



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA TÉCNICA DEL PLAN DE EMERGENCIA Y DETERMINACIÓN DE LA MAGNITUD DE EXPLOSIÓN & INCENDIO EN DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS PETROLIFEROS (GLP y DIESEL) APLICANDO NORMATIVA SEVESO, MÉTODO PROBIT Y MESSERI EN LA PLANTA DE BENEFICIO SODIREC”.

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: EDGAR ANDRÉS BALCÁZAR ORDOÑEZ

DIRECTOR: Ing. MARCELO ANTONIO JÁCOME VALDEZ

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Edgar Andrés Balcázar Ordoñez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **Edgar Andrés Balcázar Ordoñez** declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 27 de agosto 2021



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Andrés Balcázar Ordoñez', with a large, sweeping flourish extending to the right.

Edgar Andrés Balcázar Ordoñez

CI.: 172327861-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico, **“PROPUESTA TÉCNICA DEL PLAN DE EMERGENCIA Y DETERMINACIÓN DE LA MAGNITUD DE EXPLOSIÓN & INCENDIO EN DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS PETROLIFEROS (GLP y DIESEL) APLICANDO NORMATIVA SEVESO, MÉTODO PROBIT Y MESSERI EN LA PLANTA DE BENEFICIOS SODIREC”**, realizado por el señor: **EDGAR ANDRÉS BALCÁZAR ORDOÑEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Ing. Marco H. Almendáriz Puente PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: MARCO HOMERO ALMENDARIZ PUENTE	2021-08-27
Ing. Marcelo Antonio Jácome Valdez DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: MARCELO ANTONIO JACOME VALDEZ	2021-08-27
Ing. Juan Carlos Cayán Martínez MIEMBRO DE TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: JUAN CARLOS CAYAN MARTINEZ	2021-08-27

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación que con gran esfuerzo he culminado, lo dedico a Dios sobre todas las cosas, a mis padres quienes con mucho amor, dedicación, comprensión y ternura me apoyaron para que culmine con éxito esta carrera, a mi esposa e hijo que fueron mi inspiración y fortaleza para alcanzar mis metas en tiempos difíciles me apoyaron moralmente, a mis suegros que sin ellos no podría haber alcanzado esta meta, su apoyo incondicional fue motivo de superación hacia mi persona. Y a todos quienes me aconsejaron que no se debe de rendir sin antes dar batalla.

Andrés

AGRADECIMIENTO

Mi total y sincero agradecimiento a Dios quien me dio valentía para enfrentar y alcanzar mis metas durante mi vida como universitario, donde obtuve conocimientos, preparación, experiencia y madurez. Agradezco de igual manera a tan prestigiosa empresa BIRA S.A. Que me permitió realizar mi trabajo de titulación en su Planta de Beneficio SODIREC, ubicada en la provincia del Oro cantón Piñas dirigida por el Ing. Oscar Emilio Loor, al Dr. Héctor Andrade responsable del área de seguridad y salud ocupacional, al Ing. Carlos Chía superintendente de la planta por la predisposición y acogida, a los ingenieros Ing. Edwin Mora e Ing. Jorge Carrión funcionarios de dicha empresa quienes aportaron con su conocimiento para poder aclarar algunas interrogantes encontradas durante este estudio. A mi tutor y miembro de tesis. Ing. Marcelo Jácome e Ing. Juan Carlos Cayán quienes me brindaron su apoyo incondicional y a todos quienes compartieron conmigo la felicidad de culminar esta carrera, familiares y amigos.

Andrés

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Delimitación del problema.....	4
1.4.1. <i>Delimitación espacial</i>	4
1.4.2. <i>Delimitación temporal</i>	4
1.4.3. <i>Delimitación temática</i>	4
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	5
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.6. Generalidades de la planta.....	6
1.6.1. <i>Información General</i>	6
1.6.2. <i>Ubicación</i>	6
1.6.3. <i>Historia</i>	7
1.6.4. <i>Misión</i>	8
1.6.5. <i>Visión</i>	8
1.6.6. <i>Servicios o fines</i>	8
1.6.7. <i>Estructura Organizacional</i>	9

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	10
2.1. Gas licuado de petróleo.....	10

2.2.	Diésel	11
2.2.1.	<i>Características del Diésel</i>	11
2.2.2.	<i>Manejo seguro del Diésel</i>	11
2.3.	Usos del GLP y Diésel	11
2.4.	Depósitos estacionarios de almacenamiento	12
2.4.1.	<i>Condiciones adecuadas para almacenamiento</i>	12
2.4.2.	<i>Ventilación y limpieza de depósitos</i>	14
2.5.	Definiciones generales de termodinámica	15
2.5.1.	<i>Clasificación de las explosiones por su origen.</i>	17
2.5.2.	<i>Onda de presión</i>	19
2.5.3.	<i>Estallido de recipientes</i>	19
2.5.4.	<i>Proyectiles</i>	19
2.6.	Cálculo de consecuencias por explosión	20
2.6.1.	<i>Método Probit</i>	20
2.7.	Normativa Seveso	23
2.8.	Incendio	24
2.8.1.	<i>Calor</i>	24
2.9.	Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio (MESSERI)	25

CAPÍTULO III

3.	SITUACIÓN ACTUAL DEL AREA DE COMBUSTIBLES DE LA PLANTA DE BENEFICIO SODIREC.	27
3.1.	Distribución de áreas de trabajo	27
3.2.	Situación inicial de los depósitos estacionarios de combustibles (GLP, DIESEL) 27	
3.3.	Condiciones de los depósitos estacionarios de combustibles.	28
3.4.	Identificación de riesgos en el área de combustibles.	33
3.4.1.	<i>Evaluación de riesgos</i>	34
3.5.	Factores de riesgo de accidentes mayores explosión o incendio.	34

CAPÍTULO IV

4.	APLICACIÓN DE MÉTODO PROBIT AL DEPOSITO DE GLP.	35
4.1.	Secuencia del método.	35
4.2.	Cálculo de parámetros según el método.	35
4.3.	Condiciones del estado inicial o estado 1 (GLP en estado líquido)	36
4.3.1.	<i>Presión de diseño 1.73 MPa</i>	36

4.3.2.	<i>Volumen del recipiente</i>	36
4.3.3.	<i>Afectaciones por sobrepresión e impulso mecánico.</i>	50
4.4.	Alcance del estudio para un depósito de 20m3 en caso de explosión.	54
4.5.	Estudio de la onda expansiva par un depósito de GLP cuyo volumen aproximado es 4 m3.	63
4.6.	Estudio de las ondas de sobrepresión par un depósito de GLP cuyo volumen aproximado es 24 m3.	77
4.6.1.	<i>Planificación de las zonas de riesgo en caso de explosión.</i>	94
4.7.	Estimación del riesgo.	94
4.8.	Plan de emergencia de la planta de beneficio SODIREC.	129
4.9.	Descripción del plan de emergencia	129
4.10.	Información general	130
4.11.	Cantidad de población trabajadora.	130
4.12.	Área de construcción de la Planta de Beneficio de SODIREC.	130
4.13.	Ubicación:	130
4.14.	Vista satelital de la Planta de Beneficio SODIREC.	131
4.15.	Antecedentes	131
4.16.	Justificación	131
4.17.	Objetivos del plan de emergencia	132
4.18.	Aplicación	132
4.19.	Identificación de factores de riesgo de la Planta de beneficio SODIREC.	132
4.20.	Factores Externos que generen amenazas y vulnerabilidades.	134
4.21.	Evaluación de factores de riesgo de incendio MESSERI.	135
4.22.	Ruta Cuerpo de Bomberos – Planta de Beneficio SODIREC.	136
4.23.	Prevención y control de riesgos	137
4.23.1.	<i>Posibles causas de los accidentes industriales</i>	137
4.23.2.	<i>Acciones preventivas y de control para minimizar los riesgos evaluados</i>	137
4.23.3.	<i>Propuesta de control</i>	138
4.23.4.	<i>Detalle de recursos disponibles para prevenir, detectar, proteger y controlar emergencias.</i>	139
4.23.5.	<i>Detalle de sistemas y elementos que cuenta la planta ante un incendio</i>	140
4.23.6.	<i>La planta además cuenta con instrumentos de seguridad física como:</i>	141
4.23.7.	<i>Procedimientos de mantenimiento e inspección recomendados</i>	141
4.24.	Definición de emergencia	142
4.24.1.	Lista de algunos eventos no rutinarios que podrían constituir una emergencia para las operaciones:	142
4.25.	Etapas de preparación previa, manual de Emergencia.	143

4.26.	Organización de brigadas	144
4.27.	Líder de Brigada:	144
4.27.1.	<i>Tareas del equipo de manejo de emergencias</i>	145
4.28.	Consideraciones de trabajos que provocarían un incendio	149
4.29.	Grados de emergencia.	151
4.30.	Lineamientos generales de evacuación	151
4.30.1.	<i>Protocolo de evacuación</i>	152
4.30.2.	<i>Objetivo del protocolo de evacuación</i>	152
4.30.3.	<i>Criterios para evacuar</i>	152
4.30.4.	<i>Instrucciones para la evacuación</i>	153
4.30.5.	<i>Chequeo Externo</i>	153
4.30.6.	<i>Después del incendio</i>	154
4.31.	Metodología	154
4.32.	Cronograma de socialización del plan de emergencia	155
4.33.	Inducciones recomendables para minimizar conatos de incendio	156
	CONCLUSIONES	157
	RECOMENDACIONES	158
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Información general de la Planta de Beneficio SODIREC.....	6
Tabla 1-2: Principales ecuaciones Probit	21
Tabla 2-2: Relación de los valores PROBIT porcentajes de población o edificios afectados .	22
Tabla 3-2: Relación de los valores PROBIT porcentajes de población o edificios afectados .	23
Tabla 4-2: Calificación del riesgo de incendio (MESSERI).....	26
Tabla 1-3: Niveles De Infraestructura De La Planta De Beneficio Sodirec.....	27
Tabla 2-3: Certificados de idoneidad Técnica de Depósitos de combustibles año 2015	31
Tabla 3-3: Lista de chequeo para áreas de combustible.....	32
Tabla 4-3: Resumen de la identificación de riesgos.....	33
Tabla 5-3: Resumen de la estimación del riesgo.....	33
Tabla 1-4: Especificaciones técnicas del tanque de combustible GLP	37
Tabla 2-4: Resumen de valores encontrados en función de las distancias para el análisis de la onda expansiva de un depósito de 20 m3	54
Tabla 3-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias.....	55
Tabla 4-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva.....	57
Tabla 5-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas.....	58
Tabla 6-4: Porcentaje de daños materiales en función de las distancias planteadas	59
Tabla 7-4: Porcentaje de daños materiales en función de las distancias	60
Tabla 8-4: Porcentaje de colapso de edificios en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva.....	61
Tabla 9-4: Porcentaje de rotura de cristales en función de las distancias planteadas	62
Tabla 10-4: Resumen de valores encontrados en función de las distancias para el análisis de la onda expansiva de un depósito de 4 m3	70
Tabla 11-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias.....	71
Tabla 12-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias.....	72
Tabla 13-4: Porcentaje de daños en función de las distancias planteadas para el análisis.....	73
Tabla 14-4: Porcentaje de daños en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva	74
Tabla 15-4: Porcentaje de daños en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva	75
Tabla 16-4: Porcentaje de daños en función de las distancias	76
Tabla 17-4: Resumen de valores encontrados en función de las distancias para el análisis de la onda expansiva de un depósito de 24 m3	84

Tabla 18-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias.....	85
Tabla 19-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva.....	86
Tabla 20-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva.....	87
Tabla 21-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias.....	88
Tabla 22-4: Porcentaje de afectaciones en función de las distancias planteadas para	89
Tabla 23-4: Porcentaje de afectaciones en función de las distancias planteadas	90
Tabla 24-4: Porcentaje de afectaciones en función de las distancias planteadas	91
Tabla 25-4: Porcentaje de afectaciones en función de las distancias	92
Tabla 26-4: Estimación del tipo de daño en función de la sobrepresión.....	94
Tabla 27-4: Estimación del sitio en función del porcentaje de afectación	95
Tabla 28-4: Porcentaje de afectación por lesiones Pulmonares en función	96
Tabla 29-4: Porcentaje de afectación por desplazamiento e impacto con todo el cuerpo en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m ³ , 20m ³ y 24m ³)	99
Tabla 30-4: Porcentaje de afectación por desplazamiento e impacto con el cráneo en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m ³ , 20m ³ y 24m ³).....	101
Tabla 31-4: Porcentaje de afectación por rotura de tímpano en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m ³ , 20m ³ y 24m ³)	103
Tabla 32-4: Porcentaje de daños estructurales menores en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m ³ , 20m ³ y 24m ³)	107
Tabla 33-4: Porcentaje de daños estructurales mayores en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m ³ , 20m ³ y 24m ³)	114
Tabla 34-4: Porcentaje de daños por colapso de infraestructura en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m ³ , 20m ³ y 24m ³).....	118
Tabla 35-4: Porcentaje de daños por rotura de cristales en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m ³ , 20m ³ y 24m ³)	122
Tabla 36-4: Información general de la Planta de Beneficio SODIREC	130
Tabla 37-4: Área de trabajo.....	130
Tabla 38-4: Factores de riesgo	133
Tabla 39-4: Maquinaria, equipos, sistemas eléctricos y de combustión	133
Tabla 40-4: Clasificación de materiales considerados peligrosos utilizados	134
Tabla 41-4: Evaluación de riesgo de incendio por método MESSERI	135
Tabla 42-4: Elementos de seguridad para el control de emergencias	139
Tabla 43-4: Inspección de Extintores.....	140
Tabla 44-4: Equipos contra incendio.....	141
Tabla 45-4: Organigrama de brigadas	144

Tabla 46-4: Conformación de brigadas.....	144
Tabla 47-4: Cronograma de implantación del plan de emergencia.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ubicación satelital de la Planta de Beneficio SODIREC.....	7
Figura 1-2: Partes de un tanque estacionario de GLP	14
Figura 2-2: Explosión de contenedores con productos inflamables, en China	17
Figura 3-2: Tetraedro formante del fuego.....	25
Figura 1-3: Áreas de combustible de la Planta de Beneficio SODIREC	28
Figura 2-3: Depósito de GLP en Planta de beneficio SODIREC.....	29
Figura 3-3: Depósito de Diésel Premium en Planta de Beneficio SODIREC.....	29
Figura 1-4: Placa de especificaciones técnicas del tanque.....	36
Figura 2-4: Diferencia de depósitos a distinto nivel	46
Figura 3-4: Vista satelital Planta de Beneficio SODIREC.....	131
Figura 4-4: Ruta cuerpo de bomberos – planta de beneficio SODIREC.	136

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Estructura Organizacional Funcional de la Planta de Beneficio SODIREC	9
Gráfico 1-2: Cuadro conceptual de explosiones	17
Gráfico 1-3: Cantidad de riesgos evaluados según su tipo	33
Gráfico 2-3: Cantidad de riesgos evaluados según su tipo	34
Gráfico 1-4: Afectación vs distancia.....	55
Gráfico 2-4: Afectación vs distancia.....	56
Gráfico 3-4: Afectación vs distancia.....	58
Gráfico 4-4: Afectación vs distancia.....	58
Gráfico 5-4: Afectación vs distancia.....	59
Gráfico 6-4: Afectación vs distancia.....	60
Gráfico 7-4: Afectación vs distancia.....	61
Gráfico 8-4: Afectación vs distancia.....	62
Gráfico 9-4: Afectación vs distancia.....	71
Gráfico 10-4: Afectación vs distancia.....	72
Gráfico 11-4: Afectación vs distancia.....	73
Gráfico 12-4: Afectación vs distancia.....	74
Gráfico 13-4: Afectación vs distancia.....	75
Gráfico 14-4: Afectación vs distancia.....	76
Gráfico 15-4: Afectación vs distancia.....	86
Gráfico 16-4: Afectación vs distancia.....	87
Gráfico 17-4: Afectación vs distancia.....	88
Gráfico 18-4: Afectación vs distancia.....	89
Gráfico 19-4: Afectación vs distancia.....	90
Gráfico 20-4: Afectación vs distancia.....	91
Gráfico 21-4: Afectación vs distancia.....	92
Gráfico 22-4: Afectación vs distancia.....	93
Gráfico 23-4: Afectación vs distancia.....	95
Gráfico 24-4: Afectación vs volumen del estallido.....	96
Gráfico 25-4: Afectación vs volumen del estallido.....	97
Gráfico 26-4: Afectación vs volumen del estallido.....	97
Gráfico 27-4: Afectación vs volumen del estallido.....	97
Gráfico 28-4: Afectación vs volumen del estallido.....	98
Gráfico 29-4: Afectación en función al volumen del estallido vs distancia.....	98
Gráfico 30-4: Afectación vs volumen del estallido.....	99

Gráfico 31-4: Afectación vs volumen del estallido.....	100
Gráfico 32-4: Afectación vs volumen del estallido.....	100
Gráfico 33-4: Afectación en función al volumen del estallido vs distancia.....	100
Gráfico 34-4: Afectación vs volumen del estallido.....	101
Gráfico 35-4: Afectación vs volumen del estallido.....	102
Gráfico 36-4: Afectación vs volumen del estallido.....	102
Gráfico 37-4: Afectación en función al volumen del estallido vs distancia.....	102
Gráfico 38-4: Afectación vs volumen del estallido.....	103
Gráfico 39-4: Afectación vs volumen del estallido.....	104
Gráfico 40-4: Afectación vs volumen del estallido.....	104
Gráfico 41-4: Afectación vs volumen del estallido.....	104
Gráfico 42-4: Afectación vs volumen del estallido.....	105
Gráfico 43-4: Afectación vs volumen del estallido.....	105
Gráfico 44-4: Afectación vs volumen del estallido.....	105
Gráfico 45-4: Afectación vs volumen del estallido.....	106
Gráfico 46-4: Afectación en función al volumen del estallido vs distancia.....	106
Gráfico 47-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	107
Gráfico 48-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	108
Gráfico 49-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	108
Gráfico 50-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	108
Gráfico 51-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	109
Gráfico 52-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	109
Gráfico 53-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	109
Gráfico 54-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	110
Gráfico 55-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	110
Gráfico 56-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	110
Gráfico 57-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	111
Gráfico 58-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	111
Gráfico 59-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	111
Gráfico 60-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	112
Gráfico 61-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	112
Gráfico 62-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	112
Gráfico 63-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido	113
Gráfico 64-4: Daños estructurales menores en función al volumen del estallido vs distancia	113
Gráfico 65-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido	114
Gráfico 66-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido	115
Gráfico 67-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido	115

Gráfico 68-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido	115
Gráfico 69-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido	116
Gráfico 70-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido	116
Gráfico 71-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido	116
Gráfico 72-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido	117
Gráfico 73-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido	117
Gráfico 74-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido	117
Gráfico 75-4: Daños estructurales mayores vs distancia	118
Gráfico 76-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido	119
Gráfico 77-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido	119
Gráfico 78-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido	119
Gráfico 79-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido	120
Gráfico 80-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido	120
Gráfico 81-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido	120
Gráfico 82-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido	121
Gráfico 83-4: Daños estructurales por colapso vs distancia	121
Gráfico 84-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	122
Gráfico 85-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	123
Gráfico 86-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	123
Gráfico 87-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	123
Gráfico 88-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	124
Gráfico 89-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	124
Gráfico 90-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	124
Gráfico 91-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	125
Gráfico 92-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	125
Gráfico 93-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	125
Gráfico 94-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	126
Gráfico 95-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	126
Gráfico 96-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido	126

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RUTA DE EVACUACIÓN DE LA PLANTA EN CASO DE EMERGENCIA
- ANEXO B:** GESTIÓN DE SEGURIDAD EN LA ENTREGA DE COMBUSTIBLE.
- ANEXO C:** RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE EN LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE.
- ANEXO D:** ACTIVAR Y DESACTIVAR ALAMAR DE EMERGENCIA.
- ANEXO E:** MANTENIMIENTO DE GABINETES CONTRA INCENDIO.
- ANEXO F:** ÁREA DE COMBUSTIBLES DE GLP.
- ANEXO G:** ÁREA DE COMBUSTIBLES DE DIESEL PREMIUM
- ANEXO H:** ÁREA DE ALERTA Y DE INTERVENCIÓN.
- ANEXO I:** SEÑALIZACIÓN DE EQUIPOS CONTRA INCENDIO.

RESUMEN

En el presente trabajo técnico de investigación se analizó la implementación de una Propuesta Técnica del Plan de Emergencia y determinación de la magnitud de explosión & incendio en depósitos de almacenamiento de productos petrolíferos (GLP y DIESEL) aplicando normativa Seveso, método Probit y Messeri en la planta de beneficio Sodirec. Se realizó un análisis de la situación actual de los depósitos existentes, el cual me permitió evaluar, identificar los riesgos existentes que permitió aplicar las siguientes metodologías como es el Seveso, Messeri, Probit. Dentro del análisis realizado aplicando la metodología y la norma correspondiente se pudo verificar que los tanques de almacenamiento de los combustibles petrificados de la planta se encuentran destruidos el 100% de su totalidad debido a la sobre presión ejercida durante los procesos. Entre los daños que se debe tener en consideración son: daños irreparables, colisión, voladuras de techo, mediante investigaciones se concluyó que el personal sufre afectación como hemorragias pulmonares en rango 20% al 90%. Uno de los parámetros analizados fue la infraestructura de los tanques de almacenamiento donde se evidenciar daños graves en las paredes de los cubetos, voladura de techos, daños en armazón de hierro, posibles roturas de los tanques de diésel provocando derrames, incendio, con un promedio de afectación del 80 a 90% en daños materiales dentro de planta. Al establecer las respectivas zonas que están expuestas a explosiones de los depósitos de GLP, mediante el efecto domino al utilizar la normativa del Seveso. La cual se basa en el criterio a mayor distancia la secuela disminuye, dentro de ámbito de la investigación es recomendable la implementación de la gestión técnica de seguridad para riesgo que es otorgado por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social y ministerio de ambiente.

Palabras claves: <SEVESO >, <MÉTODO PROBIT >, <MESSERI >, <PROCESOS >, <COLISIÓN>, <VOLADURAS DE TECHO>.



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA**

2176-DBRA-UPT-2021

2021-11-29

ABSTRACT

This technical research work analyzed the implementation of an Emergency Plan Technical Proposal and the determination of the magnitude of the explosion & fire in an Emergency Plan and determination of the magnitude of explosion & fire in storage tanks of petroleum products (GLP and DIESEL) applying the Seveso normative, Probit and Messeri methods at the Sodirec processing plant. An analysis of the current situation of the existing storage tanks was carried out, which allowed to evaluate and identify the existing risks by applying the following methodologies: Seveso, Messeri, Probit. Within the analysis it was verified that the plant's petrified fuel storage tanks are 100% destroyed due to the overpressure exerted during the processes. Among the damages to be considered are: irreparable damage, collision, roof blowing off, and it was determined that personnel are affected by pulmonary hemorrhages ranging from 20% to 90%. One of the parameters analyzed was the infrastructure of the storage tanks, where there is evidence of serious damage to the walls of the tanks, roofs blown off, damage to the iron framework, possible breakage of the diesel tanks causing spills, and fire, with an average of 80 to 90% of material damage inside the plant, by establishing the respective zones that are exposed to explosions of the GLP tanks, through the domino effect by using the Seveso regulations, which is based on the criterion that the greater the distance, the lesser the aftermath. It is recommended the implementation of the technical safety management for risk that is granted by the Ecuadorian Institute of Social Security and the Ministry of Environment.

Key words: <TECHNICAL PROPOSAL> <EMERGENCY PLAN> <PETROLEUM PRODUCTS> <STORAGE TANKS> <ROOF BLASTING>.

ALEXANDRA
ELIZABETH
OROZCO
HERNANDEZ

Firmado digitalmente por
ALEXANDRA
ELIZABETH OROZCO
HERNANDEZ
Fecha: 2021.11.29
16:42:42 -05'00'

INTRODUCCIÓN

En América Latina el gas licuado de petróleo (GLP) es utilizado como fuente de energía en equipos residenciales, comerciales e industriales y en Ecuador su consumo es importante para el desarrollo de múltiples actividades. El GLP se encuentra en fase gaseosa durante su estado natural, siendo transcendental el uso de cilindros y tanques estacionarios para el depósito, almacenamiento y transporte del combustible.

En el Ecuador existe un nivel bajo de prevención contra los riesgos laborales en tanques estacionarios de almacenamiento de GLP y depósitos de combustibles, por lo que se debe perfeccionar los procesos de distribución y almacenamiento, enmarcados en la normativa legal y técnica sobre la gestión de prevención de riesgos.

Todas las empresas industriales deben operar dentro del marco de seguridad industrial, de manera especial cuando las características del producto consisten en mayores situaciones de riesgo. Las políticas de seguridad en el país deben ser más exigentes, siendo una responsabilidad de las compañías e industrias el seguimiento y mejoramiento continuo de actividades y procedimientos que garanticen ambientes de trabajo seguros.

La pequeña y grande minería en el Ecuador se ha convertido de vital importancia para el levantamiento productivo del país generando fuentes de trabajo y sostenibilidad económica. En el país existen pocas empresas comprometidas con la seguridad industrial y el impacto ambiental, una de ellas es la Planta de Beneficio “SODIREC”, es por ello que el presente trabajo de titulación pretende analizar, identificar y mitigar situaciones de peligro y riesgo con la finalidad de garantizar mejores condiciones de trabajo generando un compromiso de seguridad laboral con la sociedad y el medio ambiente.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En la actualidad las actividades comerciales, de servicios e industriales conllevan una serie de procedimientos que involucra la producción, almacenamiento y transporte de sustancias derivadas del petróleo siendo consideradas como materiales peligrosos.

Estas acciones en los últimos años fueron participes de acontecimientos inusuales que afectaron en varias regiones del mundo, estos accidentes dieron paso a la creación de nuevas leyes, decretos y normativas que benefician a las empresas en materia de prevención de riesgos en caso de un accidente mayor, conllevando a responsabilidades y obligaciones en el control de seguridad industrial en depósitos estacionarios de almacenamiento de combustibles para mitigar el riesgo e impacto de accidentes como explosión, incendio, derrames, fugas o emisiones que afecten la integridad física de los trabajadores, personas aledañas al lugar, al medio ambiente y a la infraestructura de la organización.

En el Ecuador se ha controlado bajo estándares de normalización el consumo del GLP tanto para uso doméstico, comercial e industrial de esta manera la población podrá utilizar este combustible de manera segura y efectiva sin riesgo alguno. El Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización, hace referencia a medidas obligatorias que se debe poner en práctica desde la distribución hasta el consumo este derivado del petróleo, en pequeña y gran cantidad otorga medidas necesarias tanto en su almacenamiento, comercialización y distribución.

Ecuador tiene una producción nacional aceptable en gramos de oro, este recurso proviene de ocho provincias entre ellas el Oro y Azuay tienen el mayor aporte, con 2,9 millones de gramos, equivalente al 86% de la producción nacional. El viceministro de Minas Fernando Benalcázar dio esas cifras durante un recorrido por las minerías, la planta de Beneficio SODIREC fue visitada por sus relaveras, una de las mejores en construcción y planificación, además de una de las más grandes, por lo tanto, ejercer la actividad minera es una actividad estratégica y primordial en la economía del país.

1.2. Planteamiento del problema

En el Ecuador la minería se encuentra en un momento crucial debido a asentamientos de actividad minera ilegal siendo las provincias de Zamora Chinchipe, Imbabura, Azuay y El Oro como las más afectadas por estos acontecimientos. (Telégrafo, 2019)

Por otro lado, la Planta de Beneficios “SODIREC”, dedicada a la extracción de minerales como el oro hacia la superficie aplicando buenas prácticas de manufactura, debido al rápido aumento del empleo de sustancias químicas peligrosas como el GLP y diésel en la industria y la actividad minera ha generado aumento en las personas dedicadas a esta labor. Estas personas se encuentran expuestas a accidentes de trabajo, sean estos sucesos repentinos o imprevistos causados por esas sustancias tóxicas. (Organización Internacional del Trabajo, 1990)

La planta cuenta con dos tanques estacionarios de GLP cuyo volumen aproximado es de 20 m^3 y 4 m^3 , respectivamente y tres tanques estacionarios de diésel con un volumen de 2500 galones por lo que se convertiría en un área de peligro, considerando una distancia 33.75m ente depósitos y una distancia de 80m con la infraestructura de la planta por lo que es imperioso disponer de procedimientos que disminuyan los accidentes de trabajo.

El presente trabajo tiene como finalidad identificar, evaluar y controlar los riesgos en el área de combustibles de GLP y diésel, para la prevención y mitigación de riesgos, conjuntamente con la elaboración de un plan de emergencia que contribuya a la disminución de afectaciones en caso de un accidente mayor como explosión, incendio y/o derrames de combustibles, capacitando al trabajador de una mejor manera antes, durante y después de una situación de alto riesgo.

1.3. Justificación

El gas licuado de petróleo es una mezcla de gases y tiene como propiedades la explosividad e inflamabilidad, estas dos propiedades definen el nivel de importancia para el plan de emergencia y la gestión de riesgos, sobre todo si se refiere al acopio de petróleo en tanques estacionarios (GÓNZALES, y otros, 2019). El almacenamiento del gas licuado de petróleo es un proceso complicado que puede ocasionar riesgos potenciales como daños materiales e incluso pérdidas de vidas humanas. La aplicación de normativas y herramientas para el control de accidentes laborales es fundamental y debe ser considerado en la propuesta de la gestión de riesgos.

El diésel Premium es un derivado del petróleo muy utilizado en las industrias, este combustible es de mucha importancia, su alto rendimiento como fuente de energía para equipo camionero, motor generador es muy rentable y versátil, su punto de inflamación es de 40°C por lo que resulta poco inflamable y explosivo.

La Planta de Beneficio “SODIREC”, cuenta con una instalación para almacenamiento de combustibles diseñada y/o construida bajo normativa INEN, NFPA, código ASME y el Real Decreto 681/2003 que hacen referencia a medidas preventivas para salvaguardar la integridad física del trabajador. Protegiendo los activos de la planta reduciendo el riesgo de incendio y/o explosión. Aun teniendo estas medidas de reducción de riesgos no podemos dejar a un lado el descuido o exceso de confianza que representa un peligro considerable en estos depósitos de

productos petrolíferos, las fugas, una mala manipulación, cero conocimientos de medidas de seguridad en prevención de incendios se suman a la generación de accidentes mayores.

La planta no cuenta con un análisis de la magnitud de la onda expansiva en caso de explosión ni la magnitud de incendio que podría suscitarse, la gerencia se ve comprometida con la seguridad industrial por lo que requieren de un estudio y la implementación de un plan de emergencia en caso de accidente mayor provocado en el área de depósitos de combustibles, argumentando la falta de conocimiento de las posibles afectaciones que puedan suscitar por la posible explosión e incendio del tanque a los trabajadores como lesión pulmonar, daños o ruptura de tímpano, daños materiales, derrumbes o rotura de vidrios.

La Planta de Beneficios “SODIREC” busca la mejora continua de la gestión de riesgos reduciendo a un mínimo posible situaciones de riesgo que amenazan la integridad física de los trabajadores, habitantes y el impacto ambiental esto permitirá la concepción de destrezas y medidas orientadas a la identificación, prevención y reducción de riesgos laborales, así como la capacidad de respuesta oportuna antes, durante y después de la presencia de un evento catastrófico inesperado.

1.4. Delimitación del problema

Delimitación espacial

El estudio se limitará a las áreas de combustible de almacenamiento de GLP y diésel de la Planta de Beneficio “SODIREC” ubicada en la provincia de El Oro, cantón Piñas.

Delimitación temporal

El presente trabajo de titulación pretende cubrir un período de tiempo de 6 meses, a partir del mes de octubre hasta febrero del año 2020.

Delimitación temática

El presente trabajo tiene como finalidad mantener niveles óptimos concerniente a la gestión de riesgos, identificando y mitigando amenazas, peligros y riesgos de los tanques estacionarios de almacenamiento de combustible resolviendo técnicamente problemas de seguridad industrial generando ambientes de trabajo seguros en la planta de beneficio SODIREC.

1.5. Objetivos

Objetivo General

- Realizar una propuesta técnica del plan de emergencia y determinación de la magnitud de explosión & incendio en depósitos de almacenamiento de productos petrolíferos (GLP y diésel) aplicando normativa SEVESO, método PROBIT y MESSERI en la planta de beneficios SODIREC.

Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual de los depósitos de almacenamiento de productos petrolíferos (GLP y Diésel), mediante la identificación y evaluación de los riesgos existentes aplicando las metodologías de análisis y evaluación SEVESO, MESSERI y PROBIT.
- Definir las afectaciones a las zonas vulnerables en el caso de accidente mayor por explosión en depósitos de almacenamiento de productos petrolíferos mediante el método PROBIT y la normativa SEVESO.
- Determinar los fundamentos teóricos y metodológicos para establecer un modelo de Plan de Emergencia, que contenga las medidas de control y las acciones a desarrollar en caso de producirse un accidente mayor.

1.6. Generalidades de la planta.

Información General

A continuación, se detalla información relevante de la Planta de Beneficio SODIREC:

Tabla 1-1: Información general de la Planta de Beneficio SODIREC

Razón Social:	BIRA Bienes Raíces S.A.
Provincia:	EL Oro
Ciudad:	Piñas
Dirección:	Km. 2.5 Curva de los Ciruelos, Vía a Buza
Teléfono:	3700840
Actividad Empresarial:	Beneficio de minerales auríferos
Representante Legal:	Ing. Oscar Emilio Loor Oporto
Responsable de Seguridad y salud ocupacional:	Dr. Héctor Andrade
Responsable de seguridad física	Cnel. William Viteri
Medida de Superficie Total:	15000m ²
Área útil de Trabajo:	10000m ²
Cantidad de Población:	89 personas
Horario de Trabajo de planta:	7:00 - 15:00, 15:00 - 23:00, 23:00 - 7:00
Horario de trabajo Administrativo:	8:00 - 17:00

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Ubicación

La Planta de Beneficio “SODIREC” cuenta con sus instalaciones para la realización de la actividad minera en la Provincia de El Oro, Cantón Piñas, en el Km 2,5 curva de los Ciruelos, vía a Buza. En la figura 1-1 se muestra la ubicación satelital de la Planta.



Figura 1-1: Ubicación satelital de la Planta de Beneficio SODIREC.

Fuente: Google Earth

Historia

SODIREC, inicia sus operaciones metalúrgicas tratando minerales auríferos en mayo de 1986 en la ciudad de Zaruma Provincia del Oro.

En 1991 se reubicó y reconstruyó la planta de beneficio a 12Km. De la mina de Zaruma, en el sitio “Curva de los Ciruelos” a la orilla derecha del río Calera, en el cantón Piñas, Provincia de el Oro; donde funciona actualmente.

Esta planta es operada por un grupo homogéneo de profesionales, técnicos y obreros calificados y están organizados en varios departamentos, entre ellos: Metalurgia, Laboratorio de Preparación de muestras y Absorción Atómica, Fundición. Gestión Ambiental, Seguridad y Recursos Humanos.

El 75% de los integrantes de la planta tiene su residencia en el área de influencia directa e indirecta de Zaruma, Portovelo y Piñas. Lo que permite mantener actividades de desarrollo comunitario con la ejecución de proyectos ambientales y ecológicos.

Premios Internacionales En el año 2000 en la ciudad de Santiago de Chile, SODIREC obtuvo el premio “EXCELENCIA A LA GESTIÓN AMBIENTAL. MENCIÓN EJEMPLO DE GESTIÓN AMBIENTAL EN PLANTA PROCESADORA DE MINERALES” con sus trabajos de manejo ambiental de desechos y residuos industriales.

Luego en 2002, recibió un segundo premio bajo el concepto “INTERRELACIÓN CON LA COMUNIDAD EN EL CONCEPTO DE RESPONSABILIDAD SOCIAL”

En el año 2004 en Cartagena-Colombia recibió el premio “RECONOCIMIENTO A LA EXCELENCIA EN LA GESTION AMBIENTAL GILDO SÁ DE ALBUQUERQUE”

Misión

Desarrollar labores mineras de manera responsable y eficiente con el medio ambiente, trabajadores y pobladores, generando utilidades para los accionistas, empleados y el Estado Ecuatoriano.

Visión

Constituirnos líderes en minería responsable en el Ecuador y el mundo, para que, mediante su desarrollo sustentable, la minería metálica se convierta en uno de los mayores rubros de explotación del Ecuador.

Servicios o fines

SODIREC, Es una planta de beneficio de la empresa ecuatoriana BIRA BIENES RAICES S.A. Tiene como principal actividad económica el beneficio de minerales auríferos provenientes del subsuelo, consiste básicamente en una serie de procesos de refinación con producción limpia hasta obtener el producto terminado (lingote de oro) listo para su exportación.

SODIREC Cumple la normativa vigente requerida por el Ministerio de Minería, Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM), Ministerio de Ambiente Ministerio de Trabajo y su Reglamento de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Estructura Organizacional

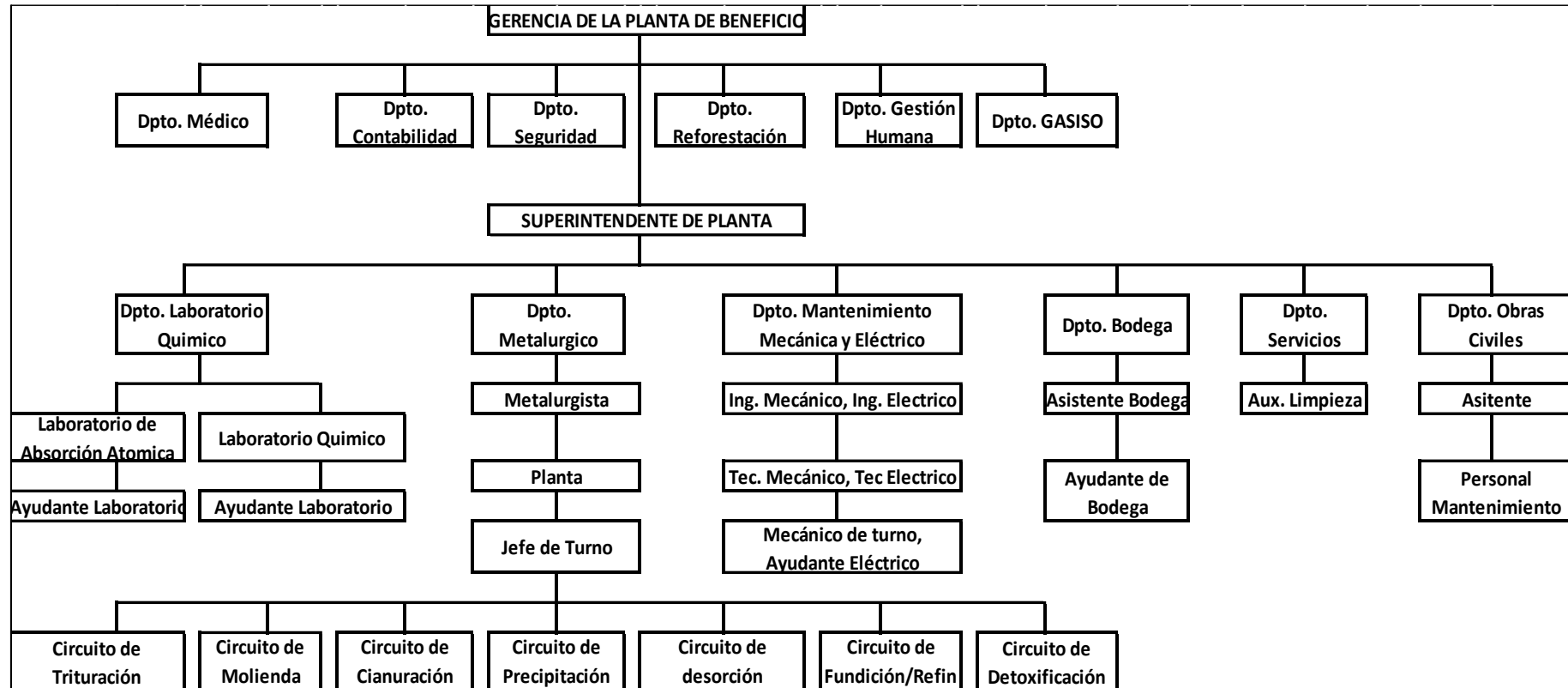


Gráfico 1-1: Estructura Organizacional Funcional de la Planta de Beneficio SODIREC

Fuente: SODIREC

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Gas licuado de petróleo

El gas licuado de petróleo (GLP) también conocido como propano, es un gas licuado a presión con contenido de hidrocarburos ligeros es decir volátiles tales como el propano y butano (Trujillo Mejía, 2010 pág. 28).

En comparación de resto de gases comerciales el GLP tiene un alto poder calorífico de 12 052 Kcal/Kg para propano y 11.867 Kcal/Kg para butano, es decir, tiene la capacidad de adquirir una misma cantidad de energía total. En la fase gaseosa se requiere un diámetro menor para conducción y distribución esto involucra a la presión la misma que no debe exceder un valor determinado porque de ser así produciría aglomeraciones en las canalizaciones (Muñoz Camacho, y otros, 2013).

2.1.1. Características del GLP

- El GLP es un combustible limpio y no es tóxico, pero puede ocasionar asfixia.
- Es inflamable y su combustión es muy rápida generando altas temperaturas.
- Este líquido gaseoso puede aumentar el volumen hasta alrededor de 270 veces.
- El GLP en estado gaseoso es más pesado que el aire, por ello, en caso de fugas tiende a ubicarse o depositarse en lugares bajos y en estado líquido es más ligero.
- No tiene color ni olor es transparente como el agua en su estado líquido. (Osinermin, 2010)

2.1.2. Manejo seguro del GLP

El GLP requiere ser manejado de manera segura, para lo cual se sugiere las siguientes recomendaciones:

- Se debe evitar concentraciones en sitios cerrados ya que por su alta volatilidad puede incrementar el riesgo de incendio o explosión.
- La densidad del gas es de dos a cuatro veces más pesado que el aire, por lo que debe almacenarse en partes bajas

- La revisión en recipientes o cilindros de almacenamiento deben ser de manera periódica para detectar daños o averías que ocasionen fugas del producto (Trujillo Mejía, 2010).

2.2. Diésel

El diésel es un combustible que se obtiene mediante la destilación primaria del petróleo crudo. De acuerdo a la norma 321 de NFPA el diésel se clasifica como un combustible líquido de clase II (Trujillo Mejía, 2010 pág. 31).

Características del Diésel

- Son muy poco volátiles los hidrocarburos que contiene el diésel.
- Tiene una representación aceitosa, lo cual permite lubricar el motor adecuadamente.
- Los estándares nacionales varían en la fracción de gasoil de acuerdo al lugar y al petróleo.
- El número de cetanos es quien caracteriza al diésel y determina la facilidad de inflamación y volatilidad del combustible mencionado.

Manejo seguro del Diésel

El diésel al igual que otros combustibles debe manejarse y distribuirse en sitios abiertos es decir de amplia ventilación, libres de fuentes de ignición. El contacto corporal con este líquido puede ocasionar lesiones importantes en el ser humano.

2.3. Usos del GLP y Diésel

El GLP es usado esencialmente en los hogares como suministro doméstico y en las pequeñas y grandes industrias, actualmente, su distribución se realiza por medio de tuberías y por políticas de conservación al medio ambiente se lo está utilizando como combustible inflamable ya que en muchos hogares de Latinoamérica el uso de madera sigue siendo una fuente de energía. (Trujillo Mejía, 2010 pág. 28)

En combustible el diésel es más económico que la gasolina, su consumo es explícitamente para motores de acuerdo a las particularidades y comprensibilidad de cada tipo de motor.

2.4. Depósitos estacionarios de almacenamiento

En las pequeñas y grandes compañías, así como parques de depósito existen diversos modelos de almacenamiento: al descubierto, atmosféricos y a presión, verticales y horizontales, que contienen crudo, reservas petrolíferas, materiales intermedios o productos petrolíferos terminados. La cantidad y el tipo de productos almacenados dependen de la configuración y funcionamiento. También se debe tener en cuenta la forma, el tamaño y diseño, es decir cumplir con los requisitos y norma establecidas por las empresas (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2012 pág. 102.62).

Los depósitos verticales pueden equiparse con doble fondo para evitar las fugas al terreno y con protectores catódicos con el fin de reducir al mínimo la corrosión generalmente es usado para almacenamientos de combustible como el diésel (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2012 pág. 102.62).

Los horizontales pueden fabricarse con paredes dobles o situarse en cámaras acorazadas para evitar cualquier fuga es aconsejable este tipo de depósitos para gases como el GLP a granel, siguiendo las normativas que requiere cada tipo de combustible para la construcción del depósito (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2012 pág. 102.62).

Condiciones adecuadas para almacenamiento

De acuerdo a (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014), para el almacenamiento en tanques de gran capacidad se debe tener en cuenta que:

- El almacenamiento de tanques debe ser en espacios ventilados, evitando el sol, el agua y en si ambientes corrosivos. Se debe almacenar lejos de agentes oxidantes como oxígeno, dióxido de carbono, nitratos, percloratos entre otros (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014).
- Los espacios de almacenamiento deben ser detallados visiblemente, libre de obstáculos y accesible al personal adiestrado y autorizado. Evitar cercanías con áreas transitadas.
- Si se requiere almacenamiento en áreas interiores, el lugar de acopio debe estar apartado por paredes construidas en materiales que resistan al fuego e incombustibles. No debe existir ninguna abertura en el muro y debe ser recto. Se debe evitar el uso de más de dos muros (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014).
- La presión del gas en el interior del tanque aumenta a temperaturas superiores del medio ambiente. Es por ello que no se debe exponer al fuego o a temperaturas elevadas (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014).

- Se debe comprobar la fecha de caducidad de las válvulas de llenado y su vez confirmar que sirva la válvula de desfogue (GÓNZALES, y otros, 2019).
- En el espacio de trabajo se debe evitar las fugas de gas. Para ello se requiere incorporar un plan de mantenimiento en el que se disponga de controles periódicos que incluyan la revisión del tanque para advertir posibles fugas (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014).
- Para evitar que la generación de energía electrostática induzca un incendio, se debe conectar a tierra el tanque y las tuberías de conducción. Esta medida es una exigencia para tanques con una capacidad mayor de 5000 litros (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014).
- En la zona de almacenamiento se debe impedir fuentes de ignición por ejemplo cigarrillos encendido, llamas abiertas o calor intenso. Tener en cuenta que es peligroso fumar en los depósitos de tanques. Se deben colocar avisos visibles prohibiendo tales prácticas, como: “GAS INFLAMABLE” (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014).
- Se debe tener una instalación segura y separada para los tanques de gran capacidad, con el propósito de evitar la manipulación y registro del personal inexperto (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014).
- Los equipos como bombas, sistema de ventilación y de iluminación no deben ser formadores de chispas y a prueba de explosión (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014).
- Para proteger los tanques contra la corrosión, el área de almacenamiento debe mantenerse seca (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014).
- Se sugiere por cada 200 metros cuadrados, disponer de un extintor. Los extintores deben ser de tipo de fuego B, y agentes de extinción como polvo químico seco, dióxido de carbono, espuma de alcohol y de polímero (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014).
- Se recomienda un sistema de alarma en la instalación, con la finalidad de prevenir conatos de incendio (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014).
- Deben disponerse el suficiente número de tomas de agua con sus correspondientes mangueras. En caso de incendio se usa el agua en forma de roció para enfriar los contenedores, pero no para pretender apagar el fuego, puesto que ésta método es ineficaz al no poder enfriar el material debajo de su punto de inflamación (Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - ARL SURA, 2014).

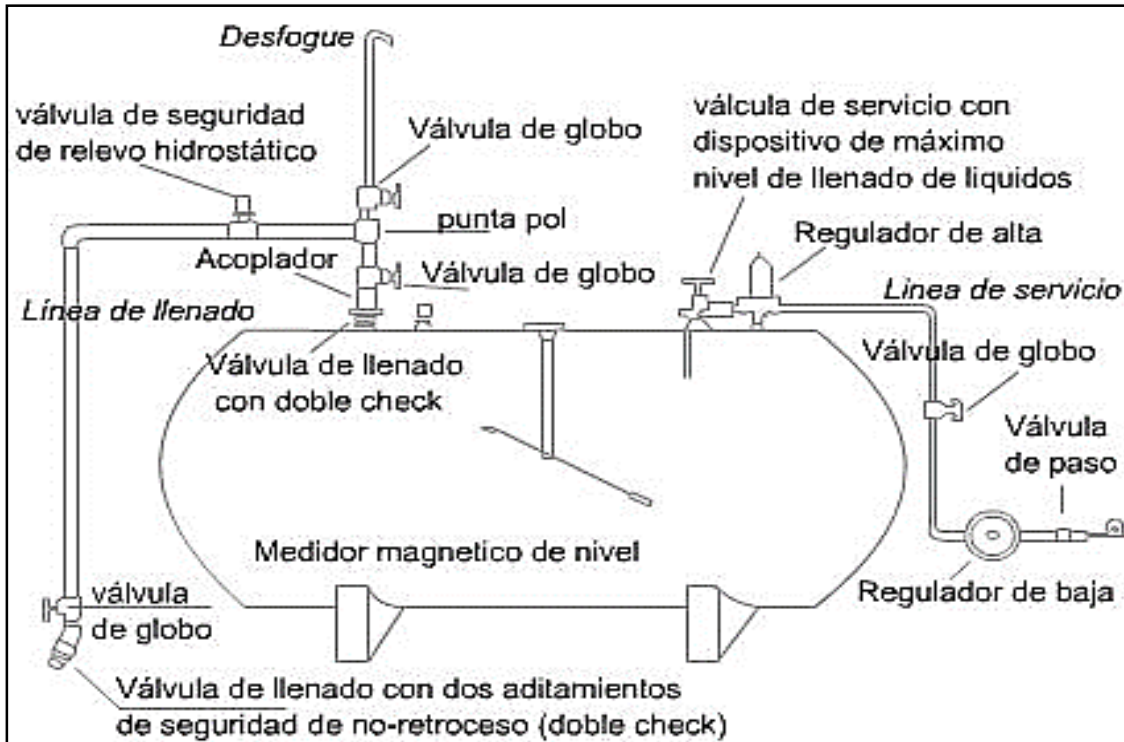


Figura 1-2: Partes de un tanque estacionario de GLP

Fuente: (Petroblogger.com, 2012)

Ventilación y limpieza de depósitos

La ventilación y limpieza requiere la prestación fuera de servicio de dichos depósitos para realizar actividades periódicas de inspección, mantenimiento y limpieza siguiendo políticas, normativas y requisitos en función del servicio operativo (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2012 pág. 102.64).

Estas actividades son latentemente peligrosas, por lo que pueden llegar a recurrir en lesiones, explosiones, incendios e intoxicaciones, para su ejecución sin incidentes se deben establecer procedimientos adecuados como:

- Control de las fuentes de Ignición.
- Eliminación de residuos.
- Aislamiento del depósito.
- Eliminación de vapores.

2.5. Definiciones generales de termodinámica

Presión

De acuerdo a (Barbosa Saldaña, y otros, 2015 pág. 14), indica que cuando se habla del efecto de una fuerza aplicada en dirección normal a un sólido, se hace referencia a esfuerzos. Tanto, para líquidos y gases cuando se trata de presión. A esta presión se le define como la fuerza por la unidad del área, siempre que el fluido se encuentre en reposo en cualquier punto la presión es la misma en todas las direcciones.

Presión de diseño o de cálculo.

Es la presión utilizada para determinar el espesor mínimo de las paredes del recipiente a presión o sus componentes. Es recomendable establecer un margen adecuado por encima de la presión a la que normalmente funcione el recipiente, para prever las posibles elevaciones circunstanciales hasta que empiece el funcionamiento de los sistemas y dispositivos de seguridad y alivio de presión. Esta sobrepresión será determinada por el proyectista, tomando normalmente el 10% del valor de la presión nominal máxima admisible de trabajo (González Pérez, 1989 pág. 387).

Temperatura de diseño.

La temperatura de diseño considerada será la más severa en las condiciones de funcionamiento del recipiente y considerada en la zona más caliente (González Pérez, 1989).

Presión atmosférica.

La presión atmosférica indica el peso del aire sobre un cierto punto del plano terrestre, a mayor altura de la superficie terrestre menor es la presión del aire. Se puede decir que la presión atmosférica decrece en altitud. Por ejemplo, a nivel del mar la presión es mayor que en una montaña debido la cantidad de aire.

El barómetro permite la medición de la presión atmosférica

Energía.

De acuerdo a (Barbosa Saldaña, y otros, 2015 pág. 34), expone que la energía se define básicamente como una cantidad física escalar, también se dice que es la capacidad de ejecutar un trabajo. Desde un punto de apreciación termodinámico, la energía total de un sistema no puede definírsele de modo simple, ya que la energía total de un sistema es la suma de las magnitudes de diversas formas de energía como la potencial, molecular, química, etc.

Entalpía.

La entalpía es una propiedad termodinámica que expresa la cantidad de vapor es decir la suma de la energía interna como resultado de la presión y el volumen.

Entropía.

La energía y entropía son conceptos abstractos. La entropía representa la variación de un sistema termodinámico. La entropía específica es igual a la entropía por unidad de masa, esta se muestra en tablas de las propiedades termodinámicas de igual forma que el volumen específico. Las unidades de la entropía son kJ/kg K (Barbosa Saldaña, y otros, 2015 pág. 135).

Explosiones

Las explosiones pueden darse en espacios libres o confinados. En los espacios libres las explosiones pueden provocar diversos daños rotura de cristales, demolición, daños a estructuras, equipos, personas dependiendo la presión ejercida. La deflagración que se muestra es debido a la ignición de los gases o vapores liberados de sustancias inflamables esto ocurre en los espacios confinados. (Creus Solé, 1991 pág. 85).

El termino explosión se define como una súbita de liberación de gas a alta presión en el medio ambiente.

El gas liberado a alta presión se equilibra con el entorno causando determinados efectos. Las características de los efectos del gas sobre el ambiente circundante dependerán de:

- El volumen de gas liberado
- La velocidad de descarga con la que se produce,
- La temperatura del gas a la que se encuentre.

- La presión en momento de liberación del gas,
- Efectos mecánicos coincidentes con la descarga
- Factores direccionales que regulan la descarga,



Figura 2-2: Explosión de contenedores con productos inflamables, en China
 Fuente: (BBC, 2015)

Clasificación de las explosiones por su origen.

En la siguiente figura se indica la clasificación de una explosión:

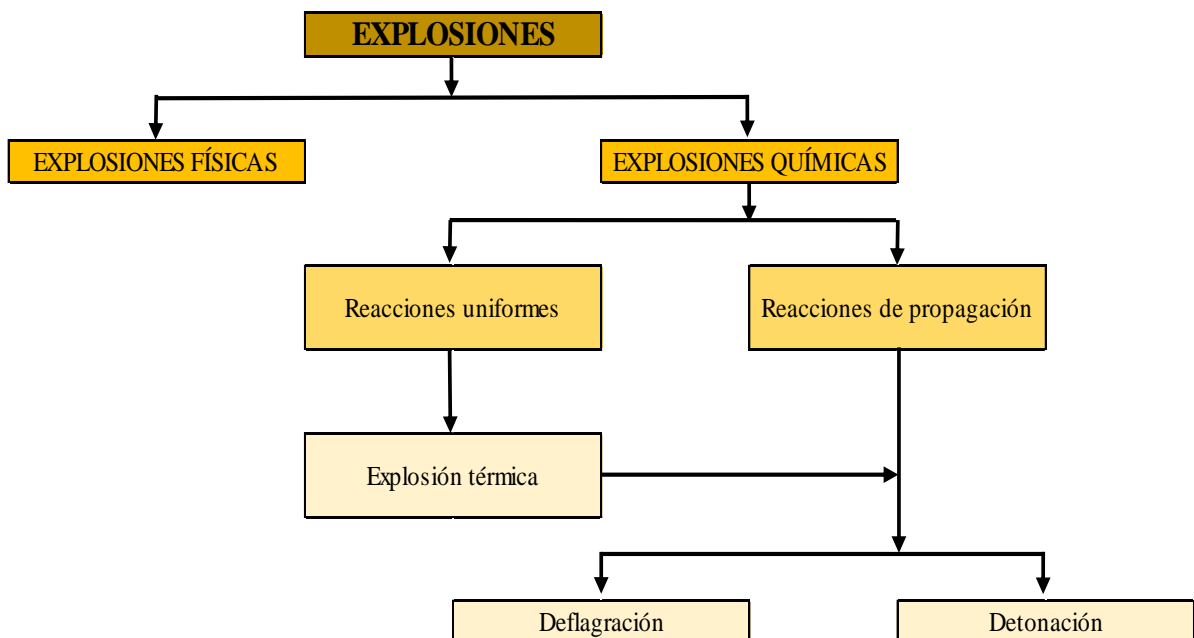


Gráfico 1-2: Cuadro conceptual de explosiones
 Fuente: (Lugo Muñoz, 2015 pág. 46)

- Explosiones físicas.

El gas licuado a alta presión se genera por fenómenos o medios, sin la presencia de un principal cambio en las sustancias químicas. De esta forma se obtiene una presión mecánica con el aporte de calor a gases, líquidos o sólidos o bien el sobre calentamiento de un líquido. Esto puede producir una explosión por medios mecánicos esto se debe a la evaporación repentina del mismo (Conesa Bernal, 2010 pág. 75).

Según (Conesa Bernal, 2010), la BLEVE es un tipo de explosión física, que se da en recipientes que contengan líquidos o gases licuados y se caracteriza por la rotura de los trozos a grandes distancias.

- Explosiones químicas.

La generación del gas a alta presión es la consecuencia de las reacciones químicas donde la naturaleza del producto difiere sustancialmente del reactivo inicial. La combustión es la reacción química más frecuente, en la cual un combustible como el metano se mezcla con el aire, este se inflama y arde creando anhídrido carbónico, vapor de agua y otros subproductos. Existen otras muchas reacciones químicas que generan gases a alta presión.

Las explosiones se dan mediante la descomposición de sustancias puras, combustión, detonación, corrosión, hidratación, y otras interacciones de sustancias químicas en mayor o menor grado de mezcla. También las reacciones químicas pueden ocasionar explosiones al utilizar productos en estado gaseoso, si se vaporizan productos ajenos por el calor liberado en la reacción o si la temperatura de gases presentes se eleva, por la energía liberada (Lugo Muñoz, 2015 pág. 45).

- Reacciones químicas

Las reacciones químicas pueden clasificarse en:

Reacción uniforme: La transformación química abarca toda la masa reactiva, generalmente las reacciones uniformes producen gas demasiado lento para generar alta presión, Si la reacción alcanza una presión lo suficientemente elevada, puede romperse el contenedor y causar una explosión (Lugo Muñoz, 2015 pág. 46).

- Reacciones de propagación

Existe definido un frente de reacción, que divide el material sin reacción de los productos de ésta, que prospera a través de toda la mezcla reactiva.

Las reacciones químicas si no se extinguen por un rápido desprendimiento y/o disipación del centro a temperatura alta, en su mayoría se transforman en reacciones de propagación (Lugo Muñoz, 2015 pág. 46).

Cuando el frente de propagación avanza a velocidades inferiores a la del sonido se trata de una deflagración

Cuando el frente de propagación avanza a velocidades superiores a la del sonido indica una detonación.

Onda de presión

Según (Díaz Alonso, 2006 pág. 15), el efecto más importante de una explosión es el incremento brusco de la presión que se genera en el aire circundante y que se propaga en forma de onda en todas las direcciones libres del espacio. La onda depende del tipo de explosión, del entorno y de la distancia al origen del accidente, teniendo en cuenta la forma, características y magnitud. La presión máxima generada por la onda en una zona específica se determina conoce como sobrepresión estática o pico de presión estática.

Estallido de recipientes

La rotura de un recipiente se puede dar debido a diversas causas entre ellas la debilidad estructural como: corrosión, erosión, fatiga y defectos de los materiales. También por impactos externos y a su vez por aumento de la presión debido a otras procedencias como sobrellenadas, reacción fuera de control, explosión interna o por la combinación de estos fenómenos. También se debe considerar el recalentamiento por un incendio externo que provocaría simultáneamente el aumento de la presión interior del depósito y el debilitamiento y fallo de los materiales que lo componen (Díaz Alonso, 2006 pág. 33).

Proyectiles

Los proyectiles son cualquier tipo de fragmento sólido que se origina de las inmediaciones de la zona en el que se ha originado una explosión y que esté dotado de gran cantidad de movimientos. De acuerdo a su origen, se clasifican a los proyectiles en primarios, si se originan de estructuras en inmediata unión con la masa explosiva, por ejemplo, el caso de estallidos y los secundarios cuando provienen de estructuras cercanas a la zona de explosión, que han sido fracturadas por la onda de sobrepresión, como es el caso de una explosión no confinada (Storch de Gracia , y otros, 2008 pág. 344).

2.6. Cálculo de consecuencias por explosión

2.6.1. Cálculo termodinámico de energía liberada

Para definir las consecuencias de una explosión de un depósito de almacenamiento, considerando las condiciones del GLP, es necesario calcular la cantidad de energía que el recipiente puede liberar con la finalidad de conocer los daños que pueden afectar al ser humano y al entorno como edificaciones, estos daños nos los indica la Metodología Probit.

Primeramente, se debe realizar el cálculo termodinámico, la liberación de energía dependerá del tipo de gas, condiciones atmosféricas, volumen, temperatura, etc., determinantes en la suscitación de una explosión.

Según (Díaz Alonso, 2006), la siguiente fórmula permite obtener el cálculo de la energía efectiva a encontrar:

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

Donde:

E_{av} : Energía que se liberada en la explosión (Julios)

m_{1vap} : Masa de vapor en el estado inicial (kg)

m_{1liq} : Masa del líquido para el estado inicial (kg)

u_{1liq} : Energía interna en el estado 1 para la fase líquido (J/kg)

m_{1vap} : Masa del vapor para el estado inicial (kg)

u_{1vap} : Energía interna en el estado 1 para la fase vapor (J/kg)

u_{2vap} : Energía interna en el estado 2 para la fase vapor (J/kg)

u_{2liq} : Energía interna en el estado 2 para la fase líquido (J/kg)

Método Probit

El método en mención analiza consecuencias derivadas de accidentes mayores. El modelo permite indicar el impacto directo e indirecto de una explosión producto de una sobrepresión y las consecuencias sobre las personas y objetos considerando primeramente las lesiones pulmonares y de tímpano, y en segundas afectaciones por proyección de fragmentos e impacto del cuerpo contra obstáculos (Domínguez Barbadillo, 2014 pág. 33).

$$Pr = a + b \ln V \quad (2)$$

Donde:

Pr: Probit, probabilidad de daño sobre la población expuesta

a: constante dependiente del tipo de lesión y carga de exposición

b: constante dependiente de tipo de carga de exposición

V: es la variable que representa la carga de exposición

Las principales ecuaciones del método Probit se indican en la tabla 1-2:

Tabla 1-2: Principales ecuaciones Probit

Ecuación	Consecuencia
$Pr = -77.1 + 6.91 * \ln Ps$ (3)	Muertes por lesiones pulmonares
$Pr = 5 - 2.44 \ln \left(\frac{7.38*10^3}{Ps} + \frac{1.3*10^9}{Ps*i} \right)$ (4)	Muerte por desplazamiento e impacto con todo el cuerpo
$5 - 8.49 \ln \left(\frac{2430}{Ps} + \frac{4*10^8}{Ps*i} \right)$ (5)	Muerte por desplazamiento e impacto con el cráneo
$Pr = -12.6 + 1.52 * \ln Ps$ (6)	Rotura de tímpano
$Pr = 5 - 0.26 * \ln S$ (7) $S = \left(\frac{4600}{Ps} \right)^{3.9} + \left(\frac{110}{i} \right)^5$	Daños menores
$Pr = 5 - 0.26 * \ln S$ (8) $S = \left(\frac{17500}{Ps} \right)^{8.4} + \left(\frac{290}{i} \right)^{9.3}$	Daños mayores
$Pr = 5 - 0.22 * \ln S$ (9) $S = \left(\frac{40000}{Ps} \right)^{7.4} + \left(\frac{460}{i} \right)^{11.3}$	Colapso de edificios
$Pr = -18.1 + 2.79 * \ln Ps$ (10)	Rotura de vidrios

Realizado por: Balcázar, A. 2021

- **Número Probit**

El número Probit es un valor adimensional, que permite indicar el porcentaje de afectación por sobrepresión sobre la población o el entorno como muertes, lesiones, o daños mayores y menores (Domínguez Barbadillo, 2014 pág. 28).

Tabla 2-2: Relación de los valores PROBIT y los porcentajes de población o edificios afectados

		Entrada de unidades de % de afectados										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Entrada de decenas de % de afectados	0	2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66	
	10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.90	4.01	4.05	4.08	4.12	
	20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45	
	30	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72	
	40	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97	
	50	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23	
	60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50	
	70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.71	
	80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23	
	90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33	
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
		99	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.65	7.75	7.88	8.09

Fuente: (Díaz Alonso, 2006 pág. 337)

De acuerdo a (Henao Robledo, 2009), en la siguiente tabla se indican las afectaciones producidas por explosiones en función de la sobrepresión, a la que se ven involucradas las personas y los bienes materiales de la propiedad.

Tabla 3-2: Relación de los valores PROBIT y los porcentajes de población o edificios afectados

Sobrepresión (kPa)	Tipo de daño
0.204	Rotura ocasional de cristales grandes
0.275	Ruido fuerte. Rotura de cristales por la onda sonora
0.681	Rotura de cristales pequeños sometidos a tensión
2.04	Límite de proyectiles
2.04	95% de probabilidad de no sufrir daños importantes en personas
2.04	Daños menores en techos y casas. Rotura del 10% de cristales
3.4 - 6.9	Destrucción de ventanas con daño en los marcos
4.8	Daños estructurales menores en las casas
5	Umbral de Zona de alerta según la directriz básica
6.8	Demolición parcial de casa que quedan inhabitables
6.8 - 13.6	Fallo de paneles y manparas de madera, aluminio, etc.
12.5	Umbral de Zona de intervención según la directriz básica
13.6	Colapso parcial de paredes y techos de casas
13.1 - 20.4	Destrucción de paredes de cemento de 20 a 30 cm de espesor
16.3	Umbral 1% de rotura de tímpano en personas
17	Destrucción del 50% de una obra de ladrillo en edificaciones
17	Distorsiones en estructuras de acero
20.4 - 27.2	Ruptura de depósitos y tanques de almacenamiento
34 - 47.6	Destrucción prácticamente completa de casas
47.6	Vuelco de vagones de tren cargados
47.7 - 54.4	Rotura de paredes de ladrillo de 20 a 30 cm de espesor
68.1	Probable destrucción total de edificios
68.1	Máquinas pesadas (3500 Kg) desplazadas y muy dañadas
83.1	90% probabilidad de rotura de tímpanos en personas
98.7	Umbral 1% de probabilidad de muertes por hemorragia pulmonar
1905	Formación de cráter

Fuente: (Hena Robledo, 2009 pág. 151).

2.7. Normativa Seveso

Un lamentable y grave accidente industrial ocurrido en Julio de 1976 en una pequeña planta química en Milán, en la ciudad de Seveso cobró la vida de muchos trabajadores debido a la liberación de una dioxina TCCD causando conmoción en la comunidad. Este hecho fue el detonante para que la Unión Europea desarrolle una normativa con el fin de prevenir accidentes mayores en la industria.

El Consejo de ministros aprueba la directiva conocida como Seveso I (Directiva 82/501/CEE), el 24 de junio de 1982. Esta directiva hace referencia a determinadas actividades con riesgos de accidentes graves (Jaén González, y otros, 2006 pág. 43).

La directiva disponía que los estados miembros debían exigir a las instalaciones industriales:

- La elaboración de un plan de emergencia,
- Informar a la población de los riesgos potenciales y medidas obligatorias en caso de un accidente mayor.

A partir de febrero de 1999 entró en vigor la Directiva 96/82/CE denominada también Directiva Seveso II, relacionada al control de los riesgos propios a los accidentes graves, donde participan sustancias peligrosas.

2.8. Incendio

El incendio es el resultado de una reacción química entre un combustible y el oxígeno que, para su inicio precisa de un aporte de calor, pero a su vez, crea unos productos de combustión como: humos, gases, residuos y sólidos que originan todavía más calor (Navas Cuenca, 2012).

2.8.1. Factores de riesgo del incendio

Mientras no se elimine alguno de los tres factores concurrentes (comburente, calor, reacción en cadena) que determinan la posibilidad del incendio, éste no se extinguirá (Navas Cuenca, 2012).

- **Combustible**

El límite de inflamabilidad o explosividad, la temperatura de inflamación y de autoignición, y el poder calorífico son propiedades propias del combustible o sustancia capaz de arder.

- **Comburente**

Es toda mezcla gaseosa que en proporción con el oxígeno permite el desarrollo de la combustión.

Calor

Aprovisionar la energía mínima que se necesita para la mezcla de combustible comburente para que se produzca el fuego. Esta energía es contribuida por los focos encendidos los mismos pueden ser térmicos, eléctricos, mecánicos o químicos (Menéndez, y otros, 2015 pág. 212).

- **Reacción en cadena**

Es la progresión de la mezcla comburente combustible la cual da inicio a la propagación del incendio

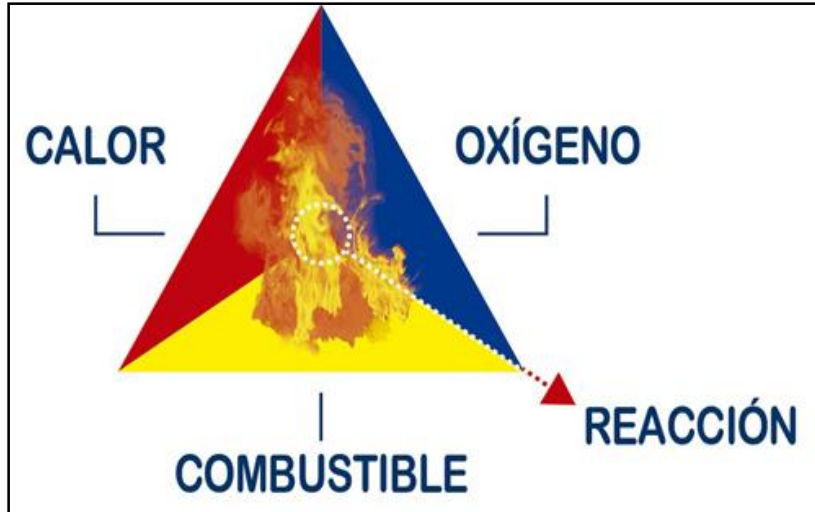


Figura 3-2: Tetraedro formante del fuego
Fuente: (Loguzzo, 2012)

2.9. Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio (MESSERI)

El método de evaluación MESSERI, permite evaluar el riesgo de incendio, por lo que se presume la ponderación de varios factores que agravan o generan riesgo de incendio y son determinados como factores X (como aspectos constructivos, de accesibilidad y de cercanía de bomberos, peligros de los procesos, concentración del valor económico, probabilidad, destructibilidad), y una serie de factores que protegen frente al riesgo y que el método llama factores Y (medidas de detección, extinción y protección contra incendios, etc.) (Rubio Moreno, 2004).

La fórmula utilizada en este método es:

$$P = \frac{5X}{129} + \frac{5Y}{26} + 1(BCI) \quad (11)$$

Donde:

P: es el coeficiente de protección frente al incendio

X: es la suma de los coeficientes de factores generadores o agravantes.

B: es el coeficiente que evalúa la existencia de una brigada contra incendio

Y: es la suma de coeficientes para los medios de protección existentes

El Método MESSERI contempla dos bloques diferenciados de factores:

1. Factores propios de las instalaciones:

- a) Construcción.
- b) Situación
- c) Procesos.

- d) Concentración.
- e) Probabilidad.
- f) Destructibilidad.

2. Factores de protección:

- a) Extintores (EXT).
- b) Bocas de Incendio Equipadas (BIE).
- c) Columnas Hidrantes Exteriores (CHE).
- d) Detectores automáticos de Incendios (DET).
- e) Rociadores automáticos (ROC).

La calificación del riesgo de incendio según la Metodología Messeri se indica a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 4-2: Calificación del riesgo de incendio (MESSERI)

Calificación MESSERI				
0-2	3-4	5-6	7-8	9-10
Muy malo	Malo	Normal	Bueno	Muy bueno

Fuente: Método Probit, (Véliz Toledo, 2010)

CAPÍTULO III

3. SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE COMBUSTIBLES DE LA PLANTA DE BENEFICIO SODIREC.

3.1. Distribución de áreas de trabajo

La Planta se encuentra distribuida por 6 niveles que se detallan a continuación.

Tabla 1-3: Niveles De Infraestructura De La Planta De Beneficio Sodirec

NIVELES	DESCRIPCIÓN	MEDIDA DE SUPERFICIE
NIVEL 1	GARITA PRINCIPAL Y TOLVAS DE DESCARGA	724 m ²
NIVEL 2	PABELLON ADMINISTRATIVO	720 m ²
NIVEL 3	LABORATORIO	719 m ²
NIVEL 4	PLANTA DE AGITACIÓN	716 m ²
NIVEL 5	PLANTA MERRYL	715 m ²
NIVEL 6	TALLERES	713 m ²

Realizado por: Balcázar, A. 2021

3.2. Situación inicial de los depósitos estacionarios de combustibles (GLP, DIESEL)

El área de combustibles es un punto estratégico cumple con parámetros estrictos de regulación uno de ellos es el dimensionamiento estructural sus muros de soporte y malla protectora fueron diseñados y construidos para soportar y resguardar la seguridad de los depósitos, además cumple con distancias mínimas entre depósitos y bienes infraestructurales que dispone la norma **NTE INEN 2260**.



Figura 1-3: Áreas de combustible de la Planta de Beneficio SODIREC
Fuente: Google Earth

3.3. Condiciones de los depósitos estacionarios de combustibles.

Por medio de una lista de chequeo se puede determinar las vulnerabilidades que presentan estos depósitos, controlando de manera eficiente su condición actual este procedimiento se lo puede realizar de forma repetitiva para obtener datos ordenados y de forma sistemática controlar si existen o no fuentes de peligro o riesgo en el área de combustibles.

Todo deposito conlleva una serie de elementos y accesorios de seguridad, uno de ellos es la válvula de alivio de presión este dispositivo está diseñado para abrir y evitar elevación de presión interna del fluido sobrepasando un valor específico, esto se debe a las condiciones de emergencias o condiciones anormales (NTE INEN 2266, 2010).

El área de combustibles está conformada por dos zonas, distanciadas por aproximadamente 37m la zona de combustible del DIESEL Premium consta de 3 depósitos estacionario con una capacidad de almacenamiento aproximado de 2500 galones cada uno, y la zona del GLP conformada por dos tanques cuyo volúmenes aproximados son de 4 y 20 m³, su red de alimentación y distribución para el caso del GLP son aéreas con acoples y accesorios, unidos por soldadura y de color amarillo ocre como rigen las normas ecuatorianas NTE INEN 2260, NTE INEN 440 de igual forma para el

combustible diésel la red de distribución cumple con normativa para alimentación y distribución con su color café correspondiente descrito en la normativa.



Figura 2-3: Depósito de GLP en Planta de beneficio SODIREC

Fuente: SODIREC



Figura 3-3: Depósito de Diésel Premium en Planta de Beneficio SODIREC

Fuente: SODIREC


Hasta la actualidad no existen estadísticas de accidentes, los entes reguladores como ARCH inspeccionan periódicamente las condiciones de los tanques estacionarios verificando su estado de funcionabilidad, para la planta es muy importante este tipo de inspecciones ya que permite obtener un criterio a analizar por parte del grupo corporativo, además estos tanques son sometidos a pruebas que garantizan el estado del depósito, tubería y accesorios, se detallan a continuación.

Tabla 2-3: Certificados de idoneidad Técnica de Depósitos de combustibles año 2015

CERTIFICADO DE IDONEIDAD TÉCNICA		TANQUES DE COMBUSTIBLE	FECHA	22 DE ABRIL DEL 2015
CAPACIDAD	PROCEDIMIENTO UTILIZADO	METODO UTILIZADO	NORMA APLICADA	CONFORMIDAD
4 m3 GLP	MEDICION GEOMETRICA	VG-1-28 PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MEDIDAS PARA LA ELABORACION DE LA TABLA VOLUMETRICA DEL TANQUE	API MPMS chapter2.2 e first edition nov 2009, petroleum and liquid petroleum products- calibration of horizontal cylindrical	Apto para transportar la capacidad establecida
	ENSAYO NO DESTRUCTIVO POR ULTRASONIDO	VG-1-22 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION TECNICA DE TANQUES DE GLP	Norma API 510,2014 Pressure vessel inspection code maintenance inspection	Conformidad con los espesores minimos establecidos para el cuerpo y casquetes del tanque
	PRUEBA DE PRESION HIDROSTATICA	VG-1-23 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA DE TANQUES PARA GLP	Normas ASME - SECTION VIII - 11DIV - 2- 8.2 Hidrostatic, API 510,2014 Pressure vessel inspection code, in service inspection, rating, repair and alteration literal 5.8.5	satisfactorio
	PRUEBA DE PRESION	VG-1-25 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION DE VALVULAS DE ALIVIO DE PRESION PARA RECIPIENTES DE GLP	API 510,2014 Pressure vessel inspection code, in service inspection, rating, repair and alteration, parte 6.6	satisfactorio
CAPACIDAD	PROCEDIMIENTO UTILIZADO	METODO UTILIZADO	NORMA APLICADA	CONFORMIDAD
20 m3 GLP	MEDICION GEOMETRICA	VG-1-28 PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MEDIDAS PARA LA ELABORACION DE LA TABLA VOLUMETRICA DEL TANQUE	API MPMS chapter2.2 e first edition nov 2009, petroleum and liquid petroleum products- calibration of horizontal cylindrical	Apto para transportar la capacidad establecida
	ENSAYO NO DESTRUCTIVO POR ULTRASONIDO	VG-1-22 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION TECNICA DE TANQUES DE GLP	Norma API 510,2014 Pressure vessel inspection code maintenance inspection	Conformidad con los espesores minimos establecidos para el cuerpo y casquetes del tanque
	PRUEBA DE PRESION HIDROSTATICA	VG-1-23 PROCEDIMIENTO DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA DE TANQUES PARA GLP	Normas ASME - SECTION VIII - 11DIV - 2- 8.2 Hidrostatic, API 510,2014 Pressure vessel inspection code, in service inspection, rating, repair and alteration literal 5.8.5	satisfactorio
	PRUEBA DE PRESION	VG-1-25 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION DE VALVULAS DE ALIVIO DE PRESION PARA RECIPIENTES DE GLP	API 510,2014 Pressure vessel inspection code, in service inspection, rating, repair and alteration, parte 6.6	satisfactorio
CAPACIDAD	PROCEDIMIENTO UTILIZADO	METODO UTILIZADO	NORMA APLICADA	CONFORMIDAD
LINEA PRINCIPAL DE ALIMENTACIÓN 240m	PRUEBA DE PRESION HIDROSTATICA	VG-1-37 PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN TÉCNICA, PRUEBA HIDROSTATICA CON AGUA PARA DUCTOS Y PRUEBAS NEUMATICAS	Norma ASME / ANSI B31.4 PIPELINE TRANSPORTATION SYSTEMS FOR LIQUIDS HYDROCARBONS AND OTHERS LIQUIDS CAP VI PART 437.4	La tuberia inspeccionada presenta conformidad
VALVULA DE ALIVIO DE PRESION N°1 Y N°2	PRUEBA DE PRESION	VG-1-25 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION DE VALVULAS DE ALIVIO DE PRESION PARA RECIPIENTES DE GLP	API 510,2014 Pressure vessel inspection code, in service inspection, rating, repair and alteration, parte 6.6	La valvula inspeccionada presenta conformidad
CAPACIDAD	PROCEDIMIENTO UTILIZADO	METODO UTILIZADO	NORMA APLICADA	CONFORMIDAD
DDP-01 2500 Galones DIESEL PREMIUN	ENSAYO NO DESTRUCTIVO POR ULTRASONIDO	VG-1-21- PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN TÉCNICA	API 653: TANK INSPECTION, REPAIR, ALTERATION AND RECONSTRUCTION, LITERAL 4.3.3.1, ASTM E797/797M-10: STANDARD RECONSTRUCTION, LITERAL 4,3,3,1, ASTM E797/797M-10: STANDARD PRACTICE FOR MEASURING THICKNESS BY MANUAL ULTRASONIC PULSE-ECO CONTACT METHOD	Espesores del tanque presentan conformidad
DDP-02 2500 Galones DIESEL PREMIUN	ENSAYO NO DESTRUCTIVO POR ULTRASONIDO	VG-1-21- PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN TÉCNICA	API 653: TANK INSPECTION, REPAIR, ALTERATION AND RECONSTRUCTION, LITERAL 4.3.3.1, ASTM E797/797M-10: STANDARD RECONSTRUCTION, LITERAL 4,3,3,1, ASTM E797/797M-10: STANDARD PRACTICE FOR MEASURING THICKNESS BY MANUAL ULTRASONIC PULSE-ECO CONTACT METHOD	Espesores del tanque presentan conformidad
DDP-03 2500 Galones DIESEL PREMIUN	ENSAYO NO DESTRUCTIVO POR ULTRASONIDO	VG-1-21- PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN TÉCNICA	API 653: TANK INSPECTION, REPAIR, ALTERATION AND RECONSTRUCTION, LITERAL 4.3.3.1, ASTM E797/797M-10: STANDARD RECONSTRUCTION, LITERAL 4,3,3,1, ASTM E797/797M-10: STANDARD PRACTICE FOR MEASURING THICKNESS BY MANUAL ULTRASONIC PULSE-ECO CONTACT METHOD	Espesores del tanque presentan conformidad

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 3-3: Lista de chequeo para áreas de combustible

 CHECK LIST INSPECCIÓN GENERAL DE SEGURIDA					FICHA TÉCNICA			DIESEL
					CONTROL DE VERIFICACIÓN			GLP
EMPRESA	PLANTA DE BENEFICIO SODIREC S.A.				ÁREA	COMBUSTIBLES		% Combustible
Volumen	T° externa	T° interna	Presión interna	Presión de trabajo	% de llenado	% CO2	%O2	
ELEMENTOS A INSPECCIONAR				SI	NO	N.A.	OBSERVACIONES	
SUPERFICIE DE TRABAJO EN PERFECTO ESTADO, ORDEN Y LIMPIEZA								
POSEE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTOS SEGUROS PARA USO DEL LUGAR								
LA VENTILACIÓN DEL ENTORNO ES FUNCIONAL								
LOS EXTINTORES PORTATILES SE ENCUENTRAN EN CONDICIONES NORMALES								
EL TANQUE ESTA EXPUESTO A LLAMAS, CHISPAS, CALOR y/o ELECTRICIDAD								
EL LUGAR CUENTA CON LUCES DE EMERGENCIA								
EL EQUIPO CUENTA CON SENSORES DE HUMO, CALOR O COMBUSTIBLE								
LA ESTRUCTURA y/o SOPORTE DEL TANQUE ESTA EN BUEN ESTADO								
EL ANCLADO ESTA EN CONDICIONES NORMALES								
EL TANQUE SE ENCUENTRA EN CONDICIONES NORMALES								
EL TANQUE TIENE LA PLACA DE DATOS TÉCNICOS Y SERIE								
LAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD y/o ALIVIO ESTAN EN CONDICIONES NORMALES								
ESTA VIGENTE LA PRUEBA HIDROSTÁTICA								
ESTA VIGENTE LAS PRUEBAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS CON TINTAS PENETRANTES								
LA ROTULACIÓN NFPA 704 DE LA BOMBONA ES LA ADECUADA								
LAS VÁLVULAS DE ENTRADA Y SALIDA SE ENCUENTRAN EN BUEN ESTADO								
EL TANQUE CUENTA CON UN SISTEMA DE ROCIADOR								
EL AREA SE ENCUENTRA PROTEGIDA CON MALLA								
EL AREA ESTA PROTEJIDA CONTRA RAYOS SOLARES, LLUVIA, O INTEMPERIE								
LA UNIÓN DE ACCESORIOS TUBERÍA, CODO, VÁLVULAS POR (SOLDADO O BRIDAS)								
EL TANQUE CUENTA CON REGULADOR DE PRESIÓN								
EL TANQUE Y AREA ESTA PROTEJIDA CONTRA RAYOS								
ESTA VIGENTE LA INSPECCION DE MEDICION DE ESPESORES (CILINDRO Y CASQUETES)								
PUESTA A TIERRA DE SUMINISTRO SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO								
TOMAS DE LLANADO EN BUEN ESTADO								
SE IDENTIFICAN POSIBLES FUENTES DE IGNICION SERCANAS AL PUESTO DE TRABAJO								
SE IDENTIFICAN LOS PELIGROS CON SU CORRESPONDIENTE SEÑALETICA								
EXISTE UN CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
CUENTAN CON CAPACITACIONES EN CASO DE INCENDIO, O ACCIDENTES MAYORES								
LOS TANQUES A QUE DISTANCIA SE ENCUENTRAN SEPARADOS O CUMPLE NORMA								
REALIZADO				REVISADO Y APROBADO				
NOMBRE		CARGO		NOMBRE		CARGO		
FECHA		FIRMA		FECHA		FIRMA		

Realizado por: Balcázar, A. 2021

3.4. Identificación de riesgos en el área de combustibles.

La identificación de los riesgos en el depósito estacionario de GLP y Diésel, de la planta se realizó mediante la evaluación INSHT.

Al aplicar el método de evaluación general de riesgos INSHT, se identificaron los peligros, estimando los riesgos y finalmente valorándolos, para determinar si son o no son tolerables en el área de almacenamiento de combustibles, tales como incendio y/o explosión.

Tabla 4-3: Resumen de la identificación de riesgos.

	Mecánicos	Físicos	Químicos	Biológicos	Ergonómicos	Psicosociales
Total de Riesgos	5	3	0	1	1	4

Realizado por: Balcázar, A. 2021

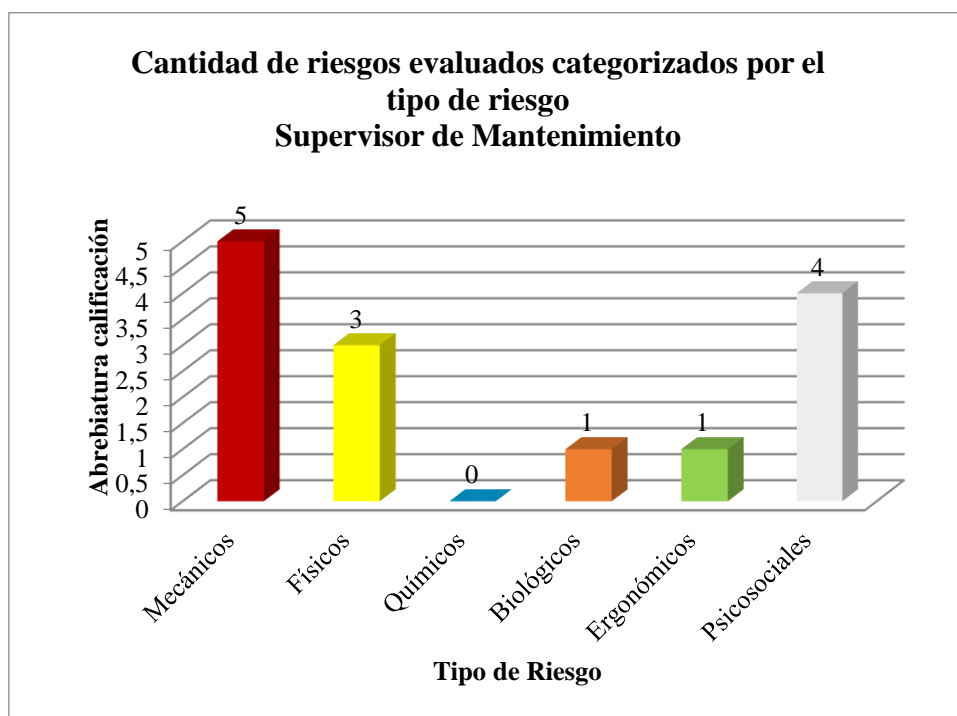


Gráfico 1-3: Cantidad de riesgos evaluados según su tipo

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 5-3: Resumen de la estimación del riesgo

	T	TO	M	I	IN
Estimación del Riesgos	11	3	0	0	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

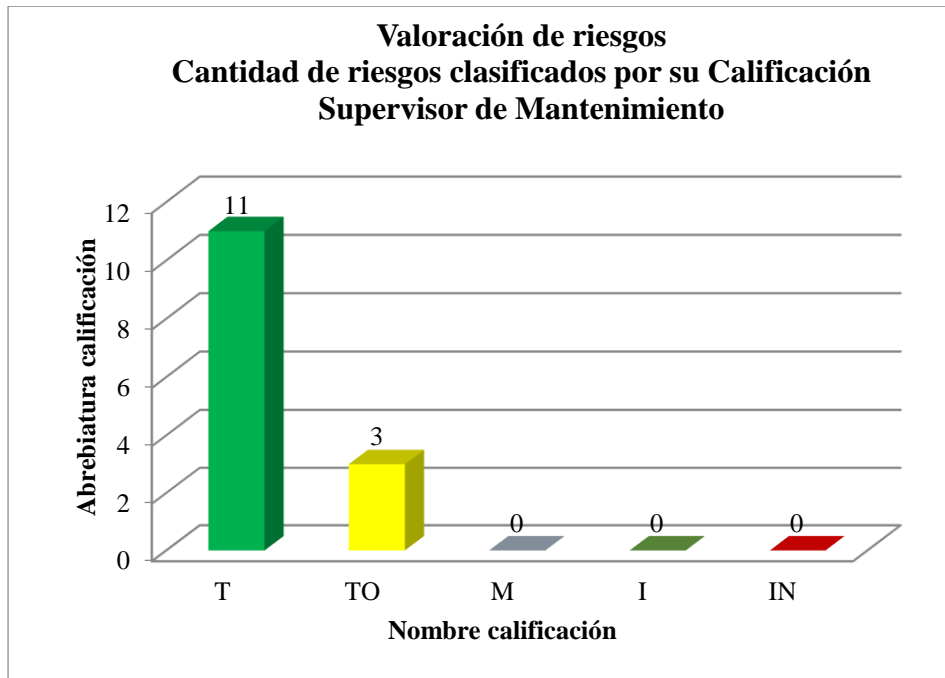


Gráfico 2-3: Cantidad de riesgos evaluados según su tipo

Realizado por: Balcázar, A. 2021

3.4.1. Evaluación de riesgos

La evaluación de riesgos en el área de combustibles se realizó mediante la aplicación del método INSHT, para ello se estima cualitativamente los riesgos de accidente mayor en el área. Para determinar las consecuencias antes mencionadas, estas posibles fuentes de riesgo pueden suceder por falta de inspecciones en las instalaciones.

3.5. Factores de riesgo de accidentes mayores explosión o incendio.

El análisis y evaluación del riesgo por puesto de trabajo se realiza a través de la matriz INSHT, de manera que en el almacenamiento de GLP implica una serie de riesgos que pueden ocasionar un accidente mayor por explosión o incendio.

La matriz INSHT permite hacer una estimación muy efectiva para analizar los riesgos en este caso la estimación del riesgo por incendio o explosión fue tolerable por que las instalaciones y los depósitos cumplen con parámetros estrictos de seguridad lo que disminuye el índice de ocurrencia de un accidente.

CAPÍTULO IV

4. APLICACIÓN DE MÉTODO PROBIT AL DEPOSITO DE GLP.

Este método se utiliza para precisar las afectaciones en áreas vulnerables en caso de un accidente mayor, por explosión del depósito estacionario de combustibles petrolíferos (GLP).

4.1. Secuencia del método.

- Etapa 1: Escenario, condiciones y datos iniciales
- Etapa 1.1: Depósitos con gas ideal
- Etapa 1.2: Considera los depósitos con butano y propano (gas no ideal)
- Etapa 2: Corresponde a la energía liberada durante el estallido
- Etapa 2.1: Líquido-vapor o vapor
- Etapa 2.2: Descomposición de las sustancias energéticas en el proceso
- Etapa 3: Determinación de la energía efectiva de la onda de presión
- Etapa 3.1: Cálculo del impulso y de la presión a diferentes distancias al origen del recipiente afectado.
- Etapa 3.2: Determinación de la distancia a la que afecta el impulso y la sobrepresión.

4.2. Cálculo de parámetros según el método.

El análisis de la energía efectiva de explosión, el impulso mecánico y la sobrepresión se lo realiza por medio del Método Baker (ALONSO, 2006 pág. 72) y para precisar las secuelas sobre las personas y bienes materiales se utiliza el método Probit. Mediante las ecuaciones se determina el número Probit (Pr), con el cual se implanta un porcentaje de afectación y su severidad después de un accidente por explosión.

Para el desarrollo del método es necesario calcular dos parámetros; la sobrepresión estática y el impulso mecánico.

Al ser un gas no ideal el GLP se debe examinar en dos estados: Estado 1 cuando se encuentra en el interior de un recipiente y Estado 2, cuando se encuentra en condiciones externas. Según (ALONSO, 2006 pág. 290), establece la siguiente ecuación para calcular la energía liberada:

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

4.3. Condiciones del estado inicial o estado 1 (GLP en estado líquido)

4.3.1. Presión de diseño 1.73 MPa

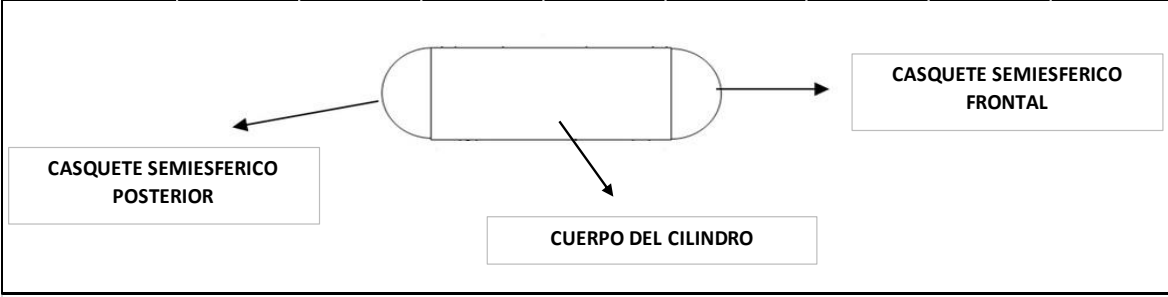


Figura 1-4: Placa de especificaciones técnicas del tanque
Fuente: SODIREC

4.3.2. Volumen del recipiente

- Se considera un volumen total de $20m^3$
- Presión de diseño del recipiente $P_1 = 1,73MP_a$ o su equivalente en el sistema inglés 250,92 psi.
- Presión de prueba hidrostática $2,24 MP_a$ o 374,20 psi

Tabla 1-4: Especificaciones técnicas del tanque de combustible GLP



ESPECIFICACIONES DEL TANQUE DE 20m3

DATOS	Valor mm	m	r^2	RESULTADO	m3
L. total	9043	9.043		V. del Cilindro	17.57460664
L. del cilindro	7290	7.29		V. del casquete semiesferico	1.408700752
Radio	876	0.876	0.767376	Volumen Total	20.39200815
L. de semiesferas	876.5	0.8765		$V_{cilindro} = \pi * r^2 * l$	$V_{de la semiesfera} = \frac{2}{3} * \pi * r^2 * l$
Pi(π)			3.14159265		

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Los cálculos se basaron en la presión de diseño del tanque (250,92 psi), al ser la presión máxima que soporta normalmente el depósito, a partir de la cual puede producirse una explosión.

Condiciones del estado 2 (GLP en estado gaseoso).

Presión: la presión atmosférica del sitio donde se ubica la planta corresponde a 15,53 psi o su equivalente 107100 Pa, Perteneciente a la Ciudad de Piñas, con una altura de 1230 msnm.

El GLP es una mezcla de líquido y vapor, almacenarlo se considera como un sistema no ideal. Para el cálculo de la energía interna en sus dos fases (vapor v_{1vap} y líquido u_{1liq}) se utiliza la general de energía interna (Yunes A. Cengel, 2012).

Interpolación de temperatura.

$$T = T_1 + \frac{(x_3 - x_1)}{(x_2 - x_1)} * (T_2 - T_1) \quad (12)$$

Remplazando valores:

$$T = 125 + \frac{(250,92 - 254)}{(240 - 254)} * (120 - 125)$$

$$T = 125 + \frac{(-3,08)}{-14} * (-5)$$

$$T = 125 + (0,22)(-5)$$

$$T = 125 - 1,1 = 123,9^\circ\text{F}$$

Con el valor encontrado de temperatura se procede a calcular los demás datos de la misma manera por interpolación.

Energía interna fase líquido

Para el cálculo de la energía interna para el estado 1 en su fase líquida se utiliza la siguiente ecuación.

$$\mu_{1liq} = h_{1liq} - P_1 * v_{1liq} \left(\frac{J}{kg} \right) \quad (13)$$

Donde:

P_1 : es la presión interna de diseño del recipiente (Psi).

v_{1liq} : Volumen específico en el estado 1 para la fase líquido $\left(\frac{m^3}{kg} \right)$

h_{1liq} : Entalpía específica en el estado 1 para la fase líquido $\left(\frac{J}{kg} \right)$

u_{1liq} : Energía interna en el estado 1 para la fase líquido $\left(\frac{J}{kg} \right)$

Luego, se calcula el volumen específico y la entalpía, interpolando los valores.

Interpolación de entalpía específica en estado líquido.

Se hace la conversión a unidades del sistema internacional multiplicando por el factor **(2,326)**.

$$h = h_1 + \frac{(x_3 - x_1)}{(x_2 - x_1)} * (h_2 - h_1) \quad (12)$$

Reemplazando valores:

$$h_{1liq} = 183.5 + \frac{(250,92 - 254)}{(240 - 254)} * (179,2 - 183,5) = 182.554$$

$$h_{1liq} = 182.554 \frac{BTU}{Lb} * (2,326) = 424620.60 \left(\frac{J}{kg} \right)$$

Interpolación del volumen específico en estado líquido

Para la interpolación se realiza la conversión a unidades del sistema internacional (SI) multiplicando por el factor **(0,06242)**.

$$v = v_1 + \frac{(x_3 - x_1)}{(x_2 - x_1)} * (v_2 - v_1) \quad (12)$$

Reemplazando valores:

$$v = 0,03375 + \frac{(250,92 - 254)}{(240 - 254)} * (0,03574 - 0,03575)$$

$$v_{1liq} = 0,0337478 \left(\frac{Pie^3}{Lb} \right) * (0,06242) = 0,0021065 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

Posteriormente se aplicó la fórmula de energía interna en el estado 1 para la fase líquida:

$$\mu_{1liq} = h_{1liq} - P_1 * v_{1liq} \left(\frac{J}{kg} \right) \quad (13)$$

Remplazando valores:

$$u_{1liq} = 424620.60 - (1,73 * 10^6)(0,0021065)$$

$$u_{1liq} = 4,209 * 10^5 \left(\frac{J}{kg} \right)$$

Energía interna fase vapor

Para el cálculo de la energía interna en el estado inicial o fase 1 vapor se utilizó la misma fórmula de la energía interna

$$u_{1vap} = h_{1vap} - P_1 * v_{1vap} \left(\frac{J}{kg} \right) \quad (13)$$

Donde:

P_1 : es la presión interna de diseño del recipiente (Psi)

v_{1vap} : es el volumen específico en el estado 1 para la fase vapor $\left(\frac{m^3}{kg} \right)$

h_{1vap} : es la entalpía específica en el estado 1 para la fase vapor $\left(\frac{J}{kg} \right)$

u_{1vap} : es la energía interna en el estado 1 para la fase vapor $\left(\frac{J}{kg} \right)$

Se calculó el volumen específico y la entalpía y realizando la interpolación de valores.

Interpolación de entalpía específica en estado gaseoso.

Se realiza la conversión a unidades del sistema internacional (SI) multiplicando por el factor **(2.326)**.

$$h = h_1 + \frac{(x_3 - x_1)}{(x_2 - x_1)} * (h_2 - h_1) \quad (12)$$

Remplazando valores:

$$h_{1vap} = 305,8 + \frac{(250,92 - 254)}{(240 - 254)} * (305,2 - 305,8) = 305.668$$

$$h_{1vap} = 305.668 \frac{BTU}{Lb} * (2,326) = 710983,76 \left(\frac{J}{kg} \right)$$

Interpolación del volumen específico en estado gaseoso

Para la conversión de unidades al SI se utiliza el factor de conversión (0,06242) como se detalla a continuación:

$$v = v_1 + \frac{(x_3 - x_1)}{(x_2 - x_1)} * (v_2 - v_1) \quad (12)$$

Reemplazando valores:

$$v_{1vap} = 0,459 + \frac{(250,92 - 254)}{(240 - 254)} * (0,432 - 0,459)$$

$$v_{1vap} = 0,453 \frac{Pie^3}{Lb} * (0,06242) = 0,02828 \left(\frac{m^3}{kg} \right)$$

Usando la fórmula de energía interna para el estado uno fase vapor tenemos:

$$u_{1vap} = h_{1vap} - P_1 * v_{1vap} \left(\frac{J}{kg} \right) \quad (13)$$

Reemplazando valores:

$$u_{1vap} = 710983,76 - (1,73 * 10^6)(0,02828)$$

$$u_{1vap} = 6,62 * 10^5 \left(\frac{J}{kg} \right)$$

Energía interna en estado expandido

Se calcula la energía interna del estado 2 o expandido para las dos fases (líquido y vapor) a la presión atmosférica de la ciudad de Piñas.

$$u_2 = (1 - X)h_{2liq} + Xh_{2vap} - (1 - X)P_0v_{2liq} - XP_0v_{2vap} \quad (14)$$

Donde:

u_2 : es la energía interna en el estado 2 o expandido $\left(\frac{J}{kg} \right)$

h_{2liq} : es la entalpía específica en el estado 2 para la fase líquido $\left(\frac{J}{kg} \right)$

h_{2vap} : Entalpía específica en el estado 2 para la fase vapor $\left(\frac{J}{kg} \right)$

v_{2liq} : es el volumen específico en el estado 2 para la fase líquido $\left(\frac{m^3}{kg} \right)$

v_{2vap} : es el volumen específico en el estado 2 para la fase vapor $\left(\frac{m^3}{kg} \right)$

X: es la fracción vapor en % para cada fase de calidad (adimensional)

Para establecer la calidad se debe calcular en base a las entropías en los dos estados para las fases líquido y vapor, considerando que es un proceso isoentrópico, es decir, la entropía del estado 1, S1 es igual a la entropía del estado 2 S2: S1 = S2.

Cálculo de la calidad o fracción de vapor para cada fase, (Yunes A. Cengel, 2012).

Se calculó la fracción de vapor o calidad para las dos fases en el estado 2 con la siguiente ecuación (Yunes A. Cengel, 2012):

Para la fase líquido en el estado 2

$$X_{liq} = \frac{S_{1liq} - S_{2liq}}{S_{2vap} - S_{2liq}} \quad (15)$$

Para la fase vapor en el estado 2

$$X_{liq} = \frac{S_{1vap} - S_{2liq}}{S_{2vap} - S_{2liq}} \quad (15)$$

Donde:

S_{1liq} : es la entropía específica en el estado 1 para la fase líquido ($\frac{J}{kg \cdot K}$)

S_{1vap} : es la entropía específica en el estado 1 para la fase vapor ($\frac{J}{kg \cdot K}$)

S_{2liq} : es la entropía específica en el estado 2 para la fase líquido ($\frac{J}{kg \cdot K}$)

S_{2vap} : es la entropía específica en el estado 2 para la fase vapor ($\frac{J}{kg \cdot K}$)

Cálculo de entropías para el estado 1 fase líquido considerando la presión de diseño del depósito 250,92 psi.

Interpolación de entropía fase líquido.

Se multiplica por el factor de conversión (**4,1868**) para obtener en unidades del sistema internacional.

$$S = S_1 + \frac{(x_3 - x_1)}{(x_2 - x_1)} * (S_2 - S_1) \quad (12)$$

Reemplazando valores:

$$S = 0,399 + \frac{(250,92 - 254)}{(240 - 254)} * (0,391 - 0,399) = 0,397$$

$$S_{1liq} = 0,397 \frac{BTU}{Lb \cdot F} * (4,1868) = 1,662 \frac{kJ}{K \cdot kg}$$

Entropía para el estado 1 fase vapor considerando la presión de diseño del depósito 250,92 psi.

Interpolación de entropía fase vapor.

Para la conversión de unidades al SI se utiliza el factor de conversión (4,1868) como se detalla a continuación:

$$S = S_1 + \frac{(x_3 - x_1)}{(x_2 - x_1)} * (S_2 - S_1) \quad (12)$$

Reemplazando valores:

$$S = 0,588 + \frac{(250,92 - 254)}{(240 - 254)} * (0,589 - 0,588) = 0,5882$$

$$S_{1vap} = 0,5882 \frac{BTU}{Lb^{\circ}F} * (4,1868) = 2,463 \frac{kJ}{K^{\circ}K}$$

Cálculo de entropías para el estado expandido considerando la presión atmosférica 15.53 psi

Interpolación de temperatura.

Como primer paso se debe encontrar la t° haciendo relación con la presión.

$$T = T_1 + \frac{(x_3 - x_1)}{(x_3 - x_1)} * (T_2 - T_1) \quad (12)$$

Remplazando valores:

$$T = -40 + \frac{(15,53 - 16,2)}{(14,4 - 16,2)} * (-45 + 40)$$

$$T = -40 + (0,372)(-5) = -41.86$$

Interpolación de entropía en estado expandido fase líquida.

Para la conversión de unidades al SI se utiliza el factor de conversión (4,1868) como se detalla a continuación:

$$S_{2liq} = S_1 + \frac{(x_3 - x_1)}{(x_2 - x_1)} * (S_2 - S_1) \quad (12)$$

Remplazando valores:

$$S_{2liq} = 0,185 + \frac{(15,53 - 16,2)}{(14,4 - 16,2)} * (0,179 - 0,185) = 0,1828$$

$$S_{2liq} = 0,1828 \frac{BTU}{Lb^{\circ}F} * (4,1868) = 0,765 \frac{kJ}{k^{\circ}K}$$

Interpolación de entropía en estado expandido fase vapor.

Se multiplica por el factor de conversión (**4,1868**) para obtener en unidades del sistema internacional.

$$S_{2vap} = S_1 + \frac{(x_3 - x_1)}{(x_2 - x_1)} * (S_2 - S_1) \quad (12)$$

Remplazando vapores:

$$S_{2vap} = 0,614 + \frac{(15,53 - 16,2)}{(14,4 - 16,2)} * (0,615 - 0,614) = 0,6144$$

$$S_{2vap} = 0,6144 \frac{BTU}{Lb^{\circ}F} * (4,1868) = 2,572 \frac{kJ}{k^{\circ}K}$$

El cálculo de la fracción de vapor o calidad para cada fase.

$$X_{liq} = \frac{1,662-0,765}{2,572-0,765} = 0,496 \quad (15)$$

$$X_{vap} = \frac{2,463-0,765}{2,572-0,756} = 0,94$$

Interpolación de entalpía para el estado 2 fase líquido.

Para la conversión de unidades al SI se utiliza el factor de conversión (2.326) como se detalla a continuación:

$$h_{2liq} = h_1 + \frac{(x_3-x_1)}{(x_2-x_1)} * (h_2 - h_1) \quad (12)$$

Remplazando valores:

$$h_{2liq} = 85 + \frac{(15,53 - 16,2)}{(14,4 - 16,2)} * (82,3 - 85) = 83,995$$

$$h_{2liq} = 83,995 \frac{BTU}{Lb} * (2,326) = 195372,37 \frac{J}{kg}$$

Interpolación de entalpía para el estado 2 fase vapor.

Para la conversión de unidades al SI se utiliza el factor de conversión (2.326) como se detalla a continuación:

$$h_{2vap} = h_1 + \frac{(x_3-x_1)}{(x_2-x_1)} * (h_2 - h_1) \quad (12)$$

Remplazando valores:

$$h_{2vap} = 265,8 + \frac{(15,53 - 16,2)}{(14,4 - 16,2)} * (264,4 - 265,8) = 265,2788$$

$$h_{2vap} = 265,2788 \frac{BTU}{Lb} * (2,326) = 617038,69 \frac{J}{kg}$$

Interpolación del volumen específico para el estado 2 en fase líquido.

Para la conversión de unidades al SI se utiliza el factor de conversión (0,06242) como se detalla a continuación:

$$v_{2liq} = v_1 + \frac{(x_3-x_1)}{(x_2-x_1)} * (v_2 - v_1) \quad (12)$$

Remplazando valores:

$$v_{2liq} = 0,02763 + \frac{(15,53 - 16,2)}{(14,4 - 16,2)} * (0,02748 - 0,02763)$$

$$v_{2liq} = 0,02757 \frac{pie^3}{lb} * (0,06242) = 0,00172 \frac{m^3}{kg}$$

Interpolación del volumen específico para el estado 2 fase vapor.

Para la conversión de unidades al SI se utiliza el factor de conversión (0,06242) como se detalla a continuación:

$$v_{2vap} = v_1 + \frac{(x_3 - x_1)}{(x_2 - x_1)} * (v_2 - v_1) \quad (12)$$

Remplazando valores:

$$v_{2vap} = 3,13 + \frac{(15,53 - 16,2)}{(14,4 - 16,2)} * (6,89 - 3,13)$$

$$v_{2vap} = 4,529 \frac{pie^3}{lb} * (0,06242) = 0,2827 \frac{m^3}{kg}$$

Energía interna en $\frac{J}{kg}$ en el estado 2 para las dos fases.

La energía interna en el estado 2 para la fase líquida se calculó de la siguiente manera.

$$u_{2liq} = (1 - X_{liq})h_{2liq} + X_{liq}h_{2vap} - (1 - X_{liq})P_0v_{2liq} - X_{liq}P_0v_{2vap} \quad (14)$$

Donde:

u_{2liq} : Energía interna en el estado expandido o estado 2 fase líquido en $\frac{J}{kg}$

h_{2liq} : Entalpía específica en el estado 2 fase líquido = $195372,37 \frac{J}{kg}$

h_{2vap} : Entalpía específica en el estado 2 fase vapor = $617038,69 \frac{J}{kg}$

v_{2liq} : Volumen específico en el estado 2 fase líquido = $0,00172 \frac{m^3}{kg}$

v_{2vap} : Volumen específico en el estado 2 fase vapor = $0,2827 \frac{m^3}{kg}$

X_{liq} : Fracción de vapor en el estado 2 fase líquido = 0,496 adimensional

P_0 : 107100Pa

Reemplazando valores:

$$u_{2liq} = (1 - 0,496)(195372,37) + 0,496(617038,69) - (1 - 0,496)(107100)(0,00172) - (0,496)(107100)(0,2827)$$

$$u_{2liq} = 98467,67 + 306051,19 - 92,84 - 15017,48$$

$$u_{2liq} = 389408,54 \frac{J}{kg}$$

Energía interna en J/kg en el estado 2 para la fase vapor.

La energía interna en el estado 2 para la fase de vapor se calculó con la siguiente ecuación:

$$u_{2vap} = (1 - X_{vap})h_{2liq} + X_{vap}h_{2vap} - (1 - X_{vap})P_0v_{2liq} - X_{vap}P_0v_{2vap} \quad (14)$$

Donde:

u_{2vap} : es la energía interna en el estado expandido o estado 2 para la fase vapor ($\frac{J}{kg}$)

h_{2liq} : es la entalpía específica en el estado 2 para la fase líquido ($195372,37 \frac{J}{kg}$)

h_{2vap} : es la entalpía específica en el estado 2 para la fase vapor ($617038.69 \frac{J}{kg}$)

v_{2vap} : es el volumen específico en el estado 2 para la fase vapor ($0,2827 \frac{m^3}{kg}$)

v_{2liq} : es el volumen específico en el estado 2 para la fase líquido ($0,00172 \frac{m^3}{kg}$)

X_{vap} : es la fracción de vapor en el estado 2 para la fase vapor (0,94)

P_0 : 107100Pa

Remplazando valores:

$$u_{2vap} = (1 - 0,94)(195372,37) + 0,94(617038.69) - (1 - 0,94)(107100)(0,00172) - (0,94)(107100)(0,2827)$$

$$u_{2vap} = 11722,34 + 580016.36 - 11,05 - 28460,54$$

$$u_{2vap} = 563267.11 \frac{J}{kg}$$

La masa del líquido en el depósito de GLP se obtiene en función al volumen del cilindro.

Para el estudio del efecto de explosividad en un depósito de GLP es recomendable respetar el porcentaje de llenado establecido por normativas internacional que es el 85%, si se sobre pasa este porcentaje aumenta el riesgo de explosión de un tanque.

Masa de líquido en el recipiente de GLP

Masa en el estado 1 fase liquido

$$m_{1liq} = \frac{0,85*v}{v_{1liq}} = \frac{0,85*20m^3}{2.10*10^{-3}\frac{m^3}{kg}} = 8095.24kg \quad (16)$$

$$m_{1vap} = \frac{0,15*v}{v_{1vap}} = \frac{0,15*20m^3}{0,02828\frac{m^3}{kg}} = 106.08kg \quad (16)$$

La energía total liberada E_{av} .

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

Donde:

E_{av} : Es la energía total liberada en la explosión Expresada en Julios.

m_{1liq} : Es la masa del líquido en el estado inicial = 8095.23kg

u_{1liq} : Es la energía interna en el estado 1 fase líquido = $4,209 * 10^5 \frac{J}{kg}$

m_{1vap} : Es la masa del vapor en el estado inicial = $106.08 kg$

u_{1vap} : Es la energía interna en el estado 1 fase vapor = $6.62 * 10^5 \frac{J}{kg}$

u_{2liq} : Es la energía interna en el estado 2 fase líquido = $3.89 * 10^5 \frac{J}{kg}$

u_{2vap} : Es la energía interna en el estado 2 fase vapor = $5.63 * 10^5 \frac{J}{kg}$

Reemplazando:

$$E_{av} = (8095.23 * 4,209 * 10^5 + 106.08 * 6.62 * 10^5) - (8095.23 * 3.89 * 10^5 + 106.08 * 5.63 * 10^5)$$

$$E_{av} = 3407282307 + 70224960 - 3149044470 - 59723040$$

$$E_{av} = 2,68 * 10^8 J$$

Determinación de la energía efectiva de la onda de presión E_x en J.

Para la determinación de la energía efectiva se considera la altura a la que se encuentra el recipiente, por la flexión de la onda que esta puesta producir, la reflexión puede ocasionar mayores sobrepresiones, de acuerdo a la investigación realizada se considera que la onda reflejada puede ser mayor a lo que generaría una onda con doble energía por tal razón se considera que el recipiente se encuentra a una distancia de 1.8m del suelo cuando el ángulo de visión del depósito es inferior a 15°

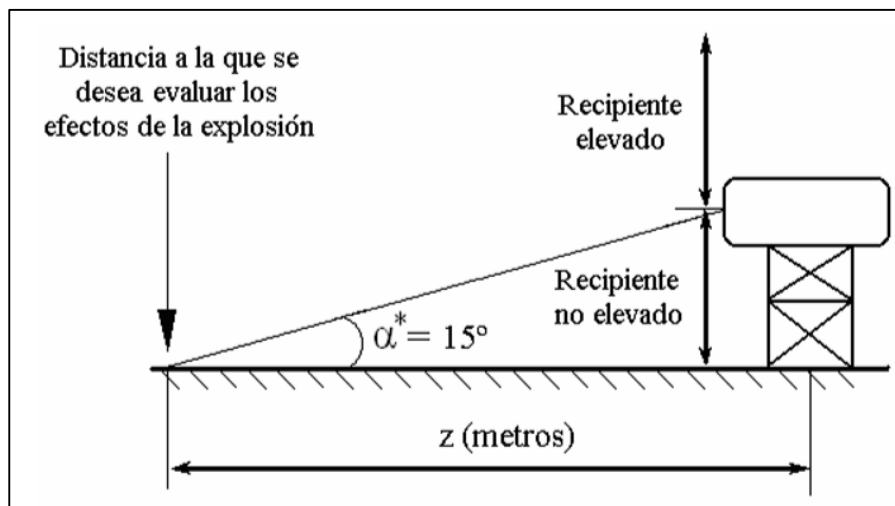


Figura 2-4: Diferencia de depósitos a distinto nivel

Fuente: (Díaz Alonso, 2006)

Los depósitos de gas licuado de petróleo se encuentran elevados a una distancia de 1.8m aproximados sobre el nivel del suelo, a partir de una distancia (z) aproximada de 7m, el ángulo de visión del

depósito es inferior a 15°, para el desarrollo del cálculo de energía efectiva se considera un factor fijo de 2 para A_{sb} (ALONSO, 2006).

Energía efectiva de la onda de presión.

$$E_{exp} = A_{sb} * E_{av} \quad (17)$$

Donde:

E_{exp} : Energía efectiva de la onda de presión en Julios

A_{sb} : Factor por ángulo de visión del depósito inferior a 15°

E_{av} : Es la energía total liberada en la explosión expresada en Julios

Reemplazando valores:

$$E_{exp} = 2 * 2,68 * 10^8 J$$

$$E_{exp} = 5,37 * 10^8 J$$

El cálculo de la distancia y energía escalada, (R')

$$R' = z \left(\frac{P_0}{E_{exp}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (18)$$

R' : La distancia y la energía escalada son adimensionales, se lo obtiene en función de la distancia de la explosión al sitio que se considere de afectación, de la energía efectiva de la onda de presión y de la presión atmosférica del lugar donde se provocaría la explosión. R' es un valor comprendido entre 10^{-2} hasta 10^3 .

P_0 : Presión atmosférica en el lugar de la explosión en Pascales, para el ejercicio se utiliza la presión atmosférica de la ciudad de Piñas acorde a la ubicación, valor es igual a 107100 Pa.

Z : Distancia en metros del depósito al punto que se quiere considerar afectado por la explosión.

Para el estudio se considera los siguientes valores: 7, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 100, 150, 200, 300 metros.

Cálculos para una distancia estimada de 7 metros.

Reemplazando valores:

$$R' = 7 \left(\frac{107100}{5,37 * 10^8} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$R' = 0.41 m^2$$

La determinación de la sobrepresión escalada (P') e Impulso escalado (i').

Con R' se determina la sobrepresión escalada P' (adimensional) de acuerdo a los valores de las tablas que corresponde a:

Para un R' de 0.41 se tiene un valor de tabla de P' igual a 2

Con el valor de R' encontrado, ahora se determina el impulso escalado i' (adimensional) de acuerdo a los valores del grafico que corresponde a:

Para un $R'= 0.41$ se tiene un valor encontrado de $i'= 0.12$

El ajuste de la sobrepresión escalada y el impulso escalado.

Para crear el ajuste de la sobre presión escalda y del impulso escaldo se debe considerar la ubicación respecto al suelo y forma del recipiente.

El hecho de estar ubicado próximo al piso y ser de forma cilíndrica su efecto aumenta, por esos los resultados obtenidos del impulso de escalada (i') y sobrepresión escalada (P') se debe multiplicarse por los factores de ajuste consideradas en las tablas, es decir, que el cálculo depende de la ubicación de los recipientes y de la geometría.

Por lo tanto, la sobrepresión escalada es:

$$P_1' = P' * 1.6 * 2 \quad (19)$$

Donde:

P_1' : es la sobrepresión escalada al considerar la ubicación y forma del recipiente (adimensional).

P' : es la sobrepresión escalada (valor adimensional).

Los valores 1.6 y 2 son factores por la ubicación respecto al suelo y por forma geométrica del recipiente que fueron tomados de las tablas:

Remplazando valores:

$$P_1' = 2 * 1.6 * 2$$

$$P_1' = 6.4$$

Ajuste del impulso escalado:

$$i_1' = i' * 1.1 * 1.6 \quad (20)$$

Donde:

i_1' : es el impulso escalado considerando la ubicación y forma del recipiente (valor adimensional)

i' : es el Impulso escalado (vapor adimensional)

Los valores 1.1 y 1.6 son factores por la ubicación respecto al suelo y por forma geométrica del recipiente que fueron tomados de las tablas:

Reemplazando valores:

$$i'_1 = 0.12 * 1.1 * 1.6$$
$$i'_1 = 0.2112$$

Cálculo de la sobrepresión estática P_s en (Pascales). La sobrepresión estática se calcula mediante la siguiente formula.

$$P_s = P_0 * P'_1 \quad (21)$$

Donde:

P_s : Sobrepresión estática en Pascales

P_0 : Presión atmosférica en la ciudad de Piñas en Pascales

P'_1 : Sobrepresión de escalada (adimensional)

Reemplazando valores:

$$P_s = 107100 * 6.4$$
$$P_s = 685440 Pa$$

Cálculo del impulso mecánico i en Pa.s: El impulso mecánico se calcula de acuerdo a la siguiente formula que propone (ALONSO, 2006):

$$i = \frac{i'_1 P_0^{\frac{1}{3}} E_{exp}^{\frac{1}{3}}}{C_0} \quad (22)$$

Donde:

i : es el impulso mecánico de la onda (Pascales por segundo)

i'_1 : es el impulso escalado (valor adimensional)

P_0 : es la presión atmosférica en la ciudad de Piñas (Pascales)

E_{exp} : es la energía efectiva de la onda de presión al momento del estallido (Julios)

C_0 : Velocidad del sonido (340m/s)

Reemplazando valores:

$$i = \frac{0.2112 * (107100)^{\frac{2}{3}} * (5.37 * 10^8)^{\frac{1}{3}}}{340}$$
$$i = 1138.674 Pa.s$$

Cálculo del número Probit (Pr)

Mediante la metodología Probit se determinó las consecuencias a varias distancias de la zona del accidente, cuantificando probabilísticamente la vulnerabilidad de bienes afectados y personas y por la sobrepresión e impulso mecánico.

En la tabla 2-2 se detallan todos los números Probit y sus respectivos porcentajes, lo que permite determinar las afectaciones a personas y a edificaciones.

4.3.3. Afectaciones por sobrepresión e impulso mecánico.

Muerte por lesiones pulmonares. Para este cálculo se consideró la ecuación Probit que permite estimar el % de muertes por lesiones pulmonares provocada por el deformamiento de la caja torácica es la siguiente:

$$Pr = -77.1 + 6.91 * Ln Ps \quad (3)$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

Reemplazando valores:

$$Pr = -77.1 + 6.91 * \ln(685440)$$

$$Pr = 15.76$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de mortalidad por hemorragia pulmonar que para este caso el número Probit encontrado se traduce en una afectación del 100% para una distancia de 7m.

La muerte por desplazamiento e impacto con todo el cuerpo. La ecuación Probit para estimar el porcentaje de muertes por desplazamiento e impacto con todo el cuerpo es la siguiente.

$$Pr = 5 - 2.44 * \ln \left(\frac{7.38 * 10^3}{Ps} + \frac{1.3 * 10^9}{Ps * i} \right) \quad (4)$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en pascales.

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales x segundo

Reemplazando valores:

$$Pr = 5 - 2.44 * \ln \left(\frac{7.38 * 10^3}{685440} + \frac{1.3 * 10^9}{(685440 * 1138.67)} \right)$$

$$Pr = 3.74$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de mortalidad por desplazamiento e impacto con todo el cuerpo que para este caso el número Probit encontrado se traduce en una afectación del 10% para una distancia de 7m.

Muerte por desplazamiento e impacto con el cráneo. La ecuación Probit para estimar el porcentaje de muertes por desplazamiento e impacto con el cráneo es la siguiente.

$$Pr = 5 - 8.49 * \ln \left(\frac{2430}{Ps} + \frac{4 * 10^8}{Ps * i} \right) \quad (5)$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en pascales.

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales x segundo

Remplazando valores:

$$Pr = 5 - 8.49 * \ln \left(\frac{2430}{685440} + \frac{4 * 10^8}{(685440 * 1138.67)} \right)$$

$$Pr = 10.62$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de mortalidad por desplazamiento e impacto con el cráneo que para este caso el número Probit encontrado se traduce en una afectación del 100% para una distancia de 7m.

Rotura de Tímpano. Para este cálculo se utilizó la ecuación Probit que estima el porcentaje de afectados por rotura de tímpano considerando la siguiente ecuación:

$$Pr = -12.6 + 1.52 * \ln(Ps) \quad (6)$$

Donde:

Pr: es el N° Probit

Ps: es la sobrepresión estática (Pascales)

Reemplazando valores:

$$Pr = -12.6 + 1.52 * \ln(685440)$$

$$Pr = 7.83$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de rotura del tímpano que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 99.8% para una distancia de 7m.

Daños estructurales menores en edificios. La ecuación Probit para estimar el porcentaje de los daños estructurales menores en edificios es la siguiente.

$$Pr = 5 - 0.26 * Ln(S) \quad (7)$$

$$S = \left(\frac{4600}{Ps}\right)^{3.9} + \left(\frac{110}{i}\right)^5$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales x segundo

Reemplazando valores:

$$S = \left(\frac{4600}{685440}\right)^{3.9} + \left(\frac{110}{1138.67}\right)^5$$

$$S = 0.0000084$$

$$Pr = 5 - 0.26 * Ln(0.0000084)$$

$$Pr = 8.04$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de daños estructurales menores en edificios que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 99.9% para una distancia de 7m.

Daños estructurales mayores en edificios. La ecuación Probit para estimar el porcentaje de daños estructurales mayores en edificios es la siguiente.

$$Pr = 5 - 0.26 * Ln(S) \quad (8)$$

$$S = \left(\frac{17500}{Ps}\right)^{8.4} + \left(\frac{290}{i}\right)^{9.3}$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales por segundo

Reemplazando valores:

$$S = \left(\frac{17500}{685440}\right)^{8.4} + \left(\frac{290}{1138.67}\right)^{9.3}$$

$$S = 0.0000030$$

$$Pr = 8.31$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de daños estructurales mayores en edificios que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 100% para una distancia de 7m.

Colapso de edificios. La ecuación Probit para estimar el porcentaje de colapso de edificios es la siguiente.

$$Pr = 5 - 0.22 * Ln(S) \quad (9)$$

$$S = \left(\frac{40000}{Ps}\right)^{7.4} + \left(\frac{460}{i}\right)^{11.3}$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales por segundo

Reemplazando valores:

$$S = \left(\frac{40000}{685440}\right)^{7.4} + \left(\frac{460}{1138.67}\right)^{11.3}$$

$$S = 0.0000356$$

$$Pr = 7.25$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de colapso de edificios que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 98% para una distancia de 7m.

Rotura de Cristales. La ecuación Probit para estimar el porcentaje de rotura de cristales es la siguiente.

$$Pr = -18.1 + 2.79 * Ln(Ps) \quad (10)$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

Reemplazando valores:

$$Pr = -18.1 + 2.79 * Ln(685440)$$

$$Pr = 19.39$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de rotura de cristales en edificios que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 100% para una distancia de 7m.

De igual manera se procede para el cálculo aplicando las ecuaciones anteriormente sustituyendo los valores planteados (distancias) para el análisis, considerando estos valores se calculó el impulso escalado, la sobrepresión escalada, la sobrepresión estática, número Probit e impulso mecánico determinando el porcentaje de afectación a distinta distancia (m).

A continuación, los resultados obtenidos de los cálculos anteriormente mencionados considerando la explosión de un depósito con un volumen aproximado de 20m³.

Tabla 2-4: Resumen de valores encontrados en función de las distancias para el análisis de la onda expansiva de un depósito de 20 m³

Resumen de valores encontrados en función de las distancias para el análisis de la onda expansiva de un depósito de 20 m ³												
Distancia (m)	Distancia-Energía Escalada	Valor encontrado en tablas		Factores de ajuste para P'		Sobrepresión Escalada	Factores de ajuste para i'		Impulso Escalado	Sobrepresión estática	Impulso Mecánico	Área de intervención
		R'	P'	i'	Factor 1		Factor 2	P'1				
7	0.41	2	0.12	1.6	2	6.4	1.1	1.6	0.2112	685440	1138.674	Diésel
8	0.46	1.7	0.09	1.6	2	5.44	1.1	1.6	0.1584	582624	854.006	
10	0.58	1.2	0.08	1.6	2	3.84	1.1	1.6	0.1408	411264	759.116	
15	0.87	0.5	0.057	1.6	2	1.6	1.1	1.6	0.10032	171360	540.870	
20	1.16	0.3	0.045	1.6	1.1	0.528	1.1	1	0.0495	56548.8	266.877	
25	1.45	0.2	0.035	1.6	1.1	0.352	1.1	1	0.0385	37699.2	207.571	
30	1.74	0.15	0.028	1.6	1.1	0.264	1	1	0.028	28274.4	150.961	
40	2.32	0.1	0.022	1.6	1.1	0.176	1	1	0.022	18849.6	118.612	
50	2.89	0.08	0.017	1.6	1.1	0.1408	1	1	0.017	15079.68	91.655	
60	3.47	0.06	0.015	1.6	1.1	0.1056	1	1	0.015	11309.76	80.872	
70	4.05	0.047	0.012	1.4	1.1	0.07238	1	1	0.012	7751.898	64.697	
75	4.34	0.04	0.01	1.4	1.1	0.0616	1	1	0.01	6597.36	53.914	
80	4.63	0.038	0.0095	1.4	1.1	0.05852	1	1	0.0095	6267.492	51.219	Oficinas
100	5.79	0.03	0.008	1.4	1.1	0.0462	1	1	0.008	4948.02	43.132	
150	8.68	0.02	0.0057	1.4	1.1	0.0308	1	1	0.0057	3298.68	30.731	
200	11.58	0.015	0.0046	1.4	1.1	0.0231	1	1	0.0046	2474.01	24.801	
300	17.37	0.009	0.0028	1.4	1.1	0.01386	1	1	0.0028	1484.406	15.096	Punto de encuentro

Realizado por: Balcázar, A. 2021

4.4. Alcance del estudio para un depósito de 20m³ en caso de explosión.

Cuando ocurre una explosión se produce una onda expansiva por el cambio súbito de presión que avanza en su trayectoria desde el eje central hasta sus alrededores disminuyendo su intensidad, por lo cual dependerá de la sobrepresión, intensidad y la situación en que se encuentre expuesto para generar un daño de mayor gravedad.

Una vez determinado el número Probit se obtiene el porcentaje de afectación considerando los daños a seres humanos y a los bienes de la planta de beneficio SODIREC.

Lesiones pulmonares: El organismo es muy resistente a una sobrepresión, debido a que gran parte de su constitución es agua, por lo tanto, las afectaciones tendrán lugar en aquellas partes susceptibles de ser alteradas como la caja torácica.

Tabla 3-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Muerte por lesiones pulmonares				
Nº	Distancia (m)	Sobrepresión Ps (Pa)	Probit (Pr)	% (Afectación)
1	7	685440	15.76	100
2	8	582624	14.63	100
3	10	411264	12.23	100
4	15	171360	6.18	88
5	20	56548.8	-1.48	0
6	25	37699.2	-4.29	0
7	30	28274.4	-6.27	0
8	40	18849.6	-9.08	0
9	50	15079.68	-10.62	0
10	60	11309.76	-12.61	0
11	70	7751.898	-15.22	0
12	75	6597.36	-16.33	0
13	80	6267.492	-16.68	0
14	100	4948.02	-18.32	0
15	150	3298.68	-21.12	0
16	200	2474.01	-23.11	0
17	300	1484.406	-26.64	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones por hemorragia pulmonar del 100% a una distancia de 7 a 15m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 20m.

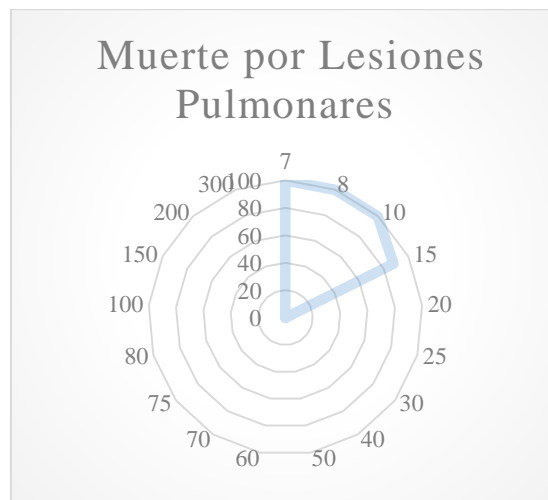


Gráfico 1-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Muertes por desplazamiento e impacto con todo el cuerpo: La sobrepresión puede provocar el impulso de un cuerpo y posteriormente choques involuntarios contra algún obstáculo este tipo de accidentes pueden producir un daño leve o grave sobre la persona.

Tabla 4-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones por desplazamiento e impacto con el cuerpo entero del 10% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 10m.



Gráfico 2-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Muertes por desplazamiento e impacto con el cráneo: La sobrepresión puede provocar el impulso de un cuerpo y posteriormente choques involuntarios contra algún obstáculo este tipo de accidentes pueden producir un daño leve o grave sobre la persona como una fractura craneal.

Tabla 4-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Muertes por desplazamiento e impacto con el cráneo						
Nº	Distancia (m)	i	Sobrepresión Ps (Pa)	Ps*i	Probit (Pr)	% (Afectación)
1	7	1138,674	685440	780492709,6	6,61	90
2	8	854,005503	582624	497564102,3	5,52	70
3	10	759,116003	411264	312197083,8	4,38	26
4	15	540,870152	171360	92683509,26	1,42	0
5	20	266,87672	56548,8	15091558,25	-3,00	0
6	25	207,570782	37699,2	7825252,427	-4,60	0
7	30	150,960569	28274,4	4268319,505	-6,08	0
8	40	118,611875	18849,6	2235786,408	-7,66	0
9	50	91,654631	15079,68	1382122,507	-8,83	0
10	60	80,8717333	11309,76	914639,894	-9,84	0
11	70	64,6973866	7751,898	501527,5419	-11,30	0
12	75	53,9144888	6597,36	355693,2921	-12,14	0
13	80	51,2187644	6267,492	321013,1961	-12,39	0
14	100	43,1315911	4948,02	213415,9753	-13,39	0
15	150	30,7312586	3298,68	101372,5883	-15,20	0
16	200	24,8006649	2474,01	61357,09289	-16,43	
17	300	15,0960569	1484,406	22408,6774	-18,89	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones por desplazamiento e impacto con el cráneo del 90% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 15m.



Gráfico 3-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Rotura de tímpano: El organismo es muy resistente a una sobrepresión, debido a que gran parte de su constitución es agua, por lo tanto, las afectaciones tendrán lugar en aquellas partes susceptibles de ser alteradas como la cavidad auditiva.

Tabla 5-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Rotura de tímpano				
Nº	Distancia (m)	Sobrepresión (Pa)	Probit (Pr)	% (Daño)
1	7	685440	7.83	99.8
2	8	582624	7.58	99.5
3	10	411264	7.05	98
4	15	171360	5.72	76
5	20	56548.8	4.03	17
6	25	37699.2	3.42	6
7	30	28274.4	2.98	2
8	40	18849.6	2.36	0
9	50	15079.68	2.02	0
10	60	11309.76	1.59	0
11	70	7751.898	1.01	0
12	75	6597.36	0.77	0
13	80	6267.492	0.69	0
14	100	4948.02	0.33	0
15	150	3298.68	-0.29	0
16	200	2474.01	-0.72	0
17	300	1484.406	-1.50	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones por rotura de tímpano del 99.8% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 40m.

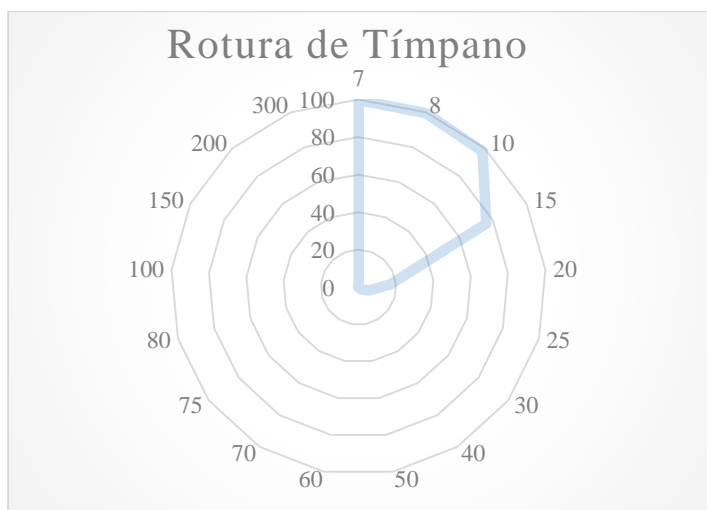


Gráfico 4-4: Afectación vs distancia

Daños estructurales menores en edificios: Los daños ocasionados por las ondas de sobrepresión y el impulso mecánico sobre la infraestructura dependerá de los materiales de construcción.

Tabla 6-4: Porcentaje de daños materiales en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Daños estructurales menores en edificios								
N°	Distancia (m)	Ps	i	S	Probit (Pr)	% (Afectación)		
1	7	685440	1138.67	0.0000084	8.04	99.9	0.007	0.10
2	8	582624.00	854.006	0.0000355	7.66	99.6	0.008	0.13
3	10	411264	759.116	0.0000639	7.51	99.4	0.011	0.14
4	15	171360	540.87	0.0003487	7.07	98	0.027	0.20
5	20	56548.8	266.877	0.0119525	6.15	88	0.081	0.41
6	25	37699.2	207.571	0.0420693	5.82	79	0.122	0.53
7	30	28274.4	150.961	0.2062615	5.41	66	0.163	0.73
8	40	18849.6	118.612	0.6900815	5.10	54	0.244	0.93
9	50	15079.68	91.6546	2.4997047	4.76	41	0.305	1.20
10	60	11309.76	80.8717	4.6855854	4.60	35	0.407	1.36
11	70	7751.898	64.6974	14.338531	4.31	25	0.593	1.70
12	75	6597.36	53.9145	35.598815	4.07	18	0.697	2.04
13	80	6267.492	51.2188	45.988950	4.00	16	0.734	2.15
14	100	4948.02	43.1316	108.643644	3.78	11	0.930	2.55
15	150	3298.68	30.7313	591.230680	3.34	5	1.394	3.58
16	200	2474.01	24.8007	1727.744702	3.06	2	1.859	4.44
17	300	1484.406	15.0961	20624.502767	2.42	0	3.099	7.29

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones a las instalaciones de la planta por daños menores del 99.9% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 16% de afectaciones a una distancia de 80m, medida a tomar en cuenta.



Gráfico 5-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Daños estructurales mayores: Los daños ocasionados por las ondas de sobrepresión y el impulso mecánico sobre la infraestructura dependerá de los materiales de construcción.

Tabla 7-4: Porcentaje de daños materiales en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Daños estructurales mayores en edificios							
Nº	Distancia (m)	Ps	i	S	Probit (Pr)	% (Afectación)	
1	7	685440	1138.67	0.0000030	8.31	100	0.026 0.255
2	8	582624.00	854.006	0.0000434	7.61	99.6	0.030 0.340
3	10	411264	759.116	0.0001298	7.33	99	0.043 0.382
4	15	171360	540.87	0.0030376	6.51	92	0.102 0.536
5	20	56548.8	266.877	2.1658207	4.80	42	0.309 1.087
6	25	37699.2	207.571	22.422614	4.19	21	0.464 1.397
7	30	28274.4	150.961	433.39952	3.42	6	0.619 1.921
8	40	18849.6	118.612	4082.8777	2.84	2	0.928 2.445
9	50	15079.68	91.6546	44905.4554	2.21	0	1.161 3.164
10	60	11309.76	80.8717	143849.9608	1.91	0	1.547 3.586
11	70	7751.898	64.6974	1146591.5835	1.37	0	2.258 4.482
12	75	6597.36	53.9145	6247296.0667	0.93	0	2.653 5.379
13	80	6267.492	51.2188	10065867.3522	0.81	0	2.792 5.662
14	100	4948.02	43.1316	49780308.6364	0.39	0	3.537 6.724
15	150	3298.68	30.7313	1164824262.47	-0.43	0	5.305 9.437
16	200	2474.01	24.8007	8560289269.83	-0.95	0	7.074 11.693
17	300	1484.406	15.0961	865711360001	-2.15	0	11.789 19.210

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones a las instalaciones de la planta por daños mayores del 100% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 50m, medida a tomar en cuenta.

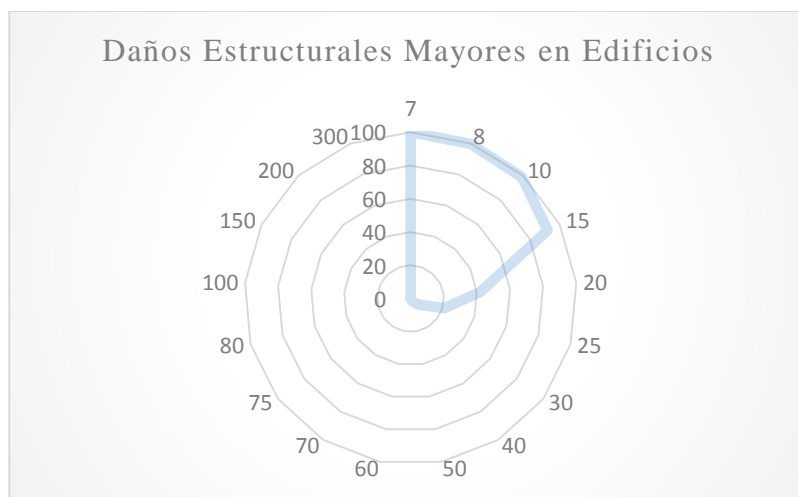


Gráfico 6-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Colapso de edificios: Los daños ocasionados por las ondas de sobrepresión y el impulso mecánico sobre la infraestructura dependerá de los materiales de construcción. Daños directos sobre los bienes de la planta.

Tabla 8-4: Porcentaje de colapso de edificios en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Colapso de edificios								
N°	Distancia (m)	Ps	i	S	Probit (Pr)	% (Colapso)		
1	7	685440	1138.674	0.0000356336	7.25	98	0.058	0.404
2	8	582624.00	854.0055	0.0009197273	6.54	94	0.069	0.539
3	10	411264	759.116	0.0034808514	6.25	90	0.097	0.606
4	15	171360	540.8702	0.1604240777	5.40	65	0.233	0.850
5	20	56548.8	266.8767	469.81189553	3.65	9	0.707	1.724
6	25	37699.2	207.5708	8040.2385839	3.02	4	1.061	2.216
7	30	28274.4	150.9606	293781.83919	2.23	0	1.415	3.047
8	40	18849.6	118.6119	4482708.6272	1.63	0	2.122	3.878
9	50	15079.68	91.65463	82570669.432	0.99	0	2.653	5.019
10	60	11309.76	80.87173	339683834.50	0.68	0	3.537	5.688
11	70	7751.898	64.69739	4228269337.8	0.12	0	5.160	7.110
12	75	6597.36	53.91449	33181769586.4	-0.33	0	6.063	8.532
13	80	6267.492	51.21876	59240857182.6	-0.46	0	6.382	8.981
14	100	4948.02	43.13159	413028535966.9	-0.88	0	8.084	10.665
15	150	3298.68	30.73126	19033031008234.9	-1.73	0	12.126	14.968
16	200	2474.01	24.80066	214649419504349.0	-2.26	0	16.168	18.548
17	300	1484.406	15.09606	58614622025270900.0	-3.49	0	26.947	30.472

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones a las instalaciones de la planta por colapso de edificaciones del 98% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 30m.



Gráfico 7-4: Afectación vs distancia
Realizado por: Balcázar, A. 2021

Rotura de Cristales: Los daños ocasionados por las ondas de sobrepresión y el impulso mecánico sobre la infraestructura dependerá de los materiales de construcción. Daños directos sobre los bienes de la planta.

Tabla 9-4: Porcentaje de rotura de cristales en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Rotura de cristales				
N°	Distancia (m)	Sobrepresión Ps (Pa)	Probit (Pr)	% Rotura
1	7	685440	19.39	100
2	8	582624.00	18.94	100
3	10	411264	17.97	100
4	15	171360	15.52	100
5	20	56548.8	12.43	100
6	25	37699.2	11.30	100
7	30	28274.4	10.50	100
8	40	18849.6	9.37	100
9	50	15079.68	8.74	100
10	60	11309.76	7.94	99.8
11	70	7751.898	6.89	98
12	75	6597.36	6.44	93
13	80	6267.492	6.29	90
14	100	4948.02	5.63	74
15	150	3298.68	4.50	31
16	200	2474.01	3.70	10
17	300	1484.406	2.27	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones a las instalaciones de la planta por rotura de cristales del 100% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 90% de afectaciones a una distancia de 80m. medida a tomar en cuenta

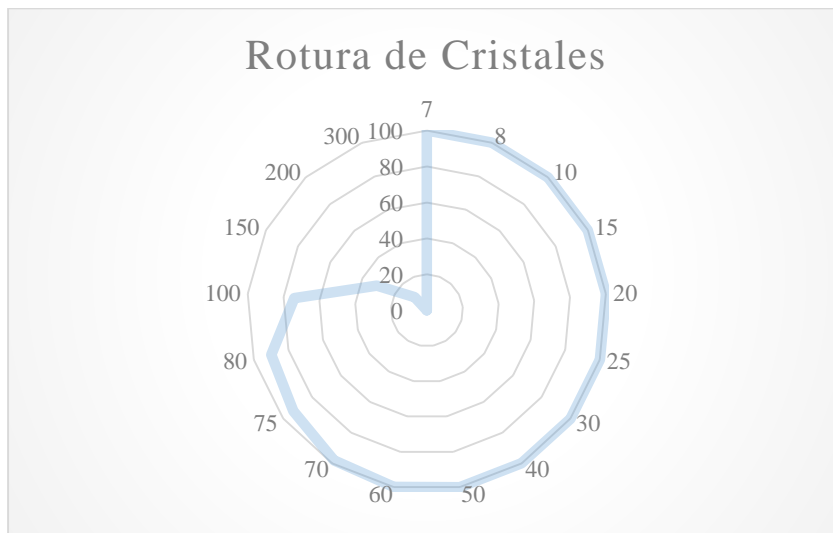


Gráfico 8-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

En áreas de almacenamiento de combustibles existe el riesgo de estallido, un solo depósito es casi improbable, los eventos de explosión y/o incendio contaminan generalmente a los demás depósitos, generando el efecto domino, por lo tanto, se determinará los efectos de explosión de dos depósitos y del total para plantear una medida preventiva.

4.5. Estudio de la onda expansiva par un depósito de GLP cuyo volumen aproximado es 4 m³.

Para el estudio del recipiente de 4 m³ se asume las mismas condiciones atmosféricas del sitio y las condiciones de diseño son las mismas, para ambos casos a diferencia del volumen, porque se recopila los mismos cálculos a distinta masa volumétrica.

La masa del líquido en el recipiente de GLP se obtiene en función del volumen del cilindro.

Masa en el estado 1 fase liquido

$$m_{1liq} = \frac{0,85*v}{v_{1liq}} = \frac{0,85*4m^3}{2,10*10^{-3}\frac{m^3}{kg}} = 1619.05kg \quad (16)$$

$$m_{1vap} = \frac{0,15*v}{v_{1vap}} = \frac{0,15*4m^3}{0,02828\frac{m^3}{kg}} = 21.22kg$$

La energía total liberada E_{av} se obtiene aplicando la siguiente formula.

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

Donde:

E_{av} : Es la energía total liberada en la explosión (Julios).

m_{1liq} : Es la masa del líquido en el estado inicial (1619.05kg)

u_{1liq} : Es la energía interna en el estado 1 para la fase líquido ($4,209 * 10^5 \frac{J}{kg}$)

m_{1vap} : Es la masa del vapor en el estado inicial (21.22 kg)

u_{1vap} : Es la energía interna en el estado 1 para la fase vapor ($6.62 * 10^5 \frac{J}{kg}$)

u_{2liq} : Es la energía interna en el estado 2 para la fase líquido ($3.89 * 10^5 \frac{J}{kg}$)

u_{2vap} : Es la energía interna en el estado 2 para la fase vapor ($5.63 * 10^5 \frac{J}{kg}$)

Reemplazando valores:

$$E_{av} = (1619.05 * 4,209 * 10^5 + 21.22 * 6.62 * 10^5) - (1619.05 * 3.89 * 10^5 + 21.22 * 5.63 * 10^5)$$

$$E_{av} = 681458145 + 14047640 - 629810450 - 11946860$$

$$E_{av} = 5.4 * 10^7 \text{ J}$$

Determinación de la energía efectiva de la onda de presión E_x en J.

El depósito de combustible se encuentra elevado 1.80m sobre el nivel del suelo y a partir de 7 m de distancia aproximada, el ángulo de visión del depósito es diferente a 15° , por lo que se debe de utilizar un factor igual a 2 para A_{sb} .

Energía efectiva de la onda de presión.

$$E_{exp} = A_{sb} * E_{av} \quad (17)$$

Donde:

E_{exp} : es la energía efectiva de la onda de presión (Julios)

E_{av} : Es la energía total liberada en la explosión (Julios)

A_{sb} : es el Factor por ángulo de visión del depósito (inferior a 15°)

Al reemplazando valores tenemos:

Reemplazando valores:

$$E_{exp} = 2 * 5.4 * 10^7 \text{ J}$$

$$E_{exp} = 1.08 * 10^8 \text{ J}$$

Para calcular la distancia de energía escalada, (R')

$$R' = z \left(\frac{P_0}{E_{exp}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (18)$$

R' : Distancia-energía escalada (adimensional), se lo obtiene considerando la distancia del sitio afectado a la explosión, de la energía efectiva de la onda de presión y presión atmosférica de la zona donde se produciría la explosión.

R' : es comprende un que va de 10^{-2} a 10^3 .

P_0 : es la presión atmosférica en la zona de la explosión (Pascuales), en este estudio se utiliza la presión atmosférica de la ciudad de Piñas (107100 Pa).

Z : es la distancia (m) del depósito al punto que se quiere considerar afectado por la explosión. En estos cálculos se consideran los siguientes metros: 7, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 100, 150, 200 y 300.

Cálculos para una distancia estimada de 7 metros.

Remplazando valores:

$$R' = 7 \left(\frac{107100}{1.08 * 10^8} \right)^{\frac{1}{3}}$$
$$R' = 0.7 \text{ m}^2$$

La determinación de la sobrepresión escalada (P') e Impulso escalado i'.

Una vez que se calculó R' se puede determinar la sobrepresión escalada P' (adimensional) en función de los valores de la tabla que se detallan así:

Para un R' = 0.7 se tiene un valor encontrado de P' = 0.65

Con el valor de R' encontrado, ahora se determina el impulso escalado i' (adimensional) de acuerdo a los valores del grafico que corresponde a:

Para un R' = 0.7 se tiene un valor encontrado de i' = 0.062

El ajuste de la sobrepresión escalada y del impulso escalado.

Para realizar el ajuste del impulso escalado y de la sobrepresión escalada se debe considerar la ubicación respecto al suelo y forma del recipiente.

Al estar ubicado próximos al piso y ser un recipiente cilíndrico los efectos aumentan, por ello los resultados obtenidos del impulso de escalada (i') y sobrepresión escalada (P'1) se deben multiplicar por los factores de ajuste de las tablas respectivamente, es decir dependen de la ubicación y geometría del recipiente.

Por lo tanto, la sobrepresión escalada se calculó con la ecuación 19:

$$P_1' = P' * 1.6 * 2 \tag{19}$$

Donde:

P₁' : Sobrepresión escalada considerando la ubicación y forma del recipiente (valor adimensional).

P' : Sobrepresión escalada (valor adimensional).

Factores 1.6 y 2 considerados por la ubicación respecto al suelo y forma geométrica del recipiente y tomados de las tablas:

$$P_1' = 0.65 * 1.6 * 2$$

$$P_1' = 2.08$$

Ajuste del impulso escalado:

$$i_1' = i' * 1.1 * 1.6 \tag{20}$$

Donde:

i'_1 : Impulso escalado considerando la ubicación y forma del recipiente (valor adimensional)

i' : Impulso escalado (valor adimensional).

Factores 1.1 y 1.6 considerados por la ubicación respecto al suelo y forma geométrica del recipiente y tomados de las tablas:

Reemplazando valores:

$$i'_1 = 0.062 * 1.1 * 1.6$$

$$i'_1 = 0.10912$$

Cálculo de la sobrepresión estática P_s en (Pascales). La sobrepresión estática se calcula mediante la siguiente formula.

$$P_s = P_0 * P'_1 \quad (21)$$

Donde:

P_s : Sobrepresión estática (Pa)

P_0 : Presión atmosférica en la ciudad de Piñas (Pa)

P'_1 : Sobrepresión de escalada (valor adimensional)

Reemplazando valores:

$$P_s = 107100 * 2.08$$

$$P_s = 222768 \text{ Pa}$$

Cálculo del impulso mecánico i en Pa. s: El impulso mecánico se calcula de acuerdo a la siguiente formula que propone (ALONSO, 2006):

$$i = \frac{i'_1 P_0^{\frac{1}{3}} E_{exp}^{\frac{1}{3}}}{C_0} \quad (22)$$

Donde:

i : Impulso mecánico de la onda (Pascales por segundo)

i'_1 : Impulso escalado en (valor adimensional)

P_0 : Presión atmosférica en la ciudad de Piñas (Pa)

E_{exp} : Energía efectiva de la onda de presión al momento del estallido (J)

C_0 : Velocidad del sonido (340m/s)

Reemplazando valores:

$$i = \frac{0.10912 * (107100)^{\frac{2}{3}} * (1.08 * 10^8)^{\frac{1}{3}}}{340}$$

$$i = 344.688 \text{ Pa.s}$$

Cálculo del número Probit (Pr)

Afectaciones por sobrepresión e impulso mecánico.

Muerte por lesiones pulmonares.

$$Pr = -77.1 + 6.91 * \ln Ps \quad (3)$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

Reemplazando valores:

$$Pr = -77.1 + 6.91 * \ln(222768)$$

$$Pr = 7.99$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de mortalidad por hemorragia pulmonar que para este caso el número Probit encontrado se traduce en una afectación del 99.9% para una distancia de 7m según la tabla.

Las afectaciones muerte por impacto con todo el cuerpo y desplazamiento y con el cráneo son válidas para Ps mayor a 400000 Pa según (ALONSO, 2006 pág. 49). En el análisis de un depósito de 4m³ se obtiene una Ps de 222768Pa. Siendo menor a lo requerido.

Rotura de Tímpano.

$$Pr = -12.6 + 1.52 * \ln(Ps) \quad (6)$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en pascales.

Reemplazando valores:

$$Pr = -12.6 + 1.52 * \ln(222768)$$

$$Pr = 6.12$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de rotura del tímpano que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 87% para una distancia de 7m según la tabla.

Daños estructurales menores en edificios.

$$Pr = 5 - 0.26 * \ln(S) \quad (7)$$

$$S = \left(\frac{4600}{P_s}\right)^{3.9} + \left(\frac{110}{i}\right)^5$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales x segundo

Reemplazando valores:

$$S = \left(\frac{4600}{222768}\right)^{3.9} + \left(\frac{110}{343.621}\right)^5$$

$$S = 0.00336$$

$$Pr = 5 - 0.26 * \ln(0.00336)$$

$$Pr = 6.48$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de daños estructurales menores en edificios que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 93% para una distancia de 7m según la tabla.

Daños estructurales mayores en edificios.

$$Pr = 5 - 0.26 * \ln(S) \tag{8}$$

$$S = \left(\frac{17500}{P_s}\right)^{8.4} + \left(\frac{290}{i}\right)^{9.3}$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales x segundo

Reemplazando valores:

$$S = \left(\frac{17500}{222768}\right)^{8.4} + \left(\frac{290}{343.621}\right)^{9.3}$$

$$S = 0.2064$$

$$Pr = 5.41$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de daños estructurales mayores en edificios que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 66% para una distancia de 7m según la tabla.

Colapso de edificios.

$$Pr = 5 - 0.22 * \ln(S) \tag{9}$$

$$S = \left(\frac{40000}{P_s}\right)^{7.4} + \left(\frac{460}{i}\right)^{11.3}$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales x segundo

Reemplazando valores:

$$S = \left(\frac{40000}{222768}\right)^{7.4} + \left(\frac{460}{343.621}\right)^{11.3}$$

$$S = 27.0062$$

$$Pr = 4.27$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de colapso de edificios que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 23% para una distancia de 7m según la tabla

Rotura de Cristales.

$$Pr = -18.1 + 2.79 * Ln(P_s) \quad (10)$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

Reemplazando valores:

$$Pr = -18.1 + 2.79 * Ln(222768)$$

$$Pr = 16.25$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de rotura de cristales en edificios que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 100% para una distancia de 7m según la tabla.

De igual manera se procede para el cálculo aplicando las ecuaciones anteriormente sustituyendo los valores planteados (distancias) para el análisis, a partir de estos valores se calcula el impulso escalado, la sobrepresión escalada, impulso mecánico, la sobrepresión estática, y numero Probit determinando el porcentaje de afectación a distinta distancia (m).

A continuación, los resultados obtenidos de los cálculos anteriormente mencionados considerando la explosión de un depósito con un volumen aproximado de 4 m3. }

Tabla 10-4: Resumen de valores encontrados en función de las distancias para el análisis de la onda expansiva de un depósito de 4 m³

Resumen de valores encontrados en función de las distancias para el análisis de la onda expansiva de un depósito de 4 m ³												
Distancia (m)	Distancia-Energía Escalada	Valor encontrado en tablas		Factores de ajuste para P'		Sobrepresión Escalada	Factores de ajuste para i'		Impulso Escalado	Sobrepresión estática	Impulso Mecánico	Área de intervención
		R'	P'	i'	Factor 1		Factor 2	P'1				
7	0.70	0.65	0.0620	1.6	2	2.08	1.1	1.6	0.10912	222768	344.688	
8	0.80	0.51	0.058	1.6	2	1.632	1.1	1.6	0.10208	174787.2	322.450	
10	1.00	0.36	0.047	1.6	1.1	0.6336	1.1	1	0.0517	67858.56	163.310	
15	1.50	0.23	0.035	1.6	1.1	0.4048	1.1	1	0.0385	43354.08	121.614	
20	2.00	0.12	0.027	1.6	1.1	0.2112	1	1	0.027	22619.52	85.288	
25	2.50	0.085	0.020	1.6	1.1	0.1496	1	1	0.02	16022.16	63.176	
30	3.00	0.062	0.017	1.6	1.1	0.10912	1	1	0.017	11686.752	53.700	Diésel
40	4.00	0.048	0.014	1.4	1.1	0.07392	1	1	0.014	7916.832	44.223	
50	5.00	0.038	0.0095	1.4	1.1	0.05852	1	1	0.0095	6267.492	30.009	
60	6.00	0.030	0.008	1.4	1.1	0.0462	1	1	0.008	4948.02	25.270	
70	7.00	0.025	0.007	1.4	1.1	0.0385	1	1	0.007	4123.35	22.112	
75	7.50	0.023	0.0063	1.4	1.1	0.03542	1	1	0.0063	3793.482	19.900	
80	8.00	0.020	0.006	1.4	1.1	0.0308	1	1	0.006	3298.68	18.953	Oficinas
100	10.00	0.017	0.0048	1.4	1.1	0.02618	1	1	0.0048	2803.878	15.162	
150	15.00	0.012	0.0035	1.4	1.1	0.01848	1	1	0.0035	1979.208	11.056	
200	20.01	0.0026	0.0023	1.4	1.1	0.004004	1	1	0.0023	428.8284	7.265	
300	30.01	0.0017	0.0028	1.4	1.1	0.002618	1	1	0.0028	280.3878	8.845	Punto de encuentro

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Alcance del estudio para un depósito de 4m³ en caso de explosión.

Cuando ocurre una explosión se produce una onda expansiva por el cambio súbito de presión que avanza en su trayectoria desde el eje central hasta sus alrededores disminuyendo su intensidad, por lo cual dependerá de la sobrepresión, intensidad y la situación en que se encuentre expuesto para generar un daño de mayor gravedad.

Una vez calculado el N° de Probit se obtiene el % de afectación considerando los daños a seres humanos y a los bienes de la planta.

Lesiones pulmonares: El organismo es muy resistente a una sobrepresión, debido a que gran parte de su constitución es agua, por lo tanto, las afectaciones tendrán lugar en aquellas partes susceptibles de ser alteradas como la caja torácica.

Tabla 11-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Muerte por lesiones pulmonares				
Nº	Distancia (m)	Sobrepresión Ps (Pa)	Probit (Pr)	% (Afectación)
1	7	222768	7.99	99.9
2	8	174787.2	6.31	90
3	10	67858.56	-0.23	0
4	15	43354.08	-3.32	0
5	20	22619.52	-7.82	0
6	25	16022.16	-10.20	0
7	30	11686.752	-12.38	0
8	40	7916.832	-15.07	0
9	50	6267.492	-16.68	0
10	60	4948.02	-18.32	0
11	70	4123.35	-19.58	0
12	75	3793.482	-20.15	0
13	80	3298.68	-21.12	0
14	100	2803.878	-22.24	0
15	150	1979.208	-24.65	0
16	200	428.8284	-35.22	0
17	300	280.3878	-38.15	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones por hemorragia pulmonar del 99.9% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuir su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 10m.



Gráfico 9-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Rotura de tímpano: El organismo es muy resistente a una sobrepresión, debido a que gran parte de su constitución es agua, por lo tanto, las afectaciones tendrán lugar en aquellas partes susceptibles de ser alteradas como la cavidad auditiva.

Tabla 12-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Rotura de tímpano				
Nº	Distancia (m)	Sobrepresión (Pa)	Probit (Pr)	% (Daño)
1	7	222768	6.12	87
2	8	174787.2	5.75	77
3	10	67858.56	4.31	25
4	15	43354.08	3.63	8
5	20	22619.52	2.64	1
6	25	16022.16	2.12	0
7	30	11686.752	1.64	0
8	40	7916.832	1.04	0
9	50	6267.492	0.69	0
10	60	4948.02	0.33	0
11	70	4123.35	0.05	0
12	75	3793.482	-0.07	0
13	80	3298.68	-0.29	0
14	100	2803.878	-0.53	0
15	150	1979.208	-1.06	0
16	200	428.8284	-3.39	0
17	300	280.3878	-4.03	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones por rotura de tímpano del 87% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuir su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 25m.

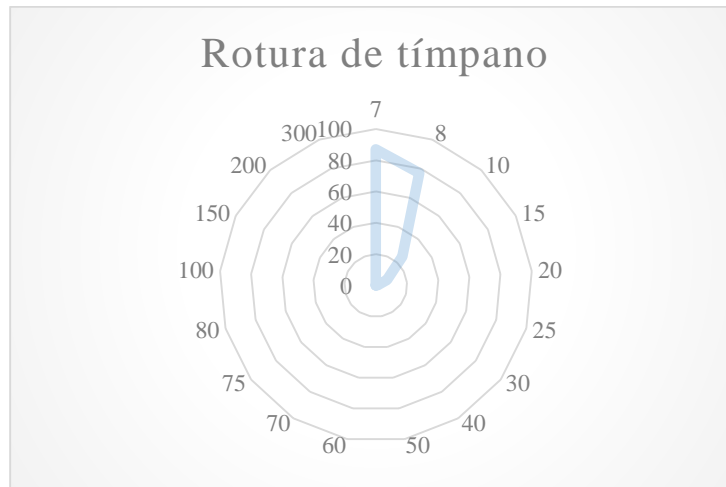


Gráfico 10-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Daños estructurales menores en edificios: Los daños ocasionados por las ondas de sobrepresión y el impulso mecánico sobre la infraestructura dependerá de los materiales de construcción.

Tabla 13-4: Porcentaje de daños en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Daños estructurales menores en edificios								
N°	Distancia (m)	Ps	i	S	Probit (Pr)	% (Afectación)		
1	7	222768	343.620986	0.0033620	6.48	93	0.021	0.32
2	8	174787.20	321.45189	0.0046930	6.39	90	0.026	0.34
3	10	67858.56	162.804298	0.1408378	5.51	69	0.068	0.68
4	15	43354.08	121.237243	0.6150284	5.13	55	0.106	0.91
5	20	22619.52	85.0235212	3.6266717	4.67	37	0.203	1.29
6	25	16022.16	62.9803861	16.2608208	4.27	23	0.287	1.75
7	30	11686.752	53.5333281	36.6567940	4.06	17	0.394	2.05
8	40	7916.832	44.0862702	96.8248274	3.81	12	0.581	2.50
9	50	6267.492	29.9156834	672.4532855	3.31	5	0.734	3.68
10	60	4948.02	25.1921544	1587.9715277	3.08	3	0.930	4.37
11	70	4123.35	22.0431351	3096.075717	2.91	2	1.116	4.99
12	75	3793.482	19.8388216	5242.757669	2.77	1.5	1.213	5.54
13	80	3298.68	18.8941158	6692.186039	2.71	1	1.394	5.82
14	100	2803.878	15.1152927	20418.662457	2.42	0	1.641	7.28
15	150	1979.208	11.0215676	99052.215350	2.01	0	2.324	9.98
16	200	428.8284	7.2427444	818511.073227	1.46	0	10.727	15.19
17	300	280.3878	8.81725405	356965.507572	1.68	0	16.406	12.48

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones a las instalaciones de la planta por daños menores del 93% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuir su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 100m, medida a tomar en cuenta.



Gráfico 11-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Daños estructurales mayores. Los daños ocasionados por las ondas de sobrepresión y el impulso mecánico sobre la infraestructura dependerán de los materiales de construcción.

Tabla 14-4: Porcentaje de daños en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Daños estructurales mayores en edificios								
N°	Distancia (m)	Ps	i	S	Probit (Pr)	% (Afectación)		
1	7	222768	343.620986	0.2064241	5.41	66	0.079	0.844
2	8	174787.20	321.45189	0.3838157	5.25	60	0.100	0.902
3	10	67858.56	162.804298	214.6885344	3.60	8	0.258	1.781
4	15	43354.08	121.237243	3330.3214798	2.89	2	0.404	2.392
5	20	22619.52	85.0235212	90279.3512470	2.03	0	0.774	3.411
6	25	16022.16	62.9803861	1471270.539033	1.31	0	1.092	4.605
7	30	11686.752	53.5333281	6669570.14866	0.91	0	1.497	5.417
8	40	7916.832	44.0862702	40577802.6921	0.45	0	2.210	6.578
9	50	6267.492	29.9156834	1494317797.1742	-0.49	0	2.792	9.694
10	60	4948.02	25.1921544	7388161585.2652	-0.91	0	3.537	11.512
11	70	4123.35	22.0431351	25577747369.5481	-1.23	0	4.244	13.156
12	75	3793.482	19.8388216	68140635379.7738	-1.49	0	4.613	14.618
13	80	3298.68	18.8941158	107267757715.9670	-1.60	0	5.305	15.349
14	100	2803.878	15.1152927	854534902769.5060	-2.14	0	6.241	19.186
15	150	1979.208	11.0215676	16122800224842.30	-2.91	0	8.842	26.312
16	200	428.8284	7.2427444	834117157129955.00	-3.93	0	40.809	40.040
17	300	280.3878	8.81725405	1331654770007540	-4.05	0	62.414	32.890

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones a las instalaciones de la planta por daños mayores del 66% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 20m, medida a tomar en cuenta.



Gráfico 12-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Colapso de edificios: Los daños ocasionados por las ondas de sobrepresión y el impulso mecánico sobre la infraestructura dependerá de los materiales de construcción.

Tabla 15-4: Porcentaje de daños en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Colapso de edificios							
N°	Distancia (m)	Ps	i	S	Probit (Pr)	% (Colapso)	
1	7	222768	343.620986	27.0061802567	4.27	23	0.180 1.339
2	8	174787.20	321.45189	57.3790053263	4.11	19	0.229 1.431
3	10	67858.56	162.804298	125123.6150742780	2.42	0	0.589 2.825
4	15	43354.08	121.237243	3500065.5336919200	1.68	0	0.923 3.794
5	20	22619.52	85.0235212	192917652.65514600	0.80	0	1.768 5.410
6	25	16022.16	62.9803861	5729852813.3383700	0.06	0	2.497 7.304
7	30	11686.752	53.5333281	35950890161.63250	-0.35	0	3.423 8.593
8	40	7916.832	44.0862702	322504489152.9500	-0.83	0	5.053 10.434
9	50	6267.492	29.9156834	25793223806640.700	-1.79	0	6.382 15.377
10	60	4948.02	25.1921544	179831393907724.00	-2.22	0	8.084 18.260
11	70	4123.35	22.0431351	813157195928854.0	-2.55	0	9.701 20.868
12	75	3793.482	19.8388216	2674447938627000.0	-2.81	0	10.544 23.187
13	80	3298.68	18.8941158	4641658996626160.0	-2.94	0	12.126 24.346
14	100	2803.878	15.1152927	57777184045669500.0	-3.49	0	14.266 30.433
15	150	1979.208	11.0215676	2050281300944600000.0	-4.28	0	20.210 41.736
16	200	428.8284	7.2427444	235645146323532000000.0	-5.32	0	93.277 63.512
17	300	280.3878	8.81725405	255296822511278000000.0	-4.83	0	142.660 52.170

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones a las instalaciones de la planta por colapso de edificaciones del 23% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 10m.

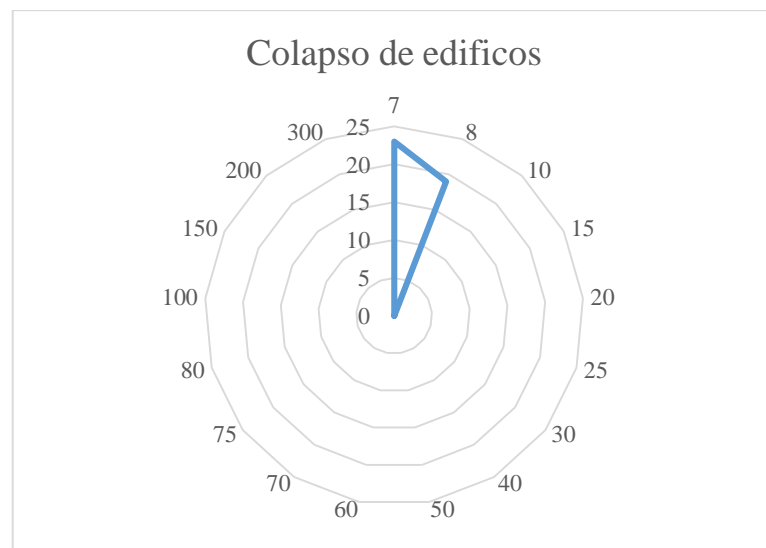


Gráfico 13-4: Afectación vs distancia
Realizado por: Balcázar, A. 2021

Rotura de Cristales: Los daños ocasionados por las ondas de sobrepresión y el impulso mecánico sobre la infraestructura dependerá de los materiales de construcción.

Tabla 16-4: Porcentaje de daños en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Rotura de cristales				
N°	Distancia (m)	Sobrepresión Ps (Pa)	Probit (Pr)	% Rotura
1	7	222768	16.26	100
2	8	174787.20	15.58	100
3	10	67858.56	12.94	100
4	15	43354.08	11.69	100
5	20	22619.52	9.87	100
6	25	16022.16	8.91	100
7	30	11686.752	8.03	99.9
8	40	7916.832	6.95	98
9	50	6267.492	6.29	90
10	60	4948.02	5.63	73
11	70	4123.35	5.13	55
12	75	3793.482	4.89	45
13	80	3298.68	4.50	31
14	100	2803.878	4.05	17
15	150	1979.208	3.08	3
16	200	428.8284	-1.19	0
17	300	280.3878	-2.38	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones a las instalaciones de la planta por rotura de cristales del 100% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 200m. medida a tomar en cuenta.

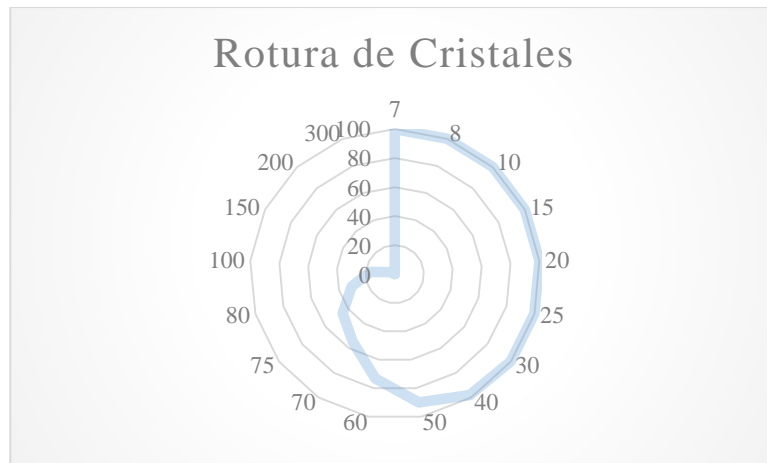


Gráfico 14-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

4.6. Estudio de las ondas de sobrepresión par un depósito de GLP cuyo volumen aproximado es 24 m³.

Para la implementación de un programa de prevención en caso de estallido por GLP es necesario analizar desde su situación más crítica, no se puede desestimar un riesgo de efecto domino, para lo cual se analizar un total de 24 m³.

La masa del líquido en el recipiente de GLP se obtiene considerando el volumen del cilindro

Masa de líquido en el recipiente de GLP

Masa en el estado 1 fase liquido

$$m_{1liq} = \frac{0,85 \cdot v}{v_{1liq}} = \frac{0,85 \cdot 24 m^3}{2,10 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{kg}} = 9714,28 kg \quad (16)$$

$$m_{1vap} = \frac{0,15 \cdot v}{v_{1vap}} = \frac{0,15 \cdot 20 m^3}{0,02828 \frac{m^3}{kg}} = 1714,28 kg \quad (16)$$

La energía total liberada E_{av} se obtiene aplicando la siguiente formula.

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

Donde:

E_{av} : Es la energía total liberada en la explosión (J)

m_{1liq} : Es la masa del líquido para el estado inicial (9714,28 kg)

u_{1liq} : Es la energía interna en el estado 1 para la fase líquido ($4,209 \cdot 10^5 \frac{J}{kg}$)

m_{1vap} : Es la masa del vapor para el estado inicial (1714,28 kg)

u_{1vap} : Es la energía interna en el estado 1 para la fase vapor ($6,62 \cdot 10^5 \frac{J}{kg}$)

u_{2liq} : Es la energía interna en el estado 2 para la fase líquido ($3,89 \cdot 10^5 \frac{J}{kg}$)

u_{2vap} : Es la energía interna en el estado 2 para la fase vapor ($5,63 \cdot 10^5 \frac{J}{kg}$)

Reemplazando:

$$E_{av} = (9714,28 \cdot 4,209 \cdot 10^5 + 1714,28 \cdot 6,62 \cdot 10^5) - (9714,28 \cdot 3,89 \cdot 10^5 + 1714,28 \cdot 5,63 \cdot 10^5)$$

$$E_{av} = 4088740452 + 1134853360 - 3778854920 - 965139640$$

$$E_{av} = 4,79 \cdot 10^8 \text{ J}$$

Determinación de la energía efectiva de la onda de presión E_x en J.

El depósito de combustible se encuentra elevado 1.80m sobre el nivel del suelo y a partir de 7 m de distancia aproximada, con un ángulo de visión del depósito diferente a 15° y por lo tanto utilizar un factor igual a 2 para A_{sb} .

Energía efectiva de la onda de presión.

$$E_{exp} = A_{sb} * E_{av} \quad (17)$$

Donde:

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

A_{sb} : Factor por ángulo de visión del depósito $< 15^\circ$

E_{av} : Es la energía total liberada en la explosión expresada (J)

Reemplazando:

$$E_{exp} = 2 * 4.79 * 10^8 J$$

$$E_{exp} = 9.58 * 10^8 J$$

Cálculo de la distancia – energía escalada, R'

$$R' = z \left(\frac{P_0}{E_{exp}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (18)$$

R' : es considerado como la distancia o energía escalada por ende se considera un término adimensional, este término está en función de la distancia requerida para la explosión al sitio que está afectado, la energía efectiva viene dado entre la presión atmosférica del lugar donde se produciría la explosión y la onda de presión. R' es un valor comprendido entre 10^{-2} hasta 10^3 .

P_0 : Presión atmosférica en el lugar de la explosión en Pa, para este estudio se utilizó la presión atmosférica de la ciudad de Piñas con un valor de 107100 Pa.

Z : es la distancia del recipiente al punto afectado por la explosión y se expresa en metros.

Para el estudio se considera los siguientes valores: 7, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 100, 150, 200, 300 metros.

Cálculos para una distancia estimada de 7 metros.

$$R' = 7 \left(\frac{107100}{9.58 * 10^8} \right)^{\frac{1}{3}}$$
$$R' = 0.34 m^2$$

Determinación de la sobrepresión escalada P' e Impulso escalado i' .

Con el valor de R' se puede determinar la sobrepresión escalada P' considerando los valores de las tablas que corresponde a:

Para un R' de 0.34 se tiene un valor encontrado de P' igual a 4

Con el valor de R' determinado, ahora se calculó el impulso escalado i' (adimensional) de acuerdo a los valores del gráfico que corresponde a:

Para un R' de 0.34 se tiene un valor encontrado de i' igual a 0.15

Determinar el Ajuste de sobre presión escalada y el impulso escalado.

Para el cálculo del impulso escaldado y ajuste de sobrepresión escaldada se debe considerar los siguientes parámetros como es la forma del recipiente y su ubicación respecto del suelo.

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

Por lo tanto, la sobrepresión escalada es:

$$P'_1 = P' * 1.6 * 2 \quad (19)$$

Donde:

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

P' : Sobrepresión escalada (valor adimensional).

Los factores 1.6 y 2 corresponden a la ubicación respecto al suelo y la forma del recipiente tomados de las tablas:

$$P'_1 = 4 * 1.6 * 2$$

$$P'_1 = 12.8$$

El cálculo del ajuste del impulso escalado se realizó considerando la ecuación 20:

$$i'_1 = i' * 1.1 * 1.6 \quad (20)$$

Donde:

i'_1 : Impulso escalado considerando ubicación y forma del recipiente (valor adimensional)

i' : Impulso escalado (valor adimensional).

Los factores 1.1 y 1.6 corresponden a la ubicación respecto al suelo y la forma del recipiente tomados de las tablas:

$$i'_1 = 0.15 * 1.1 * 1.6$$

$$i'_1 = 0.264$$

Cálculo de la sobrepresión estática P_s en (Pascales). La sobrepresión estática se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$P_s = P_0 * P'_1 \quad (21)$$

Donde:

P_s : Sobrepresión estática en (Pa)

P'_1 : Sobrepresión de escalada (valor adimensional)

P_0 : Presión atmosférica en la ciudad de Piñas (Pa)

Reemplazando:

$$P_s = 107100 * 12.8$$

$$P_s = 1370880 \text{ Pa}$$

Cálculo del impulso mecánico i en Pa. s: El impulso mecánico se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula que propone (ALONSO, 2006):

$$i = \frac{i'_1 P_0^{\frac{1}{3}} E_{exp}^{\frac{1}{3}}}{C_0} \quad (22)$$

Donde:

i : Impulso mecánico de la onda (Pascales por segundo)

i'_1 : Impulso escalado en (valor adimensional)

P_0 : Presión atmosférica en la ciudad de Piñas (Pa)

E_{exp} : Energía efectiva de la onda de presión al momento del estallido en Julios.

C_0 : Velocidad del sonido (340m/s)

Reemplazando valores:

$$i = \frac{0.264 * (107100)^{\frac{2}{3}} * (9.58 * 10^8)^{\frac{1}{3}}}{340}$$

$$i = 1726.26 \text{ Pa. s}$$

Cálculo del número Probit (Pr)

Afectaciones por sobrepresión e impulso mecánico.

Muerte por lesiones pulmonares.

$$Pr = -77.1 + 6.91 * Ln Ps \quad (3)$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

Reemplazando:

$$Pr = -77.1 + 6.91 * \ln(1370880)$$

$$Pr = 20.54$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de mortalidad por hemorragia pulmonar que para este caso el número Probit encontrado se traduce en una afectación del 100% para una distancia de 7m según la tabla.

Determinar la acción de Muerte por desplazamiento e impacto con todo el cuerpo.

$$Pr = 5 - 2.44 * \ln\left(\frac{7.38*10^3}{Ps} + \frac{1.3*10^9}{Ps*i}\right) \quad (4)$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en pascales.

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales x segundo

Reemplazando valores:

$$Pr = 5 - 2.44 * \ln\left(\frac{7.38 * 10^3}{1370880} + \frac{1.3 * 10^9}{(1370880 * 1726.26)}\right)$$

$$Pr = 6.43$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de mortalidad por desplazamiento e impacto con todo el cuerpo que para este caso el número Probit encontrado se traduce en una afectación del 92% para una distancia de 7m según la tabla.

Muerte por desplazamiento e impacto con el cráneo.

$$Pr = 5 - 8.49 * \ln\left(\frac{2430}{Ps} + \frac{4*10^8}{Ps*i}\right) \quad (5)$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en pascales.

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales x segundo

Reemplazando valores:

$$Pr = 5 - 8.49 * \ln\left(\frac{2430}{1370880} + \frac{4 * 10^8}{(1370880 * 1611.18)}\right)$$

$$Pr = 19.42$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de mortalidad por desplazamiento e impacto con el cráneo que para este caso el número Probit encontrado se traduce en una afectación del 100% para una distancia de 7m según la tabla.

Rotura de Tímpano.

$$Pr = -12.6 + 1.52 * Ln(Ps) \quad (6)$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en pascales.

Reemplazando valores:

$$Pr = -12.6 + 1.52 * Ln(1370880)$$

$$Pr = 8.88$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de rotura del tímpano que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 100% para una distancia de 7m según la tabla.

Daños estructurales menores en edificios.

$$Pr = 5 - 0.26 * Ln(S) \quad (7)$$

$$S = \left(\frac{4600}{Ps}\right)^{3.9} + \left(\frac{110}{i}\right)^5$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales x segundo

Reemplazando valores:

$$S = \left(\frac{4600}{1370880}\right)^{3.9} + \left(\frac{110}{1611.18}\right)^5$$

$$S = 0.0000015$$

$$Pr = 5 - 0.26 * Ln(0.0000015)$$

$$Pr = 8.49$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de daños estructurales menores en edificios que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 100% para una distancia de 7m según la tabla.

Daños estructurales mayores en edificios.

$$Pr = 5 - 0.26 * Ln(S) \quad (8)$$

$$S = \left(\frac{17500}{Ps}\right)^{8.4} + \left(\frac{290}{i}\right)^{9.3}$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales x segundo

Reemplazando valores:

$$S = \left(\frac{17500}{1370880}\right)^{8.4} + \left(\frac{290}{1611.18}\right)^{9.3}$$

$$S = 0.000000118$$

$$Pr = 9.15$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de daños estructurales mayores en edificios que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 100% para una distancia de 7m según la tabla.

Colapso de edificios.

$$Pr = 5 - 0.22 * Ln(S) \quad (9)$$

$$S = \left(\frac{40000}{Ps}\right)^{7.4} + \left(\frac{460}{i}\right)^{11.3}$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

i: Impulso mecánico de la onda en Pascales x segundo

Reemplazando valores:

$$S = \left(\frac{40000}{1370880}\right)^{7.4} + \left(\frac{460}{1611.18}\right)^{11.3}$$

$$S = 0.000000705$$

$$Pr = 8.12$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de colapso de edificios que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 100% para una distancia de 7m según la tabla.

Rotura de Cristales.

$$Pr = -18.1 + 2.79 * Ln(Ps) \quad (10)$$

Donde:

Pr: número Probit

Ps: Sobrepresión estática en Pascales

Reemplazando valores:

$$Pr = -18.1 + 2.79 * Ln(1370880)$$

$$Pr = 21.32$$

Por medio de la tabla 2-2 se obtiene el porcentaje de rotura de cristales en edificios que para este caso el número Probit encontrado se traduce a una afectación del 100% para una distancia de 7m según la tabla.

De igual manera se procede para el cálculo aplicando las ecuaciones anteriormente sustituyendo los valores planteados (distancias) para el análisis, a partir de estos valores se calcula el impulso escalado, la sobrepresión escalada, impulso mecánico, la sobrepresión estática, y número Probit determinando el porcentaje de afectación a distinta distancia (m).

A continuación, los resultados obtenidos de los cálculos anteriormente mencionados considerando la explosión de un depósito con un volumen aproximado de 24m³.

Tabla 17-4: Resumen de valores encontrados en función de las distancias para el análisis de la onda expansiva de un depósito de 24 m³

Resumen de valores encontrados en función de las distancias para el análisis de la onda expansiva de un depósito de 24 m ³												
Distancia (m)	Distancia-Energía Escalada	Valor encontrado en tablas		Factores de ajuste para P'		Sobrepresión Escalada	Factores de ajuste para i'		Impulso Escalado	Sobrepresión estática	Impulso Mecánico	Área de intervención
		R'	P'	i'	Factor 1		Factor 2	P'1				
7	0.34	4	0.15	1.6	2	12.8	1.1	1.6	0.264	1370880	1726.261	Diésel
8	0.39	2.8	0.12	1.6	2	8.96	1.1	1.6	0.2112	959616	1381.009	
10	0.48	1.7	0.095	1.6	2	5.44	1.1	1.6	0.1672	582624	1093.299	
15	0.72	0.6	0.062	1.6	2	1.92	1.1	1.6	0.10912	205632	713.521	
20	0.96	0.39	0.051	1.6	2	1.248	1.1	1.6	0.08976	133660.8	586.929	
25	1.20	0.30	0.040	1.6	1.1	0.528	1.1	1	0.044	56548.8	287.710	
30	1.45	0.20	0.034	1.6	1.1	0.352	1.1	1	0.0374	37699.2	244.554	
40	1.93	0.15	0.026	1.6	1.1	0.264	1	1	0.026	28274.4	170.011	
50	2.41	0.10	0.021	1.6	1.1	0.176	1	1	0.021	18849.6	137.316	
60	2.89	0.075	0.018	1.6	1.1	0.132	1	1	0.018	14137.2	117.700	
70	3.37	0.070	0.016	1.6	1.1	0.1232	1	1	0.016	13194.72	104.622	
75	3.61	0.050	0.014	1.4	1.1	0.077	1	1	0.014	8246.7	91.544	
80	3.85	0.048	0.012	1.4	1.1	0.07392	1	1	0.012	7916.832	78.466	
100	4.82	0.040	0.010	1.4	1.1	0.0616	1	1	0.01	6597.36	65.389	
150	7.23	0.023	0.0067	1.4	1.1	0.03542	1	1	0.0067	3793.482	43.810	
200	9.63	0.018	0.005	1.4	1.1	0.02772	1	1	0.005	2968.812	32.694	
300	14.45	0.012	0.0035	1.4	1.1	0.01848	1	1	0.0035	1979.208	22.886	
												Punto de encuentro

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Alcance del estudio para un depósito de 24m³ en caso de explosión.

Cuando ocurre una explosión se produce una onda expansiva por el cambio súbito de presión que avanza en su trayectoria desde el eje central hasta sus alrededores disminuyendo su intensidad, por lo cual dependerá de la sobrepresión, intensidad y la situación en que se encuentre expuesto para generar un daño de mayor gravedad.

Una vez determinado el N° de Probit se pudo obtener el % de afectación considerando los daños a seres humanos y a los bienes de la planta.

Lesiones pulmonares: El organismo es muy resistente a una sobrepresión, debido a que gran parte de su constitución es agua, por lo tanto, las afectaciones tendrán lugar en aquellas partes susceptibles de ser alteradas como la caja torácica.

Tabla 18-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Muerte por lesiones pulmonares				
N°	Distancia (m)	Sobrepresión Ps (Pa)	Probit (Pr)	% (Afectación)
1	7	1370880	20.54	100
2	8	959616	18.08	100
3	10	582624	14.63	100
4	15	205632	7.44	99.2
5	20	133660.8	4.46	29
6	25	56548.8	-1.48	0
7	30	37699.2	-4.29	0
8	40	28274.4	-6.27	0
9	50	18849.6	-9.08	0
10	60	14137.2	-11.06	0
11	70	13194.72	-11.54	0
12	75	8246.7	-14.79	0
13	80	7916.832	-15.07	0
14	100	6597.36	-16.33	0
15	150	3793.482	-20.15	0
16	200	2968.812	-21.85	0
17	300	1979.208	-24.65	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones por hemorragia pulmonar del 100% a una distancia de 7 a 115m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 25m.

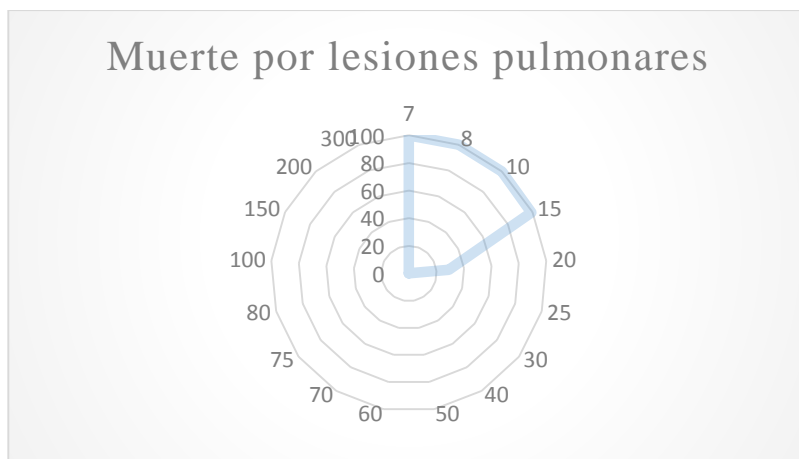


Gráfico 15-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Muertes por desplazamiento e impacto con todo el cuerpo: La sobrepresión puede provocar el impulso de un cuerpo y posteriormente choques involuntarios contra algún obstáculo este tipo de accidentes pueden producir un daño leve o grave sobre la persona.

Tabla 19-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Muertes por desplazamiento e impacto con todo el cuerpo						
Nº	Distancia (m)	i	Sobrepresión Ps (Pa)	Ps*i	Probit (Pr)	% (Afectación)
1	7	1726.26114	1370880	2366496867	6.44	92
2	8	1381.00891	959616	1325238246	5.03	52
3	10	1093.29872	582624	636982073	3.24	4
4	15	713.52127	205632	146722806	-0.33	0
5	20	586.928787	133660.8	78449371.1	-1.86	0
6	25	287.710189	56548.8	16269666	-5.69	0
7	30	244.553661	37699.2	9219477.38	-7.08	0
8	40	170.010567	28274.4	4806946.76	-8.67	0
9	50	137.316227	18849.6	2588355.95	-10.18	0
10	60	117.699623	14137.2	1663943.11	-11.25	0
11	70	104.621887	13194.72	1380456.51	-11.71	0
12	75	91.5441512	8246.7	754937.152	-13.18	0
13	80	78.4664153	7916.832	621205.428	-13.66	0
14	100	65.3886794	6597.36	431392.658	-14.55	0
15	150	43.8104152	3793.482	166194.022	-16.87	0
16	200	32.6943397	2968.812	97063.3481	-18.19	0
17	300	22.8860378	1979.208	45296.2291	-20.05	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones por desplazamiento e impacto con el cuerpo entero del 92% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 15m.

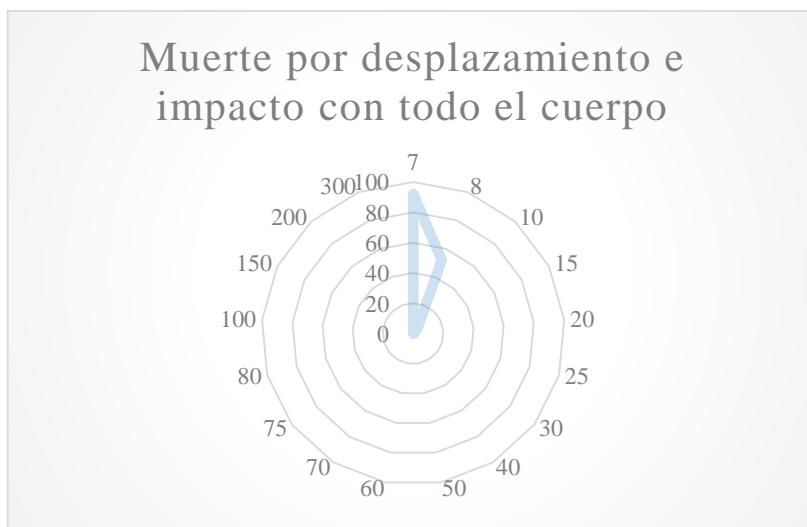


Gráfico 16-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Muertes por desplazamiento e impacto con el cráneo: La sobrepresión puede provocar el impulso de un cuerpo y posteriormente choques involuntarios contra algún obstáculo este tipo de accidentes pueden producir un daño leve o grave sobre la persona como una fractura craneal.

Tabla 20-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Muertes por desplazamiento e impacto con el cráneo						
Nº	Distancia (m)	i	Sobrepresión Ps (Pa)	Ps*i	Probit (Pr)	% (Afectación)
1	7	1726.26114	1370880	2366496867	20.00	100
2	8	1381.00891	959616	1325238246	15.10	100
3	10	1093.29872	582624	636982073	8.89	100
4	15	713.52127	205632	146722806	-3.55	0
5	20	586.928787	133660.8	78449371.1	-8.86	0
6	25	287.710189	56548.8	16269666	-22.20	0
7	30	244.553661	37699.2	9219477.38	-27.02	0
8	40	170.010567	28274.4	4806946.76	-32.55	0
9	50	137.316227	18849.6	2588355.95	-37.80	0
10	60	117.699623	14137.2	1663943.11	-41.55	0
11	70	104.621887	13194.72	1380456.51	-43.14	0
12	75	91.5441512	8246.7	754937.152	-48.26	0
13	80	78.4664153	7916.832	621205.428	-49.91	0
14	100	65.3886794	6597.36	431392.658	-53.01	0
15	150	43.8104152	3793.482	166194.022	-61.11	0
16	200	32.6943397	2968.812	97063.3481	-65.67	0
17	300	22.8860378	1979.208	45296.2291	-72.14	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones por desplazamiento e impacto con el cráneo del 100% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 15m.

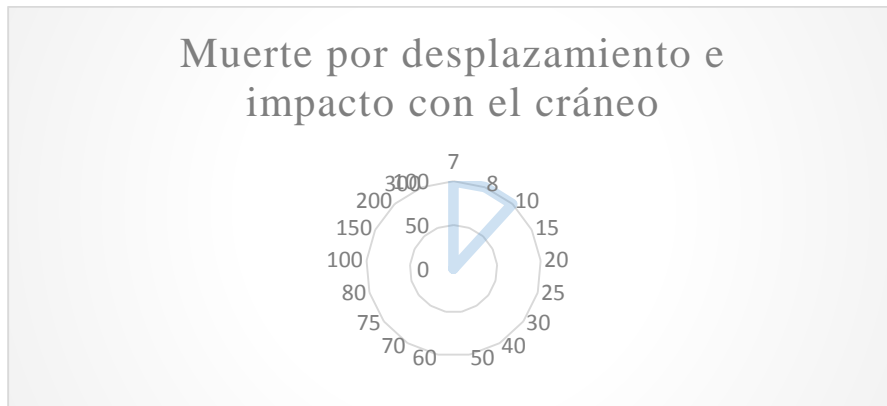


Gráfico 17-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Rotura de tímpano: El organismo es muy resistente a una sobrepresión, debido a que gran parte de su constitución es agua, por lo tanto, las afectaciones tendrán lugar en aquellas partes susceptibles de ser alteradas como la cavidad auditiva.

Tabla 21-4: Porcentaje de fatalidades en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Rotura de tímpano				
N°	Distancia (m)	Sobrepresión (Pa)	Probit (Pr)	% (Daño)
1	7	1370880	8.88	100
2	8	959616	8.34	100
3	10	582624	7.58	99.5
4	15	205632	6.00	85
5	20	133660.8	5.34	63
6	25	56548.8	4.03	16
7	30	37699.2	3.42	6
8	40	28274.4	2.98	2
9	50	18849.6	2.36	0
10	60	14137.2	1.93	0
11	70	13194.72	1.82	0
12	75	8246.7	1.11	0
13	80	7916.832	1.04	0
14	100	6597.36	0.77	0
15	150	3793.482	-0.07	0
16	200	2968.812	-0.45	0
17	300	1979.208	-1.06	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones por rotura de tímpano del 100% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 50m.

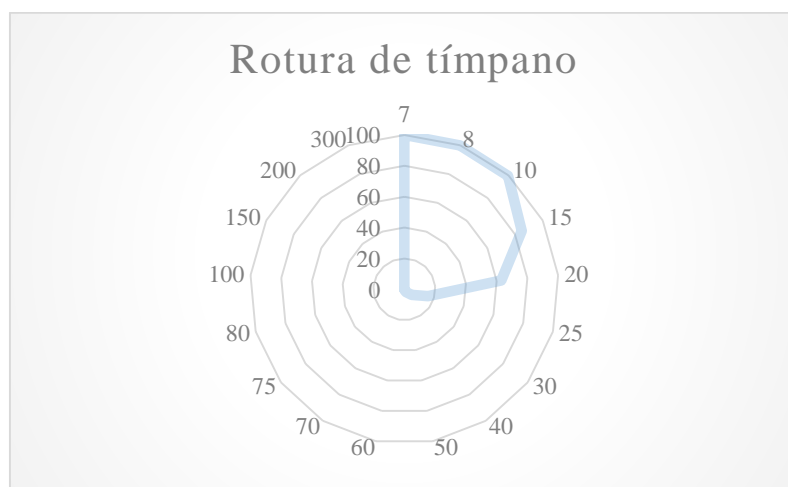


Gráfico 18-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Daños estructurales menores en edificios: Los daños ocasionados por las ondas de sobrepresión y el impulso mecánico sobre la infraestructura dependerá de los materiales de construcción.

Tabla 22-4: Porcentaje de afectaciones en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Daños estructurales menores en edificios								
Nº	Distancia (m)	Ps	i	S	Probit (Pr)	% (Afectación)		
1	7	1370880	1726.26114	0.0000011	8.58	100	0.003	0.06
2	8	959616.00	1381.00891	0.0000032	8.29	100	0.005	0.08
3	10	582624	1093.29872	0.0000103	7.99	99.8	0.008	0.10
4	15	205632	713.52127	0.0000874	7.43	99.2	0.022	0.15
5	20	133660.8	586.928787	0.0002332	7.17	98	0.034	0.19
6	25	56548.8	287.710189	0.0082256	6.25	89	0.081	0.38
7	30	37699.2	244.553661	0.0186852	6.03	85	0.122	0.45
8	40	28274.4	170.010567	0.1142325	5.56	71	0.163	0.65
9	50	18849.6	137.316227	0.3339625	5.29	61	0.244	0.80
10	60	14137.2	117.699623	0.7255388	5.08	53	0.325	0.93
11	70	13194.72	104.621887	1.301258	4.93	47	0.349	1.05
12	75	8246.7	91.5441512	2.607643	4.75	40	0.558	1.20
13	80	7916.832	78.4664153	5.534664	4.56	33	0.581	1.40
14	100	6597.36	65.3886794	13.717600	4.32	25	0.697	1.68
15	150	3793.482	43.8104152	101.908437	3.80	12	1.213	2.51
16	200	2968.812	32.6943397	436.639130	3.42	6	1.549	3.36
17	300	1979.208	22.8860378	2591.954631	2.96	2	2.324	4.81

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones a las instalaciones de la planta por daños menores del 100% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 33% de afectaciones a una distancia de 80m, medida a tomar en cuenta.



Gráfico 19-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Daños estructurales mayores. Los daños ocasionados por las ondas de sobrepresión y el impulso mecánico sobre la infraestructura dependerán de los materiales de construcción.

Tabla 23-4: Porcentaje de afectaciones en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Daños estructurales mayores en edificios								
Nº	Distancia (m)	Ps	i	S	Probit (Pr)	% (Afectación)		
1	7	1370880	1726.26114	0.0000001	9.31	100	0.013	0.168
2	8	959616.00	1381.00891	0.0000005	8.77	100	0.018	0.210
3	10	582624	1093.29872	0.0000044	8.21	100	0.030	0.265
4	15	205632	713.52127	0.0002310	7.18	99	0.085	0.406
5	20	133660.8	586.928787	0.0014206	6.70	96	0.131	0.494
6	25	56548.8	287.710189	1.076562	4.98	49	0.309	1.008
7	30	37699.2	244.553661	4.88161	4.59	34	0.464	1.186
8	40	28274.4	170.010567	143.5255	3.71	10	0.619	1.706
9	50	18849.6	137.316227	1046.4307	3.19	3	0.928	2.112
10	60	14137.2	117.699623	4392.2527	2.82	1	1.238	2.464
11	70	13194.72	104.621887	13127.0291	2.53	0	1.326	2.772
12	75	8246.7	91.5441512	45964.0654	2.21	0	2.122	3.168
13	80	7916.832	78.4664153	191215.7410	1.84	0	2.210	3.696
14	100	6597.36	65.3886794	1041453.9317	1.40	0	2.653	4.435
15	150	3793.482	43.8104152	43394274.91	0.43	0	4.613	6.619
16	200	2968.812	32.6943397	657157508.14	-0.28	0	5.895	8.870
17	300	1979.208	22.8860378	18131745104	-1.14	0	8.842	12.671

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones a las instalaciones de la planta por daños mayores del 100% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 70m, medida a tomar en cuenta.



Gráfico 20-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Colapso de edificios: Los daños ocasionados por las ondas de sobrepresión y el impulso mecánico sobre la infraestructura dependerá de los materiales de construcción.

Tabla 24-4: Porcentaje de afectaciones en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Colapso de edificios							
N°	Distancia (m)	Ps	i	S	Probit (Pr)	% (Colapso)	
1	7	1370880	1726.26114	0.0000003235	8.29	100	0.029 0.266
2	8	959616.00	1381.00891	0.0000040267	7.73	99.7	0.042 0.333
3	10	582624	1093.29872	0.0000564201	7.15	99	0.069 0.421
4	15	205632	713.52127	0.0070146233	6.09	86	0.195 0.645
5	20	133660.8	586.928787	0.06383399	5.61	73	0.299 0.784
6	25	56548.8	287.710189	200.9722029	3.83	12	0.707 1.599
7	30	37699.2	244.553661	1262.02855	3.43	6	1.061 1.881
8	40	28274.4	170.010567	76711.3166	2.53	0	1.415 2.706
9	50	18849.6	137.316227	857115.107	1.99	0	2.122 3.350
10	60	14137.2	117.699623	4893285.42	1.61	0	2.829 3.908
11	70	13194.72	104.621887	18514616.1	1.32	0	3.032 4.397
12	75	8246.7	91.5441512	83821145.5	0.99	0	4.850 5.025
13	80	7916.832	78.4664153	477949976.4	0.60	0	5.053 5.862
14	100	6597.36	65.3886794	3750215468.2	0.15	0	6.063 7.035
15	150	3793.482	43.8104152	346246879730.7	-0.85	0	10.544 10.500
16	200	2968.812	32.6943397	9454398970439	-1.57	0	13.473 14.070
17	300	1979.208	22.8860378	532131950542175.0	-2.46	0	20.210 20.100

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones a las instalaciones de la planta por colapso de edificaciones del 100% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 0% de afectaciones a una distancia de 40m.



Gráfico 21-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Rotura de Cristales: Los daños ocasionados por las ondas de sobrepresión y el impulso mecánico sobre la infraestructura dependerá de los materiales de construcción.

Tabla 25-4: Porcentaje de afectaciones en función de las distancias planteadas para el análisis de la onda expansiva

Rotura de cristales				
N°	Distancia (m)	Sobrepresión Ps (Pa)	Probit (Pr)	% Rotura
1	7	1370880	21.33	100
2	8	959616.00	20.33	100
3	10	582624	18.94	100
4	15	205632	16.03	100
5	20	133660.8	14.83	100
6	25	56548.8	12.43	100
7	30	37699.2	11.30	100
8	40	28274.4	10.50	100
9	50	18849.6	9.37	100
10	60	14137.2	8.56	100
11	70	13194.72	8.37	100
12	75	8246.7	7.06	98
13	80	7916.832	6.95	96
14	100	6597.36	6.44	92
15	150	3793.482	4.89	45
16	200	2968.812	4.21	21
17	300	1979.208	3.08	3

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla de valores estima un porcentaje de afectaciones a las instalaciones de la planta por rotura de cristales del 100% a una distancia de 7m, y que la propagación de la sobrepresión disminuirá su intensidad a 96% de afectaciones a una distancia de 80m. medida a tomar en cuenta

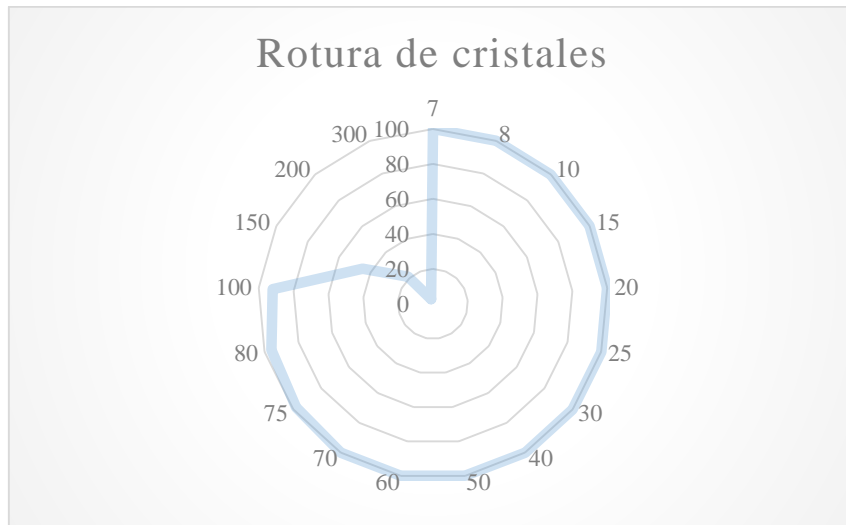


Gráfico 22-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Análisis de resultados obtenido: En el análisis de los resultados se observa el comportamiento de la onda expansiva producto del estallido de uno, dos y del total, probabilísticamente las afectaciones podrán ser altas o bajas eso dependerá de la situación en que se encuentre los depósitos.

Se consideró para el estudio distancias de 7, 30, 80 y 300 metros sabiendo que a mayor distancia menor porcentaje de afectación. Hay que considerar que el tanque de GLP se encuentra en buenas condiciones, y con sus respectivas pruebas hidrostáticas vigentes, sin dejar de último recurso las medidas preventivas.

Determinación de las zonas de alerta e intervención.

Zona de intervención: son áreas en las que los resultados de los accidentes producen un nivel de daños para los seres humanos como a la infraestructura que justifican la intervención de las medidas de protección inmediatas, por lo general soportan una sobrepresión de hasta 12500 Pa. Y un impulso mecánico de 15000 Pa * s. según (Ferrer Márquez, 2007 pág. 20).

Zona de alerta: son áreas en las que los resultados de los accidentes producen efectos que son perceptibles para la población, no justifican la intervención, salvo para los grupos críticos de la población, por lo general llega hasta una sobrepresión de 5.000 Pa. Y un impulso mecánico de 10.000 Pa. * s según (Ferrer Márquez, 2007 pág. 20).

Para nuestro estudio la sobrepresión y el impulso mecánico define las zonas de intervención y alerta considerando el caso de una explosión por efecto domino.

4.6.1. Planificación de las zonas de riesgo en caso de explosión.

Zona de intervención: Sobrepresión: 13.194,2Pa, límite de intervención: 70m.

Zona de alerta: Sobrepresión: 5195.13Pa, límite de intervención: 125m

Para mayor seguridad en caso de un incendio en el área de combustibles, considere la evacuación del personal a favor del viento con una distancia de por lo menos 800m.

4.7. Estimación del riesgo.

La tabla anterior hace referencia a posibles daños causados por la sobrepresión, según datos históricos antes mencionados en la tabla 3-2.

Resultados de los porcentajes de afectaciones y daños por la explosión de un depósito de 4m³, 20m³ y del posible efecto domino 24m³.

Tabla 26-4: Estimación del tipo de daño en función de la sobrepresión

Estimación del riesgo			
	Sobre presión Pa.	Sobre presión Kpa.	
Distancia	7	1370880	1370,88
	8	959616	959,62
	10	582624	582,62
	15	205632	205,63
	20	133660,8	133,66
	25	56548,8	56,55
	30	37699,2	37,70
	40	28274,4	28,27
	50	18849,6	18,85
	60	14137,2	14,14
	70	13194,72	13,19
	75	8246,7	8,25
	80	7916,832	7,92
	100	6597,36	6,60
	150	3793,482	3,79
	200	2968,812	2,97
300	1979,208	1,98	
			Posibles daños producto de la sobrepresión

Realizado por: Balcázar, A. 2021

La tabla anterior hace referencia a posibles daños causados por la sobrepresión, según datos históricos antes mencionados en la tabla 3-2.

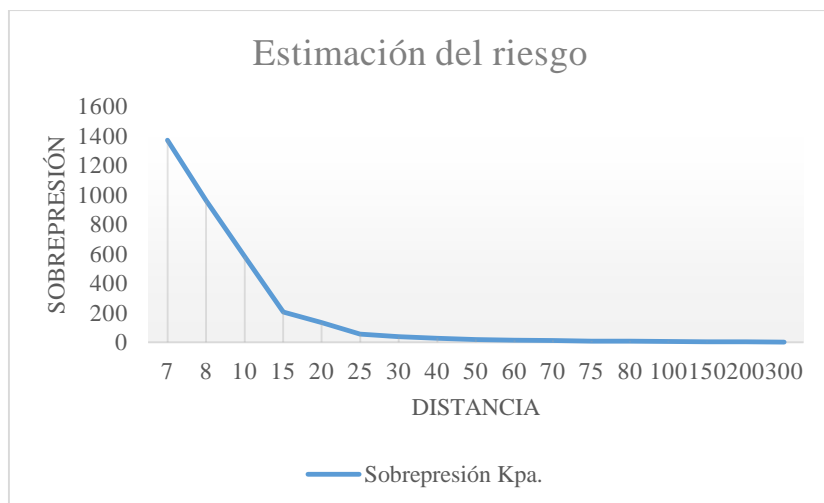


Gráfico 23-4: Afectación vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 27-4: Estimación del sitio en función del porcentaje de afectación

ESTIMACIÓN DEL SITIO		PORCENTAJE DE AFECTACIONES								
		SERES HUMANOS				BIENES DE LA EMPRESA				
		Lesiones pulmonares	Lesiones golpes en el cuerpo	Lesiones golpes en el cráneo	Rotura de tímpano	Daños menores	Daños mayores	Colapso de edificios	Rotura de cristales	
DISTANCIA (m)	7	100	92	100	100	100	100	100	100	
	8	100	52	100	100	100	100	99.7	100	
	10	100	4	100	99.5	99.8	100	99	100	
	15	99.2	0	0	85	99.2	99	86	100	
	20	29	0	0	63	98	96	73	100	
	25	0	0	0	16	89	49	12	100	
	30	0	0	0	6	85	34	6	100	
	40	0	0	0	2	71	10	0	100	
	50	0	0	0	0	61	3	0	100	
	60	0	0	0	0	53	1	0	100	
	70	0	0	0	0	47	0	0	100	
	75	0	0	0	0	40	0	0	98	
	80	0	0	0	0	33	0	0	96	
	100	Laboratorio químico, Fundición, desorción, consolas, superintendencia, bodega, centro medico, taller mecánico, helipuerto, oficinas de INSEGSA.	0	0	0	0	25	0	0	92
	150	Casa del cerro	0	0	0	0	12	0	0	45
	200	Taller automotriz	0	0	0	0	6	0	0	21
300	Taller automotriz	0	0	0	0	2	0	0	3	

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Resultados de los porcentajes de afectaciones y daños por la explosión de un depósito de 4m³, 20m³ y del posible efecto domino 24m³.

Tabla 28-4: Porcentaje de afectación por lesiones Pulmonares en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m³, 20m³ y 24m³)

Muerte por lesiones pulmonares	Distancia	% de afectación		
		4 m ³	20 m ³	24 m ³
	7	99.9	100	100
	8	90	100	100
	10	0	100	100
	15	0	88	99.2
	20	0	0	29
	25	0	0	0
	30	0	0	0
	40	0	0	0
	50	0	0	0
	60	0	0	0
	70	0	0	0
	75	0	0	0
	80	0	0	0
	100	0	0	0
	150	0	0	0
	200	0	0	0
	300	0	0	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

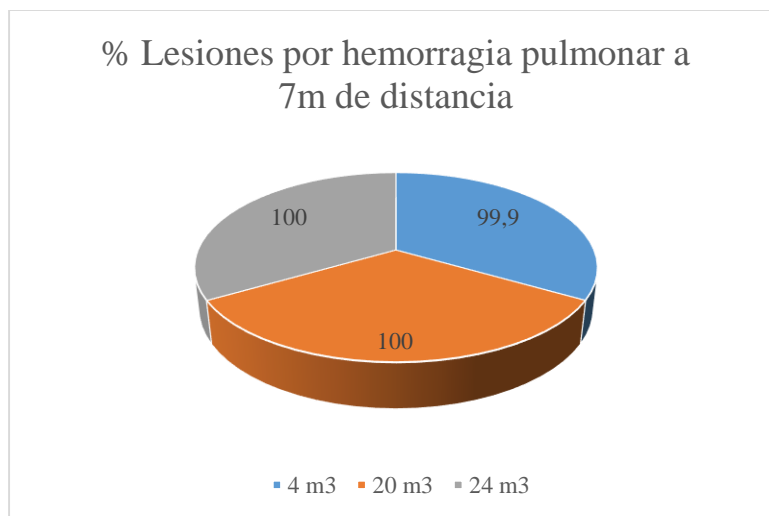


Gráfico 24-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

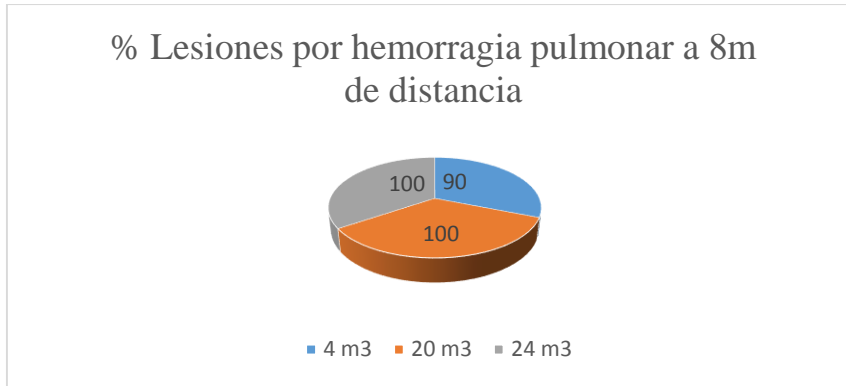


Gráfico 25-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

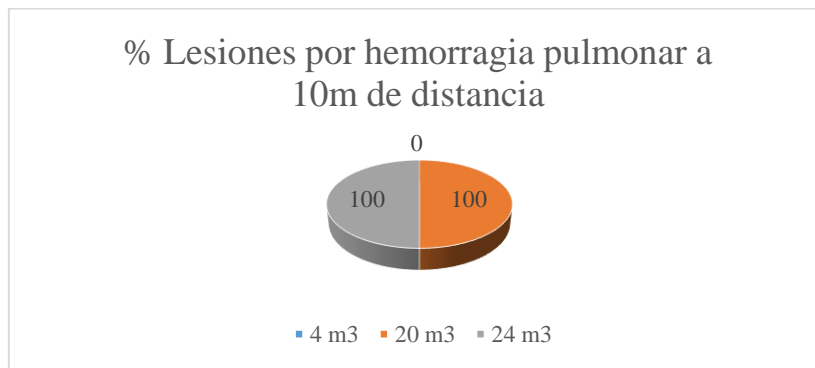


Gráfico 26-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

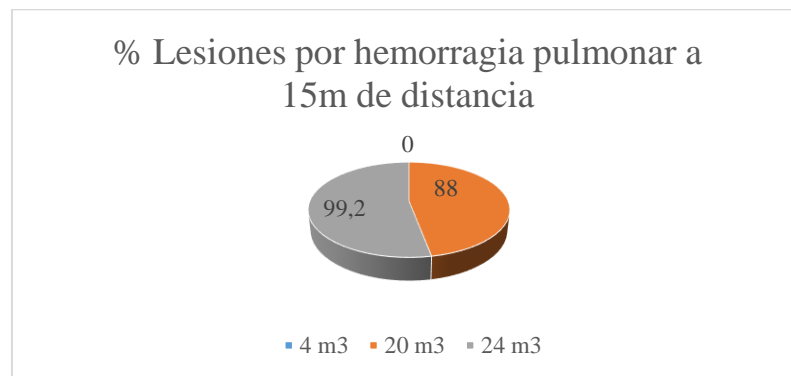


Gráfico 27-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

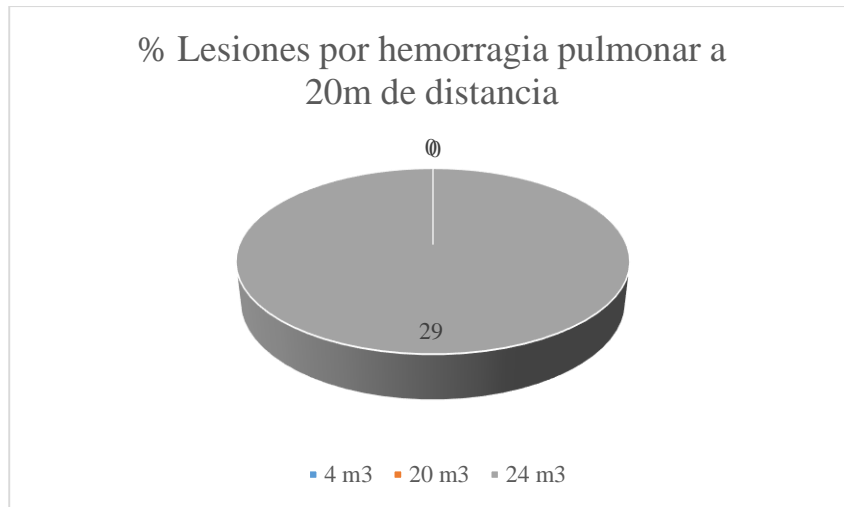


Gráfico 28-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

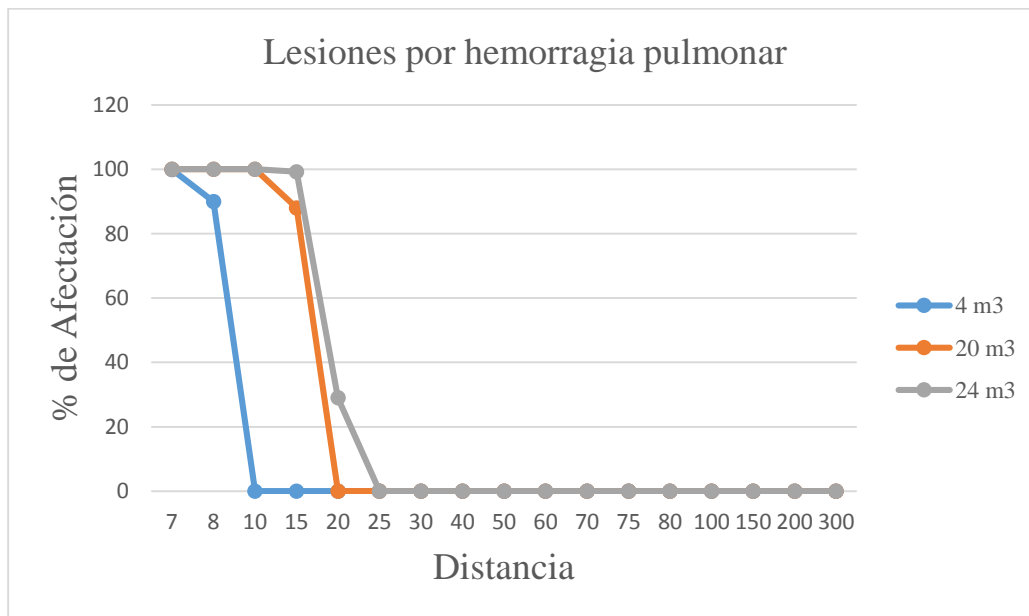


Gráfico 29-4: Afectación en función al volumen del estallido vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 29-4: Porcentaje de afectación por desplazamiento e impacto con todo el cuerpo en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m³, 20m³ y 24m³)

	Distancia	% de afectación		
		4 m ³	20 m ³	24 m ³
Muertes por desplazamiento e impacto con todo el cuerpo	7	0	10	92
	8	0	1	52
	10	0	0	4
	15	0	0	0
	20	0	0	0
	25	0	0	0
	30	0	0	0
	40	0	0	0
	50	0	0	0
	60	0	0	0
	70	0	0	0
	75	0	0	0
	80	0	0	0
	100	0	0	0
	150	0	0	0
	200	0	0	0
	300	0	0	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

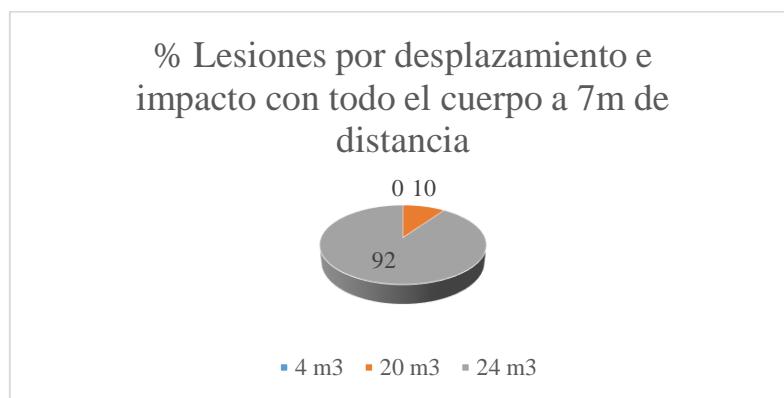


Gráfico 30-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 31-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

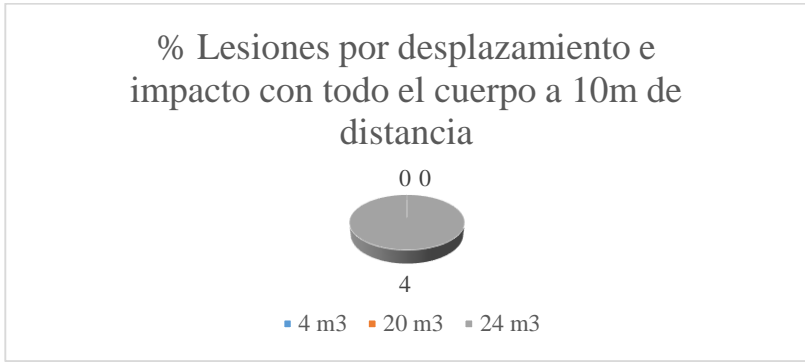


Gráfico 32-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

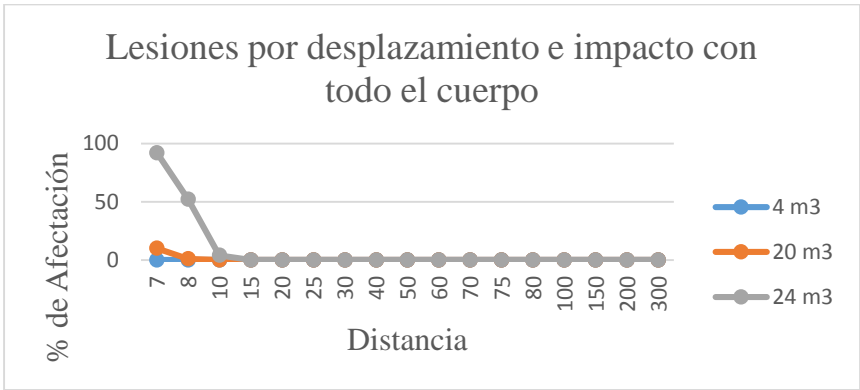


Gráfico 33-4: Afectación en función al volumen del estallido vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 30-4: Porcentaje de afectación por desplazamiento e impacto con el cráneo en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m³, 20m³ y 24m³)

Muertes por desplazamiento e impacto con el cráneo	Distancia	% de afectación		
		4 m ³	20 m ³	24 m ³
	7	0	90	100
8	0	70	100	
10	0	26	100	
15	0	0	0	
20	0	0	0	
25	0	0	0	
30	0	0	0	
40	0	0	0	
50	0	0	0	
60	0	0	0	
70	0	0	0	
75	0	0	0	
80	0	0	0	
100	0	0	0	
150	0	0	0	
200	0	0	0	
300	0	0	0	

Realizado por: Balcázar, A. 2021

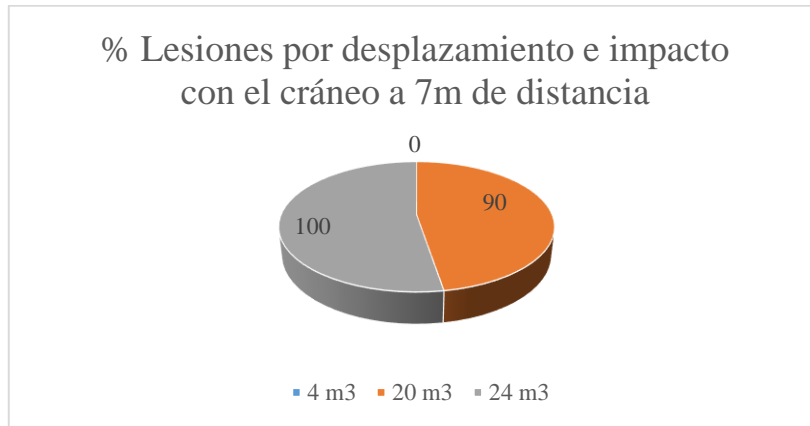


Gráfico 34-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

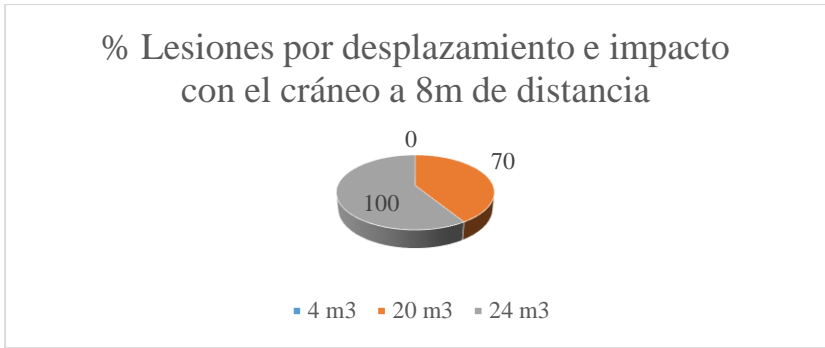


Gráfico 35-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

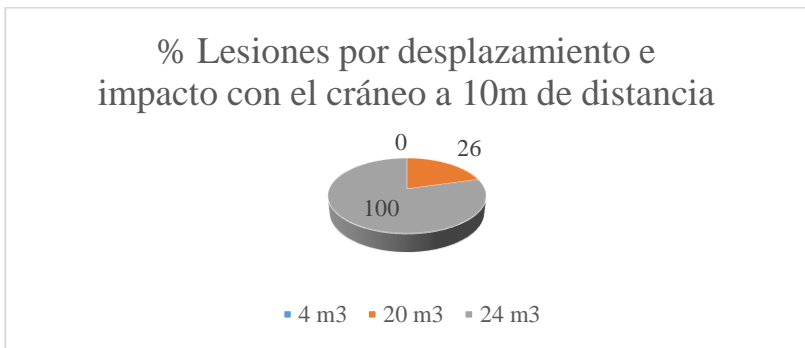


Gráfico 36-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

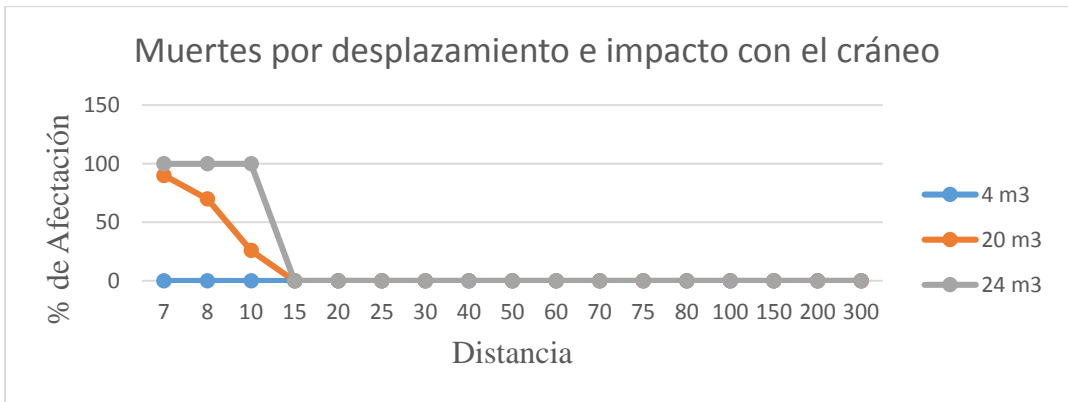


Gráfico 37-4: Afectación en función al volumen del estallido vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 31-4: Porcentaje de afectación por rotura de tímpano en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m³, 20m³ y 24m³)

Lesiones por rotura de tímpano	Distancia	% de afectación		
		4 m ³	20 m ³	24 m ³
	7	87	99.8	100
	8	77	99.5	100
	10	25	98	99.5
	15	8	76	85
	20	1	17	63
	25	0	6	16
	30	0	2	6
	40	0	0	2
	50	0	0	0
	60	0	0	0
	70	0	0	0
	75	0	0	0
	80	0	0	0
	100	0	0	0
	150	0	0	0
	200	0	0	0
	300	0	0	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

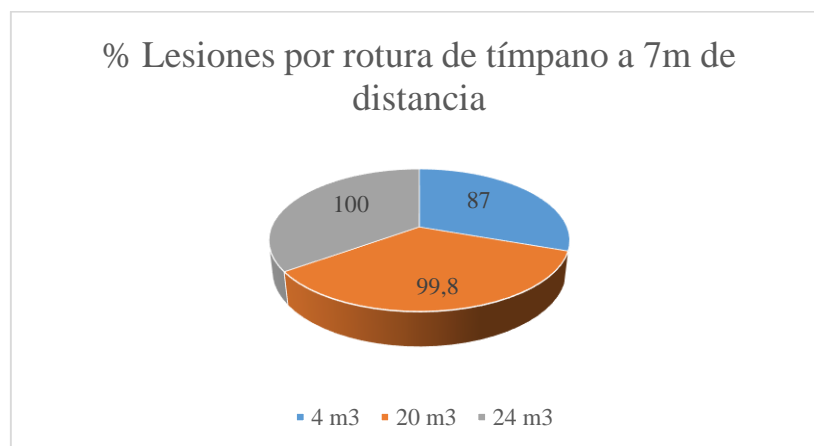


Gráfico 38-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

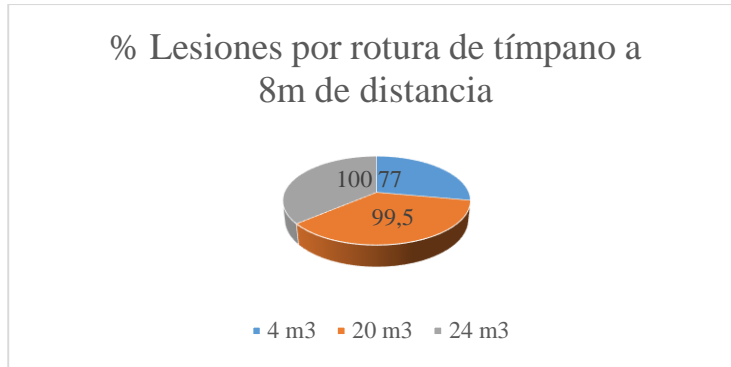


Gráfico 39-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

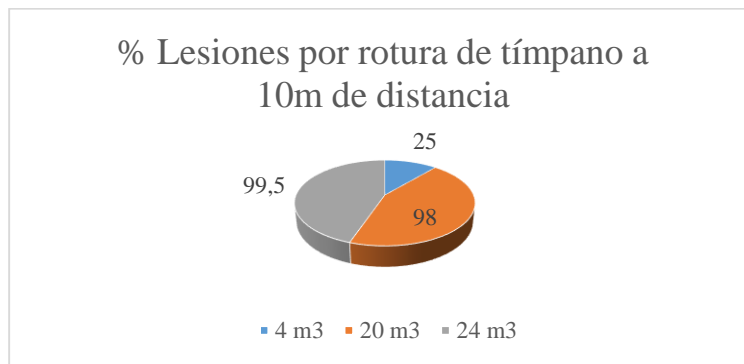


Gráfico 40-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

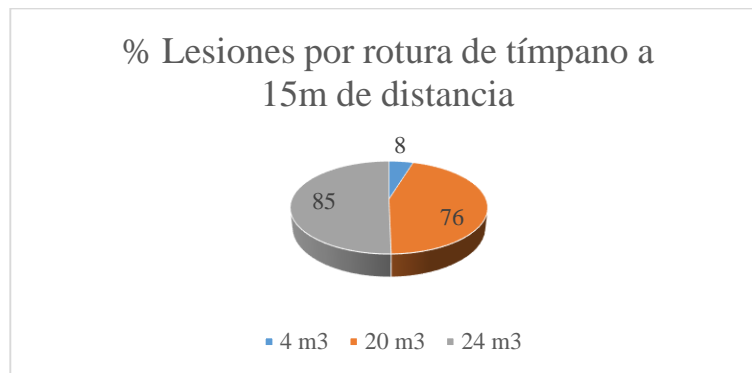


Gráfico 41-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

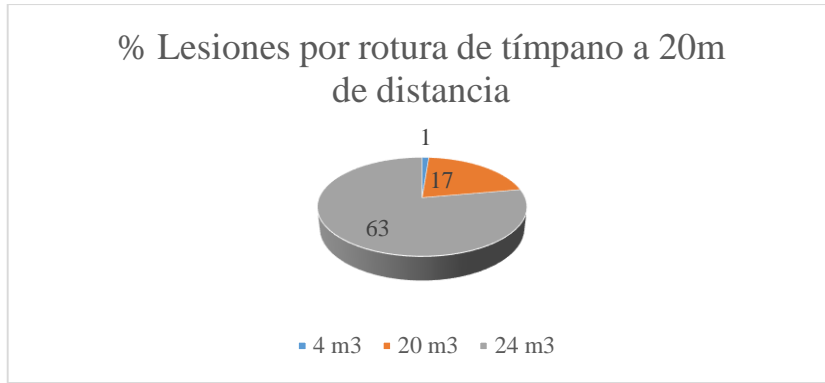


Gráfico 42-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

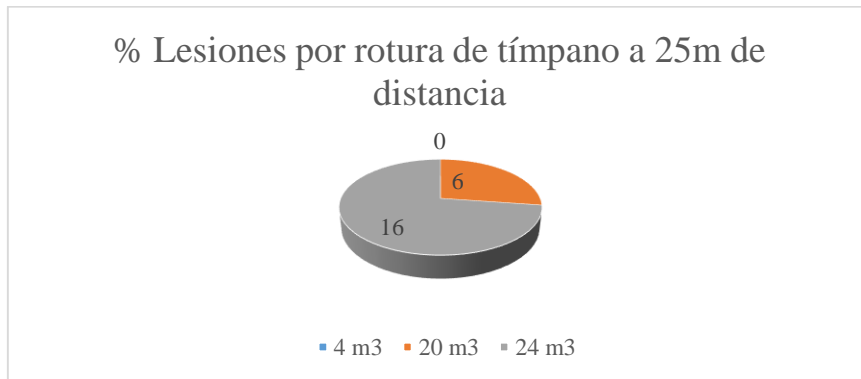


Gráfico 43-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

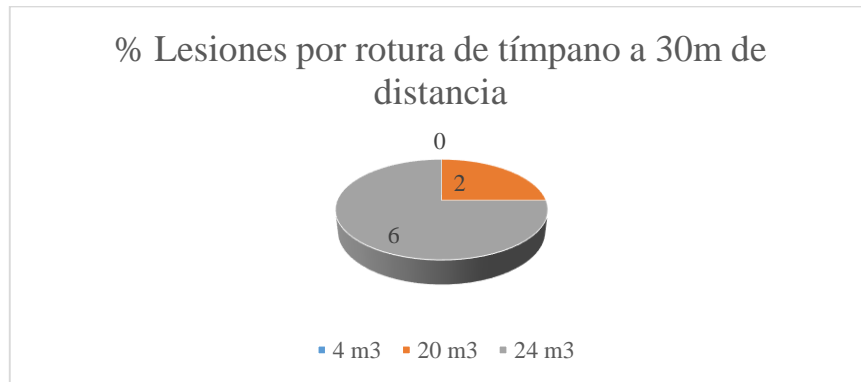


Gráfico 44-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

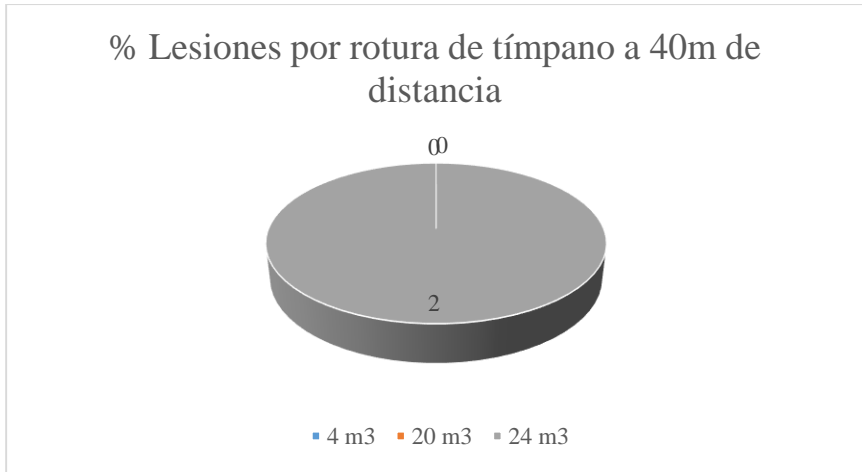


Gráfico 45-4: Afectación vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

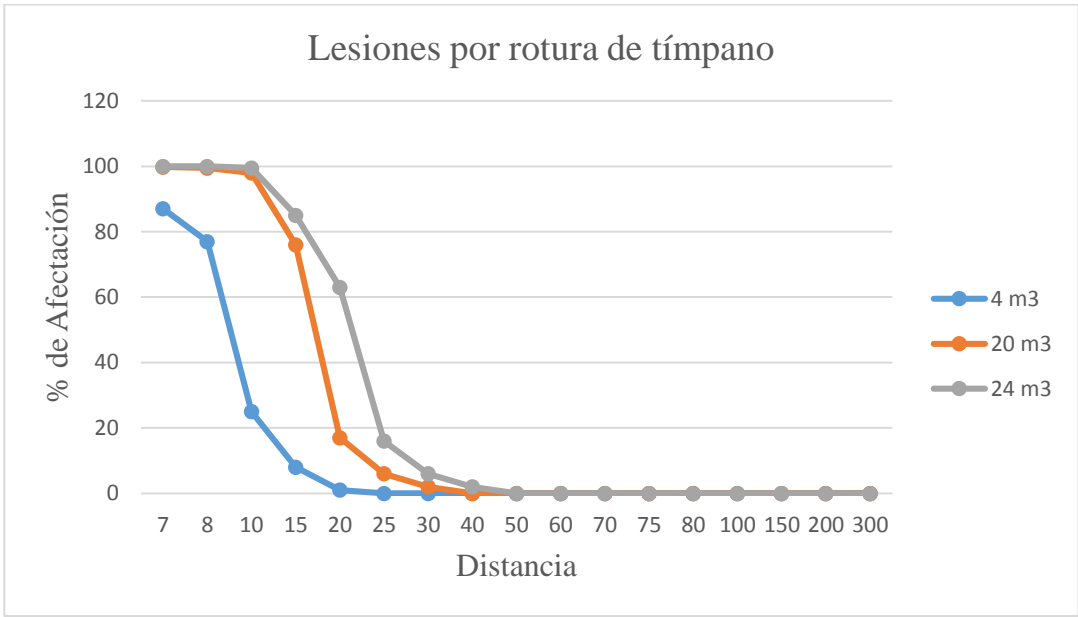


Gráfico 46-4: Afectación en función al volumen del estallido vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 32-4: Porcentaje de daños estructurales menores en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m³, 20m³ y 24m³)

Daños estructurales menores en edificios	Distancia	% de afectación		
		4 m ³	20 m ³	24 m ³
	7	93	99.9	100
	8	90	99.6	100
	10	69	99.4	99.8
	15	55	98	99.2
	20	37	88	98
	25	23	79	89
	30	17	66	85
	40	12	54	71
	50	5	41	61
	60	3	35	53
	70	2	25	47
	75	1.5	18	40
	80	1	16	33
	100	0	11	25
	150	0	5	12
	200	0	2	6
	300	0	0	2

Realizado por: Balcázar, A. 2021

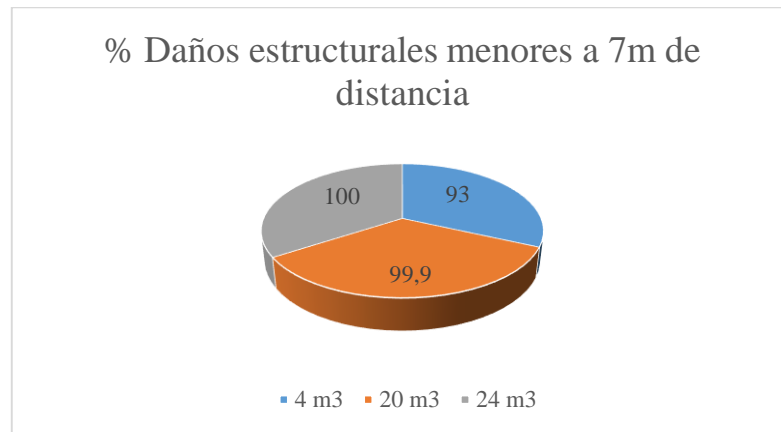


Gráfico 47-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

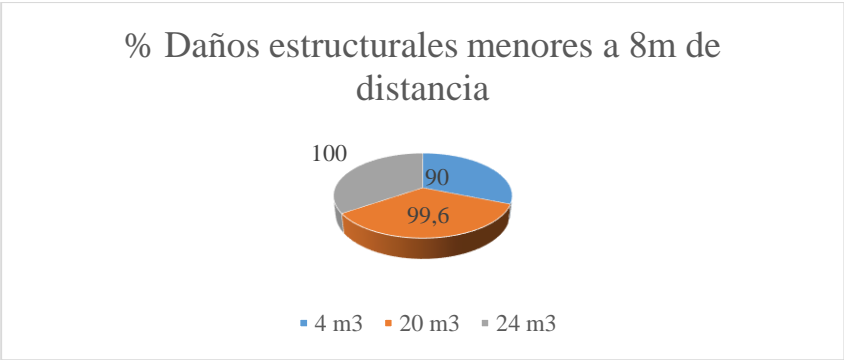


Gráfico 48-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido
Realizado por: Balcázar, A. 2021

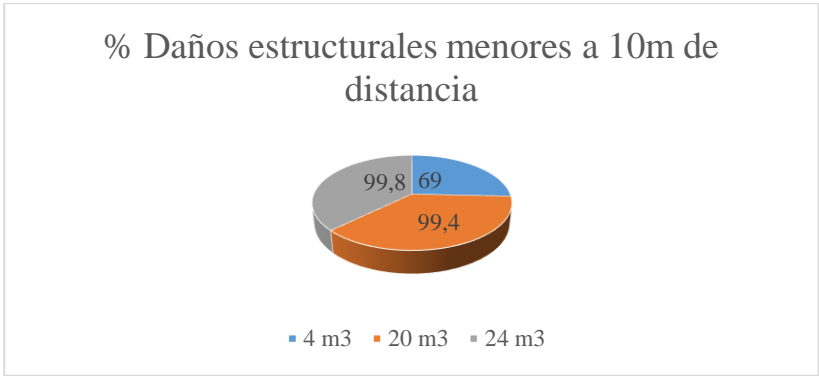


Gráfico 49-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido
Realizado por: Balcázar, A. 2021

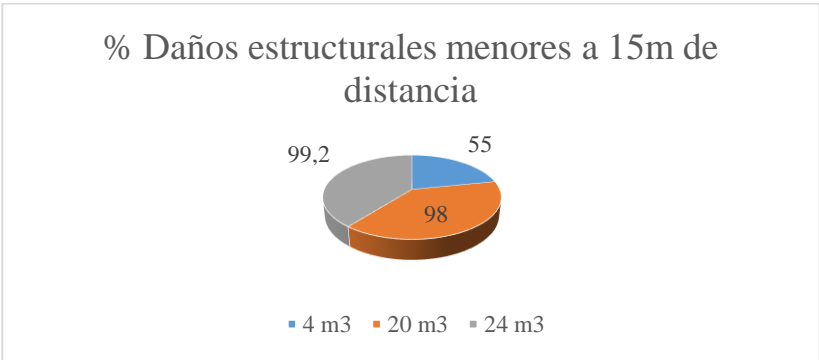


Gráfico 50-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido
Realizado por: Balcázar, A. 2021

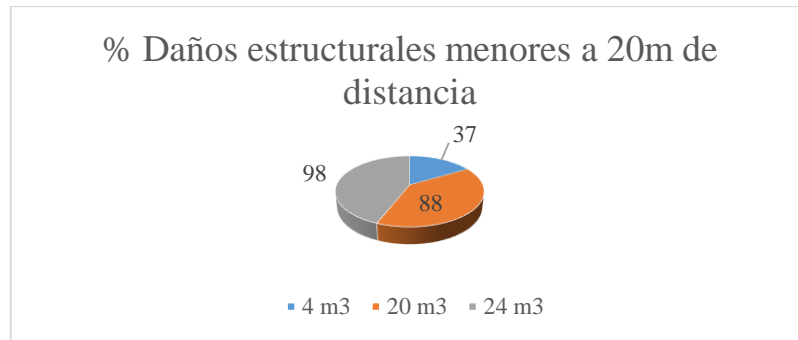


Gráfico 51-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

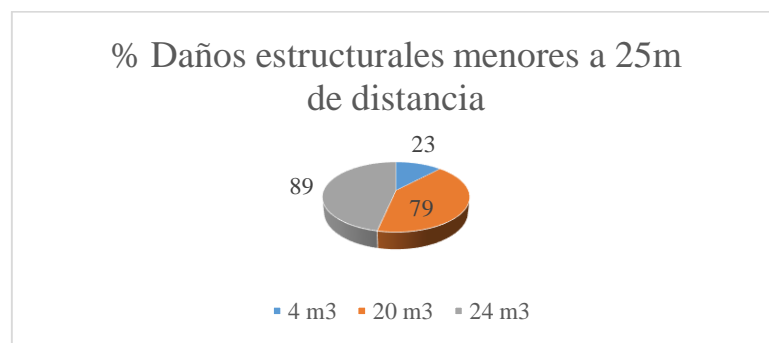


Gráfico 52-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

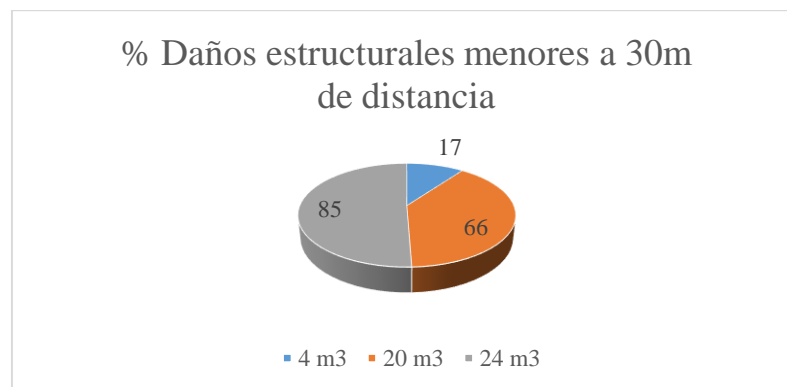


Gráfico 53-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

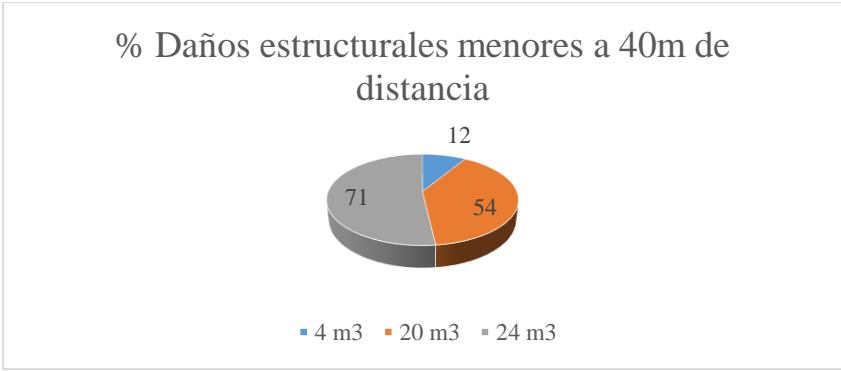


Gráfico 54-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido
Realizado por: Balcázar, A. 2021

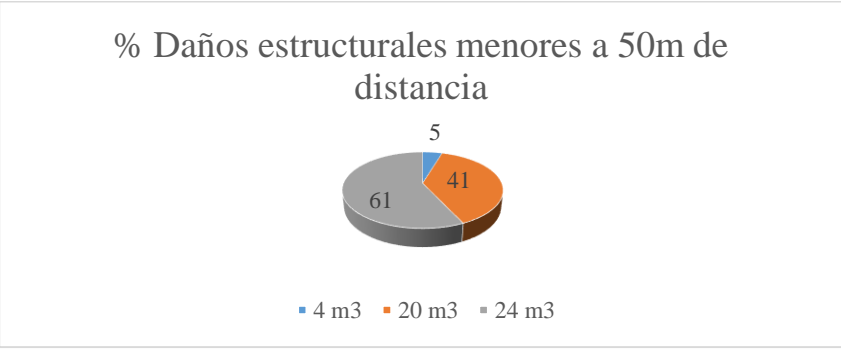


Gráfico 55-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido
Realizado por: Balcázar, A. 2021

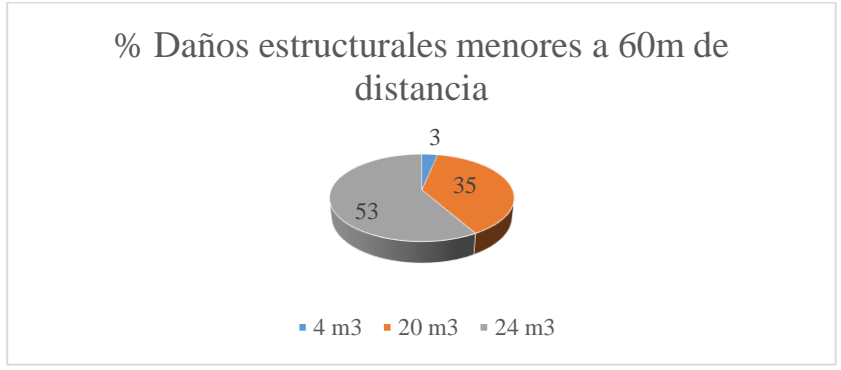


Gráfico 56-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido
Realizado por: Balcázar, A. 2021

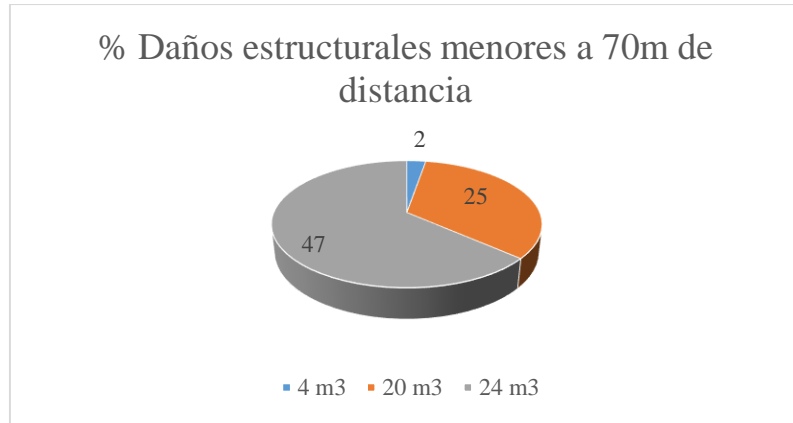


Gráfico 57-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido
Realizado por: Balcázar, A. 2021

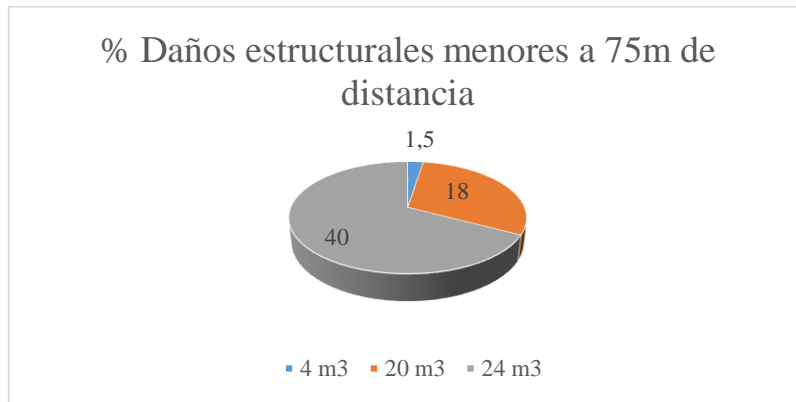


Gráfico 58-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido
Realizado por: Balcázar, A. 2021

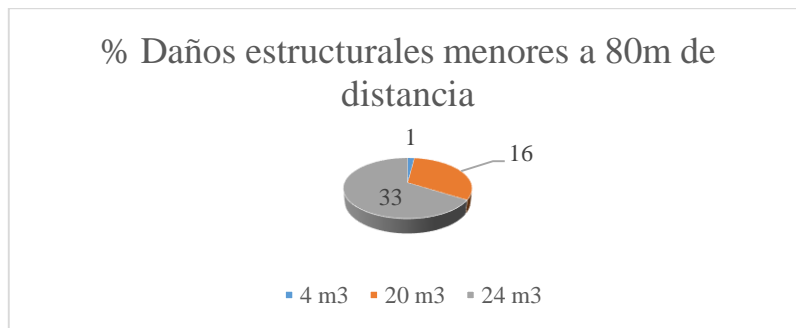


Gráfico 59-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido
Realizado por: Balcázar, A. 2021

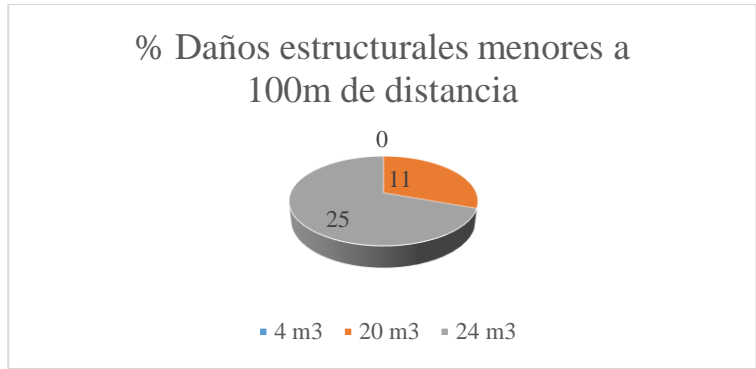


Gráfico 60-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

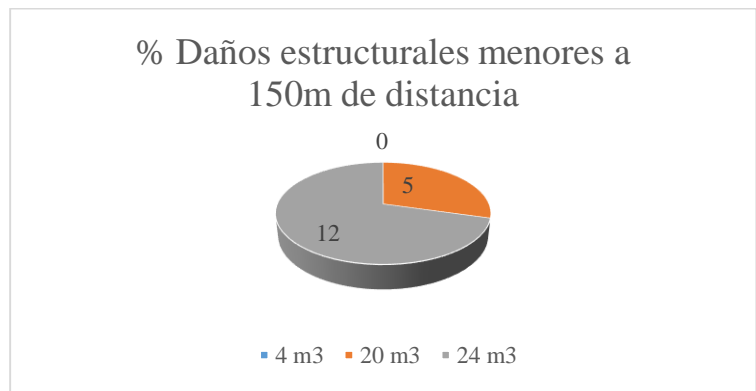


Gráfico 61-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

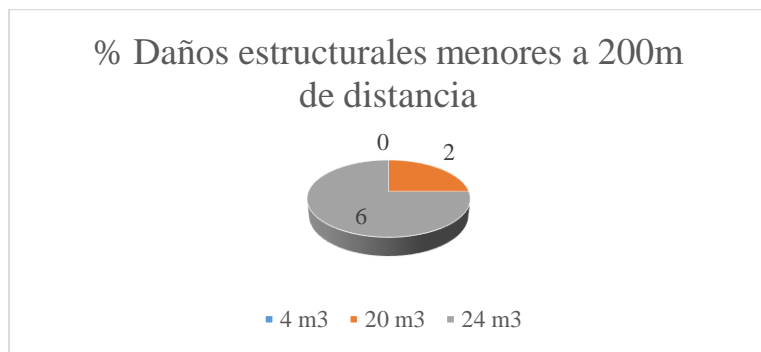


Gráfico 62-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

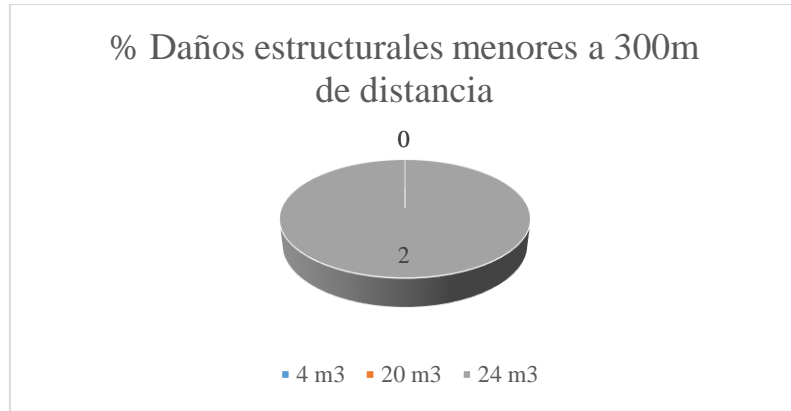


Gráfico 63-4: Daños estructurales menores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

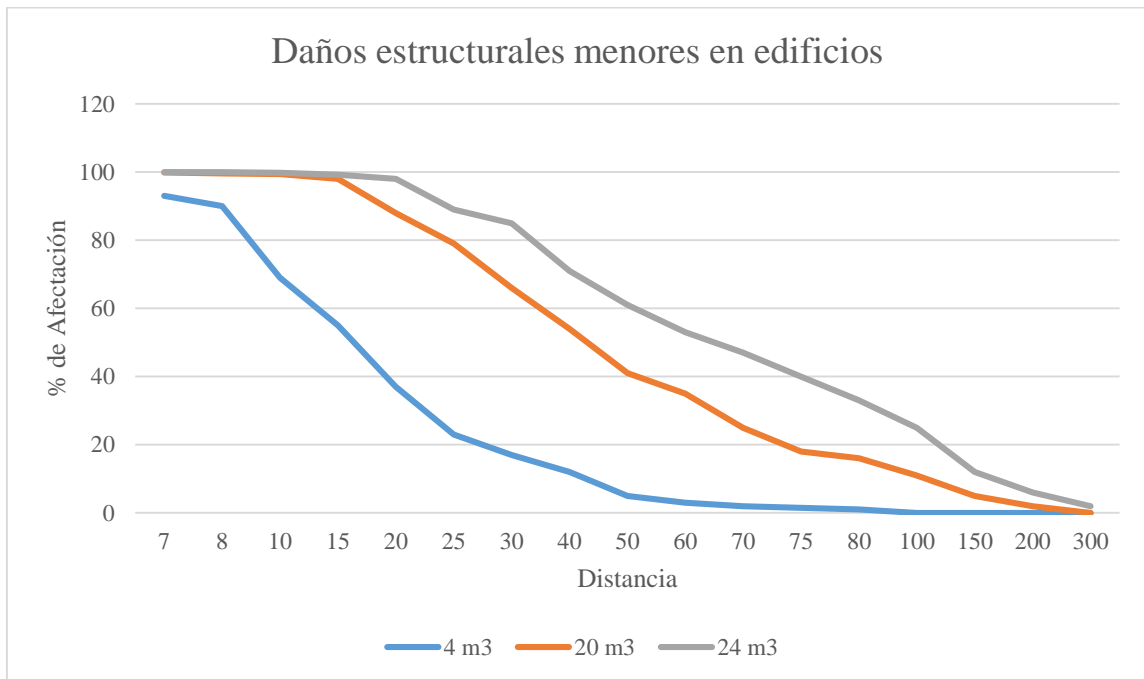


Gráfico 64-4: Daños estructurales menores en función al volumen del estallido vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 33-4: Porcentaje de daños estructurales mayores en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m³, 20m³ y 24m³)

Daños estructurales mayores en edificios	Distancia	% de afectación		
		4 m ³	20 m ³	24 m ³
	7	66	100	100
8	60	99.6	100	
10	8	99	100	
15	2	92	99	
20	0	42	96	
25	0	21	49	
30	0	6	34	
40	0	2	10	
50	0	0	3	
60	0	0	1	
70	0	0	0	
75	0	0	0	
80	0	0	0	
100	0	0	0	
150	0	0	0	
200	0	0	0	
300	0	0	0	

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 65-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

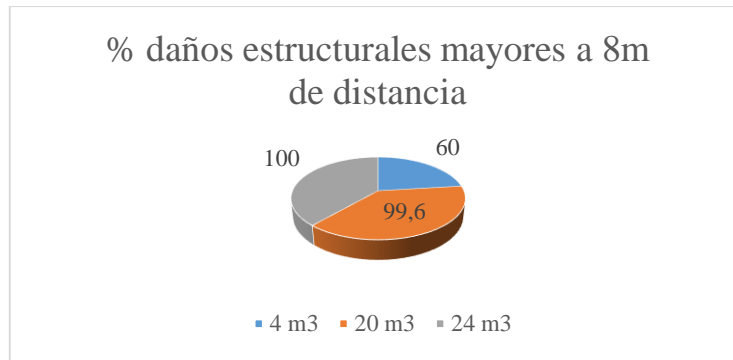


Gráfico 66-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 67-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 68-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

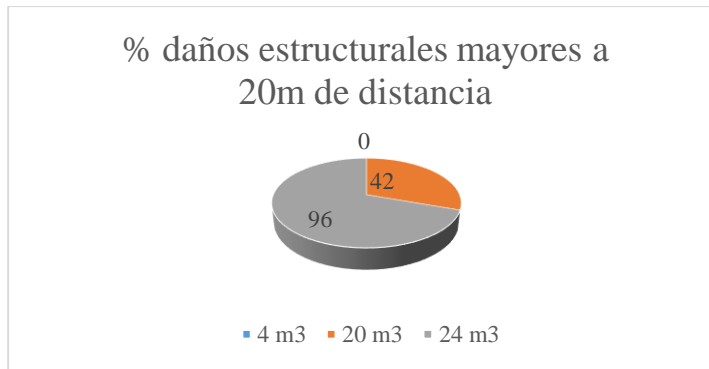


Gráfico 69-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

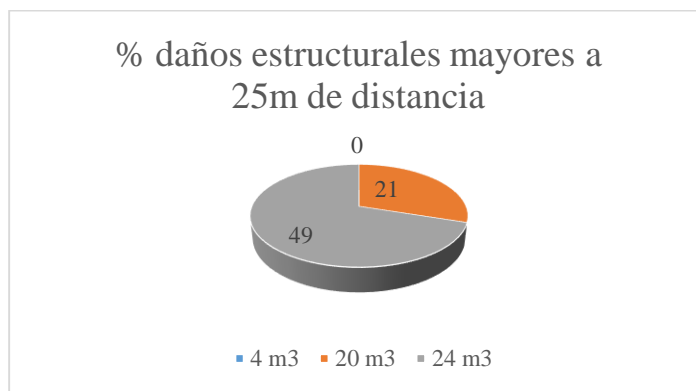


Gráfico 70-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 71-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 72-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 73-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

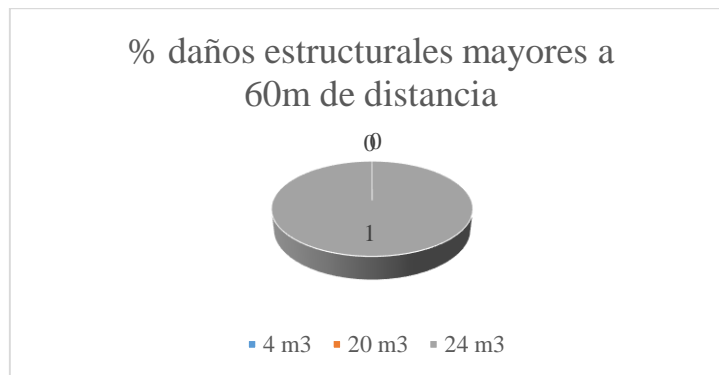


Gráfico 74-4: Daños estructurales mayores vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

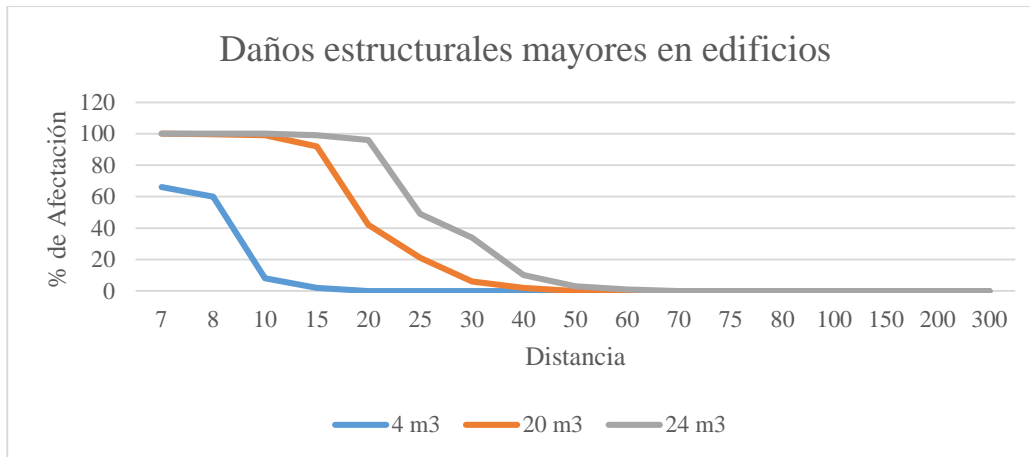


Gráfico 75-4: Daños estructurales mayores vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 34-4: Porcentaje de daños por colapso de infraestructura en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m3, 20m3 y 24m3)

Colapso de edificios	Distancia	% de afectación		
		4 m3	20 m3	24 m3
	7	23	98	100
	8	19	94	99.7
	10	0	90	99
	15	0	65	86
	20	0	9	73
	25	0	4	12
	30	0	0	6
	40	0	0	0
	50	0	0	0
	60	0	0	0
	70	0	0	0
	75	0	0	0
	80	0	0	0
	100	0	0	0
	150	0	0	0
	200	0	0	0
	300	0	0	0

Realizado por: Balcázar, A. 2021

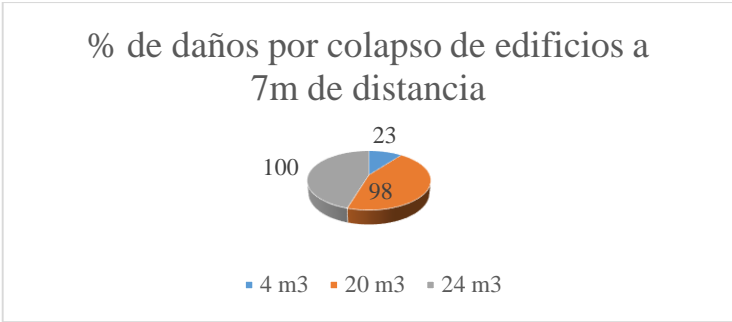


Gráfico 76-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

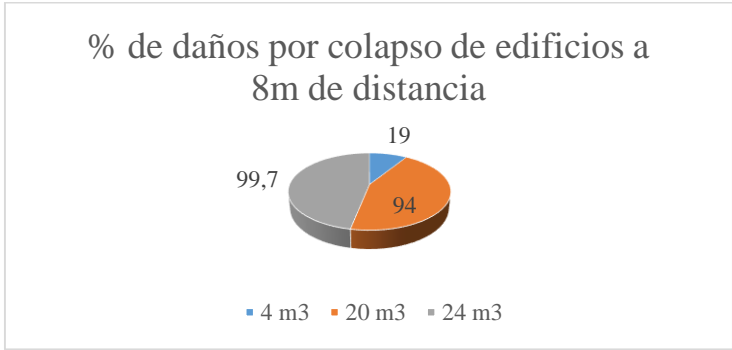


Gráfico 77-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

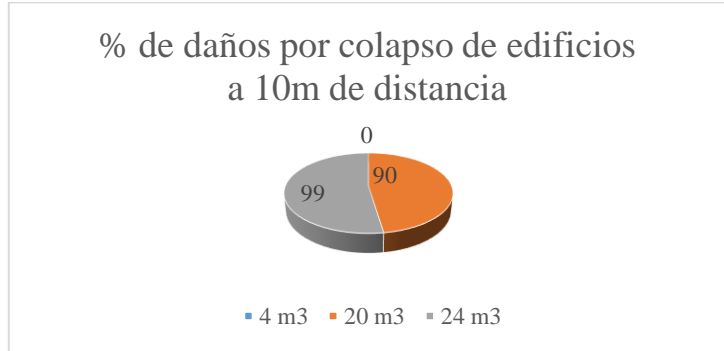


Gráfico 78-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

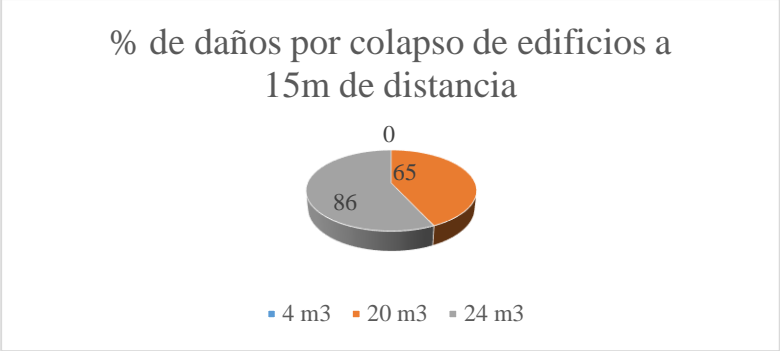


Gráfico 79-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 80-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 81-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 82-4: Daños estructurales por colapso vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

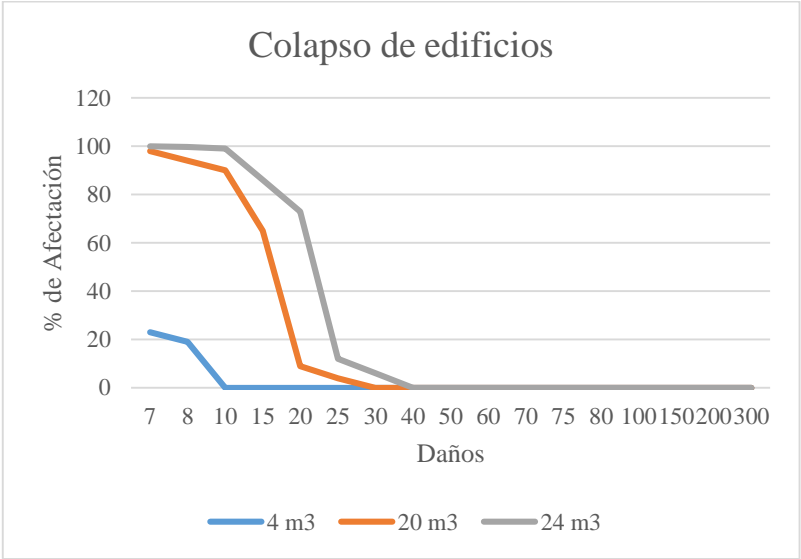


Gráfico 83-4: Daños estructurales por colapso vs distancia

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 35-4: Porcentaje de daños por rotura de cristales en función a la distancia del estallido de un depósito de (4m³, 20m³ y 24m³)

Rotura de cristales	Distancia	% de afectación		
		4 m ³	20 m ³	24 m ³
	7	100	100	100
	8	100	100	100
	10	100	100	100
	15	100	100	100
	20	100	100	100
	25	100	100	100
	30	99.9	100	100
	40	98	100	100
	50	90	100	100
	60	73	99.8	100
	70	55	98	100
	75	45	93	98
	80	31	90	96
	100	17	74	92
	150	3	31	45
	200	0	10	21
	300	0	0	3

Realizado por: Balcázar, A. 2021

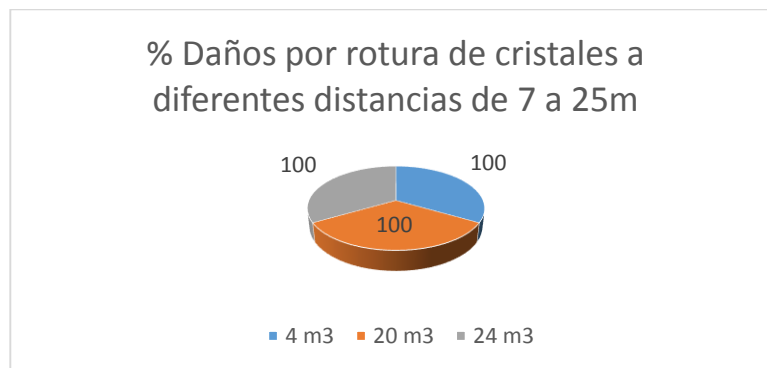


Gráfico 84-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 85-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

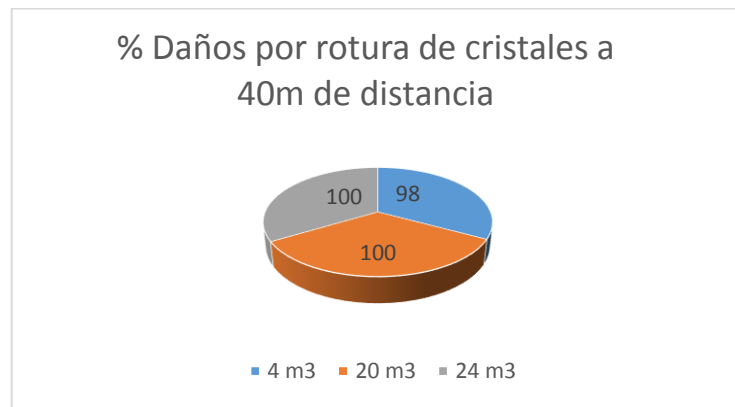


Gráfico 86-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

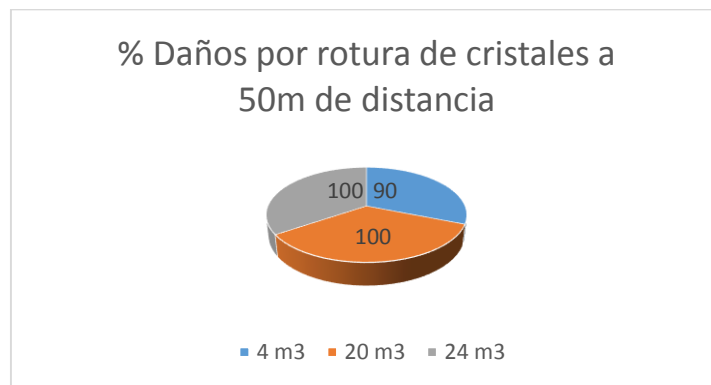


Gráfico 87-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

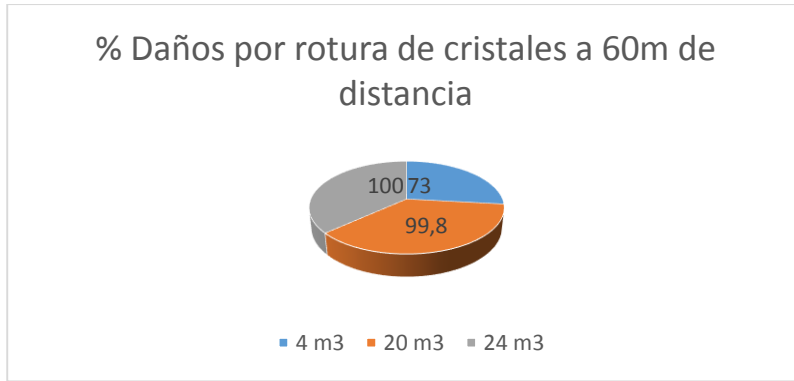


Gráfico 88-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

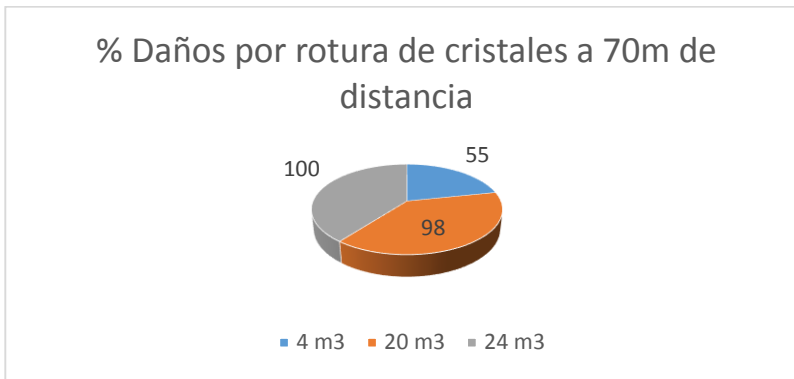


Gráfico 89-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

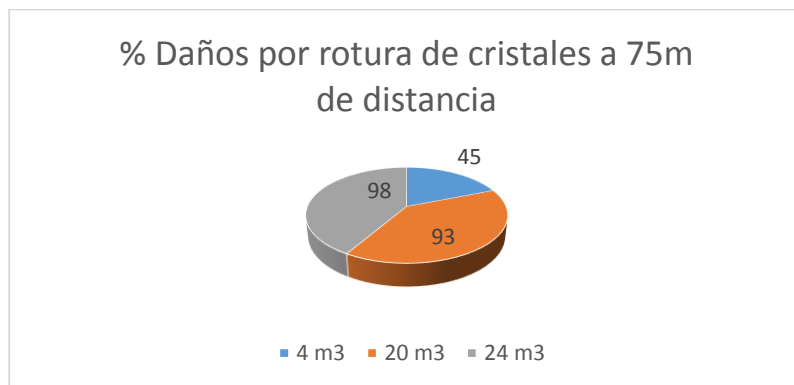


Gráfico 90-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

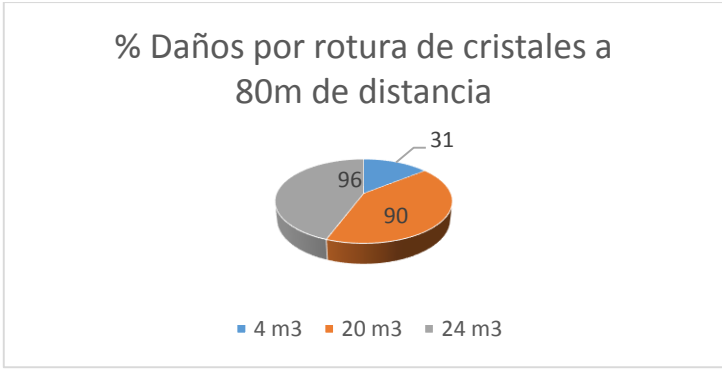


Gráfico 91-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Andrés Balcázar

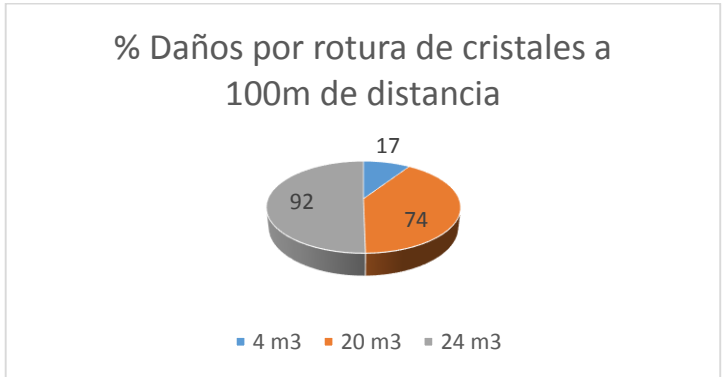


Gráfico 92-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

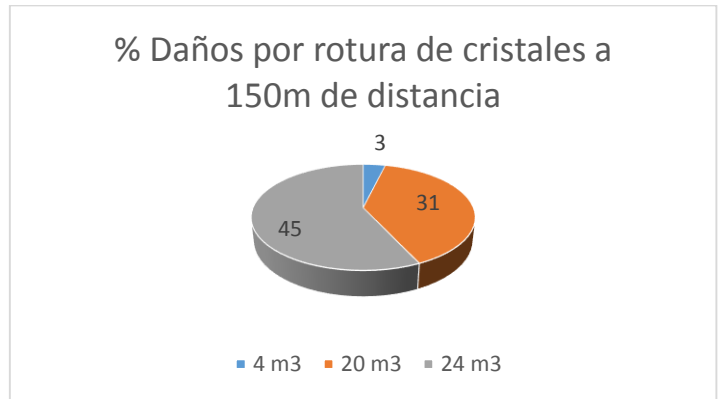


Gráfico 93-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 94-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021



Gráfico 95-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

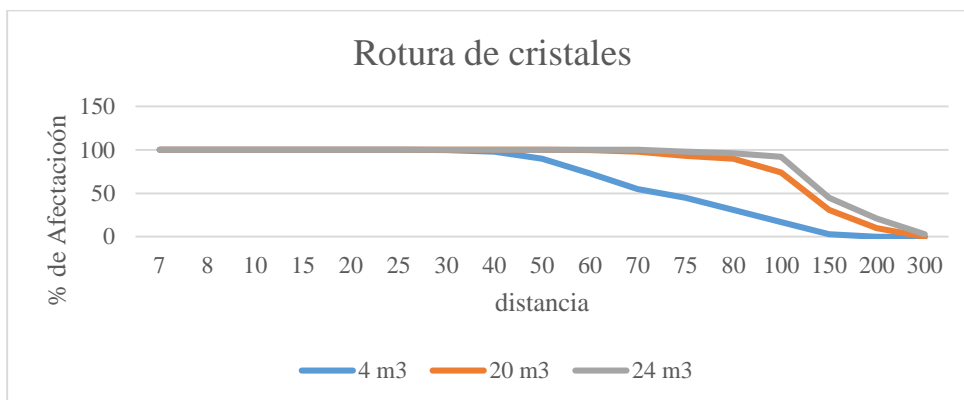


Gráfico 96-4: Daños por rotura de cristales vs volumen del estallido

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Conclusiones

- La estructura que contiene los tanques de GLP, quedaría parcialmente destruida producto de la sobrepresión, con un promedio de afectación del 100%, según datos históricos se afirmarí que cerca del área se formarí cráteres en caso de una explosión con efecto domino.

- La estación de bomberos #1 sufrirá daños irreparables, colisión, voladuras de techo, si un trabajador se encuentra haciendo limpieza, sufrirá daños serios con un promedio de 20 a 90% de afectaciones por hemorragia pulmonar.
- La infraestructura donde se encuentran almacenados los depósitos de almacenamiento de diésel se encuentra a un radio de 25 a 30m del origen del accidente, si un trabajador está haciendo mantenimiento cerca del área sufrirá daños en la cavidad auditiva, producto de la onda sonora, la infraestructura tendrá daños graves en las paredes de los cubetos, voladura de techos, daños en armazón de hierro, posibles roturas de los tanques de diésel provocando derrames, y/o incendio, con un promedio de 80 a 90% en daños materiales.
- La estación de bomberos #2 y la garita de combustibles en caso de que un trabajador se encuentre en el área sufrirá daños en la cavidad auditiva, y daños materiales que oscilan entre un 60 a 70%.
- El circuito de producción de la planta se encuentra aproximadamente en un radio de 60 a 80m, en caso de una explosión se verá afectado toda la infraestructura daños materiales en las tolvas, en el circuito de chancado, en el circuito de flotación, fisuras del tanque de agua industrial, daños en la bodega del cianuro, rotura de cristales en la garita del buque etc. con un promedio de daños del 30 a 50%.
- Las oficinas administrativas, comedor, superintendencia, laboratorio químico, taller mecánico, bodega, garita principal se encuentran a una distancia que oscila entre 100 a 150m del epicentro del accidente, sufrirán daños materiales en puertas, ventanas, fisuras en las paredes, rotura de vidrios, producto de la onda expansiva, con un promedio de daños estructurales del 10 al 25% y 40 a 90% de daños por rotura de vidrios.
- La casa del cerro sufrirá daños materiales como rotura de vidrios por la onda sonora con un promedio del 20% de daños.
- Al establecer las zonas asequibles ante el estampido de los dos depósitos de GLP, por efecto domino utilizando la Directiva Seveso. Se mantiene el criterio a mayor distancia la secuela disminuye.

- Establecer una gestión técnica de prevención a accidentes industriales por derrame de GLP, de acuerdo a la legislación ecuatoriana y/o normativa internacional.

Recomendaciones

- El principal riesgo para producir un accidente industrial es el derrame o escape de GLP, por lo que es necesario establecer implementos de seguridad como sensores de GLP, paredes o barreras que disminuyan los niveles de sobrepresión, e impulso mecánico, corte de suministro de GLP automático, temporizadores de temperatura para el funcionamiento de enfriamiento de los tanques en días calurosos, remover los árboles cercanos a una distancia mínima de 3m según la norma técnica ecuatoriana, mejorar la instalación del cable de tierra, señalar el área con rótulos que rigen normativa, mover los cables de energía eléctrica a cierta distancia prudente para minimizar riesgos de fuentes de ignición.
- Emplear la gestión técnica de seguridad para riesgo de estallido de tal manera que se encuentre bajo las obligaciones del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, Cuerpo de Bomberos y Ministerio de Ambiente.
- Diseñar un plan de emergencia, considerando un mapa de evacuación que indique rutas de escape y salida en caso de presentarse una emergencia por explosión e incendio.
- Programar un plan de concientización y capacitación para los trabajadores de la planta y para los residentes en un radio mayor o igual a 300 metros a partir del establecimiento donde se encuentran los recipientes de gas licuado de petróleo.
- Establecer un cronograma de mantenimiento preventivo con sus respectivos ensayos hidrostáticos & tintas penetrantes que aseguren un buen funcionamiento del equipo, tuberías y accesorios, estos analices se debe realizar por una empresa calificada por ARCH, y realizar cada 4 años.
- Es recomendable construir un muro de protección con aglutinante “MURO CLIMA BLOCK” este tipo de protección permiten la absorción de las ondas de impacto disipando su energía efectiva, absorción acústica, resistentes a la humedad, impacto, agua, ausencia total de cargas electrostáticas, además estos muros guiaran las ondas expansivas de manera vertical restando

daños a la propiedad y protegiendo los depósitos de cualquier fuente de riesgo de incendio o en caso de un derrame estas paredes evitaran la contaminación. De tal modo que se evitara daños ambientales, infraestructurales y daños a la integridad física del trabajador.

- Es recomendable que las botoneras de emergencia sean visibles y accesibles en casos de emergencias.
- El sistema de aspersores con agua deberá cumplir con la norma NFPA15 donde su monitoreo será automático a través de sensores susceptibles al calor reduciendo la temperatura de los mismo para restar riesgos de explosión.
- Comprobar la eficacia de los brigadistas contra incendio con el cuerpo de bomberos para mejorar el tiempo de respuesta y entrenamiento ante una emergencia por incendio.

4.8. Plan de emergencia de la planta de beneficio SODIREC

El presente plan de emergencia ha sido desarrollado en concordancia a lo establecido en el Art. 79 Del Reglamento Ambiental Para Actividades Mineras En La Republica Del Ecuador emitido por el Acuerdo Ministerial No. 37 publicado en registro oficial No. 213 del 27 de marzo de 2014, última reforma 11-junio -2015; para prevenir, controlar coleccionar y/o mitigar las fugas, escapes y derrames de minería, derivados o productos químicos que puedan producir incendios, explosiones o alguna situación de emergencia en la planta.

4.9. Descripción del plan de emergencia

Es un conjunto de medidas necesarias para prevenir la ocurrencia de situaciones de riesgo por incendio y/o explosiones que se presenten en el área de almacenamiento de combustibles, con el fin de reducir al mínimo los impactos causados a los trabajadores, bienes o al ambiente. Garantizando de esta manera una evacuación segura para la población aledaña y quienes se encuentren en la planta.

En el plan de emergencia se reflejan los lineamientos a seguir en caso de un accidente industrial, organización de brigadas sus líderes y sus respectivas funciones, mapa de rutas de evacuación.

4.10. Información general

Tabla 36-4: Información general de la Planta de Beneficio SODIREC

PLANTA DE BENEFICIO SODIREC	Razón Social:	BIRA Bienes Raíces S.A.
	Provincia:	EL Oro
	Ciudad:	Piñas
	Dirección:	Km. 2.5 Curva de los Ciruelos, Vía a Buza
	Teléfono:	3700840
	Actividad Empresarial:	Beneficio de minerales auríferos
	Representante Legal:	Ing. Oscar Emilio Loor Oporto
	Responsable de Seguridad y salud ocupacional:	Dr. Héctor Andrade
	Responsable de seguridad física	Cnel. William Viteri
	Medida de Superficie Total:	15000m ²
	Área útil de Trabajo:	10000m ²
	Cantidad de Población:	105 personas
	Cantidad de Visitantes:	4 personas por cada 6 meses
	Horario de Trabajo de planta:	7:00 - 15:00, 15:00 - 23:00, 23:00 - 7:00
	Horario de trabajo Administrativo:	8:00 - 17:00
Fecha de elaboración del Plan:	20/11/2019	

Realizado por: Balcázar, A. 2021

4.11. Cantidad de población trabajadora.

- Hombres: 90
- Mujeres: 15

4.12. Área de construcción de la Planta de Beneficio de SODIREC.

Tabla 37-4: Área de trabajo

NIVELES DE INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA DE BENEFICIO SODIREC		
NIVELES	DESCRIPCIÓN	MEDIDA DE SUPERFICIE
NIVEL 1	GARITA PRINCIPAL Y TOLVAS DE DESCARGA	724 m ²
NIVEL 2	PABELLON ADMINISTRATIVO	720 m ²
NIVEL 3	LABORATORIO	719 m ²
NIVEL 4	PLANTA DE AGITACIÓN	716 m ²
NIVEL 5	PLANTA MERRYL	715 m ²
NIVEL 6	TALLERES	713 m ²

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Fuente: Departamento de Obras Civiles.

4.13. Ubicación:

Latitud: 3°40'40.85"S

Longitud: 79°38'50.83"O

4.14. Vista satelital de la Planta de Beneficio SODIREC.



Figura 3-4: Vista satelital Planta de Beneficio SODIREC.

Fuente: Google Earth

4.15. Antecedentes

La planta de beneficio SODIREC. se encuentra operando desde el año 1993, su principal actividad es el beneficio de los minerales auríferos, sin presentar hasta la actualidad antecedentes de incendios, conatos de incendios, explosiones o daños significativos a la propiedad ni a la integridad física de sus trabajadores, cumple con normativa y estándares de seguridad.

4.16. Justificación

La Planta de beneficio SODIREC, cuya misión, visión, y objetivos se fundamenta en el desarrollo barras de oro de exportación, en base a técnicas y normas de producción que cumplen parámetros de calidad y seguridad, respetando la integridad física de todos los que forman parte de la industria a mediante la aplicación de estándares normativos de calidad, seguridad y ambiente en todos los procesos de producción desde la selección de materia prima hasta la obtención del producto terminado para su exportación.

Dentro del margen preventivo se dispone de un sistema de gestión de seguridad y salud que comprenda toda la organización para responder de forma eficiente a los diferentes factores de riesgo. La finalidad de un plan de emergencia para incendio y/o explosiones, es proveer una serie de directrices e información para adoptar procedimientos lógicos, técnicos y administrativos que permitan obtener respuestas rápidas y eficientes en situaciones de emergencia.

4.17. Objetivos del plan de emergencia

Los objetivos de la planta de emergencia son nueve:

1. Proteger la integridad de los trabajadores de la Planta de beneficio SODIREC y a terceros.
2. Prevenir los riesgos en la Planta de beneficio.
3. Minimizar los daños materiales y económicos que puedan ocasionar a la propiedad.
4. Mitigar el impacto de los siniestros sobre la salud y el medio ambiente.
5. Requerir ayuda a las entidades locales expertas en acontecimientos de incendios u otro tipo de siniestros.
6. Capacitar permanentemente a todo el personal en prevención de riesgos y en las acciones de respuesta ante una situación de emergencia.
7. Contar con los procedimientos a seguir durante las operaciones de respuesta a la emergencia.
8. Facilitará el flujo de información entre el equipo administrativo, ejecutivo y todos los departamentos.
9. El plan de emergencia será revisado y actualizado anualmente o cuando lo requiera el grupo corporativo, bajo la responsabilidad del jefe del departamento de seguridad y salud ocupacional.

4.18. Aplicación

El presente plan de emergencia está diseñado para mitigar cualquier conato de incendio o accidentes mayor provocado por fuerza mayor en las instalaciones de la Planta.

4.19. Identificación de factores de riesgo de la Planta de beneficio SODIREC.

En la tabla 3-5 se detallan las situaciones inseguras que producen un riesgo de accidente en la planta con un promedio de afectación valorado en bajo y medio.

Tabla 38-4: Factores de riesgo

N°	DEPENDENCIA	FACTOR DE RIESGO	RIESGO DETECTADO	VALORACIÓN	NÚMERO DE PERSONAS
1	Gerencia	PSICOSOCIALES	Sobre carga mental	Medio	2
2	Secretaria	ERGONÓMICO	Uso de pantalla de visualización	Medio	1
3	Contabilidad	PSICOSOCIALES	Trato con clientes y usuarios	Medio	7
4	Bodega de planta	QUÍMICO	Inflamables	Bajo	7
5	Talento Humano	FÍSICO	Iluminación	Bajo	2
6	Servicios Generales	MECÁNICO	Caída manipulación de objetos	Bajo	14
7	Laboratorista	FÍSICO	Radiación	Medio	5
8	Relavero	FÍSICO	Caída de personas al mismo nivel	Medio	3
9	Alimentador	MECÁNICO	Caída manipulación de de objetos	Medio	3
10	Molinero	MECÁNICO	Choque contra objetos móviles	Medio	3
11	Operador de trituradoras	MECÁNICO	Atrapamiento por o entre objetos	Medio	3
12	Fundidor	MECÁNICO	Incendio	Medio	1
13	Mecánicos	MECÁNICO	Atrapamiento por o entre objetos	Medio	5
14	Soldadores	MECÁNICO	Contacto eléctrico directo	Medio	3
15	Electricistas	MECÁNICO	Contacto eléctrico directo	Medio	2
16	Obrero OOC	MECÁNICO	Proyección de partículas	Medio	15

Fuente: GASI

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 39-4: Maquinaria, equipos, sistemas eléctricos y de combustión

INSTALACIONES Y SERVICIOS			
ELEMENTO	DENOMINACIÓN		
	UBICACIÓN	POTENCIA	CANTIDAD
TRANSFORMADORES			
MEDIA Y BAJA TENSION	CUARTO DE TRANSFORMADORES	400 KVA	1
		300 KVA	1
		100 KVA	1
GENERADORES			
PLANTA CAMPAMENTO	PLANTA	600 KVA	1
	CAMPAMENTO BIRAPAMBA	500 KVA	1
		300 KVA	1
CILINDROS A PRESIÓN			
GLP	CILINDRO ESTACIONARIO HORIZONTAL	20m3	1
		4m3	1
TANQUE ESTACIONARIO METALICO			
DIESEL PREMIUN	AREA DE COMBUSTIBLES	2500 Galones	3

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 40-4: Clasificación de materiales considerados peligrosos utilizados

Materiales Peligrosos Utilizados		
CLASE 2: Gases		
División	Descripción	Cantidad
2.1	Gas Licuado de Petróleo	24 m3
CLASE 3: Líquidos inflamables		
División	Descripción	Cantidad
3.1	Diésel Premium	750 galones
	Acetona	ND
Clase 6: Sustancias Tóxicas y Sustancias Infecciosas		
División	Descripción	Cantidad
6.1	Cianuro de sodio	ND
Clase 8: Sustancias Corrosivas		
División	Descripción	Cantidad
	Acido acético	ND
	Acido clorhídrico	ND
	Acido sulfúrico	ND
	Hidróxido de sodio	ND
	Acido nítrico	ND
Clase 9: Sustancias y objetos peligrosos varios		
División	Descripción	Cantidad
	Carbonato de sodio	ND

Realizado por: Balcázar, A. 2021

4.20. Factores Externos que generen amenazas y vulnerabilidades

- Asaltos
- Atentados de hurto,
- Secuestros
- Inundaciones
- Sismos
- terremotos
- Deslizamientos de tierra
- Incendios Forestales
- Aluviones

4.21. Evaluación de factores de riesgo de incendio MESSERI.

Los riesgos potenciales identificados son por incendio y/o explosiones, para la evaluación de estos factores de riesgo se utilizó el método de simplificación de evaluación del riesgo de incendio (MESSERI) y los resultados que se obtienen son útiles para la toma de decisiones en su tratamiento. A través del método MESSERI, se puede determinar la valoración de un riesgo producido por incendio, para este caso aplicamos en el área de combustibles a la infraestructura de los tanques de diésel donde el riesgo está considerado como medio por lo cual es necesario tomar medidas pertinentes para minimizar los accidentes.

Además, es necesario que las brigadas contra incendio se mantengan en constantes capacitaciones para los distintos tipos de incendios que puedan darse debido a la situación.

Tabla 41-4: Evaluación de riesgo de incendio por método MESSERI

EVALUACIÓN DE RIESGOS CONTRA INCENDIOS "MESSERI"							
Nombre de la Empresa:		SODIREC		Fecha:	21/11/2019		
Persona que realiza evaluación:		Edgar Andres Balcázar Ordoñez					
Área:		Combustibles					
Concepto		Coefficiente	Puntos	Concepto			
CONSTRUCCION				Concepto	Coefficiente	Puntos	
Nº de pisos		Altura		DESTRUCTIBILIDAD			
1 o 2	menor de 6m	3	3	Por calor			
3,4, o 5	entre 6 y 15m	2		Baja (las existencias no destruyen el fuego)	10	10	
6,7,8 o 9	entre 15 y 28m	1		Media (las existencias se degradan por el fuego)	5		
10 o más	más de 28m	0		Alta (las existencias se destruyen por el fuego)	0		
Superficie mayor sector incendios				Por humo			
de 0 a 500 m ²		5	0	Baja (humo afecta poco a las existencias)	10	5	
de 501 a 1500 m ²		4		Media (humo afecta parcialmente las existencias)	5		
de 1501 a 2500 m ²		3		Alta (humo destruye totalmente las existencias)	0		
de 2501 a 3500 m ²		2		Por corrosión			
de 3501 a 4500 m ²		1	10	Baja	10	5	
más de 4500 m ²		0		Media	5		
				Alta	0		
Resistencia al Fuego				Por Agua			
Resistente al fuego (estructura de hormigón)		10	10	Baja	10	10	
No combustibel (estructura metálica)		5		Media	5		
Combustible (madera)		0		Alta	0		
Falsos Techos				PROPAGABILIDAD			
Sin falsos techos		5	3	Vertical			
Con falsos techos incombustibles		3		Baja	5	3	
Con falsos techos combustibles		0		Media	3		
			Alta	0			
FACTORES DE SITUACIÓN				Horizontal			
Distancia de los Bomberos				Baja	5	3	
menor de 5 km	5 min.	10	Media	3			
entre 5 y 10 km	5 y 10 min.	8	Alta	0			
entre 10 y 15 km	10 y 15 min.	6	SUBTOTAL (X)				
entre 15 y 25 km	15 y 25 min.	2					
más de 25 km	25 min.	0	85				
Accesibilidad de edificios (ancho de vía de acceso)				FACTORES DE PROTECCIÓN			
Buena (mayor de 4m)		5	5	Concepto			
Media (entre 4 y 2m)		3		SV	CV	Puntos	
Mala (menor de 2m)		1		Extintores portátiles	1	2	1
Muy mala (no existe vía)		0		Bocas de incendio	2	4	2
PROCESOS				Hidratantes exteriores	2	4	2
Peligro de activación				Detector de incendio	0	4	
Bajo		10	5	Rociadores automáticos	5	8	5
Medio		5		Instalaciones fijas / gabinetes	2	4	2
Alto		0		SUBTOTAL (Y)			
Carga Térmica				12			
Bajo (poco material combustible)		10	5	FORMULA DEL CÁLCULO			
Medio		5		Nº	VALOR DE P	CATEGORÍA	
Alto (gran cantidad de material combustible)		0		1	0 a 2	Riesgo muy grave	
Combustibilidad (facilidad de combustión)				2	2,1 a 4	Riesgo grave	
Bajo		5	3	3	4,1 a 6	Riesgo medio	
Medio		3		4	6,1 a 8	Riesgo leve	
Alto		0		5	8,1 10	Riesgo muy leve	
Orden y Limpieza				Nº ACEPTABILIDAD			
Alto		10		5	VALOR DE P		
Medio		5	1		Riesgo aceptable	P>5	
Bajo		0	2		Riesgo no aceptable	P≤5	
Almacenamiento en Altura				Subtotal x: PROPIOS DE LAS INSTALACIONES			
menor de 2 m.		3	2	X	85		
entre 2 y 4 m.		2		Subtotal Y: FACTORES DE PROTECCIÓN	Y	12	
más de 6 m.		0		Coefficiente B:	B	0	
FACTOR DE CONCENTRACIÓN				TOTAL			
Factor de concentración \$/m²				5.602265951			
menor de 500		3	2	Realizado: Sr. Andres Balcázar Firm			
entre 500 y 1500		2		Revisado: Dr. Hector Andrade Firm			
más de 1500		0		Aprobado: Ing. Oscar Loor Firm			

Realizado por: Balcázar, A. 2021.

4.22. Ruta Cuerpo de Bomberos – Planta de Beneficio SODIREC.



Figura 4-4: Ruta cuerpo de bomberos – planta de beneficio SODIREC.

Fuente: Google Earth

Ruta: línea de color rojo

La ubicación de la estación número 4 del cuerpo de bomberos de la ciudad de Piñas se encuentra a una distancia aproximada de 7.4 km de la Planta de Beneficio, en el gráfico se observa la ruta más cercana que debe recorrer el equipo contra incendios y desastres hasta el área de combustibles de la planta, con un tiempo aproximado de 13 minutos, normalmente no existe un tráfico considerable.

Además, se contactará con todas las instituciones que se deben involucrar en caso de accidente mayor.

1. Servicio integrado de seguridad ECU 911 encargado de coordinar con todos los servicios de emergencia para desastres.
2. En caso de presentarse un accidente mayor como incendio, explosión, envenenamiento o contaminación, terremoto, deslizamiento de tierra, inundaciones, falla estructural o cualquier otra situación de riesgo que amenace la integridad física de los trabajadores o daños estructurales de la planta, la comunicación es inmediata con el ECU 911, mediante este sistema se coordinará con las instituciones pertinentes ante la emergencia para su inmediato desplazamiento al sitio del desastre.
3. Servicio de emergencias Hospital Luis Moscoso de Piñas, 072-976-168 ext. 301 distancia de desplazamiento 11km aproximadamente, tiempo estimado de 19 minutos.

4. Unidad de policía comunitaria de Piñas 072-976-134 distancia de desplazamiento aproximado de 11km, con un tiempo estimado de 18 minutos.
5. Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Piñas 072-976-113 distancia máxima de desplazamiento aproximado 11km, con un tiempo estimado de 20 minutos.
6. La estación número 4 del cuerpo de bomberos de Piñas está ubicado aproximadamente a 7.4 km con un tiempo estimado de 13 minutos.

4.23. Prevención y control de riesgos

Son pocos los individuos que se percatan de las pasos cebra al ingresar a un establecimiento, sin embargo lo que verdaderamente preocupa es el conocimiento, de los propios trabajadores que no identifican los actos inseguros, dentro de su área de trabajo a esto se añade la escasa claridad de señalización a las salidas de emergencia, implementos de seguridad, recorrido de evacuación e identificación de riesgo siendo una de las principales causas de afectaciones en caso de un accidente industrial.

4.23.1. Posibles causas de los accidentes industriales

Se han identificado las siguientes causas:

- Fallas en los equipos.
- Las desviaciones de funcionamiento en condiciones normales.
- Falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- Falta de capacitación.
- Errores humanos.
- Fallas eléctricas.
- Manejo inadecuado de las sustancias.
- Fenómenos naturales.

4.23.2. Acciones preventivas y de control para minimizar los riesgos evaluados

Dentro de las propuestas preventivas se debe detalla lo que es control y adecuación de medidas que permitan identificar los posibles riesgos detectado del lugar, es importante evaluar y priorizar con valores que permitan identificar si son riesgos graves o de alto riesgo.

1. Orden y aseo seguro en las zonas críticas.

2. Capacitación al personal responsable en el control de conatos de incendio y/o explosión.
3. Campañas de concientización a todo el personal de no fumar, medidas para evitar incendios
4. Programas de revisión e inspección del sistema eléctrico.
5. Capacitación sobre manejo de extintores, activación del plan de emergencia y procedimientos de evacuación.
6. Simulacros.
7. Utilización de materiales que retarden el fuego en la construcción de instalaciones.
8. Utilización de productos no inflamables para la limpieza de las secciones.
9. Estricto control de acceso para visitantes.
10. Inspección y mantenimiento de extintores en forma mensual.
11. Inspección y mantenimiento de luces de emergencia en forma mensual.
12. Inspección y mantenimiento de gabinetes contra incendio en forma mensual.
13. Inspección de salidas de emergencia y rutas de evacuación en forma mensual.
14. Disponer de la cantidad de extintores acorde a la norma NFPA 10.
15. Mantener una dotación adecuada de equipos en los gabinetes contra incendio.
16. Extintores, aspersores, detectores de humo contra incendio colocados en puntos estratégicos (área de oficinas, comedor, área de equipos y maquinas).
17. Control y gestión de productos químicos de acuerdo a lo establecido en la norma INEN 2266.
18. Incluir en el presupuesto anual los estimados de mejoras en cuanto a equipos contra incendio.

4.23.3. Propuesta de control

Se considera las siguientes propuestas de control:

1. Entrenamiento en control de incendios a los brigadistas.
2. Realizar un simulacro anual con la participación del cuerpo de bomberos.
3. Capacitación en primeros auxilios básicos al personal brigadista.
4. Incluir capacitaciones en el procedimiento de capacitación en seguridad o manejo de material peligroso.
5. Implementar señalética bajo normativa técnica en áreas que requieren precaución en su labor.
6. Realizar capacitaciones constantes de concientización en jornada laboral.
7. Realizar inspecciones técnicas en las distintas áreas de trabajo, bajo un cronograma de trabajo.

Si adicionalmente se agrega un programa de 5S a las acciones preventivas se minimiza el riesgo de accidentes por falta de orden, limpieza y disciplina.

1. SIERI: Clasificación.

2. SEITON: Organización.
3. SEISON: Limpieza.
4. SEIKETSU: Estandarización.
5. SHITSUKE: Disciplina.

4.23.4. Detalle de recursos disponibles para prevenir, detectar, proteger y controlar emergencias.

Tabla 42-4: Elementos de seguridad para el control de emergencias

CONTROL DE EMERGENCIAS			
EQUIPOS DE DETECCIÓN / PROTECCIÓN / CONTROL	CANTIDAD	UBICACIÓN	CARACTERÍSTICA
Alarmas de emergencia	18	Varios puntos estratégicos y Oficinas	Elemento de seguridad pasiva. Esto significa que no evitan una situación anormal, pero sí son capaces de advertir
Botonera de emergencia	18		Prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas y a la propiedad
Luces de emergencia	18		Suministrar suficiente iluminación a lo largo de las vías de salida para que las personas puedan encontrar de una forma segura el camino hacia las salidas.
Duchas de emergencia y lava ojos	11	Molino Bodega de químicos Bodega de cianuro Laboratorio químico Área de titulación Cianuración Unidad médica Bodega De Ácidos Desorción Fundición Detoxificación	Equipos de emergencia ante cualquier tipo de accidente, fuga o vertido.
Alto parlantes	3	Exterior de bodega de químicos Entre trituración y molienda Molienda	Utilizada para llamados generales
Alarma en caso de actos delincuenciales	1	Garita principal	En caso de un atraco a la entidad
Cámara de vigilancia	73	Varios puntos estratégicos y Oficinas	Control y monitoreo centralizado de la empresa
Línea telefónica y Radio portátiles	20	Jefes de áreas	Comunicación general con frecuencia y canal autorizado por CNT
Camillas	6	Vivero Campamento Piscina de relaves Taller mecánico Bunquer Unidad medica	Implemento de seguridad utilizado para transportar de un lugar a otro a un paciente en caso de cualquier emergencia
Botiquines	5	Vivero Campamento Piscina de relaves Taller mecánico Bunquer Unidad médica	Elemento destinado a contener los medicamentos y utensilios indispensables para brindar los primeros auxilios o para tratar dolencias comunes.
Soga de rescate	1	Garita principal	Herramienta básica y a la vez muy útil en todo tipo de rescate

Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 44-4: Equipos contra incendio

Sistemas de extinción				
Nº	Elemento	Ubicación	Cantidad	Característica
1	Bomba contra incendio	Punto estratégico	1	Abastecer de un caudal de agua necesario en todos los Hidrantes
2	Rociador de agua a presión	Tanques de GLP	1	Proteger los tanques de GIP ante cualquier situación de incendio
3	Hidrantes	Bodega general Unidad medica Flotación Estación de bomberos #1 Estación de bomberos #2	5	Equipo que suministra gran cantidad de agua en poco tiempo. Permite la conexión de mangueras y equipos de lucha contra incendios
4	Gabinetes contra incendio	2 en Bodega general 2 en Unidad medica 2 en Flotación 4 en Estación de bomberos #1 4 en Estación de bomberos #2	14	Equipos completos de protección y lucha contra incendios; se instalan de forma fija sobre la pared y están conectados a la red de abastecimiento de agua. Contienen manguera, hacha, pitón
5	Espuma contra incendio	Estación de bomberos 2	2	Se usa principal y eficazmente para extinguir fuegos en líquidos inflamables y combustibles debido a que flotan sobre ellos formando una capa continua de material acuoso que desplaza el aire, enfría e impide el escape de vapores.
7	Rastrillo contra fuego	Garita principal	2	Utilizado para combatir fuegos en un incendio forestal, utilizado para segar pasto
8	Mata fuego	Garita principal	12	Utilizado para combatir incendio
9	Machete	Garita principal	7	Utilizado para combatir incendio forestales
10	Pala	Garita principal	2	Sofoca lanzando tierra o al deslizarse en forma plana sobre el terreno. Y no siendo una herramienta de corte puede cortar ramas pequeñas. Sirve hasta de escudo facial.
11	Equipo de autocontenido	Garita principal	2	Un equipo de respiración autónoma es un aparato diseñado para equipos de rescate, bomberos y otros trabajadores que trabajen en atmósferas pobres en oxígeno. Estos equipos no están diseñados para su uso bajo el agua
12	Manta contra incendio	Garita principal	1	Un dispositivo de seguridad que ha sido diseñado para extinguir incendios pequeños o incipientes.

Realizado por: Balcázar, A. 2021

4.23.6. La planta además cuenta con instrumentos de seguridad física como:

- Detector de metales.
- Tablero de control de seguridad.
- Alcocheck.
- Alarma y procedimientos de seguridad.

4.23.7. Procedimientos de mantenimiento e inspección recomendados

- Inspección y mantenimiento de extintores en forma mensual, aplicando la norma NFPA 10.
- Inspección y mantenimiento de consolas de control y detectores de fuego aplicando la norma NFPA 72.
- Inspección y mantenimiento de luces de emergencia por medio de la norma NFPA 72G.

- Inspección y mantenimiento de gabinetes contra incendio aplicando la normativa NFPA 25 y 14A
- Inspección de las bombas contra incendio aplicando la normativa NFPA 20.
- Inspección del volumen de agua en cisterna por medio de la norma NFPA 22 y 26.
- Inspección de radios portátiles de comunicación.
- Inspección y mantenimiento de generadores.
- Disponer de cantidad de extintores acorde a la norma NFPA 10.
- Inspección de kit de emergencia.

Estos procedimientos de inspección o mantenimiento se los puede realizar de manera semanal, mensual, semestral o anualmente según se amerite el caso y la necesidad.

4.24. Definición de emergencia

Se define como un evento no rutinario ya que reúne una o más de las siguientes condiciones o parámetros que se analiza.

- Interrumpe las operaciones normales.
- Requiere de una respuesta administrativa inmediata y coordinada.
- Requiere la toma de decisiones a niveles gerenciales de la planta.
- Tiene el potencial de enfocar la atención extensiva de los medios de comunicación y del público, sobre la planta.

Dependiendo del análisis realizado si no está seguro de si un evento, se puede calificar como una crisis mas no como un evento

4.24.1. Lista de algunos eventos no rutinarios que podrían constituir una emergencia para las operaciones:

- Seguridad industrial.
- Incendio.
- Explosión.
- Lesiones serias.
- Muertes.
- Desastres naturales.
- Terremotos.
- Inundaciones.
- Atraco armado.
- Erupción volcánica.

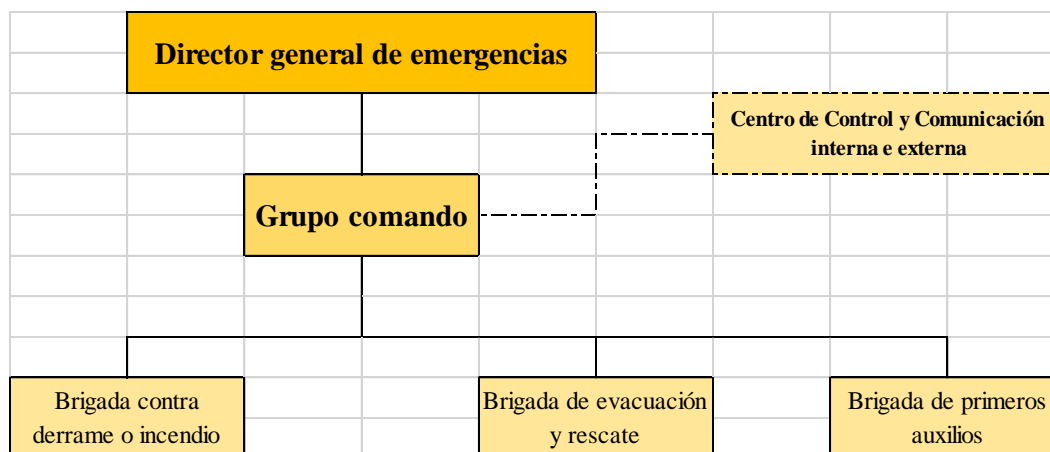
4.25. Etapa de preparación previa, manual de Emergencia.

- La norma ecuatoriana NTE INEN 2309 hace referencia a la accesibilidad de las personas al medio físico, estableciendo dimensiones mínimas y máximas que deben cumplir las puertas para facilitar el acceso de todas las personas, ancho libre mínimo 1m y alto libre mínimo 2.50m, y que deben ser diseñadas con batiente al exterior para puertas exteriores y 90cm de ancho libre mínimo, 2.50m de alto libre mínimo para puertas de interiores, cuyo acceso estará visible o debidamente señalizado, de modo que todos los trabajadores puedan desalojar las instalaciones de forma rápida y segura.
- Se procura que las puertas de acceso del lugar permanezcan abiertas durante periodos de trabajo, y en todo caso serán de fácil y rápida apertura.
- Los pasillos, vías y corredores se deben mantener todo el tiempo libre de obstáculos y de objetos almacenados.
- Las puertas exteriores y los pasillos de salida deben estar con rótulos, señaléticas y perfectamente iluminadas o fluorescentes.
- La separación entre máquinas u otros mecanismos será la suficiente para que los servidores puedan ejecutar su labor cómodamente y sin riesgo.
- La circulación del personal estará debidamente señalizada definiendo el lugar por donde debe transitarse.
- Las señales estarán situadas en lugares fácilmente accesibles, de manera que, de acuerdo con su naturaleza, puedan ser audibles y/o visibles en cada una de las zonas que sirven.
- Se ubicarán sistemas de extinción o aspersores contra incendios, donde exista mayor probabilidad de incendio, próximos a las salidas, en lugares de fácil visibilidad y acceso, y a una altura no superior a 1,50m contados desde la base del extintor.
- Se colocarán extintores adecuados junto a equipos o maquinaria con especial riesgo de incendio como transformadores, tableros eléctricos, motores eléctricos, combustibles, químicos, etc.
- Los extintores cubrirán un área entre 50 y 150 metros cuadrados, según el riesgo de incendio y la capacidad del extintor.
- Las instalaciones deben tener características constructivas sólidas, evitando riesgos de desplome.
- Los brigadistas de respuesta ante una emergencia deberán disponer del equipo de protección personal necesario, y de los medios especiales de respuesta a los accidentes o incidentes.
- Capacitación es constante a cargo de órganos regulares pertinentes, como el cuerpo de bomberos, policía nacional, cruz roja, gestión de riesgos, etc. para mejorar su adiestramiento, eficacia del equipo y rapidez de respuesta.

4.26. Organización de brigadas

Los brigadistas de intervención dentro de la planta serán responsables de organizar, dirigir y ejecutar las medidas necesarias para neutralizar la emergencia.

Tabla 45-4: Organigrama de brigadas



Realizado por: Balcázar, A. 2021

Tabla 46-4: Conformación de brigadas

Conformación de Brigadas	
Director General de la Emergencia	Ing. Oscar Loor Oporto
Centro de Comunicación (Interna y Externa)	Supervisor de Consola de Turno Srta. Annabel Aguilar
Grupo Comando	Ing. Carlos Chía Dr. Héctor Andrade
Brigada contra derrame o incendio	Ing. Edwin Mora Ing. De Planta de turno Mecánico de turno Ing. Eduardo Jumbo Supervisor de Seguridad f. de turno Insegsa
Brigada de Evacuación y Rescate	Ing. Jorge Carrión y Personal de Obras Civiles Sr. José Marín Sr. Carlos Paladines
Brigada de primeros Auxilios	Enfermera de Turno Auxiliar de Bodega de turno Supervisor de seguridad física de turno

Realizado por: Balcázar, A. 2021

4.27. Líder de Brigada:

- Ing. Oscar Loor Oporto director general de la emergencia.
- Srta. Margarita Santana líder de brigada de centro de comunicación interna y externa.

- Dr. Héctor Andrade Líder, Ing. Carlos Chía Sub líder de brigada grupo Comando.
- Ing. Edwin Mora líder, Cnel. William Viteri sub líder de brigada contra derrame o incendio.
- Ing. Jorge Carrión líder de brigada de evacuación y rescate.
- Srta. Patricia Sánchez líder de brigada de primeros auxilios

La dirección de talento humano podrá entregar a los integrantes de las brigadas los siguientes implementos de seguridad.

- Documento del plan de emergencia.
- Instructivo de emergencia (Para líderes de Brigadas).
- Radios de comunicación.
- Megáfonos.
- Conos.
- Cinta de peligro.
- Maletín de primeros auxilios.
- Camilla, etc.

El líder de brigada será responsable de la conservación de los implementos y equipos entregados, los mismos que deberán ser utilizados, únicamente en casos de emergencia o durante la realización de simulacros.

Los integrantes de las brigadas deberán custodiar y conservar los implementos de seguridad entregados, mismo que estarán disponibles en el centro de trabajo para la respuesta de emergencia. Todo equipo, documento o implemento entregado al miembro de la brigada deberá estar respaldado con un acta de entrega de recepción.

4.27.1. Tareas del equipo de manejo de emergencias

- **Director General de Emergencias, Gerente General**

Tareas antes de la emergencia (Etapa de preparación)

1. Conocer el plan de emergencia y mantenerlo actualizado.
2. Planificar simulacros con los miembros de las brigadas.
3. Participar en simulacros para aprobar la efectividad del plan y determinar los correctivos necesarios.
4. Establecer comunicación continua con todos los líderes de brigadas.
5. Revisa el plan de emergencia cada año.

Tareas durante la emergencia (Etapa de respuesta)

1. Recibir la notificación de una situación de emergencia del grupo comando de emergencias y considerar su asesoramiento.
2. Informarse perfectamente del imprevisto y afectaciones con los líderes de las brigadas.

3. Informarse perfectamente del imprevisto y afectaciones con los líderes de las brigadas.
4. Determinar si hay evacuación general.
5. Tomar decisiones sobre la producción.
6. Determinar si hay evacuación general.
7. Liderar la reunión con los miembros del grupo comando para evaluar y manejar la situación.
8. Aprobar y emitir si es necesario, la declaración inicial a los medios de comunicación o al público en general.
9. Solicitar apoyo externo.
10. Disponer los recursos necesarios para controlar las emergencias.

Tareas después de la emergencia (Etapa de rehabilitación)

1. Salvaguardar y apoyar el retorno del personal hacia la planta.
2. Auditar el resultado de las medidas de actuación previstas en el plan de emergencias.
3. Coordinar la recolección de los informes de daños y pérdidas ocasionados por el siniestro.
4. Identificar las fortalezas y debilidades de todas las brigadas.
5. Efectuar los correctivos necesarios para mejorar la capacidad de respuesta.

• Centro de comunicación interna o externa

Tareas antes de la emergencia (Etapa de preparación)

1. Desarrollar criterios, técnicas y/o procedimientos de comunicación efectiva en caso de emergencia, de acuerdo a las políticas de la planta.
2. Contar con el guion de vocería autorizado por la gerencia general para caso de emergencia.
3. Utilizar chaleco para identificación en caso de una emergencia.

Tareas durante la emergencia (Etapa de respuesta)

1. Se debe informar de cualquier situación de emergencia de inmediato al grupo comando.
2. Se debe informar acerca de un suceso de gravedad o potencial afectación al director general de la emergencia.
3. Mantener una comunicación continua y actualizar la información según sea necesario.
4. Mantener el orden interno o externo de la planta.
5. Comunicar la emergencia a las brigadas
6. Activar la alarma de emergencia.
7. Coordinar las actividades y procedimientos seguros a entidades de manejo de emergencia externos en caso de emergencia.

Tareas después de la emergencia (Etapa de rehabilitación)

1. Llevar un archivo de toda la información periodística referente a la emergencia.

• Brigada contra derrame o incendio

Tareas antes de la emergencia (Etapa de preparación)

2. Revisar periódicamente los sistemas, equipos y elementos contra incendio.
3. Asistir a las capacitaciones para brigadas contra incendio que programe la planta.

4. Coordinar simulacros para probar la efectividad del plan y determinar los correctivos necesarios.
5. Verificar la ubicación del cuerpo de bomberos más cercanos a la planta y tomar contacto con los inspectores para determinar el tiempo que se demorarán en llegar a la planta en caso de un incendio.

Tareas durante la emergencia (Etapa de respuesta)

Caso de fugas o derrame

5. Comunicar de inmediato al jefe de brigada del suceso de fuga o derrame.
6. Actuar de inmediato verificando que las válvulas de la cisterna de prevención de derrames estén cerradas y estén disponibles los cilindros con arena, paños absorbentes y tierra.
7. Mantener constante capacitación y entrenamiento para actuar en caso de fuga y derrame.
8. Mantener un criterio para el manejo correcto al momento de instalación de alarmas de fuga y derrame dentro del lugar de análisis.

Caso de incendio

1. Cerrar llaves de suministro, apagar maquinas, cortes de energía en caso de emergencia.
2. Mitigar el incendio hasta donde sea posible, utilizando los medios de lucha contra incendio disponibles.
3. Estar en constante capacitación y entrenamiento para actuar de forma segura en un incendio.
4. Evaluar primero el riesgo y sus posibilidades de enfrentarlo ante cualquier emergencia. Dentro de la propuesta es indispensable la intervención de forma anticipada para cuantificar su seguridad y de la brigada.
5. Es importante activar e instruir la activación de las alarmas contra incendio dentro la planta.
6. Apoyar en las acciones que desarrolle el cuerpo de bomberos.
7. Coordinar las actividades con las otras brigadas.
8. Ejecutar las acciones y tareas programadas en los planes de respuesta a la emergencia.

Tareas después de la emergencia (Etapa de rehabilitación)

1. Solicitar a gerencia la reposición de los equipos contra incendio.
2. Mantener de forma permanente ante un posible reinicio de fuego en la planta para establecer criterios de control del mismo
3. Dentro de propuesta es importante mencionar la importancia de identificar fortalezas y debilidades de la brigada para implementar las medidas correctivas necesarias en la planta.
4. Emitir el informe final de las funciones desarrolladas al líder del grupo comando, enfatizando las recomendaciones respectivas del plan de emergencia.

• Brigada de evacuación y rescate

Tareas antes de la emergencia (Etapa de preparación)

1. Planificar simulacros con los miembros de la brigada.

2. Mantener un listado actualizado del personal que labora en la planta y que deberá ser evacuado hacia el punto de encuentro.
3. Participar en simulacros para probar la efectividad del plan y determinar los correctivos necesarios.
4. Revisar periódicamente que se encuentre funcionando el megáfono, baterías y pilas.
5. Realizar inspecciones de la ruta de evacuación y salidas de emergencia verificando que se encuentren despejadas.
6. Contar con cinta de peligro

Tareas durante la emergencia (Etapa de respuesta)

1. Realizar una rápida evaluación de la situación de emergencia y con la autorización del grupo comando
2. Realizar el procedimiento establecido para la evacuación de las personas.
3. Dar instrucciones claras, con respeto y autoridad, manteniendo la calma.
4. De ser necesario realizar rescates y búsqueda de documentos calificados, equipos, y personas.
5. Realizar las actividades en coordinación con las otras brigadas.
6. Colocar cinta masking en forma de X en todos los sitios inspeccionados y evacuados.
7. Contabilizar el personal para saber si están todos sus compañeros de trabajo
8. Informar rápidamente a las brigadas sobre la situación del área trabajadores ausentes
9. Informar al cuerpo de bomberos sobre las posibles desapariciones.
10. Localizar a personas que no se dirigieron al punto de encuentro durante la emergencia.

Tareas después de la emergencia (Etapa de rehabilitación)

1. Registrar la asistencia del personal evacuado en el punto de encuentro.
2. Permanecer con los evacuados en el punto de encuentro hasta recibir la confirmación del grupo comando, que la emergencia ha sido superada.
3. Comunicar a los colaboradores el retorno a las instalaciones.
4. Verificar y dirigir el reingreso al área de trabajo cuando se autorice.
5. Evaluar y ajustar los procedimientos con el líder del grupo comando.

• Brigada de primeros auxilios

Tareas antes de la emergencia (Etapa de preparación)

1. Planificar simulacros individuales de la brigada.
2. Tomar acercamiento con dos o más clínicas y averiguar procedimientos de atención en casos de emergencia.
3. Conocer las rutas de evacuación, punto de encuentro, puesto de atención a heridos.
4. Reportar oportunamente a dirección de talento humano, el consumo y caducidad de los medicamentos de los botiquines.
5. Asistir a las capacitaciones y entrenamientos programados por la gerencia

Tareas Durante la emergencia (Etapa de respuesta)

1. Evaluar primero el riesgo y sus posibilidades de enfrentarlo, anteponiendo su seguridad y de los integrantes en una emergencia.
2. Efectuar la ayuda pertinente a heridos, lesionados o persona que necesite intervención de primeros auxilios de inmediato.
3. Movilizar la ambulancia a la zona de emergencia, para el transporte y atención de los heridos.
4. Establecer una zona para proporcionar descanso y primeros auxilios.
5. Evaluar periódicamente el desarrollo de las actividades de control y reportar al grupo comando la situación.
6. El medico dispondrá la evacuación de lesionados.
7. Llevar un control y registro de los lesionados y si es necesario trasladarlos informar al grupo comando el lugar al cual fueron trasladados.

Tareas después de la emergencia (Etapa de rehabilitación)

1. Continuar dando atención médica a quien lo necesiten.
2. Solicitar al responsable de SSA la reposición de los medicamentos consumidos durante la emergencia
3. Realizar seguimientos del personal atendido en las casas de salud.
4. Realizar un test para determinar fortalezas y debilidades de la brigada e implementar medidas correctivas necesarias para un mejor desempeño laboral dentro de la planta

4.28. Consideraciones de trabajos que provocarían un incendio

El propósito de intervención ante una emergencia por incendio está diseñado con el objetivo de conocer la acción ante un conato de incendio y las funciones asignadas en el plan de emergencia antes, durante y después de la ocurrencia

4.28.1. Eléctricas.

- Cortocircuito debido a cables gastados, líneas recargadas y enchufes rotos que se calientan por excesivos aparatos eléctricos.
- Mal mantenimiento de los equipos eléctricos.

4.28.2. Cigarrillos y fósforos.

- Unos de los factores que se ve reflejado en el lugar de trabajo es el fumar el cual han producido grandes incendios, por ende, es importante que cada establecimiento debe acogerse a normativa vigente en el país para no ser sancionado por el ente regulador. La señalización es muy importante. No se debe creer que no fumar esta sobrentendido.

- Implementar la señalización adecuada, sirve de prevención para que quienes no fumen y puedan hacer respetar esta norma vigente.

4.28.3. Líquidos inflamables.

- El desconocimiento y manejo inadecuado de algunas propiedades importantes de los líquidos inflamables son causa de muchos incendios.
- Los líquidos inflamables, bajo algunas condiciones tiene un gran poder explosivo, muchas veces se almacenan en cualquier lugar o recipiente.

4.28.4. Falta de orden y aseo.

- Otra causa de incendio en el trabajo es la acumulación de desperdicios y la colocación de estanterías, inmueble defectuoso que ya no se utilizan y que son ubicados en cualquier parte.
- Acumulación de desperdicios en la bodega.
- Cuantificar la falta de conocimiento de las normativas de aseo y orden en la zona de trabajo.

4.28.5. Fricción.

- Las partes móviles de cualquier máquina, producen calor por roce o fricción, cuando no se controla la lubricación, el calor generado puede llegar a producir un incendio.

4.28.6. Trabajos en caliente o proyección de partículas.

Una parte esencial en el ámbito laboral son los trabajos en caliente constituyen una de las principales causas de incendios dentro de planta de trabajo por no tener las medidas de seguridad adecuadas.

El conato de incendio debe ser resuelto con la máxima rapidez y decisión considerando los extintores que se encuentran dentro de la planta, para lo cual cada sección debe tener conformadas las brigadas según consta en el plan de emergencias.

La responsabilidad y actuar de las brigadas corresponderá al plan de emergencias y estarán conformadas con empleados del área correspondiente.

Todo el personal que preste ayuda en el control del incendio debe dirigirse a la zona de seguridad cuando no es posible controlar el siniestro.

La brigada de incendios en ningún momento debe realizar acciones que puedan poner en peligro su integridad física.

Si la ropa de alguna persona afectada por el fuego empieza a quemarse, debe tirarse al suelo y rodar hasta que el fuego se haya apagado, si corre, el fuego quema más rápido.

Tomar en cuenta la magnitud del siniestro, se debe revisar la temperatura de las puertas al tacto, ya que es una forma de protección individual y colectiva.

Se recomienda no abrir más puertas y ventanas que las necesarias para evitar un avivamiento del fuego por la entrada de aire (zona de administración, SSA, Técnico, Talento humano entrada, etc.).

4.29. Grados de emergencia.

4.29.1. Fase inicial o conato (grado I)

La evacuación en esta fase no es necesaria y cuando se asegure la eficacia en el control del siniestro.

4.29.2. Emergencia Sectorial o parcial (grado II).

Se ejecutará la evacuación del personal de manera parcial de la zona más afectada, pero si avanza el fuego, se procederá directamente a una evacuación total.

4.29.3. Emergencia general (grado III).

La evacuación del personal en este punto será inminente, ya que su vida estaría en alto riesgo.

4.30. Lineamientos generales de evacuación.

1. Mantener la calma.
2. Desconectar los aparatos y maquinaria eléctrica a su cargo (Radios, PC y Fax).
3. Si se encuentra con algún visitante, se debe acompañar y orientar por los pasillos de flujo general de evacuación.
4. Seguir las instrucciones dadas por los brigadistas
5. Evacuar el lugar con rapidez, pero sin atropellar a otras personas ni correr, considerando las instrucciones de los responsables de Emergencia.
6. En presencia de humo y que dificulte la visión y respiración, se recomienda seguir avanzando, pero GATEANDO.
7. NO RETROCEDA, ni porte objetos voluminosos.
8. No obstaculizar el paso de acceso al bloque de la calle o las vías de acceso secundarias.
9. Si no es imprescindible, no intente intervenir en situaciones de extremo riesgo, puede entorpecer la acción de equipos o cuerpos de socorro e incluso salir seriamente lastimado, por una acción temeraria.

10. Una vez en el exterior, dirigirse al punto de encuentro (Zona de Seguridad Asignado), acercarse al verificar, e informar de su presencia y estado.
11. Permanezca en el punto de encuentro a menos que se le dé otra indicación.

4.30.1. Protocolo de evacuación

En este protocolo de evacuación se define la forma de abandonar las instalaciones frente a una crisis causada por: explosión, incendio, erupción volcánica, desarrolladas dentro de las operaciones de la planta. Este protocolo forma parte de la respuesta ante emergencias y las responsabilidades del plan de emergencia.

4.30.2. Objetivo del protocolo de evacuación

El Protocolo de evacuación ante emergencias generadas por una crisis, está diseñado con el objetivo de conocer el accionar ante la ruta de escape, declaratoria de evacuación, y el cumplimiento de las funciones asignadas en el plan de crisis durante las operaciones de la planta. Este Protocolo debe ser actualizado y revisado cuando lo requiera cambios en la producción, organizacionales e instalación de equipos relacionados con la comunicación y alarmas, bajo la responsabilidad del jefe del departamento de Seguridad y Salud Ocupacional.

4.30.3. Criterios para evacuar

- **Evacuación Total**

Cuando los accidentes que generan daños materiales, graves alteraciones en el medio ambiente o víctimas, en zonas extensas en el exterior e interior de la planta.

- **Evacuación Parcial**

Cuando los accidentes generan daños materiales o víctimas y en la planta. Las repercusiones en los trabajadores son limitadas en el exterior que ocasionan daños leves y perjudican al medio ambiente.

- **Evacuación Incito**

Cuando exista un accidente que genere daños materiales sólo en el interior de la planta y cuando no exista deterioros en el exterior de la organización.

Vías de evacuación y salidas de emergencia.

Salida de emergencia: las salidas de emergencia están rotuladas según norma NFPA 250 y son propias de cada sección.

Ruta de evacuación (Interna y Externa). Consta en el mapa de evacuación que se encuentra en las instalaciones de la planta y son los pasos en planta, esto se definió bajo la norma NFPA101

Procedimiento para la evacuación.

Frente a una emergencia donde implique evacuación las rutas de salida están especificadas en los planos de ruta de evacuación de toda la planta y se debe de seguir los pasos que se detallan a continuación.

- **Ruta de evacuación I y II**

Una vez determinado el peligro y si no se puede controlar el fuego se procederá a realizar lo siguiente:

1. Desconectar los aparatos y maquinaria eléctrica a su cargo (PC, Radios, Fax).
2. Desconectar los aparatos y maquinaria eléctrica a su cargo (PC, Fax y Radios,).
3. Si se encuentra con algún visitante se debe acompañar y orientar por los pasillos de Flujo general de evacuación. Las personas o pacientes lesionados tendrán prioridad.
4. Evacuar el lugar con rapidez, pero sin atropellar a otras personas ni correr de acuerdo con las instrucciones de los responsables de Emergencia.
5. En caso de la existencia de humo por incendio, es necesario evacuar en cuclillas para no perder dificultad a la respiración y la visión,
6. También es necesario que no regrese al lugar del incendio cuando se encuentra fuera de peligro.
7. Uno de los criterios más importantes es no intentar intervenir en situaciones exponiéndose su integridad alto un posible riesgo, porque puede obstaculizar la acción del equipo de auxilio e incluso salir seriamente lastimado.
8. Una vez en el exterior, encaminarse al punto de encuentro o Zona de Seguridad Asignado, acercarse al Verificar, e informar de su estado.
9. Si hay peligro en el área marcadas como seguras rodee y diríjase a un sitio seguro.

4.30.4. Instrucciones para la evacuación

1. En donde se encuentre siga la ruta marcada con las señales de evacuación,
2. Siga las instrucciones del personal encargado de evacuación,
3. Una vez en el exterior, dirigirse al punto de encuentro (Zona de Seguridad Asignado), acercarse al verificador, e informar de su presencia y estado.
4. Espere instrucciones de su líder.

4.30.5. Chequeo Externo

Una vez que los empleados evacuan la planta, se debe dirigir a la zona de Seguridad establecida por el plan, aquí deberán ser contabilizados, para verificar si están TODOS a salvo.

Luego del primer conteo se debe informar rápidamente al jefe de Seguridad, sobre la situación de los empleados ausentes, de la planta y de otra área, etc. Una vez registrados los datos estos serán claves para informar a bomberos y realizar operativos de rescate y búsqueda.

Posteriormente el jefe de emergencia determinará la situación con base a la información recolectada y evaluaciones de los equipos de apoyo para autorizar el reingreso a la planta.

4.30.6. Después del incendio

- Evaluar nuevamente el plan y reformular en caso de ser necesario.
- Una de alternativas en este tipo de riesgo es una brigada de incendios la cual permitirá cerciorarse que se haya sofocado todo tipo de llamas, que permita dar cumplimiento a diversas especificaciones ante posible reinicio de llamas o fuego.
- Transportar a las personas afectadas al centro de salud más cercano.
- Es importante encerrar o restringir el acceso de personas que no estén autorizadas al establecimiento para no entorpecer el trabajo del técnico.
- Coordinar con el personal autorizado los trabajos de remoción o retiro de escombros y limpieza. Del lugar.
- Localizar a las empresas contratadas y autorizadas por el administrador del establecimiento para la disposición final de escombros en el caso de haberse generado.
- Evaluar los daños ocasionados en la vecindad, en el entorno y en el medio ambiente. Así, como las pérdidas sufridas a nivel de infraestructura o humanas en la planta y zonas aledañas.
- Elaborar un informe preliminar del incendio y remitir al Cuerpo de Bomberos, dentro de las 24 horas de haberse producido el incendio de acuerdo a los formatos y procedimientos establecidos.

Cuando se supere la emergencia verificar que los equipos y maquinarias estén en el lugar señalado, verificar su funcionamiento y si es necesario cambiar o mejorar el sistema.

4.31. Metodología

La metodología se basa en la búsqueda de buenas prácticas de manufactura (BPM), en seguridad y salud ocupacional y fundamentan su desempeño en el mejoramiento continuo. Utilizando para el efecto y desarrollo las normas de la Ocupacional Health and Safety Assessment Series: OHSAS 18001:2007, pertenecientes a la serie de Evaluación de Seguridad y Salud Ocupacional al igual que su documento adicional.

La metodología propuesta se detalla continuación:

- Manual de sistema de seguridad y salud ocupacional.
- Formatos elaborados para:

- Auditorías internas
- Control de registros y documentos
- Control de no conformidades
- Acciones preventivas y correctivas
- Registros para:
- Acciones según el sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional
- Implementar la capacitación del personal responsable de la operación del GLP para disminuir o evitar riesgos e incendios a futuro en la planta
- Matriz de cumplimiento de requisitos legales
- Evaluación e identificación de peligros y definición de controles.
- Identificación y estadísticas de accidentes.

4.32. Cronograma de socialización del plan de emergencia.

Es recomendable compartir la información con todo el talento humano de la planta por lo que para el próximo año es necesario establecer lo siguiente:

- Socialización del plan de emergencia y manejo de extintores.
- Capacitación en prevención de incendios.
- Capacitación en conformación de brigadas y plan de emergencia.
- Capacitación en técnicas de evacuación – rescate y seguridad.
- Implementar al menos dos simulacros en el transcurso del año para prevenir y preparar al personal ante un posible incendio en la planta

Tabla 47-4: Cronograma de implantación del plan de emergencia

		Responsable	CRONOGRAMA DE IMPLANTACION DE PLAN DE EMERGENCIA												
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Actividades	Diseño de arrienes y trípticos para socialización del plan de emergencia	SSA Ing. J. Tinoco	X												
	Curso de conformación de brigadas y plan de emergencia	SSA Ing. J. Tinoco		X											
	Capacitación en la brigada de evacuación y rescate	SSA Ing. J. Tinoco			X				X				X		
	Capacitación en la brigada contra incendio	SSA Ing. J. Tinoco			X			X		X					
	Capacitación en primeros auxilios	Medico Ocupacional			X		X					X			
	Socialización del plan de emergencia y manejo de extintores	SSA Ing. J. Tinoco	X												
	Simulacros	Cuerpo de Bomberos				X							X		

Realizado por: Balcázar, A. 2021

4.33. Inducciones recomendables para minimizar conatos de incendio.

Las capacitaciones deben estar enfocadas en mitigar la presencia de actos inseguros por parte del talento humano de la planta por lo que se debe hacer énfasis en inducciones, charlas, cursos, pruebas de personal competente, etc. las cuales deben ser dirigidas por el técnico en seguridad ocupacional de la planta.

1. Accidente mayor, incendio, explosión.
2. Características de los combustibles, químicos y/o maquinaria que representen un riesgo de incendio.
3. Consecuencias en el cuerpo humano.
4. Buenas prácticas de manufactura.
5. Manipulación de químicos, combustibles, etc.
6. Identificación de peligros evaluación y valoración de riesgos.
7. Manejo de residuos de forma

CONCLUSIONES

De acuerdo a las directrices establecidas se concluyó que debido a los estudios arrojados a los dos depósitos tanto de GLP, DIESEL de forma general se pudo constatar que el personal está expuesto a distintos tipos de riesgos por los procesos productivos que involucran sustancias químicas y/o combustibles considerados como sustancias peligrosas. Sin embargo, esto permitió la aplicación de las metodologías de análisis y evaluación del como SEVESO, MESSERI y PROBIT. Por lo tanto, se pudo evidenciar la gestión en el control de la planificación de manera idónea lo cual permitió mejorar la orientación visual en caso de un accidente minimizando los riesgos por una mala orientación, información, prevención y obligación.

Mediante la aplicación del método PROBIT y la normativa SEVESO. Se pudo concluir que, dentro del área del combustible de la planta, en caso de una fuga, derrame o conato de incendio, lo cual contaminaría el área de manera rápida provocando una serie de riesgos tanto por presencia de humo, vapores, radiación térmica o explosión. Suscitando daños materiales hasta un área de 80m a la redonda. Sin embargo, también se concluyó que mediante la aplicación de las directrices referentes a la norma de SEVESO permite la gestión del control de la planificación de riesgos ante un accidente industrial, cabe recalcar que la implementación del plan de emergencia y los métodos que permiten evaluar los riesgos existentes se los realizo en base a la normativa Seveso. También se analizó los parámetros más influyentes dentro de la planta que deben cumplir con la señalización en áreas de combustibles para evitar actos y condiciones inseguras, lo cual nos permite mejorar la orientación visual en caso de un accidente minimizando los riesgos por falta de orientación, información, prevención, obligación al personal.

Se concluyó mediante el análisis y la aplicación de los métodos de ingeniería en prevención de accidentes industriales, en el área de combustibles de la planta, la estimación de los riesgos, de tal forma la seguridad a los tanques de cualquier situación, mediante la metodología PROBIT, MESERI Y SEVESO, se determinó las áreas más vulnerables en caso de un incendio o estallido en el plan de emergencia se describen las directrices que el personal de la planta debe tener presente al momento de actuar en una situación de emergencia. Los métodos empleados en esta investigación, son muy importantes para cualquier organización, que maneje combustibles y/o químicos para dar un mayor margen de seguridad tanto para el establecimiento, ambiente, trabajadores y/o personas aledañas al lugar.

RECOMENDACIONES

Realizar un estudio sistemático el cual permita mejorar la visualización en el área de combustibles para mejorar desempeño laboral por parte de los trabajadores. Diseñar e implementar un sistema contra incendio de forma automática el cual permita que el personal se encuentre capacitado de acuerdo a métodos y normas respectivas.

Desarrollar un plan de contingencia el cual permita una mejor distribución de los puntos de encuentro designados para prevenir los riesgos de accidentes del personal de la planta, cabe recalcar de un rediseño teniendo en cuenta la distancia que permita minimizar el riesgo de lesiones, estos rediseños es recomiendo realizar cada 5 años, asegurando que este dentro de los parámetros, permitidos por normas ASME para su correcta funcionalidad sin riesgo de explosión, estas pruebas solo las debe de realizar una empresa certificada por ARCH.

Diseñar una planificación anual de la planta, el cual permita mejor las capacitaciones de programas, con énfasis en el personal que están involucradas en el manejo del diésel y el GLP. Realizar los estudios permitentes que nos permita implementar los sistemas de abastecimiento, vaporizador, almacenamiento, distribución y quemadores que permitan mejorar el sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, HUMBERTO ABELARDO MATHEU. *Determinación de riesgos de accidente mayor y su influencia en las áreas de alerta y seguridad de la empresa agrocueros S.A.* Ambato : s.n., 2014.

ALONSO, FERNANDO DÍAZ. *Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales en el ámbito de la directiva seveso.* Murcia : s.n., 2006.

BARBOSA SALDAÑA, JUAN GABRIEL & GUTIÉRREZ TORRES, *Termodinámica para Ingenieros.* México : Grupo Editorial Patria, 2015. 978-607-744-270-7.

BBC. *China: al menos 50 muertos por grandes explosiones en la ciudad de Tianjin.* [En línea] 13 de Agosto de 2015. [Citado el: 18 de Noviembre de 2019.] https://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/08/150812_china_explosion_tianjin_ep.

ARL SURA. *Centro de Información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente - Tanques y cilindros de Gas Propano.* [En línea] 2014. [Citado el: 12 de Noviembre de 2019.] https://www.arlsura.com/files/tanques_cilindros.pdf?fbclid=IwAR1JDzCLq0AZaMHfxTSujdZEXqOTZ86OFNrxpBXAGKpbaL_G2o-Kk_DyLPk.

CONESA BERNAL, JUAN ANTONIO. *Emergencias y Evacuación.* Málaga : Editorial ICB, 2010. 978-84-92980-34-5.

CREUS SOLÉ, ANTONIO. *Fiabilidad y seguridad de los procesos industriales.* Barcelona : Marcombo, 1991. 978-84-267-0815-1.

DÍAZ ALONSO, FERNANDO. *Análisis de consecuencias y zonas de aplicación para explosiones industriales accidentales en el ámbito de las directivas seveso.* Murcia : Universidad de Murcia, 2006.

DOMÍNGUEZ BARBADILLO, JOSÉ RAMÓN. *Universidad de Sevilla. Análisis Cuantitativo de Riesgos en el ámbito de la Protección Civil: aplicación a una instalación de almacenamiento de productos químicos.* [En línea] 2014. [Citado el: 23 de Noviembre de 2019.] <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90038/fichero/final.pdf>.

FERRER MÁRQUEZ, ANTONIO. La aplicación de la normativa seveso cumplimiento de las medidas y obligaciones que afectan a los trabajadores. Madrid : ecoinformas, 2007.

FUNDACIÓN MAPFRE ESTUDIOS. Método Simplificado de Evaluación del Riesgo de Incendio: MESERI. [aut. libro] Mapfre. Instituto de Seguridad Integral. 1998, págs. 19-24.

GÓNZALES, SANTIAGO & VELA, XAVIER. DSpace ESPOCH. [En línea] 2019. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11555>.

GONZÁLEZ PÉREZ, ROGELIO. Criogenia: cálculo de equipos: recipiente a presión. s.l. : Díaz de Santos, 1989. 978-84-9969-875-5.

HENAO ROBLEDO, FERNANDO. Condiciones de trabajo y salud. Bogotá : ECOE, 2009.

INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL. Informe de rendición de cuentas 2014. [En línea] 2014.

JAÉN GONZÁLEZ, ANTONI, et. al. Tecnología energética y medio ambiente - I. Barcelona : s.n., 2006. 978-84-9880-296-2.

LOGUZZO, NESTOR. *Mathil, Tecnología contra incendios. El fuego, ese amigo peligroso.* [En línea] 2012. [Citado el: 14 de Noviembre de 2019.] <https://mathil.com.ar/el-fuego-ese-amigo-peligroso/>.

LUGO MUÑOZ, GIRALDO. *Riesgo químico sus implicaciones en los incendios y las explosiones.* La Habana : Universitaria, 2015. 978-959-16-2555-7.

MENÉNDEZ, FAUSTINO,et.al. Formación superior en prevención de riesgos laborales. s.l. : Lex Nova, 2015.

MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. Industria del transporte y el almacenamiento. Madrid : Organización Internacional del Trabajo (OIT), 2012.

MUÑOZ CAMACHO, EUGENIO & GRAU RÍOS, MARIO. Ingeniería Química . Madrid : UNED, 2013. 978-84-362-6642-9.

NAVAS CUENCA, ESTEFANÍA. Prevención de Riesgos Laborales: Prevención de los Riesgos Derivados de las Condiciones de Seguridad. Málaga : ICB, 2012. 978-84-9021-117-5.

NTE INEN 2266. 2010. Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. Requisitos. Quito : s.n., 2010.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. *Control de Riesgos de Accidentes Mayores.* [En línea] 1990. [Citado el: 02 de Noviembre de 2019.] https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/instructionalmaterial/wcms_235688.pdf.

OSINERGMIN. *Cuáles son las propiedades del "GLP".* [En línea] 2010. [Citado el: 10 de Noviembre de 2019.] <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/pages/GFH/1430.htm>.

PETROBLOGGER.COM. *Tanques para el almacenamiento de gas licuado de petróleo .* [En línea] 02 de Diciembre de 2012. [Citado el: 11 de Noviembre de 2019.] <https://www.ingenieriadepetroleo.com/tanques-almacenamiento-glp/>.

RUBIO MORENO, JUAN CARLOS. *Métodos de Evaluación de Riesgos Laborales.* Madrid : Díaz de Santos, 2004. 84-7978-633-7.

STORCH DE GRACIA , JOSE M. & GARCÍA MARTÍN, TOMÁS. *Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas* Fundamentos, evaluación de riesgos y diseño. Madrid : Diaz de Santos, 2008. 978-84-7978-864-3.

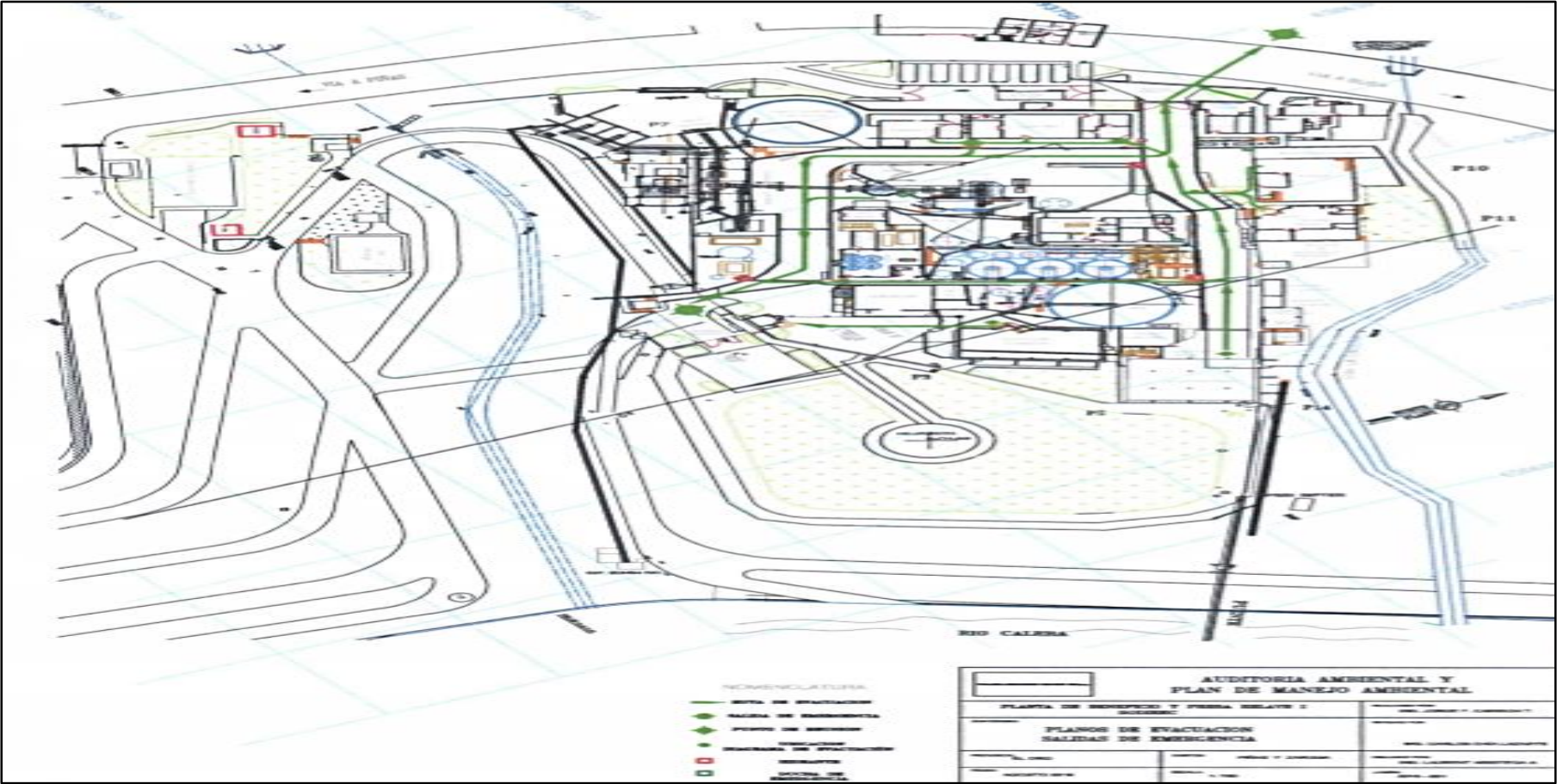
TELÉGRAFO. *Economía.* La pequeña minería de Azuay y El Oro concentra el 86% de la producción de oro. [En línea] 23 de Mayo de 2019. [Citado el: 02 de Noviembre de 2019.] <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/mineria-azuay-oro>.

TRUJILLO MEJÍA, RAÚL FELIPE. *Hidrocarburos Manejo Seguro.* Bogotá : Eco Ediciones, 2010. 978-958-648-672-9.

YUNES A. CENGEL, MICHAEL A. BOLES. *Termodinamica.* Mexico : s.n., 2012.

ANEXOS

ANEXO A: RUTA DE EVACUACIÓN DE LA PLANTA EN CASO DE EMERGENCIA




ANEXO B: GESTIÓN DE SEGURIDAD EN LA ENTREGA DE COMBUSTIBLE.

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:	<i>GESTIÓN DE SEGURIDAD EN LA ENTREGA DE COMBUSTIBLE</i>
COD: PTR-A-BOD-004	
DEPARTAMENTO: E.H.S.	REF:
REALIZADO POR: Ing. Paredes	FECHA:
REVISADO POR: Dr. H. Andrade.	FECHA:
NORMAS DE SEGURIDAD:	
<p>Seguridad comunicará a los Jefes de Mantenimiento, E.H.S. Y a Bodega la llegada del tanquero</p> <p>Personal de Seguridad deberá verificar el buen estado del equipo contra incendios</p> <p>Ing. De mantenimiento mecánico deberá realizar el aterrizado del chasis y verificar las condiciones de seguridad</p> <p>Colocar indicación de restricción vehicular, uso de celulares y radios de comunicación.</p> <p>Las cunetas y el tanque de contención para contingencia deben permanecer limpios.</p> <p>Todo sobrante debe ser recolectado en el tanque metálico instalado allí.</p> <p>Todo trabajador que interviene en la entrega contará con mascarillas descartables y guantes para manipulación de combustil</p> <p>Evitar en todo momento la contaminación con combustibles.</p>	
MATERIALES Y/O PRODUCTOS A UTILIZAR:	
<p>Válvula para paso de combustible</p> <p>Conos de seguridad</p>	
PASOS DEL TRABAJO	PUNTOS CLAVE
<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que al tanquero esté apagado 2. Verificar que tenga puesto el freno de mano 3. Cuando esté estacionado, colocar las cuñas de seguridad a las llantas traseras. 4. Colocar al exterior de la puerta de ingreso dos conos de seguridad y aislar el área de personas ajenas a la maniobra 5. Verificar el aterrizado del chasis. 6. Verificación del buen estado de cunetas y recipientes para contención. 7. Verificar que no se produzcan derrames ni pérdidas 8. Estar atento a fugas o derrames al momento de purgar la tubería y cuando se deja abierta la válvula de descarga del tanquero. 9. El combustible recolectado en la purga almacenarlo en una caneca 10. Verificar la desconexión del cable de aterrizado 11. Finalizada la entrega retirar las cuñas y los conos. 	<p>Prevención de seguridad</p> <p>Prevención de seguridad</p> <p>Indicar a terceros que está restringido el ingreso</p> <p>Prevención de seguridad</p> <p>Evitar derrames en el piso</p> <p>Evitar manchas en el piso</p>

ANEXO C: RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE EN LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE.

PROCEDIMIENTO SEGURO DE TRABAJO	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO: RECEPCIÓN DE COMBUSTIBLE EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO	
COD: PTR- MEC-003	
DEPARTAMENTO: MECANICA AUTOMOTRIZ	REF:
REALIZADO POR: MANTENIMIENTO	FECHA: 01-MAR-
REVISADO POR: ING. EDWIN MORA	FECHA: 15-MAR-
NORMAS DE SEGURIDAD:	
EQUIPOS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL: Guantes para manipulación de combustible, mascarillas y gafas	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS: Mangueras de 3", con acoples rápidos en los extremos	
MATERIALES Y/O PRODUCTOS A UTILIZAR:	
Wype	
PASOS DEL TRABAJO	PUNTOS CLAVE
1.- Parqueo del vehículo (en cambio y con freno de mano)	Báscula de pesaje para mantener el nivel
2.- Apagar vehículo	Varilla de medición
3.- Abrir la tapa de llenado al tanque del vehículo	
4.- Colocar la conexión a tierra al tanquero	
5.- Colocar la manguera de 3" con acople rápido a la descarga del tanquero	Si viene gasolina y diesel, primero descargar gasolina
6.- Verificar que se encuentre abierta la válvula hacia los tanques de combustible	Asegurarse la clase de combustible a descargar
7.- Registrar los niveles y volúmenes de los tanques antes del llenado	Cerrar las válvulas de salida de los tanques
8.- Abrir la válvula de paso lentamente y descargar el combustible	Se colocan unos tachos plásticos bajo la toma de descarga, evitar derrames
9.- Verificar que sección del tanquero esté vacío, si es así cerrar válvula de paso	
10.- Verificación del nivel actual de nuestros tanques	Cerrar la válvula de paso hacia tanque
11.- Descargar el combustible de la manguera antes de retirarla y cerrar válvula	
12.- Seguir procedimiento del 5 al 10 para otro combustible	Esperar unos 3 minutos antes de abrir la válvula para tanque de diesel
13.- Si termina de descargar diesel, se procede a purgar la manguera y tubería	
14.- Retirar la manguera y la conexión a tierra	
15.- Se toman las lecturas de los niveles en nuestros tanques	
16.- Se abren las válvulas de descarga de nuestros tanques	
17.- Se firma el recibo de recepción de combustible	
18.- Sale el tanquero del área de surtidores	

ANEXO D: ACTIVAR Y DESACTIVAR ALARMA DE EMERGENCIA.

		PROCEDIMIENTO SEGURO DE TRABAJO	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:		ACTIVAR Y DESACTIVAR ALARMA DE EMERGENCIA	
COD:			
DEPARTAMENTO:		TODOS LOS DEPARTAMENTOS	REF:
REALIZADO POR:			FECHA:
REVISADO POR:		DR. HÉCTOR ANDRADE RÍOS	FECHA:
NORMAS DE SEGURIDAD:		Activar botón de emergencia solamente cuando ocurra una emergencia. Activar el botón rojo de emergencia que están en diferentes zonas de la Planta cuando ha ocurrido una emergencia, como un incendio, una explosión, un derrame de material, o cualquier acontecimiento operacional que no pueda controlarlo, tiene el potencial de intensificarse y/o afectar las operaciones de planta.	
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:		Panel de control, sirenas de alarma.	
MATERIALES Y/O PRODUCTOS A UTILIZAR:		Cajas rojas con botoneras de emergencia.	
PASOS DEL TRABAJO		PUNTOS CLAVE	
ACTIVAR ALARMA			
1. En una emergencia activar el botón de emergencia en las cajas rojas, que están ubicadas en las diferentes áreas de la Planta.		Presione firmemente el BOTON ROJO de la botonera de emergencia.	
2. Se activa la alarma en consola, indicando el área donde produce la emergencia.			
3. Consola comunica a Garita Principales lugar de la emergencia.		Garita principal registra la hora del incidente y envía a personal de seguridad a verificar en sitio la emergencia.	
4. Después de activarse el botón de emergencia, automáticamente sonará la sirena de emergencia.		Si después de activar el botón de emergencia no escucha la sirena, comunicar de inmediato al Supervisor de Planta o llamar al 111 de emergencia, para comunicar la eventualidad.	
5. Si no suena la alarma, el guardia de consola activa manualmente la sirena de emergencia, el voceador "3302" y leerá el siguiente mensaje 2 veces: "Atención, emergencia en			
6. La sirena sonará hasta que la emergencia esté bajo control.		No apagar sirena hasta que no se reciba confirmación de superada la emergencia.	
DESACTIVAR ALARMA			
7. Una vez que la emergencia esté controlada, comunicar a consola para que desactive la alarma.		Una vez controlada la emergencia, por favor desbloquear el botón de emergencia del área afectada, para que consola pueda armar la alarma nuevamente.	
8. Desbloquear el botón de emergencia del área (s) afectada (s).			
9. Consola arma nuevamente la alarma.			
10. Cuando se supera la emergencia, el guardia de consola leerá el siguiente mensaje: "La emergencia ha sido controlada".			

ANEXO E: MANTENIMIENTO DE GABINETES CONTRA INCENDIO.



ANEXO F: ÁREA DE COMBUSTIBLES DE GLP.

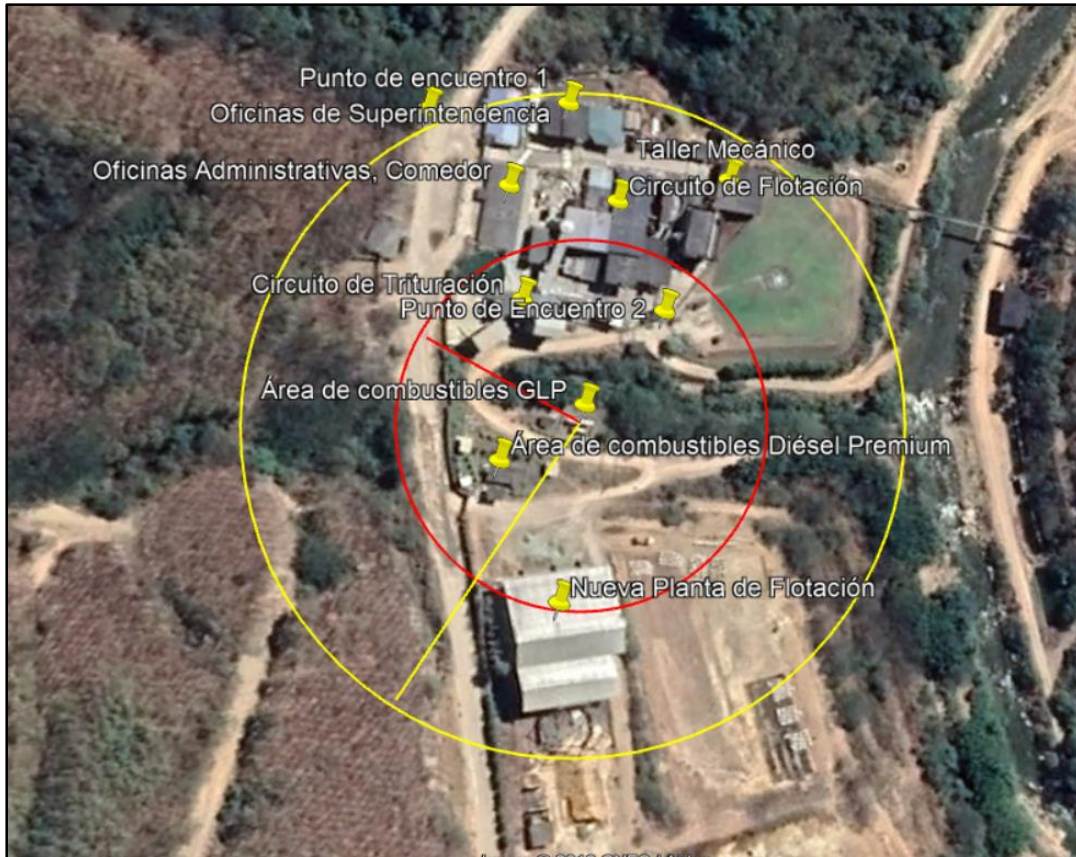


ANEXO G: ÁREA DE COMBUSTIBLES DE DIESEL PREMIUM



ANEXO H: ÁREA DE ALERTA Y DE INTERVENCIÓN.

- Zona de intervención con un radio de 70m de la explosión color Rojo
- Zona de alerta con un radio de 125m de la explosión color amarillo



ANEXO I: SEÑALIZACIÓN DE EQUIPOS CONTRA INCENDIO.



**ANEXO J: LIMITES Y PUNTOS CARDINALES DE LA PLANTA DE BENEFICIO
SORIREC S.A.**



Norte: Quebrada Calera y Terreno de Herederos Tomas Sánchez

Sur: Quebrada Trigal y Terrenos de Bira S.A.

Este: Rio Caleta y Terrenos de Bira S.A.

Deste: Vía a Buza y Terrenos de BIRA S.A.