.conectapyme.com/files/publica/OHSAS_Anexo_2.pdf)

Frizzera, V. (2007). *Radiaciones no Ionizantes*. 24.

Gálvez, R. (2020). *Evaluación del nivel de riesgo de incendio y explosión en las estaciones de servicio de combustible del cantón Loja en el 2019, a través del método Índice Dow y la estimación de las zonas de amenaza con el software informático ALOHA* [Universidad del Azuay].

<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/3686/1/10357.pdf?fbclid=IwAR2oinnQ5F0m18hWNFtq74O-XCIJH2guY9Ua8vHjQELyswUdTQIFInsIJuk>

INEN. (2013). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2251:2013 Primera revisión*.

Grajales, T. (2000). *TIPOS DE INVESTIGACION* . 1–4.  
<https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>

Jóse, O., Raúl, M., Rubén, C., & Andrea, Q. (2014a). *HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES PELIGROSOS; DIESEL PREMIUM* (p. 14).

Jóse, O., Raúl, M., Rubén, C., & Andrea, Q. (2014b). *HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES*

*PELIGROSOS; GASOLINA EXTRA* (p. 15). 2014.

Jóse, O., Raúl, M., Rubén, C., & Andrea, Q. (2014c). *HOJA DE SEGURIDAD DE MATERIALES PELIGROSOS; GASOLINA SUPER* (p. 15). 2014.

Li, J., & Hao, H. (2021). Numerical simulation of medium to large scale BLEVE and the prediction of BLEVE's blast wave in obstructed environment. *Process Safety and Environmental Protection*, 145, 94–109. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2020.07.038>

Miguel, A., Armenteros, R., Luis, J., Balboa, G., & Mingorance, M. (n.d.). *ERROR, INCERTIDUMBRE, PRECISIÓN Y EXACTITUD, TÉRMINOS ASOCIADOS A LA CALIDAD ESPACIAL DEL DATO GEOGRÁFICO*.

Ministerio del Interior. (2003). Real Decreto 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas. *Boletín Oficial Del Estado*, 242, 1–62. <http://www.boe.es/boe/dias/2003/10/09/pdfs/A36428-36471.pdf>

Moline, J. L., & Sole, D. (1999). NTP 524: Primeros auxilios: quemaduras. *INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene Del Trabajo*.

Navarro, F. (2019, March 26). *Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales ¡Descúbrelas!*  <https://revistadigital.inesem.es/gestion-integrada/las-tecnicas-de-prevencion-de-riesgos-laborales/>

PCE Ibérica S.L. (n.d.). *Medidores de estrés térmico*. Retrieved January 4, 2022, from <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/medidores/medidores-estres-termico.htm>

- Pérez, A. (1999). *NTP 436: Cálculo estimativo de vías y tiempos de evacuación Calcul de référence de voies et temps d'évacuation Evaluation of evacuation safe pths and times Redactor.*
- Rojas, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 16, 1–14.  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet2015Volumen16Nº01->  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010115.html>
- Sura, S. (n.d.). *ESTACIONES DE SERVICIO*. Retrieved July 28, 2021, from [www.sura.com](http://www.sura.com)  
[www.sura.com/pec](http://www.sura.com/pec)
- Tadem. (2016). *¿Cómo saber si nos afecta la normativa SEVESO? - Tandem HSE.*  
<https://tandemsl.com/seguridad-industrial-blog/afecta-normativa-seveso/>
- Turmo, E. (1991). NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases. *INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene Del Trabajo, figura 1.*  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_326.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_326.pdf)
- Turmo, E. (2013). NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit. *INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene Del Trabajo*, 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)

# ANEXOS

## *Anexo 1 Modelos de registro para la recolección de datos termo higrométricos*



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



### Hoja de recolección de datos

Condiciones termo higrométricas en la bodega de los tanques de almacenamiento de líquidos combustibles

**Objetivo:** Identificar las condiciones constructivas en la bodega y tanques de almacenamiento de combustible de la Estación de Servicios Granja Pallatanga.

#### Norma aplicada

**Investigador**

**Equipo**

**Establecimiento**

**Fabricante**

**Fecha de medición**

**Tipo**

**Hora de inicio**

**Serie**

**Hora de finalización**

**Calibración**

#### **Temperatura Ambiental (°C)**

Temperatura Máxima

Temperatura Media

Temperatura Mínima

#### **Humedad relativa (%)**

Humedad Máxima

Humedad Media

Humedad Mínima

Observaciones:

.....  
.....  
.....

*Nota. Elaborado por el autor.*

*Anexo 2 Tabla de Presión de vapor*

Temperatura °C	Presión de vapor (Pa)	Temperatura °C	Presión de vapor (Pa)
0	600	19	2170
2	700	20	2310
4	800	21	2450
6	920	22	2610
8	1060	23	2770
10	1210	24	2940
11	1300	25	3130
12	1380	26	3320
14	1580	27	3520
15	1680	28	3730
16	1790	29	3950
17	1920	30	4190
18	2040		

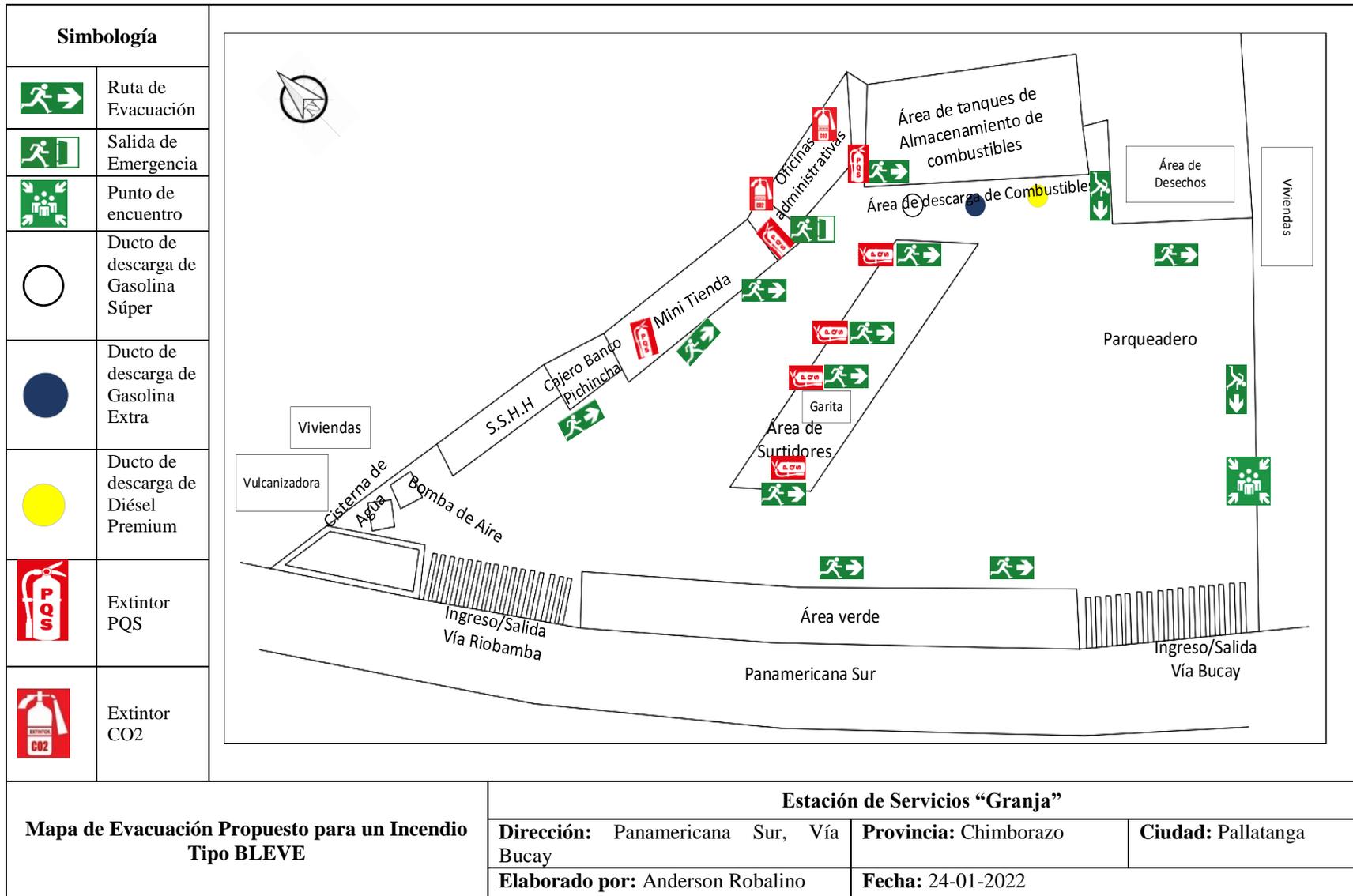
*Nota.* Obtenido de: NTP 326: Radiación térmica en incendios de líquidos y gases(Turmo, 1991)

*Anexo 3 Porcentajes de personas afectadas. Método PROBIT*

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

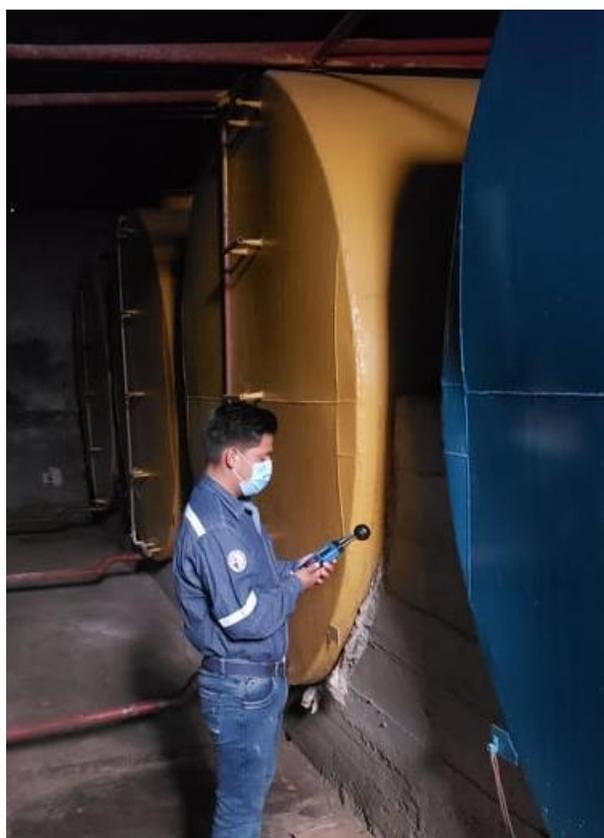
*Nota.* Obtenido de: NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit (Turmo, 2013)

Anexo 4 Mapa de evacuación propuesto



Nota. Elaborado por el autor.

**Anexo 5 Evidencias Fotográficas**







Anexo 6 Método FEMA 154

100	<b>ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN A EVALUARSE</b>	101	<b>DATOS EDIFICACIÓN</b>	
		102	Nombre de la Edificación:	Estacion de Servicios Granja
		103	Dirección:	Panamericana Sur
		104	Sitio de referencia:	Panamericana Sur
		105	Tipo de uso:	Bodega de los tanques de almacenamiento
		106	Número de pisos:	1
		107	<b>DATOS CONSTRUCCIÓN</b>	
108	Área construida:	179,19 m2		
109	Año de construcción:	1999		
110	Año de remodelación:	2013		
111	<b>DATOS DEL PROFESIONAL</b>			
112	Nombre del evaluador y C.I.:	Anderson Robalino		
113				
114				

200	<b>TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL</b>		
201	MADERA	W1	
202	Mampostería sin refuerzo	URM	
203	Mampostería reforzada	RM	
204	Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX	x
205	Pórtico Hormigón Armado	C1	
206	Pórtico H. Armado con muros estructurales	C2	

207	Portico H. Armado con manposteria confinada sin refuerzo	C3
208	H. armado prefabricado	PC
209	Portico acero laminado	S1
210	Portico acero laminado con diagonales	S2
211	Pórtico acero doblado en frio	S3
212	Pórtico de acero laminado con muros estructurales hormigon	S4
213	Pórtico con paredes de manposteria de bloque	S5

Índice	Vulnerabilidad
Memores a 2	Alta
De 2 a 2,5	Media
Mayores de 2,5	Baja

Nota. Elaborado por el autor.

MARQUE EN LA CASILLA QUE CORRESPONDA EN CADA NUMERAL

MARQUE EN LA CASILLA QUE CORRESPONDA EN CADA NUMERAL														
300	PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S													
301	PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA	TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL												
		W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
302	Puntaje básico	4,4	1,8	2,8	1,8	2,5	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	2
303	ALTURA													
303A	baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
303B	mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4
303C	gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0,3	0,6	0,8	0,3	0,4	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8
304	IRREGULARIDAD													
304A	Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1
304B	Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
305	CODIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
305A	Pre-código moderno ( construido antes de 1977) o auto construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2
305B	Construido en etapa de transición (desde 1977 pero antes de 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
305C	Post código moderno (construido a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1
306	SUELO													
306A	Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
306B	Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4
306C	Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8
307	PUNTAJE FINAL				1,9									

Nota. Elaborado por el autor.

# Anexo 7 Metodo MESERI

## EVALUACIÓN DE RIESGOS CONTRA INCENDIOS

<b>Nombre de la Empresa:</b>		Estación de Servicios "Granja"	<b>Fecha:</b>	13/1/2022	<b>Área:</b>	Bodega de los tanques de almacenamiento de combustible	
<b>Persona que realiza evaluación:</b>							
<b>Concepto</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>	<b>Concepto</b>		<b>Coefficiente</b> <b>Puntos</b>	
<b>CONSTRUCCION</b>							
<b>Nº de pisos</b>		<b>Altura</b>		<b>DESTRUCTIBILIDAD</b>			
1 o 2	menor de 6m	3	<b>3</b>	<b>Por calor</b>			
3,4, o 5	entre 6 y 15m	2		Baja	10	<b>0</b>	
6,7,8 o 9	entre 15 y 28m	1		Media	5		
10 o más	más de 28m	0		Alta	0		
<b>Superficie mayor sector incendios</b>				<b>Por humo</b>			
de 0 a 500 m <sup>2</sup>		5	<b>5</b>	Baja	10	<b>5</b>	
de 501 a 1500 m <sup>2</sup>		4		Media	5		
de 1501 a 2500 m <sup>2</sup>		3		Alta	0		
de 2501 a 3500 m <sup>2</sup>		2		<b>Por corrosión</b>			
de 3501 a 4500 m <sup>2</sup>		1		Baja	10	<b>5</b>	
más de 4500 m <sup>2</sup>		0	Media	5			
<b>Resistencia al Fuego</b>			Alta	0			
Resistente al fuego (hormigón)		10	<b>10</b>	<b>Por Agua</b>			
No combustible (metálica)		5		Baja	10	<b>5</b>	
Combustible (madera)		0		Media	5		
<b>Falsos Techos</b>			Alta	0			
Sin falsos techos		5	<b>5</b>	<b>PROPAGABILIDAD</b>			
Con falsos techos incombustibles		3		<b>Vertical</b>			
Con falsos techos combustibles		0		Baja	5	<b>5</b>	
<b>FACTORES DE SITUACIÓN</b>			Media	3			
<b>Distancia de los Bomberos</b>			Alta	0			
menor de 5 km	5 min.	10	<b>8</b>	<b>Horizontal</b>			
entre 5 y 10 km	5 y 10 min.	8		Baja	5	<b>3</b>	
entre 10 y 15 km	10 y 15 min.	6		Media	3		
entre 15 y 25 km	15 y 25 min.	2		Alta	0		
más de 25 km	25 min.	0		<b>SUBTOTAL (X) -----</b>		87	
<b>Accesibilidad de edificios</b>				<b>FACTORES DE PROTECCIÓN</b>			
Buena		5	<b>5</b>	<b>Concepto</b>		<b>SV</b> <b>CV</b> <b>Puntos</b>	
Media		3		Extintores portátiles (EXT)	1	2	2
Mala		1		Bocas de incendio equipadas (BIE)	2	4	0
Muy mala		0		Columnas hidratantes exteriores (CHE)	2	4	0
<b>PROCESOS</b>				Detección automática (DTE)	0	4	0
<b>Peligro de activación</b>				Rociadores automáticos (ROC)	5	8	0
Bajo		10	<b>5</b>	Extinción por agentes gaseosos (IFE)	2	4	0
Medio		5		<b>SUBTOTAL (Y) -----</b>		2	
Alto		0		<b>CONCLUSIÓN (Coeficiente de Protección frente al incendio)</b>			
<b>Carga Térmica</b>				$P = \frac{5X}{129} + \frac{5Y}{26} + 1(BCI)$			
Bajo Q<100		10	<b>5</b>	BCI		1 0 0	
Medio 100<Q<200		5		P		4,079545455	
Alto Q> 200		0		<b>OBSERVACIONES:</b>			
<b>Combustibilidad</b>							
Bajo		5	<b>3</b>				
Medio		3					
Alto		0					
<b>Orden y Limpieza</b>							
Alto		10	<b>10</b>				
Medio		5					
Bajo		0					
<b>Almacenamiento en Altura</b>							
menor de 2 m.		3	<b>3</b>				
entre 2 y 4 m.		2					
más de 6 m.		0					
<b>FACTOR DE CONCENTRACIÓN</b>							
<b>Factor de concentración \$/m<sup>2</sup></b>							
menor de 1000		3	<b>2</b>				
entre 1000 y 2500		2					
más de 2500		0					
<b>Realizado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>			
Anderson Robalino							

TABLA DE RESULTADOS MESERI

Valor del Riesgo	Calificación del Riesgo
0 a 2	Riesgo muy grave
2,1 a 4	Riesgo grave
4,1 y 6	Riesgo medio
6,1 a 8	Riesgo leve
8,1 a 10	Riesgo muy leve

Aceptabilidad	Valor de P
Riesgo aceptable	P > 5
Riesgo no aceptable	P ≤ 5

Nota. Elaborado por el autor.

Anexo 8 Registro de datos termo higrométricos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL



Hoja de recolección de datos

Condiciones termo higrométricas en la bodega de los tanques de almacenamiento de líquidos combustibles

**Objetivo:** Identificar las condiciones constructivas en la bodega y tanques de almacenamiento de combustible de la Estación de Servicios Granja Pallatanga.

<b>Norma aplicada</b>	UNE-EN 27243:1989		
<b>Investigador</b>	Anderson Robalino	<b>Equipo</b>	Medidor de estrés térmico
<b>Establecimiento</b>	Estación de Servicios “Granja”	<b>Fabricante</b>	REED Instruments
<b>Fecha de medición</b>	29 de diciembre de 2021	<b>Tipo</b>	R6200
<b>Hora de inicio</b>	12:00pm	<b>Serie</b>	130935W-001
<b>Hora de finalización</b>	12:25pm	<b>Calibración</b>	2021
<b>Temperatura Ambiental (°C)</b>			
Temperatura Máxima	Temperatura Media	Temperatura Mínima	
24,4	23,7	23,6	
<b>Humedad relativa (%)</b>			
Humedad Máxima	Humedad Media	Humedad Mínima	
75,8	75,3	73,2	

Observaciones:

.....  
.....  
.....

*Nota. Elaborado por el autor.*



Hoja de recolección de datos

Condiciones termo higrométricas en la bodega de los tanques de almacenamiento de líquidos combustibles

**Objetivo:** Identificar las condiciones constructivas en la bodega y tanques de almacenamiento de combustible de la Estación de Servicios Granja Pallatanga.

**Norma aplicada** UNE-EN 27243:1989

<b>Investigador</b>	Anderson Robalino	<b>Equipo</b>	Medidor de estrés térmico
<b>Establecimiento</b>	Estación de Servicios “Granja”	<b>Fabricante</b>	REED Instruments
<b>Fecha de medición</b>	02 de enero de 2022	<b>Tipo</b>	R6200
<b>Hora de inicio</b>	12:00pm	<b>Serie</b>	130935W-001
<b>Hora de finalización</b>	12:25pm	<b>Calibración</b>	2021
<b>Temperatura Ambiental (°C)</b>			
Temperatura Máxima	Temperatura Media	Temperatura Mínima	
24,6	23,6	23,5	
<b>Humedad relativa (%)</b>			
Humedad Máxima	Humedad Media	Humedad Mínima	
80,1	72,6	69,2	

Observaciones:

.....  
 .....  
 .....

*Nota. Elaborado por el autor.*



Hoja de recolección de datos

Condiciones termo higrométricas en la bodega de los tanques de almacenamiento de líquidos combustibles

**Objetivo:** Identificar las condiciones constructivas en la bodega y tanques de almacenamiento de combustible de la Estación de Servicios Granja Pallatanga.

**Normativa aplicada**

UNE-EN 27243:1989

<b>Investigador</b>	Anderson Robalino	<b>Equipo</b>	Medidor de estrés térmico
<b>Establecimiento</b>	Estación de Servicios “Granja”	<b>Fabricante</b>	REED Instruments
<b>Fecha de medición</b>	04 de enero de 2022	<b>Tipo</b>	R6200
<b>Hora de inicio</b>	12:00pm	<b>Serie</b>	130935W-001
<b>Hora de finalización</b>	12:25pm	<b>Calibración</b>	2021

**Temperatura Ambiental (°C)**

Temperatura Máxima	Temperatura Media	Temperatura Mínima
25,7	24,8	24,3
<b>Humedad relativa (%)</b>		
Humedad Máxima	Humedad Media	Humedad Mínima
74,5	72,5	73,8

Observaciones:

.....  
 .....  
 .....

*Nota. Elaborado por el autor.*

## Anexo 9 Certificado de calibración del medidor de estrés térmico

	CC-045-070322	FECHA: 07/03/2021
	www.hes.com.ec	REV: 01

Señores:

**Descripción del equipo:** Medidor de estrés térmico

**Fabricante:** REED Instruments

**Modelo/Tipo:** R6200

**N° de serie:** 130935W-001

**Código asignado:** NO ESPECIFICA

**Unidad de medida Temperatura:** °C

**Resolución Temperatura:** 0,1°C

**Rango Temperatura:** NO ESPECIFICA

### 1. Calibración:

Descripción	Unidad	Patrón	Corrección	Incertidumbre
Temperatura sensor bulbo seco-punto1	°C	19,97	-0,2	0,90
Temperatura sensor bulbo seco-punto2	°C	25,02	-0,1	0,44
Temperatura sensor bulbo seco-punto3	°C	30,04	0,2	0,40
Temperatura sensor bulbo humedo-punto1	°C	17,60	-0,3	0,90
Temperatura sensor bulbo humedo-punto2	°C	23,71	0,4	0,44
Temperatura sensor bulbo humedo-punto3	°C	27,48	0,0	0,44
Temperatura sensor de globo humedo-punto1	°C	19,97	-0,1	0,90
Temperatura sensor de globo humedo-punto2	°C	25,02	-0,2	0,44
Temperatura sensor de globo humedo-punto3	°C	30,04	0,2	0,40
Temperatura sensor Punto de rocío - punto1	°C	18,10	0,4	0,90
Temperatura sensor Punto de rocío - punto2	°C	22,93	0,2	0,44
Temperatura sensor Punto de rocío - punto3	°C	26,75	0,1	0,44

**Nota:** La estimación de la incertidumbre se realizó en base al documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k=2,00$  con una probabilidad de 95,45 % para una prueba t de student.

Panamericana Norte Km. 16, calle Adolfo Flores, Cel.: 098 413 9882; 0987166794

E-mail: [gerencia@hes.com.ec](mailto:gerencia@hes.com.ec)  
Ambato – Ecuador

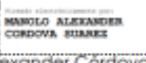
	CC-045-070322	FECHA: 07/03/2021
	www.hes.com.ec	REV: 01

**2.- Nota Importante:**

Ninguna calibración preventiva tiene garantía (garantía solamente aplica para venta de equipos y mantenimiento, ninguno de los dos es objeto de esta oferta), la calibración solamente se limita a certificar el nivel de exactitud (incertidumbre y corrección) del equipo intervenido en el momento del ensayo o calibración sugerido por el proveedor, o algún parámetro aprobado por el SAE o su equivalencia.

Usted puede enviar los equipos/instrumentos de inmediato se apruebe la cotización, una vez en nuestro laboratorio la calibración se realizará en los siguientes 7 - 14 días hábiles.

**3. Firma técnico:**


Marcelo Alexander Córdova  
 Atentamente:  
 LABORATORIO&HES LAB&HES CIA. LTDA.

CC:/ AP

Panamericana Norte Km. 16, calle Adolfo Flores, Cel.: 098 413 9882; 0987166794

E-mail: [gerencia@hes.com.ec](mailto:gerencia@hes.com.ec)  
 Ambato – Ecuador

**Anexo 10** *Certificados de pruebas, inspecciones y especificaciones técnicas de los tanques de almacenamiento*

	<b>CERTIFICADO DE INSPECCIÓN TÉCNICA Y OPERATIVIDAD DE TANQUES</b> OI-ES-PT03-R02-21-424	Código del documento	OI-ES-PT03-R02	
		No. Revisión	11	
		Fecha de aprobación	2020-03-13	
		Norma de referencia	ISO 17020, ASTM E797	
		Página	1 de 4	

ECUA SUPERVISIONES S.A., empresa de inspección independiente con registro de calificación: DRN-OI-25-C2-R1-2020 Resolución Nro. ARCERNR-CTRCH-2021-0012-RES; luego de realizada la inspección técnica de medición de espesores del tanque estacionario, con los siguientes datos:

PROPIETARIO:	E/S "GRANJA PALLATANGA"
TANQUE #:	TQ.02 DGE-01
COMERCIALIZADORA:	SERVIOIL
CAPACIDAD NOMINAL:	10.000 GALONES
PRODUCTO:	Gasolina Extra
AÑO DE CONSTRUCCIÓN APROX:	1986
FECHA DE INSPECCION:	2021-05-27
SITIO DE INSPECCION:	Pallatanga, Provincia de Chimborazo.

**CERTIFICA**

Que conforme el análisis de medidas de espesores obtenidos en campo y el resultado del reporte OI-ES-PT03-R02-21-424, se indica que el tanque se encuentra CONFORME, el cual asegura un correcto almacenamiento de combustible.

La inspección fue realizada siguiendo los lineamientos del Procedimiento OI-ES-PT03 y normativas ASTM E797, Standard Practice for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact.

anto Domingo, 30 de mayo del 2021



**CERTIFICADO DE  
INSPECCIÓN TÉCNICA Y  
OPERATIVIDAD DE TANQUES  
OI-ES-PT03-R02-21-425**

Código del documento	OI-ES-PT03-R02
No. Revisión	11
Fecha de aprobación	2020-03-13
Norma de referencia	ISO 17020: ASTM E797
Página	2 de 4



**INFORME DE LA INSPECCIÓN TÉCNICA  
DEL TANQUE ESTACIONARIO**

**ANTECEDENTES:**

Con fecha 12 de mayo del 2021 el propietario de la E/S "GRANJA PALLATANGA", acepta la propuesta de Ecu Supervisions, para realizar la inspección técnica de medición de espesores del tanque estacionario TQ.03 DDP-01, con capacidad nominal de 10.000 galones, para el almacenamiento de Diésel Premium. Conforme a lo requerido en la publicación del Registro Oficial 029 del 5 de Julio del 2017 "RESOLUCION RE-2017-074, mediante la cual la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero ARCH expide el "Instructivo para la presentación de certificaciones técnicas para la comercialización de derivados de petróleo (incluido GLP)" en cuyo artículo 4 solicita cumplir con una inspección mediante medición de espesores a los tanques que almacenan combustibles.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TANQUE:**

Capacidad nominal:	10.000 galones
Longitud:	6550 mm
Diámetro Mayor:	2735 mm
Diámetro Menor:	2735 mm
Fecha de construcción aproximada:	1986
Tipo de material:	Acero Comercial A-36
Espesor nominal plancha del cuerpo:	5,00 mm
Espesor nominal plancha del casquete:	5,00 mm
Nº de compartimentos:	1
Tipo de instalación (condición):	En Cubeto con Acceso

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

Procedimiento OI-ES-PT03, Procedimiento de inspección técnica de tanques y auto tanques.  
ASTM E797, Standard Practice for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact Method.



**Certificado de Inspección de  
Prueba Hidrostática y  
Neumática de tanques  
estacionarios.  
OI-ES-PT05-R02-21-618**

Código del documento:  
OI-ES-PT05-R02  
Fecha de aprobación:  
2021-02-01  
No. Revisión: 06  
Norma de referencia:  
17020  
Página: 1 de 1



ECUA SUPERVISIONES S.A., empresa de inspección independiente con registro de calificación: DRN-OI-25-C2-R1-2020 Resolución Nro. ARCERNNR-CTRCH-2021-0012-RES; realiza la inspección de prueba de presión neumática (hermeticidad) del tanque estacionario, con los siguientes datos:

PROPIETARIO:	E/S "GRANJA PALLATANGA"
TANQUE #:	TQ-02-DGE-01
COMERCIALIZADORA:	SERVIOIL
CAPACIDAD NOMINAL:	10.000 galones
PRODUCTO:	Gasolina Extra
FECHA DE INSPECCION:	2021-05-27
SITIO DE INSPECCION:	Pallatanga, Provincia de Chimborazo.

## CERTIFICA

Que el tanque ha sido inspeccionado conforme al Procedimiento interno OI-ES-PT05 de Ecu Supervisions S.A., en base a las normas UL142, API 653; para los medios de almacenamiento de combustibles líquidos derivados de hidrocarburos, el tanque **No.02 DGE-01** que opera almacenando combustible de **GASOLINA EXTRA**, propiedad de la Estación de Servicios "GRANJA PALLATANGA", se encuentra **CONFORME** con los parámetros de control, de acuerdo con el reporte que se realiza en el documento adjunto.

El tanque fue inspeccionado con presión **NEUMÁTICA** según la normativa vigente.

Santo Domingo, 30 de mayo del 2021



**INFORME DE INSPECCIÓN DE PRUEBAS  
HIDROSTÁTICA Y NEUMÁTICA DE TANQUES  
ESTACIONARIOS**

01-ES-PT05-R03-21-617

Código del Documento	01-ES-PT05-R03
Nro. Aprobación	01
Fecha de aprobación	2021-02-01
Normas de referencia	RTS INER DC/EEC 1/003
Página	1 de 1



**Propietario:**

**ESTACIÓN DE SERVICIOS "GRANJA PALLATANGA"**

Dirección: Pallatanga, Provincia de Chimborazo

Tipo de prueba: Presión Neumática

Fecha de Inspección: 27/05/2021

**Equipos utilizados:**

Instrumento	Código Interno	Fecha de calibración
Manómetro	ES-MAN-030	2021/01/28
Termómetro	ES-TS-10	2021/01/28
Cinta de Aforo	ES-CA-03	2020/07/23

**Resumen de la prueba:**

Item No.	Tanque	Producto Almacenado	Capacidad, Galones	Presión observada, PSI	Tiempo de prueba, min	Observación
1	TQ 01	GASOLINA SÚPER	10.000	3	30	Satisfactoria

**Condiciones Operativas:**

Presión de diseño:	Atmosférica
Presión de prueba PSI:	3
Líquido utilizado:	Nitrogeno
Altura del producto mm:	985
Temperatura promedio:	17 °C

Inspección de prueba de presión neumática válida únicamente para este tanque.

**Conclusiones:**

Conforme al resultado de la prueba del tanque estacionario No.: 1 que opera almacenando combustible GASOLINA SÚPER no presenta caída de presión, por lo tanto puede continuar en servicio

**Declaración de Conformidad:**

En base a la norma API 653

**Vigencia:**

Conforme a lo establecido en la "RESOLUCION RE-2017-074, se establece una vigencia de 1 (un) año contado a partir de la fecha de inspección

**Observaciones y/o Exclusiones:**

El presente informe es emitido acorde a la inspección realizada y presenta los resultados obtenidos en la fecha y lugar de la inspección únicamente, sin ninguna obligación o responsabilidad posterior.

REVISADO POR:



**INFORME DE INSPECCIÓN DE PRUEBA  
HIDROSTÁTICA Y NEUMÁTICA PARA DUCTOS Y  
TUBERÍAS**

OI-ES-PTD4-R03-21-526

Código del documento	OI-ES-PTD4-R03
Nº. Revisión	06
Fecha de aprobación	2020-01-07
Normas aplicadas	NFPA 30, ASME B31.3, ASTM E 1992, ASTM E 492
Página	1 de 2



**Beneficiario:** ESTACIÓN DE SERVICIOS "GRANJA PALLATANGA"

**Ubicación:** Pallatanga, Provincia de Chimborazo

**Objeto de prueba:** Presión neumática. **Fecha de inspección:** 2021-05-27

**Equipos utilizados:**

Equipo	Código Interno	Fecha de calibración
Manómetro	ES-MAN-034	2021/01/28
Termostato	ES-TS-09	2021/01/28

**Objetos de la prueba:**

No.	Línea de distribución de: (producto)	Diámetro (in)	Desde	Hasta	Presión observada (PSI)	Tiempo de prueba (min)	Observación
	GASOLINA SÚPER	2	TANQUE	DISPENSADOR	30	30	Satisfactoria

**Condiciones Operativas:**  
Temperatura de prueba: 30 PSI  
Temperatura promedio: 17°C  
Medio utilizado: Nitrógeno  
Tipo de tubería: Rígida

**Observaciones y/o Exclusiones:**  
El tipo de prueba de presión neumática válida únicamente para este tramo de tubería



ECUA SUPERVISIONS S.A.  
www.ecuasupervisions.com

**Certificado de verificación de  
parámetros dimensionales de  
acuerdo al tipo de tanque.**  
OI-ES-PT01-R05-21-260

Código del documento	OI-ES-PT01-R05
No. Revisión	04
Fecha de aprobación	2019/03/09
Norma de referencia	17020
Página	1 de 1

ECUA SUPERVISIONS S.A., empresa de inspección independiente con registro de calificación: DRN-OI-25-C2-R1-2020 Resolución Nro. ARCERNNR-CTRCH-2021-0012-RES; luego de realizada la inspección del tanque estacionario, con los siguientes datos:

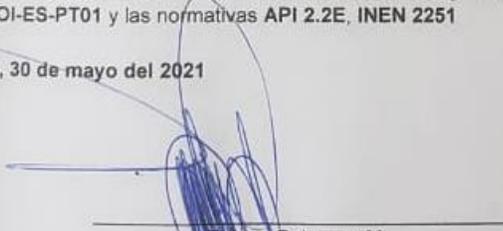
Propietario:	E/S "GRANJA PALLATANGA"
Tanque #:	TQ 02 DGE-01
Comercializadora:	SERVIOIL
Producto:	Gasolina Extra
Fecha de inspección:	2021-05-27
Sitio de inspección:	Pallatanga, Provincia de Chimborazo.

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL TANQUE:**

Capacidad nominal:	10.000 galones
Longitud:	6600 mm
Diámetro mayor:	2710 mm
Diámetro menor:	2710 mm
Medidas del Manhole:	495 mm
Fecha de construcción aproximada:	1986
Tipo de material:	Acero comercial A-36
Espesor nominal plancha del cuerpo:	5,00 mm
Espesor nominal de los casquetes:	5,00 mm
N° de compartimentos:	1
Tipo de tanque	Cilíndrico Horizontal
Tipo de casquete	Recto
Radio de casquete	0 mm

Que acorde al análisis de medidas obtenidos en campo y el resultado del reporte OI-ES-PT01-R05-21-260, se indica que el tanque se encuentra **CONFORME** para asegurar un correcto almacenamiento de combustible. La inspección fue realizada siguiendo los lineamientos de los Procedimientos OI-ES-PT01 y las normativas API 2.2E, INEN 2251

Santo Domingo, 30 de mayo del 2021

  
Edilson Salguero M.  
GERENTE TÉCNICO  
ECUA SUPERVISIONS S.A.

El presente certificado no puede ser reproducido parcial o totalmente sin la previa autorización por escrito de EcuA Supervisions S.A.  
El presente certificado deja de tener validez si el tanque sufre algún cambio o alteración de las condiciones en que fue inspeccionado.  
EcuA Supervisions S.A., no se hace responsable por cualquier defecto no inspeccionado o cualquier defecto que podría ocurrir posteriormente a la fecha de inspección.

Santo Domingo: Calle Georgetown y Av. Río Yamboya, Edificio Zamora Piso 3, Oficina 301. Telf.: 0958941902  
Celular: 0987089296 Email: [ecuasupervisions@ecuasupervisions.com](mailto:ecuasupervisions@ecuasupervisions.com), Web: [www.ecuasupervisions.com](http://www.ecuasupervisions.com)

**Anexo 11** Cálculos de datos termo higrométricos (realizados en Excel)

	T (°C)			HR (%)			
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 1	Día 2	Día 3	
Medio	23,7	23,6	24,8	75,3	72,6	72,5	
Maximo	24,4	24,6	25,7	75,8	80,1	74,5	
Minimo	23,6	23,5	24,3	73,2	69,2	73,8	
Promedio	23,90	23,90	24,93	74,77	73,97	73,60	
Promedio Total	T (°C)	24,24		Temperatura °C	Presión de vapor (Pa)	Temperatura °C	Presión de vapor (Pa)
	HR (%)	74,11					
	p'v	2951,4					
				0	600	19	2170
				2	700	20	2310
				4	800	21	2450
				6	920	22	2610
				8	1060	23	2770
				10	1210	24	2940
				11	1300	25	3130
				12	1380	26	3320
				14	1580	27	3520
				15	1680	28	3730
				16	1790	29	3950
				17	1920	30	4190
				18	2040		

Nota. Elaborado por el autor.

**Anexo 12** Cálculos de irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en los Tanques de Diesel Premium (realizados en Excel)

CÁLCULOS PRELIMINARES		
<b>Diametro de la bola de fuego (D)</b>		
$D=6,48*W^{0,325}$		
$W=densidad*volumen$		
densidad (DIESEL)	865	Kg/m3
Volumen	37,85	m3
W	32740,25	Kg
D	190,10	m
<b>Altura de la bola de fuego (H)</b>		
$H=0,75*D$		
H	142,573	m
<b>Duración de la bola de fuego</b>		
$t=0,852*W^{0,26}$		
t	12,72	seg
Temperatura	24,24	°C
P'v	2951,4	Pa
hr	74,11	
<b>Intensidad media de Radiación ( E )</b>		
$E=(fr*W*Hc)/(\pi*D^2*t)$		
fr	0,25	
$Hc= calor de combustión$		
hc	26051,204	kJ/kg
$\pi$	3,14159265	
E	147,70	Kw/m2

Nota. Elaborado por el autor.

Distancia (x1)	
$x1 = (H^2 + x^2)^{1/2} - \frac{D}{2}$	
Distancia (m)	x1 (m)
0	47,52
25	49,70
50	56,04
75	66,05
100	79,10
125	94,56
150	111,90
175	130,68
200	150,57
225	171,32
250	192,75
275	214,71
300	237,11
325	259,85
350	282,88
375	306,14
400	329,60
425	353,23
450	377,00
475	400,89
500	424,88
525	448,97
550	473,13
575	497,36
600	521,66
625	546,01
650	570,40
675	594,84
700	619,32
725	643,84
750	668,38
775	692,96
800	717,56
825	742,18
850	766,83
875	791,49
900	816,17
925	840,87
950	865,59
975	890,32
1000	915,06

Coeficiente de transmisión atmosférica (d)	
$d = 2,02(P'v + hr + x1)^{-0,09}$	
x1 (m)	d
47,52	0,47
49,70	0,47
56,04	0,46
66,05	0,46
79,10	0,45
94,56	0,44
111,90	0,44
130,68	0,43
150,57	0,43
171,32	0,42
192,75	0,42
214,71	0,41
237,11	0,41
259,85	0,40
282,88	0,40
306,14	0,40
329,60	0,40
353,23	0,39
377,00	0,39
400,89	0,39
424,88	0,39
448,97	0,39
473,13	0,38
497,36	0,38
521,66	0,38
546,01	0,38
570,40	0,38
594,84	0,38
619,32	0,37
643,84	0,37
668,38	0,37
692,96	0,37
717,56	0,37
742,18	0,37
766,83	0,37
791,49	0,37
816,17	0,37
840,87	0,36
865,59	0,36
890,32	0,36
915,06	0,36

Factor geométrico de visión (F)	
$F = \frac{D^2}{4 * (\frac{D}{2} + X1)^2}$	
x1 (m)	F
47,52	0,44
49,70	0,43
56,04	0,40
66,05	0,35
79,10	0,30
94,56	0,25
111,90	0,21
130,68	0,18
150,57	0,15
171,32	0,13
192,75	0,11
214,71	0,09
237,11	0,08
259,85	0,07
282,88	0,06
306,14	0,06
329,60	0,05
353,23	0,04
377,00	0,04
400,89	0,04
424,88	0,03
448,97	0,03
473,13	0,03
497,36	0,03
521,66	0,02
546,01	0,02
570,40	0,02
594,84	0,02
619,32	0,02
643,84	0,02
668,38	0,02
692,96	0,01
717,56	0,01
742,18	0,01
766,83	0,01
791,49	0,01
816,17	0,01
840,87	0,01
865,59	0,01
890,32	0,01
915,06	0,01

Radiación térmica recibida (I)					
$I = d * F * E$					
Distancia (m)	d	F	E (kW/m2)	I (kW/m2)	I (kW/m2) TOTAL
0	0,47	0,44	147,70	30,98	92,93
25	0,47	0,43	147,70	29,93	89,80
50	0,46	0,40	147,70	27,18	81,54
75	0,46	0,35	147,70	23,55	70,66
100	0,45	0,30	147,70	19,83	59,50
125	0,44	0,25	147,70	16,46	49,39
150	0,44	0,21	147,70	13,61	40,84
175	0,43	0,18	147,70	11,28	33,85
200	0,43	0,15	147,70	9,41	28,23
225	0,42	0,13	147,70	7,91	23,72
250	0,42	0,11	147,70	6,70	20,11
275	0,41	0,09	147,70	5,73	17,19
300	0,41	0,08	147,70	4,94	14,82
325	0,40	0,07	147,70	4,29	12,87
350	0,40	0,06	147,70	3,75	11,26
375	0,40	0,06	147,70	3,31	9,92
400	0,40	0,05	147,70	2,93	8,80
425	0,39	0,04	147,70	2,62	7,85
450	0,39	0,04	147,70	2,35	7,04
475	0,39	0,04	147,70	2,11	6,34
500	0,39	0,03	147,70	1,91	5,74
525	0,39	0,03	147,70	1,74	5,21
550	0,38	0,03	147,70	1,59	4,76
575	0,38	0,03	147,70	1,45	4,36
600	0,38	0,02	147,70	1,33	4,00
625	0,38	0,02	147,70	1,23	3,69
650	0,38	0,02	147,70	1,14	3,41
675	0,38	0,02	147,70	1,05	3,16
700	0,37	0,02	147,70	0,98	2,94
725	0,37	0,02	147,70	0,91	2,74
750	0,37	0,02	147,70	0,85	2,55
775	0,37	0,01	147,70	0,80	2,39
800	0,37	0,01	147,70	0,75	2,24
825	0,37	0,01	147,70	0,70	2,10
850	0,37	0,01	147,70	0,66	1,98
875	0,37	0,01	147,70	0,62	1,87
900	0,37	0,01	147,70	0,59	1,76
925	0,36	0,01	147,70	0,56	1,67
950	0,36	0,01	147,70	0,53	1,58
975	0,36	0,01	147,70	0,50	1,49
1000	0,36	0,01	147,70	0,47	1,42

Nota. Elaborado por el autor.

### Anexo 13 Cálculos de irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en el Tanques de Gasolina Super (realizados en Excel)

CÁLCULOS PRELIMINARES				Distancia (x1)		Coeficiente de transmisión atmosférica (d)		Factor geométrico de visión (F)		Radiación térmica recibida (I)				
<b>Diametro de la bola de fuego (D)</b>				$x1 = (H^2 + x^2)^{1/2} - \frac{D}{2}$		$d = 2,02(P'v + hr + x1)^{-0,09}$		$F = \frac{D^2}{4 * (\frac{D}{2} + x1)^2}$		$I = d * F * E$				
D=6,48*W^0,325				Distancia (m)	x1(m)	x1(m)	d	x1(m)	F	Distancia (m)	d	F	E (kW/m2)	I (kW/m2)
W=densidad*volumen				0	44,72	44,72	0,47	44,72	0,44	0	0,47	0,44	249,97	52,71
densidad (SUPER)	717,4	Kg/m3		25	47,03	47,03	0,47	47,03	0,43	25	0,47	0,43	249,97	50,71
Volumen	37,85	m3		50	53,73	53,73	0,47	53,73	0,39	50	0,47	0,39	249,97	45,53
W	27153,59	Kg		75	64,26	64,26	0,46	64,26	0,34	75	0,46	0,34	249,97	38,87
D	178,88	m		100	77,89	77,89	0,45	77,89	0,29	100	0,45	0,29	249,97	32,24
<b>Altura de la bola de fuego (H)</b>				125	93,93	93,93	0,44	93,93	0,24	125	0,44	0,24	249,97	26,40
H=0,75*D				150	111,80	111,80	0,44	111,80	0,20	150	0,44	0,20	249,97	21,57
H	134,162	m		175	131,07	131,07	0,43	131,07	0,16	175	0,43	0,16	249,97	17,71
<b>Duración de la bola de fuego</b>				200	151,39	151,39	0,43	151,39	0,14	200	0,43	0,14	249,97	14,66
t=0,852*W^0,26				225	172,52	172,52	0,42	172,52	0,12	225	0,42	0,12	249,97	12,24
t	12,11	seg		250	194,28	194,28	0,42	194,28	0,10	250	0,42	0,10	249,97	10,33
Temperatura	24,24	°C		275	216,54	216,54	0,41	216,54	0,09	275	0,41	0,09	249,97	8,79
P'v	2951,4	Pa		300	239,19	239,19	0,41	239,19	0,07	300	0,41	0,07	249,97	7,55
hr	74,11			325	262,16	262,16	0,40	262,16	0,06	325	0,40	0,06	249,97	6,55
<b>Intensidad media de Radiación ( E )</b>				350	285,39	285,39	0,40	285,39	0,06	350	0,40	0,06	249,97	5,72
E=(fr*W*Hc)/(π*D^2*t)				375	308,84	308,84	0,40	308,84	0,05	375	0,40	0,05	249,97	5,03
fr	0,25			400	332,46	332,46	0,40	332,46	0,04	400	0,40	0,04	249,97	4,45
Hc= calor de combustión				425	356,23	356,23	0,39	356,23	0,04	425	0,39	0,04	249,97	3,96
hc	44838,3083	kj/kg		450	380,13	380,13	0,39	380,13	0,04	450	0,39	0,04	249,97	3,55
π	3,14159265			475	404,14	404,14	0,39	404,14	0,03	475	0,39	0,03	249,97	3,19
E	249,97	Kw/m2		500	428,25	428,25	0,39	428,25	0,03	500	0,39	0,03	249,97	2,89
				525	452,43	452,43	0,39	452,43	0,03	525	0,39	0,03	249,97	2,62
				550	476,69	476,69	0,38	476,69	0,02	550	0,38	0,02	249,97	2,39
				575	501,00	501,00	0,38	501,00	0,02	575	0,38	0,02	249,97	2,19
				600	525,38	525,38	0,38	525,38	0,02	600	0,38	0,02	249,97	2,01
				625	549,80	549,80	0,38	549,80	0,02	625	0,38	0,02	249,97	1,85
				650	574,26	574,26	0,38	574,26	0,02	650	0,38	0,02	249,97	1,71
				675	598,76	598,76	0,38	598,76	0,02	675	0,38	0,02	249,97	1,59
				700	623,30	623,30	0,37	623,30	0,02	700	0,37	0,02	249,97	1,47
				725	647,87	647,87	0,37	647,87	0,01	725	0,37	0,01	249,97	1,37
				750	672,46	672,46	0,37	672,46	0,01	750	0,37	0,01	249,97	1,28
				775	697,09	697,09	0,37	697,09	0,01	775	0,37	0,01	249,97	1,20
				800	721,73	721,73	0,37	721,73	0,01	800	0,37	0,01	249,97	1,12
				825	746,40	746,40	0,37	746,40	0,01	825	0,37	0,01	249,97	1,05
				850	771,08	771,08	0,37	771,08	0,01	850	0,37	0,01	249,97	0,99
				875	795,78	795,78	0,37	795,78	0,01	875	0,37	0,01	249,97	0,93
				900	820,50	820,50	0,37	820,50	0,01	900	0,37	0,01	249,97	0,88
				925	845,24	845,24	0,36	845,24	0,01	925	0,36	0,01	249,97	0,83
				950	869,99	869,99	0,36	869,99	0,01	950	0,36	0,01	249,97	0,79
				975	894,75	894,75	0,36	894,75	0,01	975	0,36	0,01	249,97	0,75
				1000	919,52	919,52	0,36	919,52	0,01	1000	0,36	0,01	249,97	0,71

Nota. Elaborado por el autor.

### Anexo 14 Cálculos de irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en el Tanques de Gasolina Extra (realizados en Excel)

CÁLCULOS PRELIMINARES			Distancia (x1)		Coeficiente de transmisión atmosférica (d)		Factor geométrico de visión (F)		Radiación térmica recibida (I)				
Diametro de la bola de fuego (D)			$x1 = (H^2 + x^2)^{1/2} - \frac{D}{2}$		$d = 2,02(P'v \cdot hr \cdot x1)^{-0,09}$		$F = \frac{D^2}{4 \cdot (\frac{D}{2} + x1)^2}$		$I = d \cdot F \cdot E$				
D=6,48*W <sup>0,325</sup>			Distancia (m)	x1 (m)	x1 (m)	d	x1	F	Distancia (m)	d	F	E (kW/m <sup>2</sup> )	I (kW/m <sup>2</sup> )
W=densidad*volumen			0	45,65	45,65	0,47	45,65	0,44	0	0,47	0,44	251,40	52,92
densidad (EXTRA)	764,3	Kg/m <sup>3</sup>	25	47,91	47,91	0,47	47,91	0,43	25	0,47	0,43	251,40	50,99
Volumen	37,85	m <sup>3</sup>	50	54,49	54,49	0,47	54,49	0,39	50	0,47	0,39	251,40	45,96
W	28928,755	Kg	75	64,84	64,84	0,46	64,84	0,34	75	0,46	0,34	251,40	39,44
D	182,60	m	100	78,27	78,27	0,45	78,27	0,29	100	0,45	0,29	251,40	32,88
Altura de la bola de fuego (H)			125	94,12	94,12	0,44	94,12	0,24	125	0,44	0,24	251,40	27,05
H=0,75*D			150	111,81	111,81	0,44	111,81	0,20	150	0,44	0,20	251,40	22,19
H	136,952	m	175	130,92	130,92	0,43	130,92	0,17	175	0,43	0,17	251,40	18,28
Duración de la bola de fuego			200	151,09	151,09	0,43	151,09	0,14	200	0,43	0,14	251,40	15,17
t=0,852*W <sup>0,26</sup>			225	172,10	172,10	0,42	172,10	0,12	225	0,42	0,12	251,40	12,69
t	12,31	seg	250	193,75	193,75	0,42	193,75	0,10	250	0,42	0,10	251,40	10,72
Temperatura	24,24	°C	275	215,91	215,91	0,41	215,91	0,09	275	0,41	0,09	251,40	9,14
P'v	2951,4	Pa	300	238,48	238,48	0,41	238,48	0,08	300	0,41	0,08	251,40	7,86
hr	74,11		325	261,38	261,38	0,40	261,38	0,07	325	0,40	0,07	251,40	6,82
Intensidad media de Radiación ( E )			350	284,54	284,54	0,40	284,54	0,06	350	0,40	0,06	251,40	5,96
E=(fr*W*Hc)/(π*D <sup>2</sup> *t)			375	307,92	307,92	0,40	307,92	0,05	375	0,40	0,05	251,40	5,24
fr	0,25		400	331,49	331,49	0,40	331,49	0,05	400	0,40	0,05	251,40	4,64
Hc= calor de combustión			425	355,22	355,22	0,39	355,22	0,04	425	0,39	0,04	251,40	4,14
hc	44838,30826	kJ/kg	450	379,08	379,08	0,39	379,08	0,04	450	0,39	0,04	251,40	3,71
π	3,141592654		475	403,05	403,05	0,39	403,05	0,03	475	0,39	0,03	251,40	3,34
E	251,40	Kw/m <sup>2</sup>	500	427,12	427,12	0,39	427,12	0,03	500	0,39	0,03	251,40	3,02
			525	451,27	451,27	0,39	451,27	0,03	525	0,39	0,03	251,40	2,74
			550	475,49	475,49	0,38	475,49	0,03	550	0,38	0,03	251,40	2,50
			575	499,78	499,78	0,38	499,78	0,02	575	0,38	0,02	251,40	2,29
			600	524,13	524,13	0,38	524,13	0,02	600	0,38	0,02	251,40	2,10
			625	548,53	548,53	0,38	548,53	0,02	625	0,38	0,02	251,40	1,94
			650	572,97	572,97	0,38	572,97	0,02	650	0,38	0,02	251,40	1,79
			675	597,45	597,45	0,38	597,45	0,02	675	0,38	0,02	251,40	1,66
			700	621,97	621,97	0,37	621,97	0,02	700	0,37	0,02	251,40	1,54
			725	646,52	646,52	0,37	646,52	0,02	725	0,37	0,02	251,40	1,44
			750	671,10	671,10	0,37	671,10	0,01	750	0,37	0,01	251,40	1,34
			775	695,71	695,71	0,37	695,71	0,01	775	0,37	0,01	251,40	1,25
			800	720,34	720,34	0,37	720,34	0,01	800	0,37	0,01	251,40	1,18
			825	744,99	744,99	0,37	744,99	0,01	825	0,37	0,01	251,40	1,10
			850	769,66	769,66	0,37	769,66	0,01	850	0,37	0,01	251,40	1,04
			875	794,35	794,35	0,37	794,35	0,01	875	0,37	0,01	251,40	0,98
			900	819,06	819,06	0,37	819,06	0,01	900	0,37	0,01	251,40	0,92
			925	843,78	843,78	0,36	843,78	0,01	925	0,36	0,01	251,40	0,87
			950	868,52	868,52	0,36	868,52	0,01	950	0,36	0,01	251,40	0,83
			975	893,27	893,27	0,36	893,27	0,01	975	0,36	0,01	251,40	0,78
			1000	918,03	918,03	0,36	918,03	0,01	1000	0,36	0,01	251,40	0,74

Nota. Elaborado por el autor.

**Anexo 15** Cálculos de irradiación térmica por incendio tipo BLEVE de los 5 tanques de almacenamiento (realizados en Excel)

Radiación térmica Recibida de 5 tanques					
Distancia (m)	I (KW/m <sup>2</sup> ) Tanque de Diesel Premium	I (KW/m <sup>2</sup> ) 3 Tanques de Diesel Premium	I (KW/m <sup>2</sup> ) Tanque de Gasolina Super	I (KW/m <sup>2</sup> ) Tanque de Gasolina Extra	Irradiación termica total recibida (KW/m <sup>2</sup> )
0	30,98	92,93	52,71	52,92	198,56
25	29,93	89,80	50,71	50,99	191,50
50	27,18	81,54	45,53	45,96	173,02
75	23,55	70,66	38,87	39,44	148,98
100	19,83	59,50	32,24	32,88	124,61
125	16,46	49,39	26,40	27,05	102,83
150	13,61	40,84	21,57	22,19	84,60
175	11,28	33,85	17,71	18,28	69,84
200	9,41	28,23	14,66	15,17	58,05
225	7,91	23,72	12,24	12,69	48,66
250	6,70	20,11	10,33	10,72	41,16
275	5,73	17,19	8,79	9,14	35,13
300	4,94	14,82	7,55	7,86	30,24
325	4,29	12,87	6,55	6,82	26,24
350	3,75	11,26	5,72	5,96	22,94
375	3,31	9,92	5,03	5,24	20,20
400	2,93	8,80	4,45	4,64	17,89
425	2,62	7,85	3,96	4,14	15,95
450	2,35	7,04	3,55	3,71	14,29
475	2,11	6,34	3,19	3,34	12,87
500	1,91	5,74	2,89	3,02	11,65
525	1,74	5,21	2,62	2,74	10,58
550	1,59	4,76	2,39	2,50	9,65
575	1,45	4,36	2,19	2,29	8,84
600	1,33	4,00	2,01	2,10	8,12
625	1,23	3,69	1,85	1,94	7,48
650	1,14	3,41	1,71	1,79	6,91
675	1,05	3,16	1,59	1,66	6,41
700	0,98	2,94	1,47	1,54	5,95
725	0,91	2,74	1,37	1,44	5,55
750	0,85	2,55	1,28	1,34	5,18
775	0,80	2,39	1,20	1,25	4,84
800	0,75	2,24	1,12	1,18	4,54
825	0,70	2,10	1,05	1,10	4,26
850	0,66	1,98	0,99	1,04	4,01
875	0,62	1,87	0,93	0,98	3,78
900	0,59	1,76	0,88	0,92	3,57
925	0,56	1,67	0,83	0,87	3,37
950	0,53	1,58	0,79	0,83	3,19
975	0,50	1,49	0,75	0,78	3,03
1000	0,47	1,42	0,71	0,74	2,87

*Nota. Elaborado por el autor*

**Anexo 16** Cálculo del Tiempo de Exposición Efectivo (realizado en Excel)

velocidad (m/s)	1
distancia a 1kw/m2	700
<b>Tiempo total (s)</b>	<b>345,37</b>
<b>Tiempo Promedio (s)</b>	<b>115,12</b>

Tiempo de Exposición Efectivo (s)			
Distancia	Tef DIESEL	Tef SUPER	Tef EXTRA
25	19,94	19,96	19,96
50	34,63	34,73	34,75
75	48,91	49,21	49,25
100	62,66	63,31	63,39
125	75,75	76,93	77,07
150	88,09	90,00	90,24
175	99,58	102,46	102,82
200	110,13	114,24	114,75
225	119,64	125,27	125,96
250	128,03	135,49	136,41
275	135,23	144,84	146,03
300	141,15	153,27	154,77
325	145,72	160,72	162,58
350	148,85	167,14	169,40
375	150,49	172,47	175,19
400	150,56	176,67	179,89
425	148,99	179,68	183,47
450	145,71	181,46	185,87
475	140,66	181,95	187,04
500	133,77	181,11	186,95
525	124,98	178,89	185,55
550	114,22	175,26	182,79
575	101,44	170,15	178,64
600	86,56	163,54	173,04
625	69,54	155,37	165,97
650	50,31	145,60	157,37
675	28,82	134,20	147,21
700	5	121,11	135,44
725	5	106,30	122,04
750	5	89,73	106,96
775	5	71,35	90,15
800	5	51,13	71,59
825	5	29,03	51,24
850	5	5	29,05
875	5		5
900	5		
925	5		
950	5		
975	5		
1000	5		
<b>TOTAL</b>	<b>100,335482</b>	<b>120,811042</b>	<b>124,2229</b>

*Nota. Elaborado por el autor*

## Anexo 17 Cálculos de afectación por irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en el Tanque de Diesel Premium. Método PROBIT

(realizados en Excel)

Quemaduras mortales (protegidos con ropa)		
$Pr = -37,23 + 2,56 \ln (tI^4)$		
Distancia (m)	I(w/m2)	Pr
0	30977,05	9,87
25	29932,20	9,75
50	27178,41	9,42
75	23554,74	8,93
100	19832,26	8,34
125	16462,64	7,71
150	13612,11	7,06
175	11282,83	6,42
200	9408,71	5,80
225	7907,34	5,20
250	6702,19	4,64
275	5729,50	4,10
300	4938,68	3,60
325	4290,50	3,12
350	3754,78	2,66
375	3308,33	2,23
400	2933,31	1,82
425	2615,90	1,43
450	2345,31	1,06
475	2113,08	0,70
500	1912,51	0,36
525	1738,27	0,03
550	1586,06	-0,28
575	1452,41	-0,58
600	1334,49	-0,87
625	1229,98	-1,15
650	1136,97	-1,42
675	1053,85	-1,67
700	979,30	-1,93
725	912,21	-2,17
750	851,62	-2,40
775	796,74	-2,63
800	746,88	-2,85
825	701,46	-3,06
850	659,98	-3,27
875	621,99	-3,47
900	587,12	-3,67
925	555,05	-3,86
950	525,48	-4,05
975	498,17	-4,23
1000	472,90	-4,41

Quemaduras mortales sin proteccion		
$Pr = -36,38 + 2,56 \ln (tI^4)$		
Distancia (m)	I(w/m2)	Pr
0	30977,05	10,72
25	29932,20	10,60
50	27178,41	10,27
75	23554,74	9,78
100	19832,26	9,19
125	16462,64	8,56
150	13612,11	7,91
175	11282,83	7,27
200	9408,71	6,65
225	7907,34	6,05
250	6702,19	5,49
275	5729,50	4,95
300	4938,68	4,45
325	4290,50	3,97
350	3754,78	3,51
375	3308,33	3,08
400	2933,31	2,67
425	2615,90	2,28
450	2345,31	1,91
475	2113,08	1,55
500	1912,51	1,21
525	1738,27	0,88
550	1586,06	0,57
575	1452,41	0,27
600	1334,49	-0,02
625	1229,98	-0,30
650	1136,97	-0,57
675	1053,85	-0,82
700	979,30	-1,08
725	912,21	-1,32
750	851,62	-1,55
775	796,74	-1,78
800	746,88	-2,00
825	701,46	-2,21
850	659,98	-2,42
875	621,99	-2,62
900	587,12	-2,82
925	555,05	-3,01
950	525,48	-3,20
975	498,17	-3,38
1000	472,90	-3,56

Quemaduras de 2° grado		
$Pr = -43,14 + 3,0188 \ln (tI^4)$		
Distancia (m)	I(w/m2)	Pr
0	30977,05	12,40
25	29932,20	12,26
50	27178,41	11,87
75	23554,74	11,29
100	19832,26	10,60
125	16462,64	9,85
150	13612,11	9,09
175	11282,83	8,33
200	9408,71	7,60
225	7907,34	6,90
250	6702,19	6,23
275	5729,50	5,60
300	4938,68	5,00
325	4290,50	4,44
350	3754,78	3,90
375	3308,33	3,39
400	2933,31	2,91
425	2615,90	2,45
450	2345,31	2,01
475	2113,08	1,59
500	1912,51	1,19
525	1738,27	0,80
550	1586,06	0,43
575	1452,41	0,08
600	1334,49	-0,26
625	1229,98	-0,59
650	1136,97	-0,91
675	1053,85	-1,21
700	979,30	-1,51
725	912,21	-1,79
750	851,62	-2,07
775	796,74	-2,34
800	746,88	-2,60
825	701,46	-2,85
850	659,98	-3,10
875	621,99	-3,33
900	587,12	-3,57
925	555,05	-3,79
950	525,48	-4,01
975	498,17	-4,23
1000	472,90	-4,44

Quemaduras de 1er grado		
$Pr = -39,83 + 3,0186 \ln (tI^4)$		
Distancia (m)	I(w/m2)	Pr
0	30977,05	15,70
25	29932,20	15,56
50	27178,41	15,18
75	23554,74	14,60
100	19832,26	13,91
125	16462,64	13,16
150	13612,11	12,39
175	11282,83	11,64
200	9408,71	10,91
225	7907,34	10,21
250	6702,19	9,54
275	5729,50	8,91
300	4938,68	8,31
325	4290,50	7,75
350	3754,78	7,21
375	3308,33	6,70
400	2933,31	6,21
425	2615,90	5,75
450	2345,31	5,31
475	2113,08	4,89
500	1912,51	4,49
525	1738,27	4,11
550	1586,06	3,74
575	1452,41	3,39
600	1334,49	3,04
625	1229,98	2,72
650	1136,97	2,40
675	1053,85	2,09
700	979,30	1,80
725	912,21	1,51
750	851,62	1,24
775	796,74	0,97
800	746,88	0,71
825	701,46	0,46
850	659,98	0,21
875	621,99	-0,03
900	587,12	-0,26
925	555,05	-0,49
950	525,48	-0,71
975	498,17	-0,92
1000	472,90	-1,13

Porcentaje de Mortalidad		
$Pr = -14,9 + 2,56 \ln \left( \frac{tI^{4/3}}{10^4} \right)$		
Distancia (m)	I(w/m2)	Pr
0	30977,05	8,62
25	29932,20	8,50
50	27178,41	8,17
75	23554,74	7,68
100	19832,26	7,09
125	16462,64	6,46
150	13612,11	5,81
175	11282,83	5,17
200	9408,71	4,55
225	7907,34	3,96
250	6702,19	3,39
275	5729,50	2,86
300	4938,68	2,35
325	4290,50	1,87
350	3754,78	1,41
375	3308,33	0,98
400	2933,31	0,57
425	2615,90	0,18
450	2345,31	-0,19
475	2113,08	-0,55
500	1912,51	-0,89
525	1738,27	-1,21
550	1586,06	-1,53
575	1452,41	-1,83
600	1334,49	-2,12
625	1229,98	-2,40
650	1136,97	-2,66
675	1053,85	-2,92
700	979,30	-3,17
725	912,21	-3,42
750	851,62	-3,65
775	796,74	-3,88
800	746,88	-4,10
825	701,46	-4,31
850	659,98	-4,52
875	621,99	-4,72
900	587,12	-4,92
925	555,05	-5,11
950	525,48	-5,30
975	498,17	-5,48
1000	472,90	-5,66

Nota. Elaborado por el autor

## Anexo 18 Cálculos de afectación por irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en el Tanque de Gasolina Super. Método PROBIT

(realizados en Excel)

Quemaduras mortales (protegidos con ropa)		
$Pr = -37,23 + 2,56 \ln(t/t_0^4)$		
Distancia (m)	I(w/m <sup>2</sup> )	Pr
0	52713,91	12,16
25	50714,60	12,02
50	45526,58	11,65
75	38873,48	11,12
100	32236,53	10,48
125	26395,13	9,79
150	21573,51	9,11
175	17713,38	8,43
200	14658,80	7,79
225	12244,37	7,17
250	10327,12	6,59
275	8793,13	6,04
300	7554,79	5,52
325	6545,69	5,03
350	5715,67	4,57
375	5026,73	4,13
400	4449,96	3,72
425	3963,17	3,32
450	3549,19	2,95
475	3194,64	2,59
500	2888,98	2,24
525	2623,85	1,91
550	2392,56	1,60
575	2189,72	1,30
600	2010,93	1,01
625	1852,63	0,73
650	1711,85	0,46
675	1586,15	0,20
700	1473,48	-0,06
725	1372,14	-0,30
750	1280,68	-0,53
775	1197,87	-0,76
800	1122,67	-0,98
825	1054,19	-1,20
850	991,67	-1,41
875	934,44	-1,61
900	881,93	-1,81
925	833,64	-2,00
950	789,14	-2,19
975	748,04	-2,37
1000	710,01	-2,55

Quemaduras mortales sin proteccion		
$Pr = -36,38 + 2,56 \ln(t/t_0^4)$		
Distancia (m)	I(w/m <sup>2</sup> )	Pr
0	52713,91	13,01
25	50714,60	12,87
50	45526,58	12,50
75	38873,48	11,97
100	32236,53	11,33
125	26395,13	10,64
150	21573,51	9,96
175	17713,38	9,28
200	14658,80	8,64
225	12244,37	8,02
250	10327,12	7,44
275	8793,13	6,89
300	7554,79	6,37
325	6545,69	5,88
350	5715,67	5,42
375	5026,73	4,98
400	4449,96	4,57
425	3963,17	4,17
450	3549,19	3,80
475	3194,64	3,44
500	2888,98	3,09
525	2623,85	2,76
550	2392,56	2,45
575	2189,72	2,15
600	2010,93	1,86
625	1852,63	1,58
650	1711,85	1,31
675	1586,15	1,05
700	1473,48	0,79
725	1372,14	0,55
750	1280,68	0,32
775	1197,87	0,09
800	1122,67	-0,13
825	1054,19	-0,35
850	991,67	-0,56
875	934,44	-0,76
900	881,93	-0,96
925	833,64	-1,15
950	789,14	-1,34
975	748,04	-1,52
1000	710,01	-1,70

Quemaduras de 2° grado		
$Pr = -43,14 + 3,0188 \ln(t/t_0^4)$		
Distancia (m)	I(w/m <sup>2</sup> )	Pr
0	52713,91	15,10
25	50714,60	14,94
50	45526,58	14,51
75	38873,48	13,87
100	32236,53	13,12
125	26395,13	12,31
150	21573,51	11,50
175	17713,38	10,71
200	14658,80	9,94
225	12244,37	9,22
250	10327,12	8,53
275	8793,13	7,89
300	7554,79	7,28
325	6545,69	6,70
350	5715,67	6,15
375	5026,73	5,64
400	4449,96	5,15
425	3963,17	4,68
450	3549,19	4,24
475	3194,64	3,81
500	2888,98	3,41
525	2623,85	3,02
550	2392,56	2,65
575	2189,72	2,29
600	2010,93	1,95
625	1852,63	1,62
650	1711,85	1,30
675	1586,15	0,99
700	1473,48	0,70
725	1372,14	0,41
750	1280,68	0,13
775	1197,87	-0,14
800	1122,67	-0,40
825	1054,19	-0,65
850	991,67	-0,90
875	934,44	-1,14
900	881,93	-1,37
925	833,64	-1,60
950	789,14	-1,82
975	748,04	-2,03
1000	710,01	-2,24

Quemaduras de 1er grado		
$Pr = -39,83 + 3,0186 \ln(t/t_0^4)$		
Distancia (m)	I(w/m <sup>2</sup> )	Pr
0	52713,91	18,40
25	50714,60	18,25
50	45526,58	17,81
75	38873,48	17,18
100	32236,53	16,42
125	26395,13	15,62
150	21573,51	14,81
175	17713,38	14,01
200	14658,80	13,25
225	12244,37	12,53
250	10327,12	11,84
275	8793,13	11,19
300	7554,79	10,58
325	6545,69	10,01
350	5715,67	9,46
375	5026,73	8,94
400	4449,96	8,45
425	3963,17	7,99
450	3549,19	7,54
475	3194,64	7,12
500	2888,98	6,71
525	2623,85	6,33
550	2392,56	5,96
575	2189,72	5,60
600	2010,93	5,26
625	1852,63	4,93
650	1711,85	4,61
675	1586,15	4,30
700	1473,48	4,00
725	1372,14	3,72
750	1280,68	3,44
775	1197,87	3,17
800	1122,67	2,91
825	1054,19	2,66
850	991,67	2,41
875	934,44	2,17
900	881,93	1,94
925	833,64	1,71
950	789,14	1,49
975	748,04	1,28
1000	710,01	1,07

Porcentaje de Mortalidad		
$Pr = -14,9 + 2,56 \ln\left(\frac{t_1^{4/3}}{10^4}\right)$		
Distancia (m)	I(w/m <sup>2</sup> )	Pr
0	52713,91	10,91
25	50714,60	10,77
50	45526,58	10,41
75	38873,48	9,87
100	32236,53	9,23
125	26395,13	8,55
150	21573,51	7,86
175	17713,38	7,18
200	14658,80	6,54
225	12244,37	5,92
250	10327,12	5,34
275	8793,13	4,79
300	7554,79	4,28
325	6545,69	3,79
350	5715,67	3,32
375	5026,73	2,88
400	4449,96	2,47
425	3963,17	2,07
450	3549,19	1,70
475	3194,64	1,34
500	2888,98	0,99
525	2623,85	0,67
550	2392,56	0,35
575	2189,72	0,05
600	2010,93	-0,24
625	1852,63	-0,52
650	1711,85	-0,79
675	1586,15	-1,05
700	1473,48	-1,30
725	1372,14	-1,55
750	1280,68	-1,78
775	1197,87	-2,01
800	1122,67	-2,23
825	1054,19	-2,45
850	991,67	-2,66
875	934,44	-2,86
900	881,93	-3,06
925	833,64	-3,25
950	789,14	-3,44
975	748,04	-3,62
1000	710,01	-3,80

Nota. Elaborado por el autor

**Anexo 19** Cálculos de afectación por irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en el Tanque de Gasolina Extra. Método PROBIT

(realizados en Excel)

Quemaduras mortales (protegidos con ropa)		
Pr = -37,23 + 2,56 ln (tI <sup>4/3</sup> )		
Distancia (m)	I (W/m2)	Pr
0	52917,10	12,24
25	50988,09	12,11
50	45955,15	11,76
75	39442,72	11,24
100	32879,95	10,62
125	27048,01	9,95
150	22193,86	9,27
175	18280,79	8,61
200	15166,99	7,97
225	12694,71	7,37
250	10724,48	6,79
275	9143,53	6,25
300	7864,29	5,73
325	6819,86	5,25
350	5959,42	4,79
375	5244,29	4,35
400	4644,94	3,94
425	4138,61	3,54
450	3707,69	3,17
475	3338,37	2,81
500	3019,79	2,47
525	2743,31	2,14
550	2502,01	1,82
575	2290,31	1,52
600	2103,65	1,23
625	1938,33	0,95
650	1791,27	0,68
675	1659,93	0,42
700	1542,18	0,17
725	1436,24	-0,07
750	1340,62	-0,31
775	1254,03	-0,53
800	1175,39	-0,76
825	1103,76	-0,97
850	1038,36	-1,18
875	978,49	-1,38
900	923,55	-1,58
925	873,02	-1,77
950	826,44	-1,96
975	783,43	-2,14
1000	743,63	-2,32

Quemaduras mortales sin proteccion		
Pr = -36,38 + 2,56 ln (tI <sup>4/3</sup> )		
Distancia (m)	I (W/m2)	Pr
0	52917,10	13,09
25	50988,09	12,96
50	45955,15	12,61
75	39442,72	12,09
100	32879,95	11,47
125	27048,01	10,80
150	22193,86	10,12
175	18280,79	9,46
200	15166,99	8,82
225	12694,71	8,22
250	10724,48	7,64
275	9143,53	7,10
300	7864,29	6,58
325	6819,86	6,10
350	5959,42	5,64
375	5244,29	5,20
400	4644,94	4,79
425	4138,61	4,39
450	3707,69	4,02
475	3338,37	3,66
500	3019,79	3,32
525	2743,31	2,99
550	2502,01	2,67
575	2290,31	2,37
600	2103,65	2,08
625	1938,33	1,80
650	1791,27	1,53
675	1659,93	1,27
700	1542,18	1,02
725	1436,24	0,78
750	1340,62	0,54
775	1254,03	0,32
800	1175,39	0,09
825	1103,76	-0,12
850	1038,36	-0,33
875	978,49	-0,53
900	923,55	-0,73
925	873,02	-0,92
950	826,44	-1,11
975	783,43	-1,29
1000	743,63	-1,47

Quemaduras de 2ª grado		
Pr = -43,14 + 3,0188 ln (tI <sup>4/3</sup> )		
Distancia (m)	I (W/m2)	Pr
0	52917,10	15,20
25	50988,09	15,05
50	45955,15	14,63
75	39442,72	14,01
100	32879,95	13,28
125	27048,01	12,49
150	22193,86	11,70
175	18280,79	10,92
200	15166,99	10,17
225	12694,71	9,45
250	10724,48	8,77
275	9143,53	8,13
300	7864,29	7,52
325	6819,86	6,95
350	5959,42	6,41
375	5244,29	5,89
400	4644,94	5,40
425	4138,61	4,94
450	3707,69	4,50
475	3338,37	4,07
500	3019,79	3,67
525	2743,31	3,28
550	2502,01	2,91
575	2290,31	2,56
600	2103,65	2,21
625	1938,33	1,88
650	1791,27	1,57
675	1659,93	1,26
700	1542,18	0,96
725	1436,24	0,68
750	1340,62	0,40
775	1254,03	0,13
800	1175,39	-0,13
825	1103,76	-0,38
850	1038,36	-0,63
875	978,49	-0,87
900	923,55	-1,10
925	873,02	-1,33
950	826,44	-1,55
975	783,43	-1,76
1000	743,63	-1,97

Quemaduras de 1er grado		
Pr = -39,83 + 3,0186 ln (tI <sup>4/3</sup> )		
Distancia (m)	I (W/m2)	Pr
0	52917,10	18,50
25	50988,09	18,35
50	45955,15	17,93
75	39442,72	17,32
100	32879,95	16,59
125	27048,01	15,80
150	22193,86	15,00
175	18280,79	14,22
200	15166,99	13,47
225	12694,71	12,76
250	10724,48	12,08
275	9143,53	11,44
300	7864,29	10,83
325	6819,86	10,26
350	5959,42	9,71
375	5244,29	9,20
400	4644,94	8,71
425	4138,61	8,24
450	3707,69	7,80
475	3338,37	7,38
500	3019,79	6,98
525	2743,31	6,59
550	2502,01	6,22
575	2290,31	5,86
600	2103,65	5,52
625	1938,33	5,19
650	1791,27	4,87
675	1659,93	4,57
700	1542,18	4,27
725	1436,24	3,99
750	1340,62	3,71
775	1254,03	3,44
800	1175,39	3,18
825	1103,76	2,93
850	1038,36	2,68
875	978,49	2,44
900	923,55	2,21
925	873,02	1,98
950	826,44	1,76
975	783,43	1,55
1000	743,63	1,34

Porcentaje de Mortalidad		
Pr = -14,9 + 2,56 ln (tI <sup>4/3</sup> / 10 <sup>4</sup> )		
Distancia (m)	I (W/m2)	Pr
0	52917,096	10,99
25	50988,089	10,86
50	45955,152	10,51
75	39442,724	9,99
100	32879,952	9,37
125	27048,01	8,70
150	22193,861	8,03
175	18280,79	7,36
200	15166,995	6,73
225	12694,715	6,12
250	10724,477	5,54
275	9143,536	5,00
300	7864,2945	4,48
325	6819,8648	4,00
350	5959,419	3,54
375	5244,2943	3,10
400	4644,9393	2,69
425	4138,6143	2,29
450	3707,6854	1,92
475	3338,3654	1,56
500	3019,7857	1,22
525	2743,3076	0,89
550	2502,0103	0,57
575	2290,3069	0,27
600	2103,6537	-0,02
625	1938,3301	-0,30
650	1791,269	-0,57
675	1659,9259	-0,83
700	1542,1778	-1,08
725	1436,2429	-1,32
750	1340,6176	-1,55
775	1254,0274	-1,78
800	1175,3858	-2,00
825	1103,7632	-2,22
850	1038,3602	-2,43
875	978,48685	-2,63
900	923,54518	-2,83
925	873,01511	-3,02
950	826,44262	-3,21
975	783,43006	-3,39
1000	743,62804	-3,57

Nota. Elaborado por el autor

**Anexo 20** Cálculos de afectación por irradiación térmica por incendio tipo BLEVE en los 5 tanques de almacenamiento. Método

PROBIT (realizados en Excel)

Quemaduras mortales (protegidos con ropa)		
$Pr = -37,23 + 2,56 \ln(t/\bar{t})^4$		
Distancia (m)	I (W/m2)	Pr
0	198562,15	16,56
25	191499,28	16,43
50	173016,97	16,09
75	148980,42	15,58
100	124613,27	14,97
125	102831,07	14,31
150	84603,69	13,65
175	69842,67	12,99
200	58051,93	12,36
225	48661,10	11,76
250	41158,16	11,19
275	35125,16	10,65
300	30235,14	10,13
325	26237,06	9,65
350	22939,41	9,19
375	20196,02	8,76
400	17894,84	8,34
425	15949,48	7,95
450	14292,80	7,58
475	12872,25	7,22
500	11646,31	6,88
525	10581,98	6,55
550	9652,76	6,24
575	8837,26	5,94
600	8118,07	5,65
625	7480,91	5,37
650	6914,02	5,10
675	6407,63	4,84
700	5953,57	4,59
725	5545,01	4,34
750	5176,16	4,11
775	4842,11	3,88
800	4538,70	3,66
825	4262,34	3,45
850	4009,96	3,24
875	3778,89	3,04
900	3566,84	2,84
925	3371,81	2,65
950	3192,03	2,46
975	3025,99	2,28
1000	2872,33	2,10

Quemaduras mortales sin proteccion		
$Pr = -36,38 + 2,56 \ln(t/\bar{t})^4$		
Distancia (m)	I (W/m2)	Pr
0	198562,15	17,41
25	191499,28	17,28
50	173016,97	16,94
75	148980,42	16,43
100	124613,27	15,82
125	102831,07	15,16
150	84603,69	14,50
175	69842,67	13,84
200	58051,93	13,21
225	48661,10	12,61
250	41158,16	12,04
275	35125,16	11,50
300	30235,14	10,98
325	26237,06	10,50
350	22939,41	10,04
375	20196,02	9,61
400	17894,84	9,19
425	15949,48	8,80
450	14292,80	8,43
475	12872,25	8,07
500	11646,31	7,73
525	10581,98	7,40
550	9652,76	7,09
575	8837,26	6,79
600	8118,07	6,50
625	7480,91	6,22
650	6914,02	5,95
675	6407,63	5,69
700	5953,57	5,44
725	5545,01	5,19
750	5176,16	4,96
775	4842,11	4,73
800	4538,70	4,51
825	4262,34	4,30
850	4009,96	4,09
875	3778,89	3,89
900	3566,84	3,69
925	3371,81	3,50
950	3192,03	3,31
975	3025,99	3,13
1000	2872,33	2,95

Quemaduras de 2° grado		
$Pr = -43,14 + 3,0188 \ln(t/\bar{t})^4$		
Distancia (m)	I (W/m2)	Pr
0	198562,15	20,29
25	191499,28	20,14
50	173016,97	19,73
75	148980,42	19,13
100	124613,27	18,41
125	102831,07	17,64
150	84603,69	16,85
175	69842,67	16,08
200	58051,93	15,34
225	48661,10	14,63
250	41158,16	13,95
275	35125,16	13,32
300	30235,14	12,71
325	26237,06	12,14
350	22939,41	11,60
375	20196,02	11,09
400	17894,84	10,60
425	15949,48	10,14
450	14292,80	9,70
475	12872,25	9,28
500	11646,31	8,87
525	10581,98	8,49
550	9652,76	8,12
575	8837,26	7,76
600	8118,07	7,42
625	7480,91	7,09
650	6914,02	6,77
675	6407,63	6,47
700	5953,57	6,17
725	5545,01	5,89
750	5176,16	5,61
775	4842,11	5,34
800	4538,70	5,08
825	4262,34	4,83
850	4009,96	4,58
875	3778,89	4,34
900	3566,84	4,11
925	3371,81	3,88
950	3192,03	3,66
975	3025,99	3,45
1000	2872,33	3,24

Quemaduras de 1er grado		
$Pr = -39,83 + 3,0186 \ln(t/\bar{t})^4$		
Distancia (m)	I (W/m2)	Pr
0	198562,15	23,59
25	191499,28	23,45
50	173016,97	23,04
75	148980,42	22,44
100	124613,27	21,72
125	102831,07	20,95
150	84603,69	20,16
175	69842,67	19,39
200	58051,93	18,64
225	48661,10	17,93
250	41158,16	17,26
275	35125,16	16,62
300	30235,14	16,02
325	26237,06	15,45
350	22939,41	14,91
375	20196,02	14,40
400	17894,84	13,91
425	15949,48	13,45
450	14292,80	13,00
475	12872,25	12,58
500	11646,31	12,18
525	10581,98	11,79
550	9652,76	11,42
575	8837,26	11,07
600	8118,07	10,73
625	7480,91	10,40
650	6914,02	10,08
675	6407,63	9,77
700	5953,57	9,48
725	5545,01	9,19
750	5176,16	8,92
775	4842,11	8,65
800	4538,70	8,39
825	4262,34	8,13
850	4009,96	7,89
875	3778,89	7,65
900	3566,84	7,42
925	3371,81	7,19
950	3192,03	6,97
975	3025,99	6,76
1000	2872,33	6,55

Porcentaje de Mortalidad		
$Pr = -14,9 + 2,56 \ln\left(\frac{t/\bar{t}^{4/3}}{10^4}\right)$		
Distancia (m)	I (W/m2)	Pr
0	198562,15	15,31
25	191499,28	15,19
50	173016,97	14,84
75	148980,42	14,33
100	124613,27	13,72
125	102831,07	13,06
150	84603,69	12,40
175	69842,67	11,74
200	58051,93	11,11
225	48661,10	10,51
250	41158,16	9,94
275	35125,16	9,40
300	30235,14	8,89
325	26237,06	8,40
350	22939,41	7,94
375	20196,02	7,51
400	17894,84	7,10
425	15949,48	6,70
450	14292,80	6,33
475	12872,25	5,97
500	11646,31	5,63
525	10581,98	5,30
550	9652,76	4,99
575	8837,26	4,69
600	8118,07	4,40
625	7480,91	4,12
650	6914,02	3,85
675	6407,63	3,59
700	5953,57	3,34
725	5545,01	3,10
750	5176,16	2,86
775	4842,11	2,63
800	4538,70	2,41
825	4262,34	2,20
850	4009,96	1,99
875	3778,89	1,79
900	3566,84	1,59
925	3371,81	1,40
950	3192,03	1,21
975	3025,99	1,03
1000	2872,33	0,85

Nota. Elaborado por el autor