

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“ANÁLISIS DE RIESGOS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN EN LAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO DEL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS AMBATO DE EP PETROECUADOR”

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR: CHUQUÍN ANGAMARCA CRISTIAN STALIN

DIRECTOR

Ing. Marcelo Puente MSc.

Docente FICA

UTN

ASESOR

Ing. Raúl Baldeón MSc.

Intendente Terminales y Depósitos D.N

EP PETROECUADOR

**Ibarra- Ecuador
2012**

Universidad Técnica del Norte 2012
Reservados todos los derechos de reproducción



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD	100356197-2
APELLIDOS Y NOMBRES	Chuquín Angamarca Cristian Stalin
DIRECCIÓN	Imbabura, Ibarra, "San Francisco del Tejar"
EMAIL	kristalin_c@hotmail.com
TELÉFONO FIJO	06 2650 298
TELÉFONO MÓVIL	093943054
DATOS DE LA OBRA	
TEMA:	<i>"Análisis de riesgos de fuego y explosión en las áreas de almacenamiento y despacho del Terminal de Productos Limpios Ambato de EP PETROECUADOR"</i>
AUTOR:	Chuquín Angamarca Cristian Stalin
FECHA:	18 de julio de 2012
PROGRÁMA :	Pre-Grado
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Industrial
DIRECTOR:	Ing. Marcelo Puente MSc.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Cristian Stalin Chuquín Angamarca, con cédula de identidad Nro. 100356197-2, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Cristian Stalin Chuquín Angamarca, con cédula de identidad Nro. 100356197-2, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4,5 y 6 en calidad de autor del trabajo de grado denominado:

“Análisis de riesgos de fuego y explosión en las áreas de almacenamiento y despacho del Terminal de Productos Limpios Ambato de EP PETROECUADOR” que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Industrial, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento en el que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma:

Nombre: Cristian Stalin Chuquín Angamarca.

Cédula: 100356197-2.

Ibarra a los 18 días del mes de Julio del 2012.

DECLARACIÓN

Yo Cristian Stalin Chuquín Angamarca, declaro que el trabajo aquí escrito es de mí autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica del Norte puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

CRISTIAN STALIN CHUQUÍN ANGAMARCA
C.I. 100356197-2

CERTIFICACIÓN

Certifico que la tesis de grado titulada **“ANÁLISIS DE RIESGOS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN EN LAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO DEL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS AMBATO DE EP PETROECUADOR”** para la obtención del título de Ingeniería Industrial, fue elaborada en su totalidad por el señor, **CRISTIAN STALIN CHUQUÍN AMGAMARCA**.

**ING. MARCELO PUENTE MSc.
DIRECTOR DE TESIS**

CERTIFICACIÓN

Certifico que la tesis de grado titulada **“ANÁLISIS DE RIESGOS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN EN LAS ÁREAS DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO DEL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS AMBATO DE EP PETROECUADOR”** para la obtención del título de Ingeniería Industrial, fue elaborada en su totalidad por el señor, **CRISTIAN STALIN CHUQUÍN AMGAMARCA**.

ING. RAÚL BALDEÓN MSc.
ASESOR DE TESIS

DEDICATORIA

Dedico esta tesis:

A mi madre María Inés Angamarca, pilar fundamental de mi carrera y de mi vida entera, quién con liderazgo y superación, ha sabido apoyarme incondicionalmente y espero recompensarla con el cumplimiento de esta meta y de muchas más.

A mi padre Hernán Chuquín, gran ejemplo de esfuerzo y capacidad, quién me ha enseñado el valor del trabajo y la satisfacción del deber cumplido, quien ha sabido inculcarme valores en el transcurso de toda mi vida y guiarme por el buen sendero de la humildad, honestidad y respeto hacia los demás.

A mis hermanos y hermana Yadira Chuquín, parte de mi vida y ejemplo de comprensión, una persona que busca sus objetivos y como demostrar su capacidad al mundo, Romel Chuquín quien con sus defectos y virtudes siempre sigue con lo que quiere alcanzar en su vida y al más pequeño de la casa Yair Chuquín que con su dulzura y preguntas siempre nos saca una sonrisa en los momentos más difíciles.

A Dios por ser el cimiento fundamental en mi vida, por ser mi compañía todos los días y por saber guiarme por el camino correcto para poder cumplir todos mis objetivos y anhelos.

Gracias a todos ellos por haberme dado los valores, la fuerza y valentía para encarar las dificultades y aprender a superarlas, ustedes han hecho de mí la persona que soy.

Stalin

AGRADECIMIENTO

A Dios y mi Madre Dolorosa, que desde hace muchos años está a mi lado y ha sido parte de las decisiones más grandes de mi vida.

A mi familia por la confianza depositada en mí, y por cada uno de sus esfuerzos para que pudiera convertirme en un profesional y seguir adelante con un logro más en mi vida.

A mis maestros que han dejado los fundamentos para desempeñarme como un buen profesional con capacidad de aportar al país. Quisiera destacar a mi director de tesis Ing. Marcelo Puente MSc., asesor Ing. Raúl Baldeón MSc., que brindaron su tiempo y conocimientos para finalizar con éxito este trabajo y alcanzar una de las metas más importantes de la vida.

Agradezco a toda la familia EP-PETROECUADOR del Terminal de Productos Limpios “Ambato” por su imponderable colaboración, al facilitarme acceso a la información requerida para alcanzar los objetivos trazados.

A todos los ingenieros de mi carrera de Ingeniería Industrial y en especial a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, que día a día nos dieron de sus conocimientos, y de la misma manera su apoyo para llegar a cumplir este logro.

A mis amigos que pusieron su granito de arena en el transcurso de mi carrera, además por enseñarme una vez más que con esfuerzo todo se puede cumplir.

Stalin

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	2
1 TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS AMBATO EP-PETROECUADOR	2
1.1 ESTRUCTURA DEL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS.	3
1.1.1 ÁREA DE RECEPCIÓN.....	3
1.1.2 ÁREA DE ALMACENAMIENTO.	4
1.1.2.1 Tanques de almacenamiento.	7
1.1.2.2 Tipos de tanques de almacenamiento.....	8
1.1.2.2.1 Descripción de los tanques de techo fijo.	10
1.1.2.2.2 Descripción de tanques de techo flotante.....	16
1.1.2.3 Diques de contención.....	21
1.1.3 ÁREA DE CARGA Y DISTRIBUCIÓN (DESPACHO).....	22
1.1.3.1 Bombas de distribución de combustibles	25
1.1.3.2 Brazos de carga	27
1.1.3.3 Concepto genérico de un brazo de carga superior o inferior.....	27
1.1.3.3.1 Brazo de carga superior	27
1.1.3.3.2 Brazo de carga inferior	28
1.1.4 LABORATORIO.....	28
1.1.5 COMERCIALIZACIÓN.....	29
1.1.6 MANTENIMIENTO.....	29
1.1.7 ALIMENTACIÓN.....	30
1.1.8 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE.	30
1.1.8.1 Seguridad física.	31
CAPÍTULO II	33
2 CARACTERÍSTICAS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN	33
2.1 FUEGO.	33
2.1.1 PROCESO DE LA COMBUSTIÓN (PARÁMETROS).....	34
2.1.2 VELOCIDAD DE LA REACCIÓN.....	36
2.1.3 INCENDIO.	37
2.1.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA IGNICIÓN.	38
2.1.4.1 Según su temperatura.....	38

2.1.4.1.1	<i>Punto de Ignición</i>	39
2.1.4.1.2	<i>Límites de inflamabilidad y explosividad</i>	41
2.1.4.2	Temperaturas de autoignición.....	43
2.2	MEDIDAS DE LOS EFECTOS DE INFLAMABILIDAD.....	44
2.3	CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE FUEGO.....	46
2.3.1	CLASES DE FUEGO.....	46
2.3.2	TIPOS DE FUEGO DESDE LA IGNICIÓN.....	49
2.3.2.1	Flama de chorro.....	50
2.3.2.2	Bolas de fuego como resultante de Blevé.....	51
2.3.2.3	Fuegos de nubes de vapor o polvo.....	53
2.3.2.4	Fuegos en derrames de líquidos.....	53
2.3.2.5	Fuegos que involucran combustibles ordinarios.....	55
2.4	PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN.....	55
2.5	PELIGRO DE EXPLOSIÓN.....	58
2.5.1	DEFINICIÓN.....	58
2.5.2	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL POTENCIAL DE EXPLOSIÓN.....	59
2.5.2.1	Explosiones térmicas.....	59
2.5.2.2	Explosiones no térmicas.....	62
2.5.3	TIPOS DE EXPLOSIONES.....	63
2.5.3.1	Explosiones por sobrepresión de un tanque o contenedor.....	63
2.5.3.2	Explosión de polvo.....	63
2.5.3.3	Explosiones de gas o vapor.....	65
2.5.3.4	Explosiones o detonaciones de fase condensada.....	66
2.5.3.5	Explosiones de vapor por expansión de líquidos en ebullición.....	66
CAPÍTULO III	69
3	ANÁLISIS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN (EPA, AICHE Y FEMA)	69
3.1	GENERALIDADES DEL RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSIÓN.....	69
3.1.1	CARACTERIZACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO.....	70
3.1.1.1	Eventos iniciantes.....	70
3.1.1.2	Tanques de almacenamiento.....	71
3.1.1.3	Equipos de proceso.....	71
3.1.1.4	Líneas de proceso.....	71

3.1.1.5 Fuentes de ignición.	72
3.1.2 TIPO DE FUENTE.	73
3.1.3 PROPIEDADES DE LA FUENTE.	75
3.1.3.1 WMS – Peso molecular del material en la fuente (kg/mol).....	75
3.1.3.2 CPS – Capacidad calorífica del vapor a presión constante y T_A (J/kg ⁰ K).....	75
3.1.3.3 TBP – Temperatura de ebullición del material en la fuente (⁰ K).....	75
3.1.3.4 CMEDO – Fracción de masa líquida inicial.	75
3.1.3.5 DHE – Calor de evaporización a temperatura de ebullición (J/kg). 77	
3.1.3.6 CPSL – Calor específico del líquido del material de la fuente (J/kg ⁰ K). 77	
3.1.3.7 RHOSL – Densidad del líquido del material en la fuente (kg/m ³)...77	
3.1.3.8 SPB, SPC – Constantes de presión de saturación.	78
3.1.4 PARÁMETROS DE LA EMISIÓN.	78
3.1.4.1 TS – Temperatura del material en la fuente (⁰ K).....	79
3.1.4.2 QS - Caudal de masa de la fuente (kg/s).	80
3.1.4.3 AS - Área de la fuente (m ²).	80
3.1.4.4 TSD – Duración de la fuente continua (S).....	84
3.1.4.5 QTIS – Masa instantánea de la fuente (kg).....	84
3.1.4.6 HS – Altura de la fuente (m).....	85
3.1.5 PARÁMETROS DE CAMPO.....	85
3.1.5.1 TAV – Tiempo promedio de concentración (s).	85
3.1.5.2 XFFM – Distancia máxima viento abajo (m).....	86
3.1.5.3 ZP (1), ZP (2), ZP (3), ZP (4) – Altura de cálculo de concentración (m). 87	
3.1.6 PARÁMETROS METEOROLÓGICOS.	87
3.1.6.1 ZO - Altura de rugosidad de superficie (m).	87
3.1.6.2 ZA — Altura de medición ambiental (m).....	89
3.1.6.3 UA - Velocidad del viento (m/s).	89
3.1.6.4 TA — Temperatura ambiente (⁰ K).....	90
3.1.6.5 RH — Humedad relativa (%).	90
3.1.6.6 STAB — Valores de la clase de estabilidad.	90
3.1.6.7 ALA - Longitud inversa de Monin-Obukhov (m ⁻¹).	91

3.1.7	BLEVE Y BOLA DE FUEGO.....	91
3.1.7.1	Ecuaciones empíricas para diámetro, duración y altura de la bola de fuego por bleve.....	92
3.1.7.2	Radiación.....	93
3.1.8	FUEGO EN DERRAMES.....	96
3.1.8.1	Tasa de combustión.....	98
3.1.8.2	Tamaño del derrame.....	99
3.1.8.3	Altura de flama.....	100
3.1.8.4	Desplazamiento e inclinación de la flama.....	101
3.1.8.5	Potencia emitida de superficie.....	102
3.1.8.6	Factor de vista geométrico.....	103
3.1.8.7	Flujo térmico recibido.....	104
3.1.9	FUEGO DE CHORRO.....	105
CAPÍTULO IV.....		110
4 DIAGRAMAS DE PROCESO Y FLUJO DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO.....		110
4.1	DIAGRAMA DE PROCESO DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO..	110
4.1.1	PROCESOS DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO (DESCRIPCIÓN).....	111
4.1.1.1	Recepción de producto a través de poliducto Quito-Ambato.....	111
4.1.1.2	Despacho de productos por ventas a clientes.....	114
4.2	CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESO DE LAS ÁREAS DE ALAMACENAMIENTO Y DESPACHO.....	117
4.2.1	SIMBOLOGÍA.....	118
4.2.2	DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN.....	120
CAPÍTULO V.....		125
5 SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE MODELOS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN EN EL ÁREA DE ALAMCENAMIENTO Y DESPACHO.....		125
5.1	FUEGO EN UN DERRAME-GASOLINA, EN DIQUE TA-01.....	125
5.1.1	FUEGO EN UN DERRAME-GASOLINA.....	125
5.1.1.1	Datos de la sustancia.....	125

5.1.1.2	Propiedades de la emisión.....	129
5.1.1.3	Escenario Meteorológico.....	130
5.1.1.4	Distancias de interés.....	133
5.1.1.5	Selección de área.....	134
5.1.1.6	Resultados.....	135
5.1.1.6.1	<i>Reporte de la simulación de Gasolina en el Tanque-01.....</i>	140
5.1.2	FUEGO EN UN DERRAME-DIESEL.....	141
5.1.2.1	Datos de la sustancia.....	141
5.1.2.2	Propiedades de la emisión.....	145
5.1.2.3	Escenario Meteorológico.....	146
5.1.2.4	Distancias de interés.....	149
5.1.2.5	Selección de área.....	150
5.1.2.6	Resultados.....	151
5.1.2.6.1	<i>Reporte de la simulación de Diesel en el Tanqu-04.....</i>	156
5.1.3	FUEGO EN UN DERRAME-GASOLINA, EN ISLAS DE CARGA PRINCIPAL.....	157
5.1.3.1	Datos de la sustancia.....	157
5.1.3.2	Propiedades de la emisión.....	160
5.1.3.3	Escenario Meteorológico.....	161
5.1.3.4	Distancias de interés.....	165
5.1.3.5	Selección de área.....	166
5.1.3.6	Resultados.....	167
5.1.3.6.1	<i>Reporte de la simulación de Gasolina en la isla de cargaprinicipal.....</i>	172
5.1.4	FUEGO EN UN DERRAME-DIESEL, EN ISLA DE CARGA SECUNDARIA.....	173
5.1.4.1	Datos de la sustancia.....	173
5.1.4.2	Propiedades de la emisión.....	176
5.1.4.3	Escenario Meteorológico.....	177
5.1.4.4	Distancias de interés.....	181
5.1.4.5	Selección de área.....	182
5.1.4.6	Resultados.....	183

5.1.4.6.1 Reporte de la simulación de Diesel en la isla de carga principal.....	187
CONCLUSIONES.....	189
RECOMENDACIONES	191
GLOSARIO DE TÉRMINOS	193
BIBLIOGRAFÍA.....	201
ANEXOS.....	203

GRÁFICOS

Gráfico No. 1: Terminal de Productos Limpios	2
Gráfico No. 2: Estación reductora Ambato	4
Gráfico No. 3: Área de almacenamiento	5
Gráfico No. 4: Tanques de almacenamiento	7
Gráfico No. 5: Tanque de techo fijo cónico	11
Gráfico No. 6: Accesorios del tanque de techo fijo	13
Gráfico No. 7: Escotilla de medición o Hueco de aforo	14
Gráfico No. 8: Entra de Hombre (Manhol)	15
Gráfico No. 9: Tanque Techo Flotante	17
Gráfico No. 10: Accesorios de Tanque Techo Flotante	21
Gráfico No.11: Diques de contención	22
Gráfico No. 12: Isla principal	24
Gráfico No. 13: Isla secundaria	24
Gráfico No. 14: Patio de bombas	26
Gráfico No. 15: Sistema contra incendios de agua	30
Gráfico No. 16: Sistema contra incendios de espuma	31
Gráfico No. 17: Tetraedro del fuego	34
Gráfico No. 18: Incendio	37
Gráfico No. 19: Factores que influyen en la autoignición	38
Gráfico No. 20: Límites de inflamabilidad	41
Gráfico No. 21: Fuego clase A	46
Gráfico No. 22: Fuego clase B	47
Gráfico No. 23: Fuego clase C	47
Gráfico No. 24: Fuego clase D	48
Gráfico No. 25: Fuego clase K	49
Gráfico No. 26: Flama de chorro	50
Gráfico No. 27: Blevé	52
Gráfico No. 28: Incendio en un derrame líquido	54
Gráfico No. 29: Explosión térmica	61
Gráfico No. 30: Explosión no térmica	62
Gráfico No. 31: Explosión de polvo	64

Gráfico No. 32: Esquema del desarrollo de la amenaza	70
Gráfico No. 33: Proceso de recepción de productos, terminal Ambato	120
Gráfico No. 34: Continuación del proceso de recepción de productos, terminal Ambato	121
Gráfico No. 35: Proceso de despacho de productos del terminal Ambato	122
Gráfico No. 36: Continuación del proceso de despacho de productos del terminal Ambato	123
Gráfico No. 37: Redacción de la simulación de la Gasolina	126
Gráfico No. 38: Propiedades de la Gasolina.....	127
Gráfico No. 39: Niveles y cantidad de radiación.....	128
Gráfico No. 40: Parámetros de la emisión.....	129
Gráfico No. 41: Dirección del viento en el momento de la simulación	130
Gráfico No. 42: Datos del escenario meteorológico	131
Gráfico No. 43: Estabilidad de Pasquill para el escenario meteorológico.....	132
Gráfico No. 44: Rugosidad del terreno	133
Gráfico No. 45: Distancias de interés	134
Gráfico No. 46: Selección del área a ser simulada.....	135
Gráfico No. 47: Radiación contra distancias al área de la simulación	136
Gráfico No. 48: Dosis contra distancia al área de la simulación	137
Gráfico No. 49: Proyección de la radiación sobre el TA-01	138
Gráfico No. 50: Proyección de la dosis sobre el TA-01	139
Gráfico No. 51: Redacción de la simulación del Diesel.	142
Gráfico No. 52: Propiedades del Diesel.....	143
Gráfico No. 53: Niveles y cantidad de radiación	144
Gráfico No. 54: Parámetros de la emisión.....	145
Gráfico No. 55: Dirección del viento en el momento de la simulación	146
Gráfico No. 56: Datos del escenario meteorológico	147
Gráfico No. 57: Estabilidad de Pasquill para el escenario meteorológico.....	148
Gráfico No. 58: Rugosidad del terreno	149
Gráfico No. 59: Distancias de interés	150
Gráfico No. 60: Selección del área a ser simulada.....	151
Gráfico No. 61: Radiación contra distancias al área de la simulación	152
Gráfico No. 62: Radiación contra distancia en el área de simulación.....	153

Gráfico No. 63: Proyección de la radiación sobre el TA-04.....	154
Gráfico No. 64: Proyección de la radiación sobre el TA-04.....	155
Gráfico No. 65: Redacción de la simulación de la gasolina en la isla de carga principal.....	158
Gráfico No. 66: Propiedades	159
Gráfico No. 67: Niveles y cantidad de radiación.....	160
Gráfico No. 68: Propiedades de la emisión	161
Gráfico No. 69: Dirección del viento en el momento de la simulación.....	162
Gráfico No. 70: Datos del escenario meteorológico	163
Gráfico No. 71: Estabilidad.....	164
Gráfico No. 72: Rugosidad	165
Gráfico No. 73: Distancias de interés	166
Gráfico No. 74: Selección del área a ser simulada.....	167
Gráfico No. 75: Radiación contra distancias al área de la simulación	168
Gráfico No. 76: Dosis contra distancias al área de la simulación	169
Gráfico No. 77: Proyección de la radiación sobre Isla de carga brazo de descarga 07 Extra.....	170
Gráfico No. 78: Proyección de la dosis sobre Isla de carga brazo de descarga No. 07 Extra.....	171
Gráfico No. 79: Redacción de la simulación del diesel.....	174
Gráfico No. 80: Propiedades del diesel	175
Gráfico No. 81: Niveles y cantidad de radiación.....	176
Gráfico No. 82: Parámetros de la emisión.....	177
Gráfico No. 83: Dirección del viento en el momento de la simulación.....	178
Gráfico No. 84: Datos del escenario meteorológico	179
Gráfico No. 85: Estabilidad de Pasquill para el escenario meteorológico	180
Gráfico No. 86: Rugosidad del terreno	181
Gráfico No. 87: Distancias de interés	182
Gráfico No. 88: Selección del área a ser simulada.....	183
Gráfico No. 89: Radiación contra distancias al área de la simulación	184
Gráfico No. 90: Dosis contra distancia al área de la simulación.....	185
Gráfico No. 91: Proyección de la radiación sobre la isla de carga secundaria, brazo No. 4.....	186

Gráfico No. 92: Proyección de la dosis sobre la isla de carga secundaria, brazo
No. 4..... 187

TABLAS

Tabla No. 1: Datos técnicos de tanques y capacidad de almacenamiento	6
Tabla No. 2: Área de los diques	22
Tabla No. 3: Islas de carga y sus brazos.	23
Tabla No. 4: Brazos de carga y capacidad de despachan	25
Tabla No. 5: Datos del producto que absorben las bombas.....	26
Tabla No. 6: Ejemplos de características de inflamabilidad	44
Tabla No. 7: Criterios de lesiones por quemadura debido a la radiación térmica.	45
Tabla No. 8: Elementos y símbolo químico	57
Tabla No. 9: Estimado de daños por sobrepresión en explosiones.....	65
Tabla No. 10: Tipos de superficie y su rugosidad.....	89
Tabla No. 11: Valores de estabilidad.....	90
Tabla No. 12: Fracción de radiación.....	103
Tabla No. 13: Descripción de actividades para la recepción de producto en el Terminal Ambato.	112
Tabla No. 14: Descripción de actividades para despacho de productos por ventas a clientes en el Terminal Ambato	115
Tabla No. 15: Simbología de los diagramas de flujo	119

FORMULAS

Ecuación No. 1: Fracción de masa líquida inicial	76
Ecuación No. 2: Tasa de evaporación.....	77
Ecuación No. 3: Presión de saturación	78
Ecuación No. 4: Temperatura del material en la fuente	79
Ecuación No. 5: Área de la fuente (emisión de un derrame en evaporación)	81
Ecuación No. 6: Densidad del vapor	81
Ecuación No. 7: Área de la fuente (almacenado y es emitido como vapor)	82
Ecuación No. 8: Área de la fuente (almacenado y es emitido como un chorro en dos fases).....	82
Ecuación No. 9: Densidad de la mezcla vapor-líquido en el punto de ebullición..	83
Ecuación No. 10: Área de la fuente	83
Ecuación No. 11: Densidad inicial de la emisión	84
Ecuación No. 12: Tiempo de duración de la nube.....	86
Ecuación No. 13: Diámetro de máximo de la bleve (m)	92
Ecuación No. 14: Tiempo de de duración de la bleve (s)	92
Ecuación No. 15: Altura de la bleve	92
Ecuación No. 16: Diámetro inicial de la bleve a nivel del piso.....	93
Ecuación No. 17: Flojo radiante recibido por el receptor	93
Ecuación No. 18: Transmisividad atmosférica.....	94
Ecuación No. 19: Presión parcial del agua (pascales, N/m ²).....	95
Ecuación No. 20: Dosis de exposición al fuego.....	95
Ecuación No. 21: Tasa de decremento en el nivel vertical del líquido (m/s)	98
Ecuación No. 22: Calor de vaporización del líquido a temperatura ambiente	98
Ecuación No. 23: Tasa de combustión de la masa	99
Ecuación No. 24: Diámetro máximo de equilibrio del derrame.....	100
Ecuación No. 25: Altura visible de la flama	101
Ecuación No. 26: Correlaciones para inclinación de la flama.....	101
Ecuación No. 27: Velocidad del viento medida a una altura de 10 m.....	102
Ecuación No. 28: Factor de vista de fuente puntual	104
Ecuación No. 29: Flujo térmico recibido	104

Ecuación No. 30: Longitud de la flama turbulenta visible medida desde el punto de ruptura (m).....	106
Ecuación No. 31: Longitud de la flama turbulenta visible medida desde el punto de ruptura (para la mayoría de los combustibles).....	106
Ecuación No. 32: Flujo radiante recibido por el receptor	107

RESUMEN

El presente trabajo investigativo tiene por objeto principal simular los diferentes modelos de fuego, nubes explosivas y llamarada de los hidrocarburos existentes en el terminal Ambato teniendo en cuenta las instalaciones, condiciones ambientales y de trabajo en las áreas de estudio. Para este fin hemos dividido el mismo en V capítulos en los cuales se darán a conocer los siguientes aspectos:

En el primer CAPÍTULO (I) se detalla todo lo relacionado con el Terminal de productos limpios Ambato; dimensión, área de influencia, proceso de almacenamiento, despacho y comercialización de los derivados así como se definen claramente las diferentes áreas por las que está constituido el mismo.

En el segundo CAPÍTULO (II) se realiza un estudio completo acerca del fuego y explosión en el cual entre otras cosas se definirá: el proceso de combustión, velocidad de reacción, factores que influyen en la ignición y los diferentes tipos de fuego tomando en cuenta la ignición para la realización de los diferentes modelos de simulación.

En el tercer CAPÍTULO (III) se detalla las fórmulas para realiza el análisis de los diferentes tipos fuego y explosión teniendo en cuenta los tipos de fuente de emisión de los hidrocarburos existentes en el Terminal de Productos Limpios Ambato.

En el cuarto CAPÍTULO (IV) se realiza el levantamiento de los diagramas de proceso y flujo correspondientes al proceso de despacho y almacenamiento de combustible en el Terminal de Productos Limpios Ambato.

Finalmente en el quinto CAPÍTULO (V) se realiza la simulación de los diferentes modelos con los hidrocarburos existentes en el terminal Ambato considerando las instalaciones, condiciones ambientales y de trabajo en las áreas de estudio del Terminal de Productos Limpios Ambato.

Al término de los capítulos considerando la simulación y los resultados se concluye que si un evento de esos llegaría a materializarse habrá una destrucción de las instalaciones que se encuentran dentro del círculo de máximo riesgo con una radiación de $31,5 \text{ kw/m}^2$, por lo que en casos como este se debe activar la alarma y parar todas las operaciones para contrarrestar el fuego de acuerdo al plan de contingencia del Terminal de Productos Limpios Ambato.

ABSTRACT

This research work is primarily intended to simulate the different models of fire, clouds and explosive flare of hydrocarbons existing in the given Ambato terminal facilities, environmental and working conditions in the areas of study. For this purpose we have divided it into chapters V which will be announced the following:

In the first chapter (I) shows everything related to the terminal clean products Ambato, size, area of influence, a process of storing, shipping and trading of derivatives and clearly defines the different areas which is constituted by the same. Clean Products Terminal Ambato.

In the second Chapter (II) is a complete study about fire and explosion in which, inter alia, define: the combustion process, reaction rate, factors that influence the ignition and the different types of fire, taking into account ignition for the performance of different simulation models.

In the third Chapter (III) shows the formulas for performing the analysis of the different fire and explosion taking into account the types of emission source of hydrocarbons existing in Ambato Clean Products Terminal.

In the fourth chapter (IV) is made the lifting of the process and flow diagrams for the process of shipping and storage of fuel in the terminal Clean Products Ambato.

Finally in the fifth chapter (V) is the simulation of different models with the existing oil terminal facilities considering Ambato, environmental conditions and work in the study areas of Ambato Clean Products Terminal.

At the end of chapters and considering the simulation results we conclude that if such an event would materialize there will be a destruction of facilities that are within the circle of maximum risk of 31.5 kW/m² radiation, so in bullrings like this should activate the alarm and stop all operations to counter the fire according to the contingency plan of Terminal Clean Products Ambato.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I

1 TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS AMBATO EP-PETROECUADOR.

Terminal de productos limpios Ambato EP PETROECUADOR es una unidad operativa de Transporte, Almacenamiento y Comercialización bajo la Intendencia Distrito Norte de Terminales y Depósitos, se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, ciudad de Ambato, en el sector comprendido entre las calles los Quitus, el Cóndor, los Atis y Alfredo Jaramillo, está conformada básicamente por tres grandes áreas de trabajo, repartidas en aproximadamente diez hectáreas de terreno.

Gráfico No. 1: Terminal de Productos Limpios



Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

Este terminal receipta hidrocarburos limpios, los almacena, controla su calidad, comercializa y despacha a la red de distribuidoras autorizadas, así mismo cumplen con actividades de regulación ambiental y de seguridad vigentes en el

país para el buen funcionamiento del mismo, por lo cual han obtenido una certificación ISO 14001: 2004.

Tiene el terminal cómo área de influencia a la zona central del País conformada por las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo y Pastaza, lo cual representa aproximadamente el 20 % de la demanda nacional de estos productos. Para cumplir con este objetivo, el terminal Ambato está estructurado por tres grandes áreas.

1.1 ESTRUCTURA DEL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS.

Estas áreas son las siguientes:

1.1.1 ÁREA DE RECEPCIÓN.

El Terminal Ambato, recibe hidrocarburos limpios enviados desde las instalaciones del Beaterio ubicadas en la ciudad de Quito vía poliducto, este proceso de recepción de productos se realiza en la estación reductora de presión, la misma que está constituida por varios componentes que son de fundamental importancia para el objetivo de esta unidad.

El proceso se inicia con la recepción de producto a presiones de entrada que están entre los 300 y 360 psi, pasa a través de las válvulas reductoras de presión donde la misma es reducida a 30 psi, posteriormente el producto pasa por un elemento filtrante, luego por un sistema de medición y este es enviado a un manifold de distribución, el mismo que distribuye el producto a los tanques de almacenamiento.

Gráfico No. 2: Estación reductora Ambato



Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

Los efluentes y descargas resultantes de este proceso son recolectados en un tanque sumidero y recuperados posteriormente mediante un sistema de bombeo para ser enviados a tanques de almacenamiento. Todos los residuos de este proceso son manejados conforme a normas ambientales y de seguridad vigentes.

1.1.2 ÁREA DE ALMACENAMIENTO.

El área de almacenamiento del Terminal, cuenta con tanques estacionarios verticales, debidamente identificados de acuerdo al producto que contienen, estos tanques tienen instaladas válvulas, además poseen cubetos o diques diseñados para contener el producto del tanque en caso de un derrame.

Gráfico No. 3: Área de almacenamiento



Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

En la siguiente tabla se detalla el almacenamiento por tanque, volumen, demanda y tipo de techo.

Tabla No. 1: Datos técnicos de tanques y capacidad de almacenamiento

Identificación del tanque de almacenamiento	No	Producto	Altura Total (M)	Diámetro Total (M)	Tipo Techo	Llenado Máximo		Nivel Operativo		Nivel Operativo no	
						Altura (M)	Volumen (gls)	Altura (M)	Volumen (gls)	Altura (M)	Volumen (gls)
TA-01-3401	1	Gas. Extra	12.81	21.69	Flotante	11.83	1.137.300	11.51	1.106.300	0.39	31.000
TA-03-3403	3	Gas. Extra	12.83	17.80	Flotante	11.81	764.700	11.46	741.700	0.39	23.000
TA-08-3408	8	Gas. Extra	12.89	17.81	Flotante	11.85	771.200	11.49	747.200	0.37	24.000
TOTALES							2.673.200		2.595.200		78.000
TA-09-3409	9	Gas. Super	10.952	15.47	Flotante	9.91	485.700	9.40	460.029	0.54	27.000
TOTALES							485.700		460.029		27.000
TA-02-3402	2	Diesel 2	12.83	15.45	Fijo	12.38	611.400	12.03	594.400	0.39	17.000
TA-06-3406	6	Diesel 2	12.79	21.80	Fijo	12.07	1.180.100	11.72	1.146.100	0.36	34.000
TA-04-3404	4	Diesel 2	11.00	13.86	Fijo	10.60	420.400	10.27	407.400	0.37	13.000
TA-07-3407	7	Diesel 2	10.97	13.87	Fijo	10.52	420.100	10.15	405.100	0.38	15.000
							2.632.000		2.553.000		79.000
TA-05-3405	5	Slop	9.17	8.09	Fijo	8.78	119.300	8.49	115.300	0.31	4.000
TOTALES							119.300		115.300		4.000

Fuente: EP-PETROECUADOR
 Elaborado por: Cristian Chuquín

1.1.2.1 Tanques de almacenamiento.

El almacenamiento continúa siendo una actividad indispensable en el transporte y manejo de hidrocarburos. La selección del tipo y tamaño de tanque está regida por la relación producción-consumo, las condiciones ambientales, la localización del tanque y el tipo de fluido a almacenar.

El almacenamiento se puede realizar en tres tipos de instalaciones: superficiales, subterráneas y en buques tanque.

La capacidad de dichas instalaciones varía desde unos cuantos metros cúbicos hasta miles de ellos.

Gráfico No. 4: Tanques de almacenamiento



Fuente: http://es.123rf.com/photo_4922992_big-white-gas-y-tanques-de-almacenamiento-de-combustible.html

Elaborado por: Cristian Chuquín

Los tanques pueden fabricarse y transportarse a su lugar de colocación o bien armarse en el lugar mismo donde permanecerán. Una forma típica que se ha

empleado para la clasificación de tanques es por las características de su techo, en base a esto los hay de techo fijo y de techo flotante. Estos últimos han tenido gran aceptación debido a la ventaja adicional de controlar automáticamente el espacio disponible a los vapores.

El sistema de sellado de los tanques es de suma importancia pues evita la emisión de vapores a la atmósfera, lo cual presenta varias desventajas y riesgos tanto económicos como ambientales. Existen diversos sistemas de sello como es el caso de sello metálico el cual consiste de un anillo de zapatas de acero prensadas firmemente contra la envolvente, un delantal de tela flexible cierra el espacio entre las zapatas y el techo. También existen sellos magnetizados y otros de tipo flotante internos.

En la industria petrolera, petroquímica y otras industrias son utilizados distintos tipos de recipientes para almacenar una gran variedad de productos como son: crudo y sus derivados, butano, propano, glp, solventes, agua, etc.

Los tanques de almacenamiento forman parte de distintas operaciones en la industria, tales como:

- Producción
- Tratamiento
- Transporte
- Refinación
- Distribución
- Inventarios / Reservas
- Servicios

1.1.2.2 Tipos de tanques de almacenamiento.

Existen varios tipos de tanques de almacenamiento los cuales se clasifican de la siguiente manera.

- **Atmosféricos y baja presión: $p \leq 2.5$ psig**

- Techo fijo
- Techo flotante
- Tope abierto

- **Media presión: $2.5 < p < 15$ psig**

- Refrigerados
- No refrigerados

- **Presurizados: $p > 15$ psig**

- Cilindros
- Esferas

Para tanques de almacenamiento a presiones atmosféricas o bajas presiones y de tamaños relativamente grandes se utilizan las reglas de construcción y diseño de uno de los siguientes códigos.

API

- STD 620. Diseño y construcción de tanques grandes de baja presión.
- STD 650. Diseño y construcción de tanques de almacenamiento atmosféricos.
- RP 651. Protección Catódica.
- RP 652. Recubrimientos de los fondos de tanques.

En general estos códigos son revisados y modificados, reafirmados o eliminados al menos cada 5 años.

Los estándares antes mencionados son publicados para facilitar una amplia aplicación de buenas prácticas comprobadas de ingeniería y operación. Estos

estándares no tienen la intención de obviar la necesidad de la aplicación de los criterios de la buena ingeniería.

En este capítulo se hará una breve revisión sobre tanques atmosféricos y baja presión menores o igual a 2.5 psig, como son los tanques de techo fijo y techo flotante.

1.1.2.2.1 Descripción de los tanques de techo fijo.

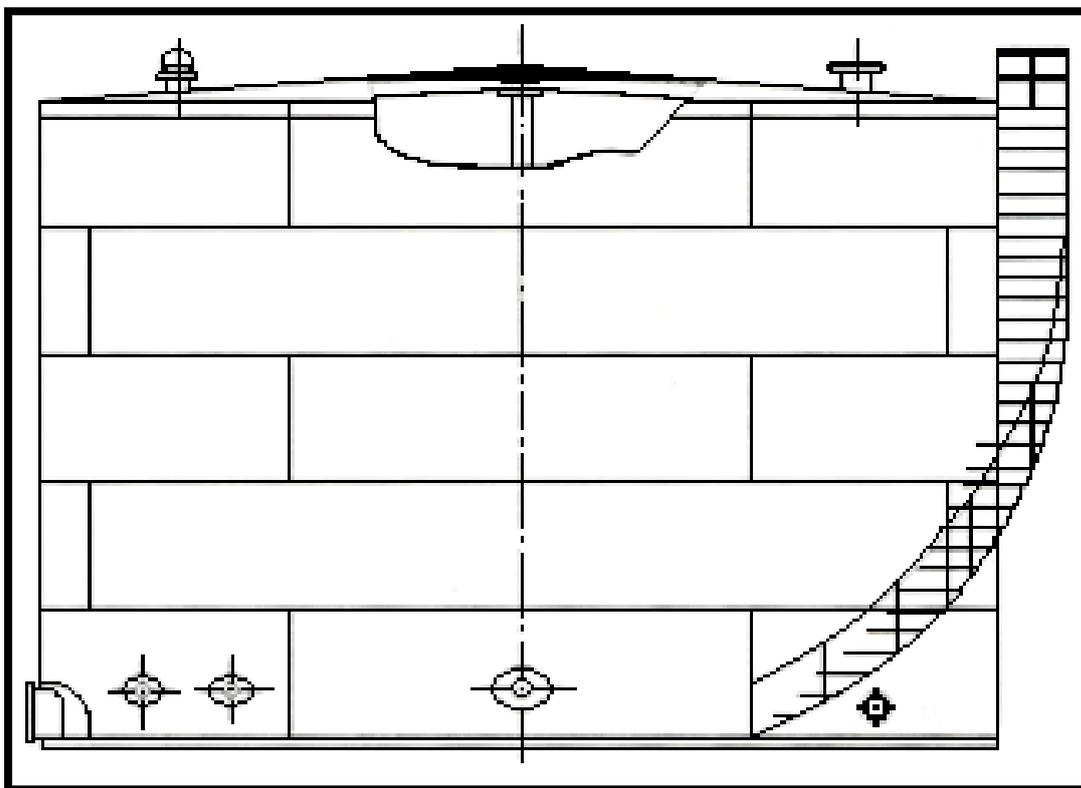
Estos se utilizan para el almacenamiento de crudos que poseen un punto de inflamación alto y de presión de vapor, es decir, aquellos hidrocarburos que no se evaporan fácilmente, evitando así la acumulación de gases en el interior del tanque que pueden producir la explosión de este, y por tanto la presión en el tanque no excede la atmósfera.

Están formados por un solo cuerpo, cuyo techo no tiene ninguna posibilidad de movimiento. Poseen varias válvulas de venteo, que permite la salida indiscriminada de los vapores que están formándose continuamente en su interior.

Los tanques de techo fijo son recipientes que tienen un cuerpo cilíndrico vertical y un techo fijo. Además del cuerpo y del techo, los componentes básicos y características de construcción incluyen:

- a) Accesorios que atraviesan el techo fijo y servir a las funciones operacionales.
- b) Aislamiento del cuerpo y el techo en los tanques que almacenan productos a granel en condiciones de calentamiento.
- c) Superficie del cuerpo y el techo, tipo y condición.

Gráfico No. 5: Tanque de techo fijo cónico



Fuente: Mantenimiento de terminales y depósitos de EP-PETROECUADOR

Elaborado por: Cristian Chuquín

Otros componentes, los cuales están disponibles en una amplia gama de diseños comerciales, se describen en esta sección. Incluidas en estas descripciones están los comentarios sobre la posibilidad de las pérdidas por evaporación, así como el diseño y algunas características operativas.

Otros factores, tales como mantenimiento y seguridad del tanque, son importantes en el diseño y selección de equipos del tanque, pero están fuera del alcance de esta publicación.

El tanque de techo fijo es el menos aceptado por la norma para el almacenamiento de líquidos volátiles. Los grandes y modernos tanques de techo fijo son de todos soldados en la construcción y están diseñados para ser ajustado para líquido y el vapor.

Algunos tanques de techo fijo puede ser de remachado o atornillado en su construcción. En esta publicación, se asume que el techo del tanque y el cuerpo están ajustados al vapor.

Estos están disponibles en gama de tamaños de 20 a 300 pies de diámetro y hasta 65 pies de altura del cuerpo. El techo fijo puede ser apoyado por la columna o auto=apoyo, y puede ser en forma de cono, domo, o plana. Algunos tanques de techo fijo incorporan un techo flotante interno, pero estos tipos de tanques de almacenamiento no están incluidos en esta publicación.

1.1.2.2.1.1 Accesorios del techo.

Varios accesorios atraviesan el techo del tanque para permitir su función operacional y son fuentes de la pérdida por evaporación. Otros accesorios que se utilizan pero que no atraviesan el techo o el cuerpo no son fuentes potenciales de perdida por evaporación.

Accesorios del techo pueden ser una fuente de pérdida por evaporación cuando no están sellados. La pérdida por evaporación de accesorios del techo correctamente sellados es insignificante en comparación a la pérdida permanente y la pérdida por trabajo.

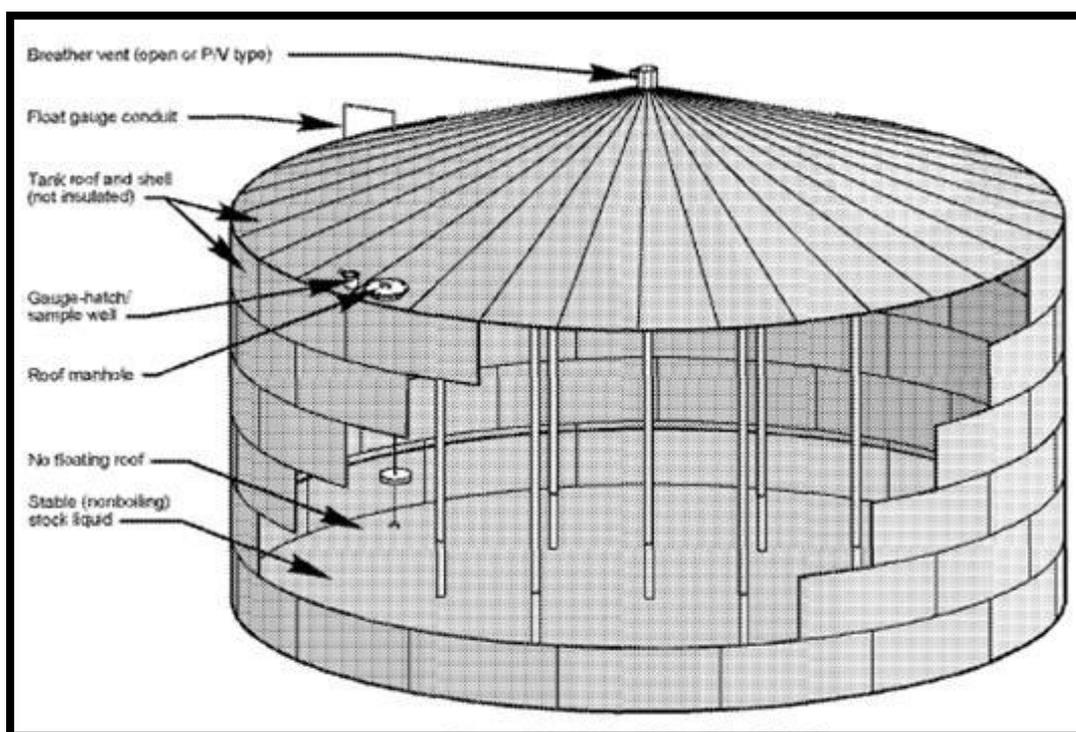
Presión de vacío de venteo

Están instalados en el techo del tanque para proporcionar suficiente capacidad de ventilación para proteger el tanque de los efectos nocivos de la sobrepresión o sobre vacío.

La presión de vacío del respiradero sobre la presión atmosférica en tanques de techo fijo son usualmente ajustados a 0.75 pulgadas de columna de agua, o aproximadamente 0.5 onzas por pulgada cuadrada.

La presión normal requerida de capacidad de venteo o la capacidad de aireación de vacío debe acomodarse el respiradero y circulación de productos hasta el máximo de seguridad en el trabajo de presión o vacío del tanque.

Gráfico No. 6: Accesorios del tanque de techo fijo



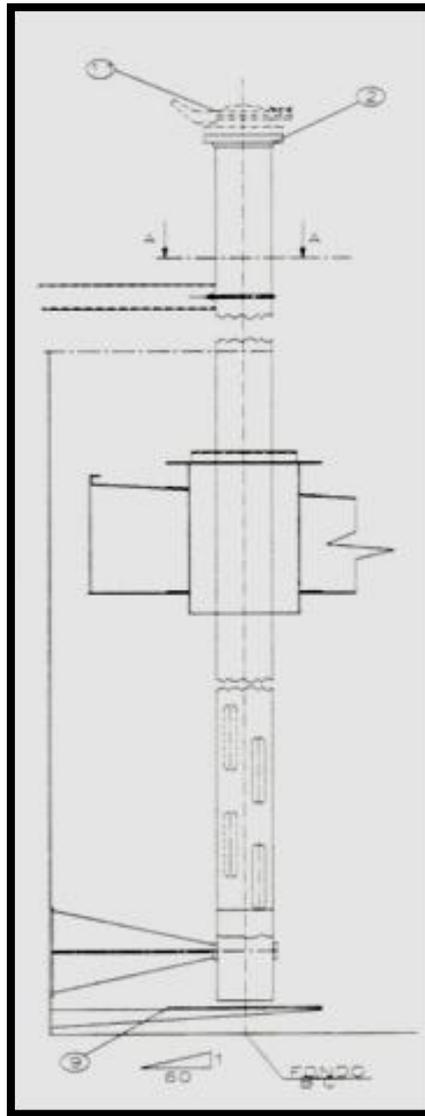
Fuente: Norma API-MPMS 19.1 – Evaporative Loss Measurement

Elaborado por: Cristian Chuquín

Escotilla de medición / hueco para muestra.

Consiste de un tubo que atraviesa el techo del tanque y está equipada con cierre automático; un empaque puede ser usado para reducir aún más las pérdidas por evaporación; facilita el acceso para medir manualmente el nivel de existencias en el tanque y tomar del contenido del tanque; está montado en la parte superior del tanque.

Gráfico No. 7: Escotilla de medición o Huevo de aforo



Fuente: Mantenimiento de Terminales y Depósitos EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

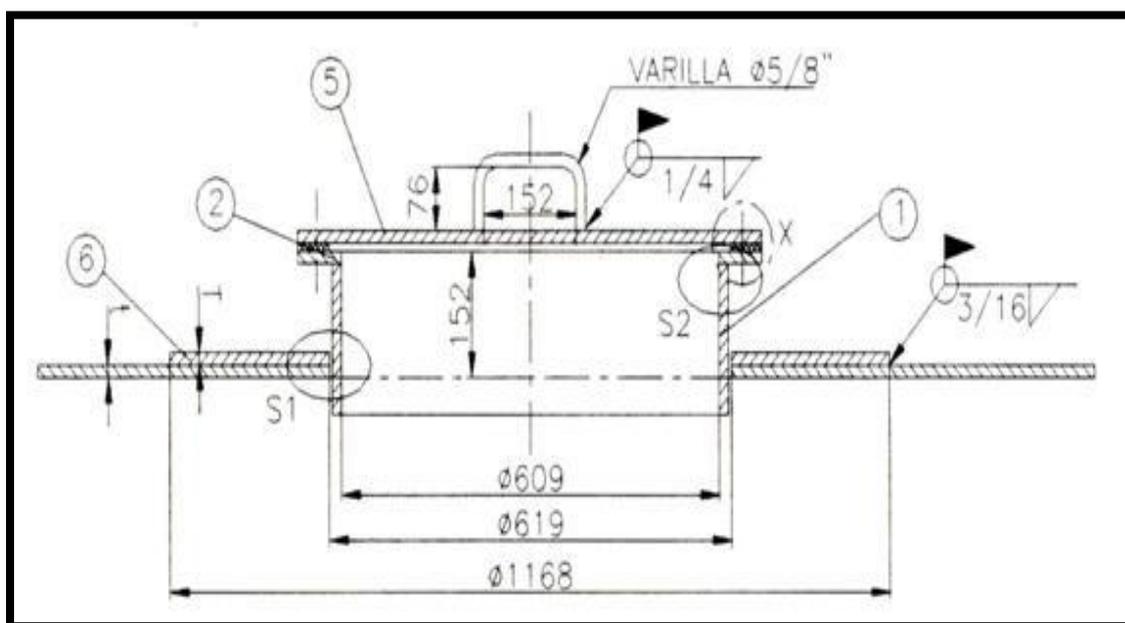
Alguna pérdida de vapor puede ocurrir durante la medición manual y las operaciones de muestreo del líquido almacenado, durante el tiempo en la cual la escotilla de medición /huevo de muestreo está abierta. Esta pérdida puede minimizarse mediante la reducción del periodo de tiempo en que la cubierta se deja abierta.

Manholes del techo

Los manholes del techo son usados para facilitar el acceso al interior del tanque con fines de mantenimiento; los manholes del techo normalmente constan de una apertura circular en el techo del tanque con un cuello periférico vertical sujeto al techo y una cubierta extraíble.

La apertura es de tamaño para el paso de personal y materiales a través del techo del tanque.

Gráfico No. 8: Entra de Hombre (Manhol)



Fuente: Mantenimiento de Terminales y Depósitos EP-PETROECUADOR

Elaborado por: Cristian Chuquín

Aislamiento

El aislamiento puede ser utilizado en el cuerpo del tanque y el techo para reducir la entrada de calor o la pérdida de calor. Algunas existencias de líquidos deben ser almacenado en condición de calentamiento para permitir la manipulación adecuada. Tanques para servicio de calentamiento puede requerir aislamiento en los cuerpos y los techos, dependiendo de las condiciones climáticas locales,

propiedades de almacenaje y la temperatura de almacenamiento necesaria. Varios tipos de sistemas de aislamiento se han utilizado, incluyendo:

- a) Aislante de panel rígido prefabricado.
- b) Manta de fibra aislante prefabricada.
- c) Aislamiento de espuma de poliuretano.

El aislamiento en el cuerpo del tanque o techo puede reducir la pérdida permanente por almacenamiento al reducir el calor ambiental o reducir el espacio de vapor del tanque. El procedimiento de la pérdida permanente de almacenamiento se describe en esta publicación, no incluye factores para el uso de aislamiento y, por tanto, predice más de la estimación de pérdida de aislamiento en tanques de techo fijo.

Superficie exterior del tanque

La pintura del tanque y del techo es importante en la reducción de las pérdidas por evaporación y para preservación del tanque. El uso de una superficie muy reflectante, como la pintura blanca, resultara en temperaturas de los metales del tanque y una menor entrada de calor al espacio de vapor en el tanque, reduciendo así la pérdida por respiración. Es importante establecer la inspección de la pintura del tanque y programar el mantenimiento para preservar la pintura de reflexión y eliminar la corrosión del exterior del tanque. El techo de aluminio tipo domo sin pintar también proporciona una 15 superficie muy reflectante, evitando al mismo tiempo el mantenimiento concerniente a la pintura.

1.1.2.2 Descripción de tanques de techo flotante.

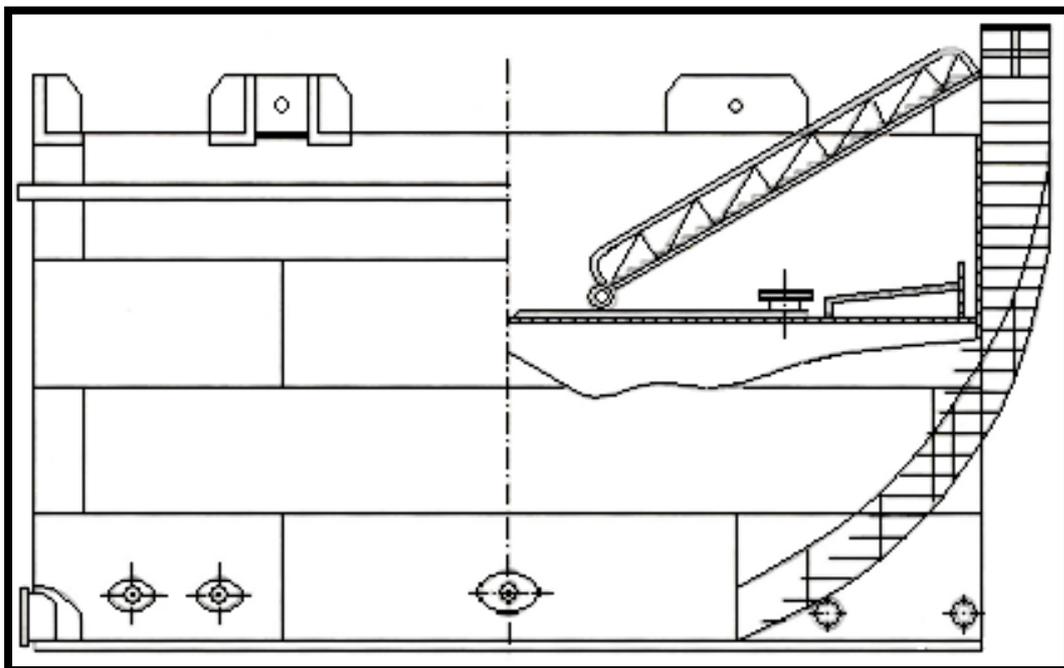
Estos son recipientes que tienen un cuerpo cilíndrico vertical y un techo que flota en la superficie del líquido. También pueden tener un techo fijo adjunto en la parte superior del cuerpo del tanque. Se usa con productos refinados, también para

crudos livianos. Estos productos tienen la tendencia a perder las fracciones más ligeras por evaporación; éste tipo de tanques ayuda a reducir las pérdidas. Cuentan con pontones que flotan al nivel del líquido reduciendo la evaporación del producto. Comprende los tanques construidos con acero al carbono y aceros aleados, de diversos tamaños y capacidades, de paredes cilíndricas y verticales, diseñadas para almacenar hidrocarburos líquidos a presiones próximas a la atmosférica.

Los componentes básicos del techo flotante incluyen:

- a) Una plataforma o cubierta flotante;
- b) Un sello anular adjunto al perímetro de la plataforma o cubierta flotante;
- c) Accesorios que penetran la plataforma o cubierta flotante para algunos una finalidad funcional.

Gráfico No. 9: Tanque Techo Flotante



Fuente: Mantenimiento de Terminales y Depósitos EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

1.1.2.2.1 Plataforma o cubiertas flotantes.

Las cubiertas flotantes reduce la pérdida por evaporación de existencias de líquido ya que cubre la superficie, minimizando así que la superficie del líquido sea expuesta a la evaporación. La cubierta flotante puede estar en contacto con la superficie del líquido sea expuesta a la evaporación. La cubierta flotante puede estar en contacto con la superficie del líquido o puede encerrar una capa de vapor saturado bajo la cubierta que flota apoyada sobre el líquido.

La pérdida por evaporación se produce durante el almacenamiento permanente a través del espacio anular del cuerpo del tanque, accesorios de la plataforma o cubierta y, en algunos casos, por las fisuras o costuras de la plataforma o cubierta.

Las cubiertas flotantes se utilizan en productos volátiles con una presión de vapor verdadera a las condiciones de almacenamiento por debajo de la presión atmosférica (es decir, no hirviendo). Están disponibles en la práctica todos los tamaños de tanques comerciales, de unos 20 pies – 400 pies de diámetro. Modificando los diseños se han instalado en los tanques hasta 8 pies de diámetro.

Métodos y materiales se han desarrollado para sellar adecuadamente el borde anular, el espacio que está situado entre el cuerpo del tanque y el borde del techo flotante, y para sellar alrededor de los accesorios que penetran la cubierta flotante.

Los tanques que tienen la pesada plataforma, y que no tienen un techo fijo, son nombrados tanques de techo flotante externo (EFRTs). Los tanques que tienen una liviana plataforma flotante protegidos por un techo fijo son nombrados tanques de techo flotante interno (IFRTs).

Los tanques que tienen una plataforma flotante pesado tipo 17 techo flotante externo, pero que también tienen un techo fijo, son nombrados tanques de techo flotante tapado (CFRTs).

1.1.2.2.2 Accesorios de la Plataforma.

Numerosas piezas pasan a través de o se ajustan a un techo flotante de la cubierta para permitir funciones operativas o estructurales. Los accesorios de la cubierta pueden ser una fuente de pérdida por evaporación cuando existan aberturas a través de la cubierta.

Otros accesorios que se utilizan no atraviesan la cubierta y por lo tanto no son fuentes de la pérdida por evaporación. Algunos accesorios enumeramos a continuación.

- Escotilla de Acceso.
- Columnas de soporte.
- Flotadores de medición.
- Puerto de Acceso de medición/muestreo.
- Rompedor de vacío.
- Drenaje de la plataforma.
- Soportes de la cubierta.
- Cerco de venteo.
- Las escaleras de mano.
- Poste guía no ranurado (no perforado).
- Poste guía ranurado (perforada).

1.1.2.2.3 Costura de la Cubierta.

Las cubiertas flotantes son típicamente construidas por uniones de hojas o paneles del material de la cubierta en el campo. Esto puede ser logrado mediante un sistema mecánico, apernado, o por soldadura. Las costuras de la cubierta con fisuras atornilladas son típicamente hechas de aluminios, mientras que los soldados son normalmente cubiertos de placas de acero. Las pérdidas por evaporación de la costura de la cubierta 19 se asocian únicamente con IFRTs que

tienen cubiertas con costura atornillada. Algunas costuras o fisuras tenemos a continuación:

- Cubiertas sin contacto con costuras empernadas.
- Cubiertas en contacto con costuras empernadas.
- Cubiertas soldada en contacto.

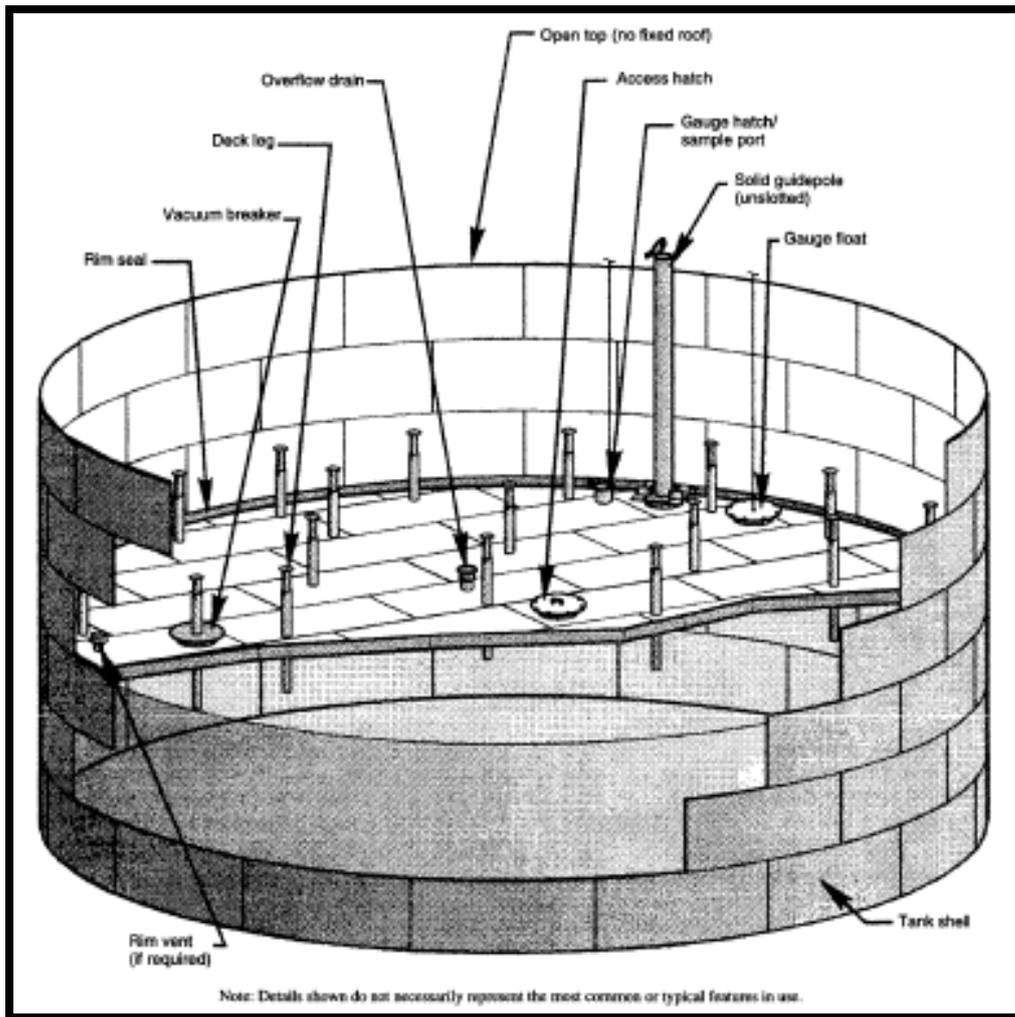
1.1.2.2.2.4 Sellos de Anillos.

Todos los tipos de techos flotantes tienen un espacio anular entre el perímetro o borde de la cubierta y el cuerpo del tanque para permitir que se mueva el techo flotante en el tanque. Un sistema de sellado se utiliza para controlar las pérdidas por evaporación desde el espacio. Efectivamente los sistemas de cierre del borde del espacio, acomoda las irregularidades entre el techo flotante y el cuerpo flotante y el cuerpo del tanque, y contribuir a centrar el techo permitiendo la circulación normal del techo.

El sistema de sellado puede consistir en uno o dos sellos:

- a) El sello primario y
- b) El sello secundario, la cual está montado encima del sello primario.

Gráfico No. 10: Accesorios de Tanque Techo Flotante



Fuente: Norma API-MPMS 19.2 – Evaporative Loss Measurement

Elaborado por: Cristian Chuquín

1.1.2.3 Diques de contención

Como dijimos anteriormente cada tanque de almacenamiento está provisto de diques de contención como se ve en el gráfico No. 11 en caso de que se produzca un derrame o un colapso del tanque.

Gráfico No.11: Diques de contención



Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

En la Tabla No.2 podemos visualizar las especificaciones de los diques.

Tabla No. 2: Área de los diques

DIQUE	ÁREA
Dique de contención para tanques 2 y 9	2970 m ²
Dique de contención para tanques 3 y 8	3404 m ²
Dique de contención para tanques 4 y 7	2350 m ²
Dique de contención para tanques 1 y 6	3895 m ²

Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

1.1.3 ÁREA DE CARGA Y DISTRIBUCIÓN (DESPACHO).

Cuenta el Terminal Ambato, con dos Islas de Carga de Combustibles. La isla principal consta de cuatro brazos de carga de 4 pulgadas y la Isla Secundaria de cuatro brazos de carga de similares características, ambas Islas cuentan con

sistemas de medición smithmeters, tipo accuload electrónicos, los contadores son de tipo F – 4, y las capacidades de flujo están entre 400 y 480 galones por minuto.

Tabla No. 3: Islas de carga y sus brazos.

LISTADO DE BRAZOS DE CARGA CON SUS RESPECTIVAS BOMBAS					
ISLA DE CARGA	BRAZOS	CARGA DEL COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE	DIÁMTRO DEL BRAZO	BOMBAS
1	1	Aérea	SUPER	0PW 4"	Smith
	2	Aérea	EXTRA	0PW 4"	Smith
	6	Aérea	DIESEL	0PW 4"	Smith
	7	Aérea	EXTRA	0PW 4"	Smith
2	3	Aérea	EXTRA	0PW 4"	Smith
	4	Aérea	DIESEL	0PW 4"	Smith
	5	Aérea	DIESEL	0PW 4"	Smith
	8	Aérea	EXTRA	0PW 4"	Smith

Fuente: EP-PETROECUADOR

Elaborado por: Cristian Chuquín

El despacho de combustibles se realiza de acuerdo a la guía de remisión emitida por comercialización en el caso de autotanques de los distribuidores autorizados que llegan a cargar combustible que llevan para el reparto urbano y autotanques de transferencia.

La isla principal es utilizada para carga de transferencia Ambato-Riobamba.

Gráfico No. 12: Isla principal



Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

La isla secundaria es utilizada para el despacho a tanqueros que distribuyen el hidrocarburo a la provincia de Tungurahua y a los sectores cercanos a la misma.

Gráfico No. 13: Isla secundaria



Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

La tabla siguiente detalla el sistema, la presión con la que trabaja el mismo y la capacidad de despacho por minuto

Tabla No. 4: Brazos de carga y capacidad de despacho

Nº BRAZO DE CARGA	MARCA	MODELO	PRESION TRABAJO	PRODUCTO QUE DESPACHA	CAPACIDAD MAX. GPM
1	SMITH	F4-SI	150 PSI	SUPER	400 GPM
2	SMITH	F4-SI	150 PSI	EXTRA	400 GPM
3	SMITH	F4-SI	150 PSI	EXTRA	400 GPM
7	SMITH	F4-SI	150 PSI	EXTRA	400 GPM
8	SMITH	F4-SI	150 PSI	EXTRA	400 GPM
4	SMITH	F4-SI	150 PSI	DIESEL	400 GPM
5	SMITH	F4-SI	150 PSI	DIESEL	400 GPM
6	SMITH	F4-SI	150 PSI	DIESEL	400 GPM

Fuente: Mantenimiento de terminales y depósitos de EP-PETROECUADOR

Elaborado por: Cristian Chuquín

1.1.3.1 Bombas de distribución de combustibles

El Terminal Ambato cuenta entre sus instalaciones con un área de bombas que ayudan a la distribución y transporte de los productos hasta las islas de carga, la principal función de esta área es succionar los hidrocarburos desde los tanques de almacenamiento hasta que se realice la descarga a los compartimentos de los autotanques, con la ayuda de ocho bombas centrífugas de diferentes capacidades que se encuentran instaladas en una plataforma conocida como patio de bombas.

Gráfico No. 14: Patio de bombas



Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

La siguiente tabla nos muestra el manejo de los productos.

Tabla No. 5: Datos del producto que absorben las bombas

No. bomba	PRODUCTO	CAUDAL PROMEDIO (GAL /MIN)
1	EXTRA	250
2	SUPER-EXTRA	250
3	EXTRA-SUPER	250
4	EXTRA	250
5	DIESEL	250
6	DIESEL	250
7	DIESEL	250
8	TRASVASIJE	180

Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

1.1.3.2 Brazos de carga

Un brazo de carga permite el transvase de un líquido o gas licuado de una cisterna a otra. Para el transvase desde una cisterna (de camión o ferrocarril) se necesita de un brazo de carga superior o inferior.

1.1.3.3 Concepto genérico de un brazo de carga superior o inferior

Estos tipos de brazos de carga están formados por 3 tubos- denominados brazo interior, brazo exterior y tubo buzo. Los diámetros pueden ir de 2" a 6". Estos tres tubos están unidos entre ellos por juntas rotativas que les permiten girar fácilmente. El brazo se puede extender para obtener la posición de trabajo requerida para acceder al depósito a cargar o descargar y ser plegado para ocupar el mínimo espacio de almacenamiento. Estos dos tipos de brazos pueden estar montados sobre una columna o sobre una placa para su fijación mural. El equilibrado se hace necesario por el peso de los tubos. El equilibrado de un brazo se puede realizar ya sea mediante contrapesos o mediante cilindros.

1.1.3.3.1 Brazo de carga superior

El brazo de carga superior es muy utilizado para la carga de cisternas, tanto de camión como de ferrocarril. La carga se realiza por la boca de hombre situada en la parte superior de la cisterna. Según la naturaleza del producto (no peligroso, sin evaporización de gases tóxicos....), la carga se puede realizar abierta, es decir que la boca de hombre no está recubierta. Una conexión semi-cerrada se puede realizar mediante un cono conectado sobre la boca de hombre de la cisterna. Una conexión cerrada es necesaria para los productos tóxicos y peligrosos. Esta conexión se realiza con una brida en la parte superior de la cisterna. Los conos pueden estar equipados de un tubo flexible para evacuar los vapores del producto sin emisión a la atmosfera. Existen multitud de accesorios que se pueden hacer la utilización de un brazo de carga superior más ergonómica y práctico: elevación y

descenso neumático, sondas de nivel, sensores de detección de posición, sistema anti-extracción, purgas, drenajes.

1.1.3.3.2 Brazo de carga inferior

Está destinado para descarga de cisternas tanto de camión como de ferrocarril. La conexión puede ser lateral o por la parte posterior de la cisterna o ambas. El lugar de la conexión influye en el tamaño de los tubos, así una conexión posterior precisa de tubos más largos que una conexión lateral.

La conexión de este tipo de brazos a la cisterna se puede hacer mediante brida o acoplador. Este tipo también dispone de multitud de accesorios que se pueden insertar en el brazo de carga con el fin de hacerlos más ergonómicos tal como se describe en los brazos de carga superiores.

1.1.4 LABORATORIO.

En el laboratorio se realiza el proceso de control de calidad, el mismo que dispone de un área con equipos que permiten verificar el cumplimiento de normas de calidad para productos limpios vigentes en el País, como las normas INEN, aplicando métodos de trabajo y protocolos aceptados a nivel nacional e internacional. Adicionalmente se le ha dotado de un baño, una ducha rápida y el equipo para analizar las muestras y mantenerlas bajo condiciones de seguridad y ambientales adecuadas.

Entre otros los principales materiales para realizar el control de calidad de los productos con los que se trabaja en Terminal Ambato son los siguientes:

- Destiladores ASTM para gasolina
- Destiladores ASTM para diesel
- Equipo para verificar punto de inflamación

- Equipo para verificar corrosión a la lámina de cobre
- Viscosímetro
- Baño
- Equipo para verificar PVR
- Equipo para comprobar índice de octano (referencial)
- Equipo para extracción de gases
- Equipo para verificar densidad y grado API
- Material de vidrio

1.1.5 COMERCIALIZACIÓN.

El proceso de comercialización se desarrolla en la Sucursal Ambato y comprende la facturación de productos a clientes, el canje de facturas, emisión de guías de remisión, y la gestión de servicio a clientes de las Comercializadoras que se encargan de la distribución externa de los productos. Las áreas de comercialización dentro del Terminal Ambato son las siguientes:

- Jefatura de Sucursal
- Tesorería
- Secretaria
- Área de canje
- Servicio a clientes

1.1.6 MANTENIMIENTO.

El mantenimiento es realizado por la cuadrilla, de manera periódica cuidado de las áreas verdes, obras civiles pequeñas de reparación y otros menores.

1.1.7 ALIMENTACIÓN.

La alimentación es subcontratada con la empresa GRUPO WALTER, que es la encargada de suministrar la alimentación al personal del terminal Ambato brindando su servicio.

1.1.8 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE.

Este departamento se encarga de la seguridad industrial de todo el terminal, adoptando medidas, procesos que aseguren la calidad de vida dentro de sus instalaciones. Con la creación de planes de emergencia, realizando simulacros, actualizando toda la documentación referente a la seguridad del terminal para tener la capacidad de actuar en cualquier caso de un siniestro.

Gráfico No. 15: Sistema contra incendios de agua



Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

El terminal cuenta con equipos contra incendios comprende dos grupos motor-bomba accionados por motores eléctricos de 70 HP y dos grupos motor-bomba

accionados por motores de combustión interna los cuales succionan agua de cuatro piscinas o espejos de agua y presurizan las líneas que alimentan a hidrantes y monitores para enfriamiento.

Además posee con un sistema de generación de espuma química con líneas de distribución a tanques de almacenamiento de producto e islas de carga, accionados por electro válvulas y tablero de control; así como de extintores de distintos tipos (espuma química, polvo químico seco, CO₂) para combate de fuego ubicados en sitios estratégicos.

Gráfico No. 16: Sistema contra incendios de espuma



Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

1.1.8.1 Seguridad física.

Esta unidad vela por la integridad física de todos los funcionarios y el aseguramiento de las instalaciones del terminal ubicados en garitas en la puerta de ingreso y salida de terminal.

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II

2 CARACTERÍSTICAS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN.

El riesgo de fuego y explosión se nos presenta en el lugar de trabajo con un potencial intrínseco de pérdidas humanas y económicas importante. Representan también un riesgo para la población en general. Con todo, no siempre se adoptan las medidas necesarias para prevenirlo o protegerse contra el mismo.

Al referirnos a las previsiones que deberían tomarse en la fase de ejecución de cualquier procedimiento dentro del terminal, no hacemos más que recordar la necesidad de actuar de forma preventiva.

Por lo que se debe tomar las medidas apropiadas para evitar el riesgo de incendios o explosiones pueden variar según las circunstancias en que se presente el riesgo de fuego, su evolución y las medidas de seguridad a tomarse admiten un tratamiento común.

Evitar los incendios, conocer los principios básicos de la detección y la extinción, así como de la evacuación de instalaciones, son deberes sociales de primer orden por cuanto la seguridad es consecuencia de la suma de las actitudes de los individuos y el personal de seguridad que integran el terminal AMBATO.

2.1 FUEGO.

El fuego es una reacción química de combustión que se lleva a cabo cuando se combina con el oxígeno en un grado suficiente, autoalimentada, con presencia de un combustible en fase sólida, líquida o gaseosa del que se desprende calor, radiación luminosa, humo y gases de combustión.

2.1.1 PROCESO DE LA COMBUSTIÓN (PARÁMETROS).

La combustión es una reacción exotérmica; los reactivos reductores constituyen el “combustible”; los agentes oxidantes son los “comburentes”.

Para que exista una combustión debe concurrir:

- ✓ Combustible
- ✓ Comburente
- ✓ Energía de activación (energía necesaria para inicio de la reacción; calor, chispa eléctrica, otros) y
- ✓ Reacción en cadena (es el proceso mediante el cual progresa la reacción en el seno de una mezcla comburente-combustible).

Gráfico No. 17: Tetraedro del fuego



Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=comburente+tetraedro+de+fuego&um>
Elaborado por: Cristian Chuquín

Combustible

Es cualquier sustancia o materia capaz de arder en determinadas condiciones o sufrir una rápida oxidación, este puede ser sólido, líquido o gaseoso.

Comburente

Es el agente gaseoso contenido en la atmosfera capaz de permitir el desarrollo de la combustión, en este caso es oxígeno, por lo tanto la presencia del comburente en el medio ambiente es permanente.

Energía de activación

La energía de activación constituye el desencadenante del incendio, ya que los otros condicionantes están presentes, la aparición de energía de activación es suficiente para iniciar el incendio.

Las fuentes de energía pueden ser por su origen: químico, eléctrico y mecánico.

- Químico

- El calor de combustión; producido por la oxidación completa de los combustibles.
- Calentamiento espontáneo; se alcanza la temperatura de ignición y el material arde aunque no hay llama.
- Calor de descomposición; sustancias inestables que pueden descomponerse desprendiendo calor.
- Calor de disolución; producido por la disolución de una sustancia en otra.

- **Eléctrico**

- Calentamiento por resistencias; sobre intensidad de corriente en equipos no diseñados para ello.
- Calentamiento por arco; chispas, discontinuidad de un circuito eléctrico, conexiones incompletas o flojas.
- Electricidad estática.
- Rayos.

- **Mecánico**

Por fricción.

Reacción en cadena

La reacción en cadena se produce en tres etapas:

Inicio: se producen los radicales libres.

Propagación: los radicales reaccionan con moléculas.

Terminación: reaccionan entre si para dar otro compuesto estable.

2.1.2 VELOCIDAD DE LA REACCIÓN.

Según la velocidad de la reacción podremos establecer la siguiente clasificación:

-Si la reacción es lenta, es **OXIDACIÓN**; no hay aumento de la temperatura (oxidación del hierro, amarilleo del papel). Se produce sin emisión de luz y poca emisión de calor que se disipa en el ambiente.

-Si la reacción es normal, es **COMBUSTIÓN**; se produce con emisión de luz (llama) y calor, que es perceptible por el ser humano. El frente de llama tiene unos valores de varios centímetros por segundo.

-Si la reacción es rápida, es **DEFLAGRACIÓN**; combustión que se produce cuando la velocidad de propagación del frente de llama es menor que la del sonido; su valor se sitúa en el orden de metros por segundo. Ondas de presión 1 a 10 veces la presión inicial.

2.1.3 INCENDIO.

Es un proceso de combustión rápida que se desarrolla sin control en el tiempo y el espacio de grandes proporciones que destruye aquello que no está destinado a quemarse. El surgimiento de un incendio implica que la ocurrencia de fuego está fuera de control, con riesgo para personas, medio ambiente y bienes materiales.

Gráfico No. 18: Incendio



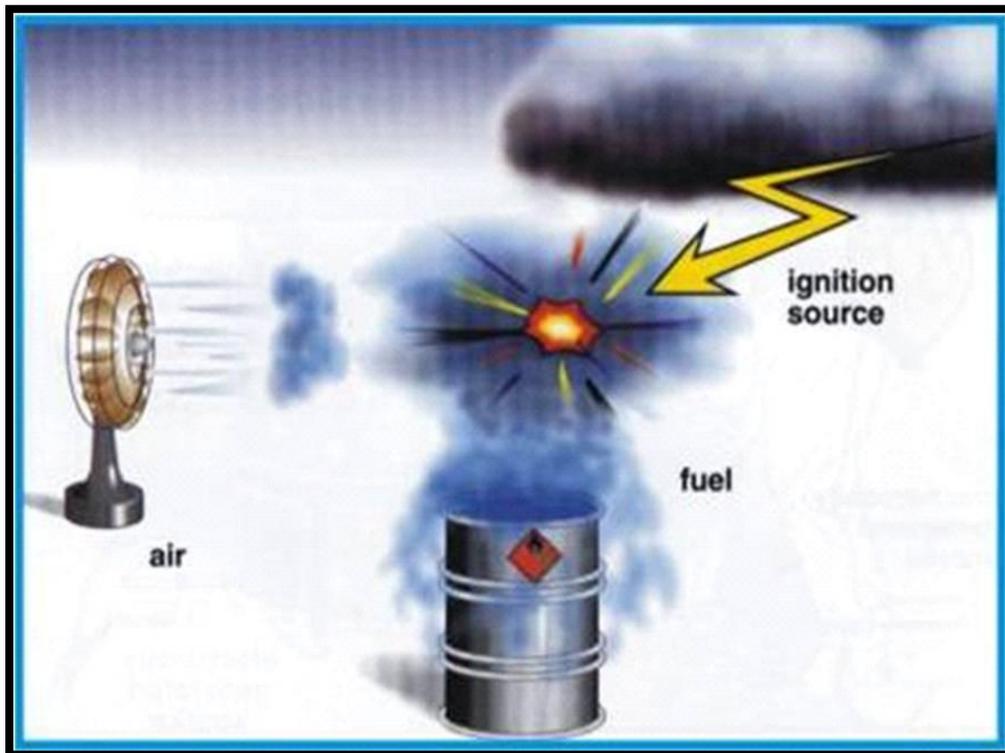
Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=incendio&um=1&hl=es&biw>
Elaborado por: Cristian Chuquín

2.1.4 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA IGNICIÓN.

Todos los combustibles que arden con llama, entran en combustión en fase gaseosa. Cuando el combustible es sólido o líquido, es necesario un aporte previo de energía para llevarlo al estado gaseoso.

La peligrosidad de un combustible respecto a su ignición va a depender de una serie de variables.

Gráfico No. 19: Factores que influyen en la autoignición



Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=Factores+que+influyen+en+la+ignici%C3%A9n>
Elaborado por: Cristian Chuquín

2.1.4.1 Según su temperatura.

Todas las materias combustibles presentan 3 niveles de temperatura característicos que se definen a continuación:

2.1.4.1.1 Punto de Ignición.

Es aquella temperatura mínima a la cual el combustible emite suficientes vapores que, en presencia de aire u otro comburente, se inflaman en contacto con una fuente de ignición, pero si se retira se apaga. Los puntos de ignición varían de temperaturas muy por debajo de los cero grados Fahrenheit para los gases inflamables (tales como GLP, propano o butano), y líquidos volátiles inflamables (como la gasolina), a cientos de grados sobre cero para aceites combustibles pesados.

Nota: la temperatura a la que los vapores sobre un líquido o sólido se incendian y continúan ardiendo debido a la combustión autosostenida del líquido o solido es conocida como punto de incendio o “fire point”.

Los materiales con puntos de ignición bajos, en relación a la temperatura son fácilmente encendidos por una chispa ya sea de un metal frotándose con otro metal o piedra o debido a la electricidad estática o una flama de cualquier fuente. Frecuentemente son sustancias que se encuentran en estado gaseoso a temperatura ambiente o líquidos que se evaporan rápidamente o se encuentran en ebullición al momento de ser liberados. Estos vapores o gases pueden ser transportados por el viento hasta la fuente de ignición a cierta distancia del lugar de descarga del material y generar un “flamazo” de vuelta a la fuente de emisión causando peligros de fuego que se describen posteriormente.

Las sustancias con puntos de ignición cercanos a la temperatura ambiente también se encienden con facilidad por medio de chispa o flama. La diferencia principal entre estos materiales y los descritos en el párrafo anterior es que la fuente de ignición debe estar más cerca del combustible para que tenga lugar la ignición. Esto sigue a la observación de que tales materiales son generalmente líquidos de volatilidad menor a materiales con puntos de ignición sustancialmente más bajos.

Mientras mayor sea la temperatura del punto de ignición sobre la temperatura ambiente, se vuelve más difícil encender una sustancia. Bajo circunstancias normales, un combustible con un punto de ignición alto no se puede encender con una chisa o una flama cercana, a menos que:

- 1) El combustible sea rociado al aire en forma de una niebla fina;
- 2) El combustible sea un sólido dividido finamente;
- 3) Una porción de combustible se haya calentado hasta cerca de su punto de ignición por una fuente de calor cercana y entonces se haya expuesto a una fuente de ignición;
- 4) El combustible se calienta a una temperatura igual o mayor a su punto de ignición antes de ser liberado y encuentre una fuente de ignición antes de enfriarse.

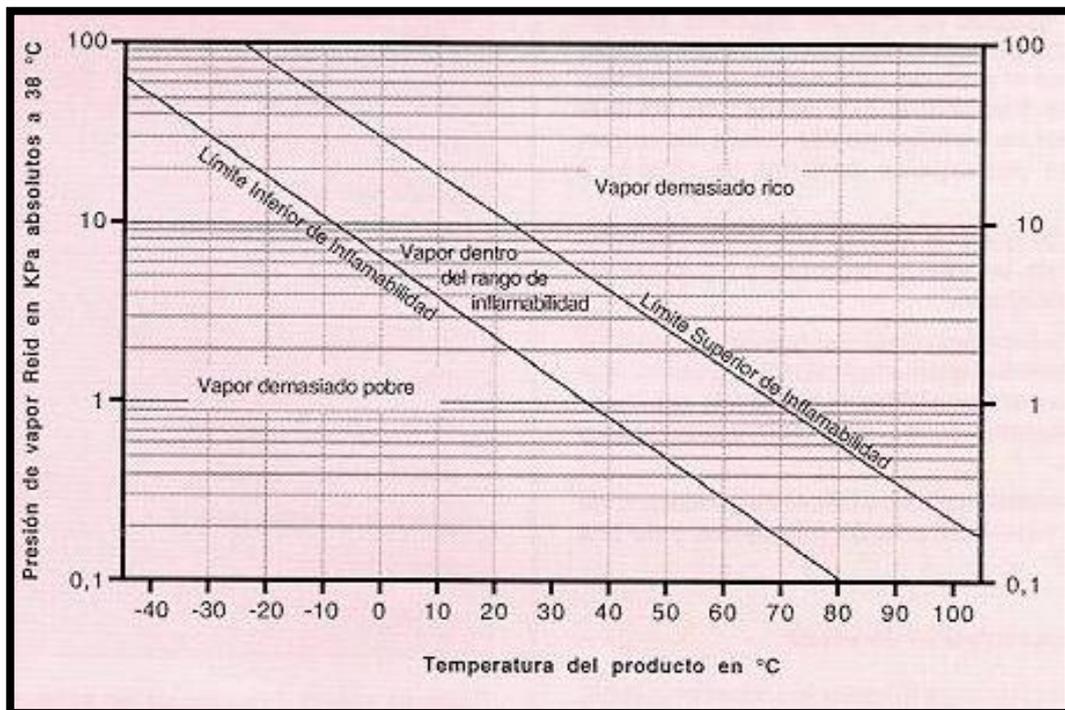
Las temperaturas de punto de ignición de los materiales combustibles se determinan usando métodos de prueba y equipos estandarizados por diversas instituciones, siendo la Asociación Americana de Pruebas y Materiales (ASTM por sus siglas en inglés) el principal cuerpo regulador en los Estados Unidos.

Existen dos clases de pruebas principales de métodos de prueba que proveen respectivamente puntos de ignición de “receptáculo abierto” o de “receptáculo cerrado” y cada clase representa más de un método específico de prueba. Debido a las diferencias en el diseño del equipo y procedimiento en la prueba, el valor numérico de los puntos de ignición de receptáculo cerrado es típicamente 5 a 10 grados Fahrenheit menor que el punto de ignición de receptáculo abierto para la misma sustancia, pero la diferencia puede ser menor o mayor en casos individuales. Debido a otros factores, siendo lo más importante la pureza de la muestra analizada, no es sorprendente encontrar un variado número de puntos de ignición de receptáculo abierto o cerrado para cualquier sustancia dada, los cuales difieren hasta cierto punto. Entonces es recomendable considerar los valores de puntos de ignición reportados en la literatura, como valores aproximados en lugar de valores exactos.

2.1.4.1.2 Límites de inflamabilidad y explosividad.

Es bastante conocido que la combustión no puede tener lugar en ausencia de una cantidad mínima de oxígeno, ya sea ya sea que se encuentre disponible en el aire mezclado con los gases y vapores emanados de una sustancia combustible o de un componente interno del combustible. De la misma forma, debe haber suficientes vapores o gases combustibles disponibles en la mezcla aire-combustibles para soportar y sostener la combustión.

Gráfico No. 20: Límites de inflamabilidad



Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=L%C3%ADmites+de+inflamabilidad+y+explosividad.&um=1&hl=es&biw=1360&bih=601&tbnid=ArcY1FwJXP0blM:&imgrefurl=ht tp>

Elaborado por: Cristian Chuquín

Así existen límites inferiores y superiores asociados con las concentraciones del combustible en el aire que se incendia y permite que las flamas se dispersen alejándose de la fuente de la ignición (permiten que las flamas se propaguen). Las concentraciones de combustibles por debajo del límite inferior, contienen una cantidad insuficiente de combustible para encender y propagar su flama y se les

conoce como demasiado ligeras para arder. Aquellas que se encuentran por encima del límite superior son consideradas demasiado ricas para encender, contienen demasiado combustible y/o poco oxígeno.

La concentración mínima de un vapor o gas en el aire que puede incendiarse y propagar flama se le conoce como concentración límite inferior de inflamabilidad (LII) o su concentración límite inferior de explosividad (LIE) y usualmente se expresa como un porcentaje por volumen de los vapores combustibles en el aire. Las palabras inflamabilidad y explosividad se utiliza de manera intercambiable, de tal forma que los valores LII son típicamente iguales a los valores de LIE en la literatura. La razón de esto es que la concentración de un combustible que arde en el aire también es de esperarse que explote bajo las condiciones apropiadas.

Esta suposición es aproximadamente verdadera para ciertos combustibles donde los valores LIE precisos pueden ser ligeramente mayores que los valore LII, pero se ha vuelto ampliamente aceptada a través de décadas de uso. De manera similar al caso anterior, la concentración máxima de un gas o un vapor en el aire que puede incendiarse y propagar la flama se le conoce como límite superior de inflamabilidad (LSI) o límite superior de explosividad (LSE) del combustible.

Los valores LII y LIE se relacionan con los puntos de ignición de las sustancias combustibles en que el punto de ignición es en teoría la temperatura a presión atmosférica a la que una sustancia debe elevarse para producir una concentración de gas o vapor sobre su superficie equivalente a su concentración LII y LIE. Esta relación no siempre se observa en la práctica, a causa de equipos y procedimientos de medición del punto de ignición, no siempre predicen valores precisos.

Los límites de inflamabilidad y explosividad que se encuentran en la literatura son mediciones hechas a temperatura y presiones atmosféricas normales. Tomando en cuenta que puede haber una variación considerable en estos límites a presiones o temperaturas por arriba o debajo de las normales. El efecto general de un incremento en la temperatura o presión es el de reducir el límite inferior e

incrementar el límite superior. Las disminuciones en la temperatura o presión tiene el efecto opuesto.

Como nota final, es también importante la apreciación de que ciertos sólidos, cuando se dispersan en el aire como polvos finos, también pueden ser capaces de arder y explotar al encontrar una fuente de ignición adecuada. Algunos ejemplos incluyen polvo de carbón que se producen en operaciones mineras, el polvo del grano que se produce en los silos durante las operaciones de almacenamiento o transferencia y la harina producida en la operación de un molino. Los límites de inflamabilidad o explosividad para materiales sólidos se expresa usualmente en unidades de peso de solido presente en un volumen específico de aire.

2.1.4.2 Temperaturas de autoignición.

La temperatura de ignición o autoignición (TAI) de una sustancia, ya sea sólida, líquida o gaseosa, es la temperatura mínima para iniciar o causar una combustión autosostenida en ausencia de chispa o flama. Estas temperaturas deben ser vistas como aproximaciones, aún más que los puntos de ignición o límites de inflamabilidad, debido a los muchos factores que puedan afectar los resultados de las pruebas.

De hecho debemos notar que muchos valores que se encuentran en la literatura fueron determinados utilizando métodos de prueba que ahora se encuentran obsoletos. Los nuevos métodos adoptados por la ASTM demuestran frecuentemente temperaturas sustancialmente menores para el inicio de la combustión de métodos anteriores.

La tabla N° 6 muestra algunos de los materiales peligrosos y sus datos de inflamabilidad asociados. Los que se encuentran en o cerca del extremo superior de la lista son extremadamente inflamables o volátiles y son más propensos a producir grandes cantidades de gases y vapores inflamables al ser liberados,

gases que pueden viajar a una distancia considerables del lugar del derrame a permanecer dentro de las concentraciones límites de inflamabilidad y explosividad en el aire. Los que se encuentran cerca o al final de la lista, son difíciles de encender sin ser calentados previamente y tienden a tener presiones de vapor mucho menores.

Tabla No. 6: Ejemplos de características de inflamabilidad

Sustancia	Punto de ignición de receptáculo cerrado (°F)	Límite inferior de inflamabilidad LII (%)	Límite superior de inflamabilidad LSI (%)	Temperatura de autoignición TAI (°F)
Propano	Muy bajo	2.1	9.5	842
Gasolina	(-45 a -36)	(1.4 - 1.5)	(7.4 - 7.6)	(536 - 853)
Acetona	-4	2.5	13	869
Alcohol isopropílico	53	2.0	(12.7 a 200 oF)	750
Turpentina	95	0.8	*	488
Aceite combustible No 2	(126 - 204)	*	*	494
Aceite de motor	(275 - 600)	*	*	(325 - 625)
Aceite de cacahuete	540	*	*	833

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

2.2 MEDIDAS DE LOS EFECTOS DE INFLAMABILIDAD.

Es obvio que el contacto directo con una flama de cualquier tipo no es una buena idea durante cualquier periodo de tiempo prolongado debido a que el calor extremo puede incendiar los materiales o quemar y destruir severamente el tejido vivo. Lo que no puede entenderse completamente es que el fuego puede causar daños y lesiones a distancia a través de la radiación térmica, de forma no muy distinta como el sol calienta la tierra. Tal radiación, la cual es completamente

distinta a la radiación nuclear, es más potente sobre la superficie de la flama y se debilita rápidamente al alejarse en cualquier dirección.

En consecuencia, durante una fuga mayor de material peligroso en donde se involucre el fuego, los daños a la propiedad y las lesiones a las personas puede ocurrir no solo en las áreas donde se encuentra el fuego, si no también en la zona que rodea el incendio.

Tabla No. 7: Criterios de lesiones por quemadura debido a la radiación térmica

kw/m2	BTU/hr-ft2	Tiempo para dolor severo (seg)	Tiempo para quemadura de 2° grado (seg)
1	300	115	663
2	600	45	187
3	1000	27	92
4	1300	18	57
5	1600	13	40
6	1900	11	30
8	2500	7	20
10	3200	5	14
12	3800	4	11

Fuente: Dinámica Heurística
Elaborado por: Cristian Chuquín

Los niveles de radiación térmica (también conocidos como flujos de radiación térmica) se miden y se expresa en unidades de potencia por unidad de área, del elemento que recibe la energía. Sin embargo, debido a que el daño o la lesión sostenida por el objeto receptor es una función de la duración de la exposición así como el nivel, las dosis de radiación térmica.

Estas dosis se determinan al combinar los niveles de radiación con los tiempos de exposición y se expresan en unidades de energía por unidad de tiempo por unidad de área de superficie receptora.

2.3 CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE FUEGO.

Para un mejor resultado en el combate de un fuego incipiente, se debe considerar el material que está en combustión, ya que de allí se parte, en utilizar los medios de extinción adecuados. Imaginémonos estar al frente de un pequeño incendio en un tablero eléctrico y por desconocimiento de la clase de fuego que se está iniciando tratemos de extinguir con agua ¿qué sucedería?, es por esto que a continuación se dan a conocer y se clasifican los diferentes tipos de fuegos.

2.3.1 CLASES DE FUEGO.

Los fuegos se clasifican de la siguiente manera de acuerdo al material de combustión.

Clase A

Son los tipos de incendio que se declaran en los combustibles sólidos comunes. Ejemplo: papel, madera, derivados de resina. Este tipo de incendio puede arder con llama o incandescente.

Gráfico No. 21: Fuego clase A



Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=fuego+clase+a&um>

Elaborado por: Cristian Chuquín

Clase B

Son los tipos de incendio que se producen en líquidos inflamables, derivados del petróleo. Este tipo de incendio siempre arde con llama.

Gráfico No. 22: Fuego clase B



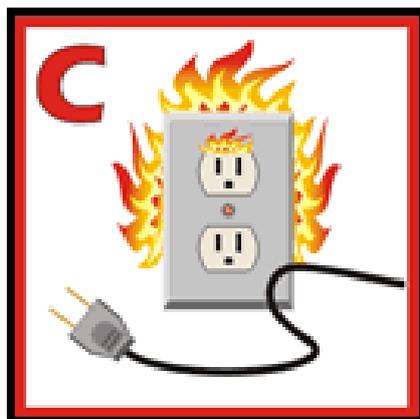
Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=fuego+clase+b&um>

Elaborado por: Cristian Chuquín

Clase C

Son los tipos de incendio que se producen en instalaciones eléctricas (CON TENSIÓN). En las instalaciones de alta tensión se debe cortar la energía de la central, en cambio, en las de baja generalmente y de acuerdo con la instalación, salta la térmica.

Gráfico No. 23: Fuego clase C



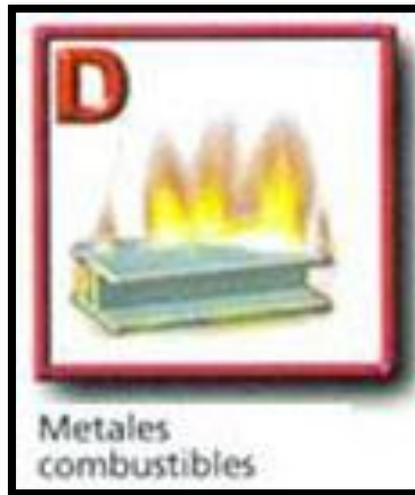
Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=fuego+clase+c&um>

Elaborado por: Cristian Chuquín

Clase D

Son los tipos de incendio que se declaran en los metales combustibles tales como magnesio, titanio, zirconio, sodio, potasio, etc.

Gráfico No. 24: Fuego clase D



Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=fuego+clase+d&um>

Elaborado por: Cristian Chuquín

A este tipo de incendio no debe arrojarse agua, ya que se produce una reacción química que provoca explosiones con desprendimiento de esquirlas del material comprometido poniendo en riesgo la vida del personal actuante.

Clase K

Son los tipos de incendio que se producen en aceites vegetales, los cuales no están comprendidos en los de clase B.

Gráfico No. 25: Fuego clase K



Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=fuego+k&um>

Elaborado por: Cristian Chuquín

2.3.2 TIPOS DE FUEGO DESDE LA IGNICIÓN.

Existen seis tipos de esenciales de fuego, asociados con la descarga de materiales peligrosos, con El tipo de fuego siendo una función no solo de las características y propiedades de la sustancia derramada sino también de las circunstancias que rodean la emisión y/o ignición.

Los seis tipos son:

- Flama de chorro (Flame jet)
- Bolas de fuego como resultados de las explosiones de vapor por expansión de líquidos en ebullición (BLEVE)
- Fuegos en nubes de vapor o polvo
- Fuegos en encharcamiento de líquidos
- Fuegos que involucran sólidos inflamables (como los define el Departamento de Transporte de los EEUU), y
- Fuegos que involucran combustibles ordinarios

2.3.2.1 Flama de chorro.

Los tanques de almacenamiento, transporte o tuberías que contienen gases bajo presión (ej. Gases comprimidos) o sustancias normalmente gaseosas que se han comprimido al punto de convertirse en líquidos (ej. Gases licuados comprimidos) pueden descargar gases a alta velocidad, si se perfora o rompe en alguna forma durante un accidente. La descarga o ventilación del gas a través del agujero forma un chorro de gas que “sopla” hacia la atmósfera en la dirección en la que se encuentre el agujero, mientras entra y se mezcla con el aire. Si el gas es inflamable y se encuentra una fuente de ignición, puede formarse una flama de chorro de longitud considerable (posiblemente de cientos de pies de largo) a partir de un agujero de menos de un pie de diámetro.

Gráfico No. 26: Flama de chorro



Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=flame+jet&um>

Elaborado por: Cristian Chuquín.

Estos chorros presentan un peligro de radiación térmica para las personas y propiedades cercanas y son particularmente peligrosos si chocan contra el exterior de un tanque intacto cercano que contenga material peligroso inflamable, volátil y/o autoreactivo. Estos eventos ocurren a veces durante descarrilamiento

de múltiples vagones de ferrocarril o en incidentes en plantas químicas atestadas o en instalaciones de procesamiento o almacenaje de petróleo/gas.

En estos casos, el calor de la flama incrementa la presión en el tanque intacto, mientras debilita las paredes externas. Esto puede causar eventualmente que el tanque que el tanque se desgarre violentamente o explote en un evento conocido como BLEVE, particularmente si la flama toca la pared en el espacio de vapor del contenedor donde no existe líquido adyacente para alejar el calor de la superficie de la pared. Si el contenido no es inflamable sino tóxico, puede ser que se libere una gran cantidad de vapores o gases tóxicos en la atmósfera.

2.3.2.2 Bolas de fuego como resultante de Bleve.

Las exposiciones de vapor por expansión de líquidos en ebullición (Bleve por sus siglas en inglés) se encuentran entre los eventos más temidos cuando existen tanques cerrados de materiales peligrosos en estado líquido o gaseoso que se encuentran expuestos al fuego.

Aunque se les denomina explosiones, no se les asocia en muchos casos fuertes ondas de choque. En su lugar, involucran la ruptura violenta de un contenedor de material inflamable y la rápida vaporización de este material. Si la sustancia es inflamable, puede formarse una bola de fuego ascendente de grandes dimensiones, cuyo tamaño varía según la cantidad de material peligroso presente y que puede ser tan grande como de 1000 pies de diámetro cuando se trata de un carro tanque de ferrocarril que contenga un gas licuado comprimido inflamable como propano líquido o gas LP.

Aunque la bola de fuego generalmente es de corta duración, la intensa radiación térmica generada puede causar quemaduras severas y posiblemente fatales a las personas expuestas a distancias relativamente considerables en cuestión de segundos. Además de esto, si el tanque es relativamente largo y de forma cilíndrica, parte de éste puede literalmente “salir volando” por el aire, expulsando

gases y líquidos ardientes más adelante. Se ha sabido de pedazos de estos tanques que han viajado distancias de hasta 5000 pies en Bleve que involucran carros tanque de ferrocarril. Han ocurrido incendios y diversos daños por impacto en los puntos donde han caído las piezas más grandes.

Nota: Tome en cuenta que existe la posibilidad de que el tanque sea expulsado al abrirse violentamente o explotar, sin importar si su contenido es inflamable o no.

Gráfico No. 27: Bleve



Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=bleve&um>

Elaborado por: Cristian Chuquín

El fenómeno que lleva a un BLEVE puede ocurrir con la mayoría de los líquidos calentados en exceso dentro de un contenedor cerrado o con ventilación inadecuada, sean inflamables o no, o sean materiales puros o mezclas, a menos que se consideren otros factores circunstanciales. Dos factores importantes son la duración de la exposición externa al fuego y la capacidad de flujo de cualquier válvula de alivio si se encuentra presente. Si la exposición al fuego no tiene la duración suficiente, o si la válvula de alivio puede ventilar el vapor tan rápido como se genera, el BLEVE no ocurrirá. Un factor adicional es la disponibilidad de enfriamiento externo a través de sistemas fijos de rocío de agua, monitores de

fuego, chorros de manguera, etc. Estos pueden contribuir a la prevención del BLEVE ya sea suprimiendo el fuego externo o enfriando el contenedor.

Finalmente, nótese que la posibilidad de un BLEVE se incrementa con la volatilidad del material peligroso. Las sustancias con mayor presión de vapor a cualquier temperatura se encuentran en mayor riesgo que aquellas con menores presiones de vapor.

2.3.2.3 Fuegos de nubes de vapor o polvo.

Los vapores emanados de un charco de líquido volátil o los gases que se ventilan de un contenedor perforado o dañado, si no se incendian inmediatamente, forman una pluma o nube de gas o vapor que se mueve en la dirección del viento. Si esta nube o pluma entra en contacto con una fuente de ignición en un punto en el que su concentración se encuentre dentro del rango de sus límites superior e inferior de inflamabilidad, puede generarse un muro de fuego que se dirige hacia la fuente del gas o vapor, engullendo cualquier cosa que se encuentre en su camino.

De forma similar, es posible que el fuego surja a través de nubes de polvos combustibles finamente divididos y suspendidas en el aire, sean o no clasificados formalmente como materiales peligrosos. Las personas o propiedades atrapadas en el interior de la nube pueden resultar severamente lesionadas o dañadas al paso del fuego, si no cuentan con protección adecuada.

2.3.2.4 Fuegos en derrames de líquidos.

Un fuego en derrames de líquidos se define como un fuego que involucra una cantidad de combustible líquido tal y como la gasolina derramada sobre la superficie del terreno o sobre agua. Como en los casos anteriores, los peligros principales para las personas o propiedades incluyen la exposición a la radiación térmica y/o los productos tóxicos o corrosivos de la combustión. Una complicación

adicional es que el combustible líquido puede fluir, dependiendo del terreno, de manera descendente hacia las alcantarillas, drenajes, aguas superficiales y otros recipientes.

Gráfico No. 28: Incendio en un derrame líquido



Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=fuego+en+derrames+1%C3%ADquidos&um>

Elaborado por: Cristian Chuquín

Han existido casos en los que tales fuegos han encendido otros materiales combustibles en el área, o han causado BLEVE de contenedores sometidos al fuego. En ocasiones, los charcos de líquido encendido flotando sobre el agua, han entrado a través de las tomas de agua de instalaciones industriales y ocasionado fuegos y explosiones internos.

Los combustibles encendidos al entrar a alcantarillas o drenajes que no se encuentran completamente llenos de fluido han causado incendios subterráneos y/o han amenazado las instalaciones de tratamientos industriales o municipales que se encuentran en el extremo de recepción de la alcantarilla o drenaje.

2.3.2.5 Fuegos que involucran combustibles ordinarios.

Algunos materiales peligrosos, incluyendo algunos de los sólidos inflamables descritos arriba, arden sin riesgos especiales más allá de los que se asocian con el papel, la madera, u otros materiales comunes en la vida cotidiana. Por ejemplo, el papel mojado que se desecha se considera peligroso únicamente porque es capaz de encenderse de forma espontánea (auto calentamiento y auto ignición). Una vez encendido, no presenta una amenaza especial o fuera de lo común. Con esto, no queremos decir que este tipo de incendio no es significativo o importante para considerar en la planeación de emergencias, sólo que la naturaleza de la amenaza es encontrada frecuentemente por el personal de servicio contra incendios y es muy conocida por ellos.

2.4 PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN.

Además de producir calor y radiación térmica, los incendios que involucran ciertos materiales peligrosos pueden generar humo y gases que son más tóxicos que los que se desprenden de sustancias ordinarias. En la mayoría de los casos, el calor del fuego ocasiona que los productos de la combustión se eleven hacia el cielo donde se diluyen con el aire, por debajo de los niveles de peligro antes de aproximarse nuevamente a la superficie del terreno.

Sin embargo, en ocasiones su nivel de toxicidad puede ser tan alto que hace necesaria la evacuación de la población hasta que se haya extinguido el fuego. De hecho, un incidente en Ohio en 1986 con fósforo ardiendo dentro de un carro de ferrocarril requirió la evacuación de por lo menos 40,000 personas, debido al humo tóxico e irritante que se generó. Esta fue la mayor evacuación asociada con un accidente ferroviario en la historia de los EE.UU.

Las hojas de seguridad de los materiales (HMS) y otras bases de datos y manuales que describen las sustancias individualmente, normalmente proveen de una indicación general de los productos esperados de la combustión o la

descomposición térmica. El término “general” se utiliza debido a que, es muy probable que se señalen únicamente algunos productos bastante comunes de la combustión o descomposición.

En el caso de los materiales compuestos solamente de carbono, hidrógeno y oxígeno, los productos de la combustión virtualmente siempre incluyen dióxido de carbono y monóxido de carbono altamente tóxico, junto con vapor de agua y una cierta cantidad de vapores no quemados del material peligroso. Las sustancias de bajo peso molecular (ej. Hidrocarburos, Simples y alcoholes), puede hecho generar únicamente estos productos de la combustión cuando se queman libremente en el medio ambiente natural.

Las sustancias más complejas y pesadas, sin embargo, pueden generar un complicada mezcla de sustancias, algunas de las cuales pueden ser extremadamente tóxicas. Una regla general a seguir, es que la mayoría de los materiales estrictamente orgánicos no presentan mayor peligro al incendiarse (aunque el peligro puede ser de hecho muy significativo) que al de una casa de madera o un edificio que se incendia.

La excepción principal, consiste en incendios que involucran materiales orgánicos de alta toxicidad en estado normal, como los pesticidas como ejemplo principal. Los incendios que involucran estos materiales, pueden particularmente peligrosos, no solo debido a los productos tóxicos de la combustión, sino también debido a la posible dispersión de los pesticidas sin consumir.

Puede obtenerse una idea de general de los productos inusuales de la combustión o descomposición al observar la fórmula química de cualquier material peligroso que nos interese, siendo que esta es un elemento dado casi siempre en las Hojas de Seguridad de Materiales y otras publicaciones con relación a la seguridad para los materiales puro. Algunos de los símbolos más comunes usados para varios componentes individuales (ej. elementos) de moléculas químicas incluyen.

Tabla No. 8: Elementos y símbolo químico

Elemento	Símbolo Químico
Bromo	Br
Carbono	C
Cloro	Cl
Flúor	F
Hidrógeno	H
Plomo	Pb
Mercurio	Hg
Nitrógeno	N
Oxígeno	O
Fósforo	P
Azufre	S

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Si se les somete a la combustión en un ambiente de fuego, los materiales peligrosos que contienen bromo, cloro o flúor pueden generar sustancias irritantes o corrosivas como el bromuro de hidrógeno o ácido bromhídrico, cloruro de hidrógeno o ácido hidroc্লórico, o fluoruro de hidrógeno o ácido hidrofлуórico, y posiblemente los mismos bromos, cloros y flúor en estado gaseoso.

Una sustancia extremadamente tóxica conocida como fosgeno formarse en algunos casos cuando se encuentra presente el cloro, particularmente en combinación con el oxígeno en la molécula química, así que es importante revisar esta posibilidad en las hojas de seguridad de los materiales y otras fuentes de información.

Tanto el plomo como el mercurio son metales tóxicos ampliamente conocidos que pueden encontrarse como componente de numerosas sustancias químicas. Los humos o emanaciones provenientes de fuegos en los que se encuentres estos y otros metales (como el arsénico) deben ser siempre de interés.

Aunque el gas nitrógeno puro es tóxico y es un componente principal del aire, las moléculas químicas que contengan átomos de nitrógeno pueden desprender óxido de nitrógeno tóxico bajo condiciones de fuego. La combinación del carbono

con en nitrógeno en un grupo CN dentro de la molécula química sugiere que puedan generarse cianuro altamente tóxicos.

El fósforo puede encenderse al contacto con el aire y generar un espeso humo blanco que contiene ácido fosfórico y pentóxido de fósforo, humo que es altamente irritante.

2.5 PELIGRO DE EXPLOSIÓN.

Un manejo inadecuado o descuidado de un material inflamable resulta ser a menudo el causante principal del peligro, por lo que un manejo cuidadoso y considerado contribuirá significativamente a limitar las posibilidades de producirse una explosión.

El éxito de estas medidas de protección descansa dentro de la esfera de influencia de los operadores y empleados en la parte de instalación.

2.5.1 DEFINICIÓN.

El diccionario contiene dos definiciones para el verbo explotar que son relevantes para los materiales peligrosos, siendo éstas:

- Arder rápidamente de tal forma que exista una violenta expansión de gases calientes con gran fuerza destructiva y fuerte ruido (en lo que se conoce una explosión térmica).
- Estallar violentamente como resultado de la presión interna (en lo que se conoce como una explosión no térmica).

La primera definición involucra claramente la ignición y emisión de energía térmica de un material o mezcla o mezcla explosivos y la segunda no lo es. En adelante veremos primero las condiciones y factores que definen el potencial de

ambos tipos de explosiones, tanto térmicas como no térmicas, seguido de una explicación de cómo pueden ser medidos los efectos de una explosión y entonces veremos los distintos tipos de explosiones que cumplen con criterios anteriores y que pueden encontrarse en accidentes relacionados con materiales peligrosos.

2.5.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL POTENCIAL DE EXPLOSIÓN.

Dentro de los factores de explosión se encuentran las explosiones térmicas y no térmicas.

2.5.2.1 Explosiones térmicas.

Las definiciones de los límites superiores e inferiores de inflamabilidad presentadas anteriormente explican que estos términos se usan de manera intercambiable con los términos de límites superior e inferiores de explosividad en el aire. La razón para esto es que una mezcla inflamable de combustible en el aire, por ejemplo, una mezcla dentro del rango de las concentraciones del límite superior e inferior de inflamabilidad, puede explotar bajo condiciones apropiadas. Similarmente, una nube de polvo combustible puede explotar si las concentraciones de aire se encuentran dentro de estos límites y la nube se encuentra confinada.

El conjunto de condiciones bajo las cuales son más comunes las explosiones de gases o vapores, comprende la ignición del material dentro del espacio confinado de un edificio, una tubería de drenaje, un túnel, un tanque de almacenamiento de líquido parcialmente vacío (en tierra o transporte) u otro contenedor. Las explosiones de polvo han ocurrido frecuentemente en instalaciones de manejo de granos y silos de almacenamiento así como otros lugares en los que se manejan o generan los polvos finos combustibles.

De lo anterior se deduce que virtualmente todas las sustancias que se manejan bajo condiciones en las que las mezclas aire combustible se encuentran entre los límites y ocupen una fracción significativa de un espacio cerrado tienen una alta probabilidad de explotar en lugar de simplemente arde cuando se enciende. Sin embargo, debe notarse que las mezclas gaseosas también pueden explotar en momentos en los momentos en los que se encuentran confinadas sólo parcialmente o aun completamente libres en un ambiente libre.

Estas últimas explosiones, llamadas nubes de vapor no confinadas, a menudo tienen mucho menos potencia que las explosiones en confinamiento, y se ha observado que algunas sustancias tienen una probabilidad mucho mayor de explotar cuando no se encuentran confinadas, que otras. No obstante, eventos previos han demostrado que las explosiones no confinadas pueden ocasionalmente causar un daño devastador y lesiones extensas, especialmente cuando el peso del vapor o gas en el aire excede las 1000 lb. Por debajo de este peso, las explosiones de nubes de vapor no confinadas son bastante raras y típicamente involucran a relativamente pocos materiales específicos.

Existen también muchos sólidos y líquidos que pueden explotar o detonar si se encienden, se les golpea o se les somete a calor o la fricción, dependiendo en sus propiedades y características individuales. Algunos de los ejemplos mas conocidos son el TNT, la dinamita, la pólvora y la nitroglicerina a los que se refieren como explosivos de fase condensada o altos explosivos.

La determinación de si un líquido o un sólido en particular pueden ser explosivo y las condiciones bajo las cuales puede explotar, requiere una investigación caso por caso, debido a que no existe una característica o propiedad específica que aparte de otros materiales. Afortunadamente los fabricantes de estos materiales, la base de datos y manuales de materiales peligrosos usualmente señalan las propiedades explosivas de tales materiales.

Gráfico No. 29: Explosión térmica



Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=explosion+termica&um=1&hl=es&biw=1360&bih=601&tbm=isch&tbnid=mSYTx9OIGu9ChM:&imgrefurl=>

Elaborado por: Cristian Chuquín

La fuerza o potencial de una explosión térmica, de cualquier manera que uno desee expresarla, es una función de tres factores principales:

- La cantidad de combustible.
- La cantidad de energía disponible.
- La fricción de la energía disponible (conocida como el factor de eficiencia) que se espera sea liberada en el momento de la explosión.

En términos más simples, se entiende que dos cartuchos de dinamita producen un estallido mayor que uno solo, que las mezclas de aire combustible por debajo o sobre las concentraciones límites explosivas en el aire pueden no proporcionar fuerza adicional a una explosión y que algunas sustancias contienen mayor energía por unidad de peso que otras.

2.5.2.2 Explosiones no térmicas.

El tipo más sencillo de explosión no térmica a entender es que se debe a la presurización excesiva de un contenedor de cualquier tipo, sellado ventilado inadecuadamente. De manera muy similar a como estallaría un globo si se inyecta demasiado aire, las paredes de un tanque sellado u otro contenedor puede romperse violentamente si se introduce demasiado gas o líquido, si una reacción química interna produce gases o vapores en exceso, o si una reacción u otra fuente de calor incrementa la presión de vapor interna del contenido hasta el punto en que las paredes se estiren más allá de su punto de ruptura.

Considerando que la ignición o el fuego no se relacionen directamente con el proceso de la explosión, se toma en cuenta estos eventos como explosiones no térmicas, aunque el contenido del contenedor pueda encenderse de manera subsecuente a su liberación, si se encuentra presente una fuente ignición apropiada y la sustancia es inflamable o combustible.

Gráfico No. 30: Explosión no térmica



Fuente: <http://www.google.com.ec/imgres?q=explosion+de+un+tanque+presurizado>
Elaborado por: Cristian Chuquín

La fuerza de una explosión no térmica de un tanque por sobrepresión es una función de la presión a las que las paredes del tanque estalla y la naturaleza de la misma (ya que sea quebradiza y se rompa de pronto con un crujido o sea dúctil y tienda probablemente a estirarse y después rajarse o dividirse a lo largo de una línea en la superficie del tanque) si el tanque contiene gas bajo presión, el volumen de gas dentro del tanque también será importante. Como una nota final, las explosiones no térmicas, las explosiones no térmicas que involucran gases o vapores comprimidos tienen mucha mayor probabilidad de causar daños a objetos distantes que las que involucran líquidos. Esto proviene a partir de la definición del impacto y ondas de choque que se presentan más adelante y la naturaleza incomprensible de los líquidos.

2.5.3 TIPOS DE EXPLOSIONES.

La mayoría de los tipos básicos de explosiones se han descrito previamente, pero es conveniente listarlos nuevamente y proporcionar una definición más formal de los términos.

2.5.3.1 Explosiones por sobrepresión de un tanque o contenedor.

Como se mencionaba anteriormente, estos eventos son el resultado de la presión excesiva dentro de un tanque sellado u otro contenedor y son denominadas explosiones no térmicas. Ocurren cuando la presión excesiva ocasiona la violenta ruptura de las paredes del tanque o contenedor, como cuando un globo explota cuando se le inyecta demasiado aire.

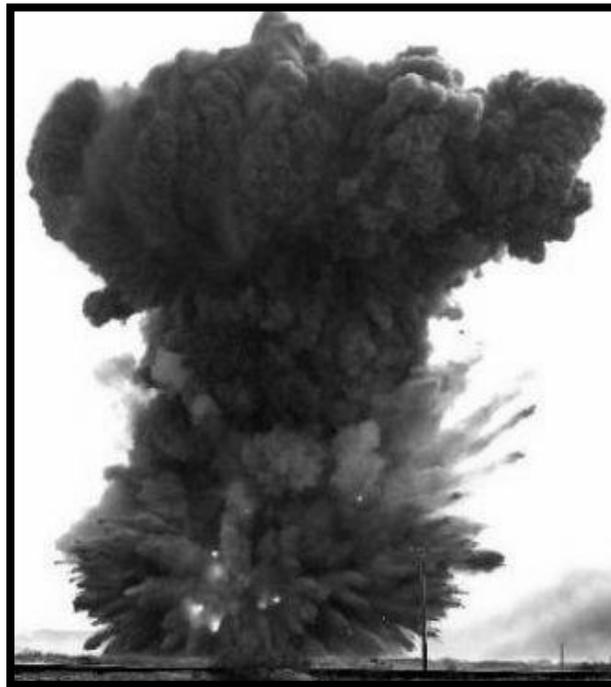
2.5.3.2 Explosión de polvo.

Una nube de polvo combustible que se encuentra en el aire y tenga una concentración que se encuentre dentro de sus límites superior e inferior de

explosividad puede explotar cuando se enciende. Las explosiones ocurren usualmente cuando el polvo llena la mayor parte de un espacio cerrado de algún tipo.

Una explicación previa de los peligros de incendio describía como las nubes de polvo en el aire que no explotan, simplemente se queman en un fuego de nube de polvo al que también se le denomina como deflagración y explosión, dado que las deflagraciones también son capaces de producir ondas de choque con sobrepresiones máximas medibles. Usualmente, es hasta que estas sobrepresiones se vuelvan significativas al punto de causar daños o lesiones que el evento es llamado una explosión. Cuando la onda de choque o impacto se mueve a una velocidad mayor a la del sonido bajo las condiciones presentes, siendo así capaz de causar el máximo de daños, que el evento puede ser llamado una detonación.

Gráfico No. 31: Explosión de polvo



Fuente:<http://www.google.com.ec/imgres?q=explosion+de+polvo&um=1&hl=es&biw=1360&bih>
Elaborado por: Cristian Chuquín

2.5.3.3 Explosiones de gas o vapor.

Como en el caso de los polvos en el aire, un gas o vapor que se encuentre dentro de las concentraciones límite de inflamabilidad o explosividad puede causar una deflagración, explosión o detonación al encenderse. Estos eventos pueden ocurrir cuando la mezcla de aire-combustible se encuentra confinada total o parcialmente o completamente en libertad, pero el confinamiento incrementa de manera definitiva la probabilidad de lesiones o daños materiales significativos. Note que el material puede ser liberado directamente al medio ambiente vulnerable o puede desarrollarse a partir de líquidos en ebullición o evaporación que han entrado al área.

Tabla No. 9: Estimado de daños por sobrepresión en explosiones

Sobrepresión (psig)	Daño esperado
0.03	Ruptura ocasional de ventanas grandes que ya se encuentren bajo tensión
0.04	Ruido elevado (143 dB); fallas en vidrio debido al “boom” sónico.
0.10	Ruptura de ventanas pequeñas bajo tensión
0.15	Presión típica para fallas en vidrio
0.30	Cierto daño en techos de casas, 10% de rupturas en vidrios de ventana.
0.40	Daño estructural menor limitado
0.50-1.0	Normalmente ventanas despedazadas, algo de daño en los marcos de las mismas.
0.7	Daño menor a estructuras de casas.
1.0	Demolición parcial de casas, éstas se vuelven inhabitables.
1.0-2.0	Paneles de metal corrugado que fallan y se doblan. Implosión de paneles de madera para construcción.
1.0-8.0	Rango de lesiones de leves a serias debido a laceraciones de la piel por pedazos volantes de vidrio y otros misiles.
1.3	Ligera distorsión en marco de metal de edificios recubiertos.
2.0	Colapso parcial de muros y techos de casas.
2.0-3.0	Destrucción de muros de concreto no reforzado o de block pre quemado.

Fuente: Lees, F.P.; Prevención de Pérdidas en Industrias de Procesos. Vol.1, Butterworths, London & Boston, 1980.

Elaborado por: Cristian Chuquín

Continuación de la Tabla No. 9

2.3	Límite inferior de daño estructural serio.
2.4-12.2	Rango de 1 a 90% de rotura de tímpanos entre las personas expuestas.
2.5	Destrucción del 50% del enladrillado casero.
3.0	Edificios con estructura de acero distorsionado y arrancado de sus cimientos.
3.0-4.0	Edificios de panel de acero sin estructura arruinados.
4.0	Ruptura en recubrimiento de edificios industriales ligeros.
5.0	Postes de madera arrancados.
5.0-7.0	Destrucción casi completa de casas.
7.0	Volcadura de carros de ferrocarril con carga.
7.0-8.0	Falla en muro de ladrillos de 8 a 12" de espesor sin refuerzo debido a la flexión o desgarre.
9.0	Demolición de contenedores de ferrocarril con agua.
10.0	Posible destrucción total de edificios.
14.5-29.0	Rango de 1 a 99% de fatalidades entre las personas expuestas debido a los efectos directos del estallido.

Fuente: Lees, F.P.; Prevención de Pérdidas en Industrias de Procesos. Vol.1, Butterworths, London & Boston, 1980.

Elaborado por: Cristian Chuquín

2.5.3.4 Explosiones o detonaciones de fase condensada.

Como se comentaba anteriormente, cuando la sustancia que explota o detona es un líquido o sólido, el evento es llamado a menudo como una explosión o detonación de fase condensada. Aquellos que utilizan este término son más propensos a denominar a los eventos que involucran gases o vapores en el aire como explosiones o detonaciones de fase difusa o de fase gaseosa.

2.5.3.5 Explosiones de vapor por expansión de líquidos en ebullición.

En la sección anterior se describe a los BLEVES en detalle al explicar los peligros concernientes al fuego, en donde se afirmaba que no se les asocia con fuertes ondas de impacto en la mayoría de los casos. Obviamente, esto significa que en ocasiones es posible que ocurran ondas de choque o impacto con suficiente potencia para causar daños o lesiones.

Aunque algunos expertos pueden estar en desacuerdo con los puntos finos de lo que se menciona, los BLEVES también pueden ser descritos como una combinación de otros tipos de fuegos o explosiones. De hecho, el estallido de un tanque de líquido o gas licuado comprimido, debido al sobrecalentamiento, se relaciona con las explosiones por sobrepresión de un tanque o contenedor. La ignición subsecuente de los gases en expansión, que puede resultar en una gran bola de fuego, puede considerarse como el resultado de un tipo de deflagración de nube de gas o vapor.

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN (EPA, AICHE Y FEMA).

El análisis de fuego y explosión se realiza de acuerdo a la metodología de la Agencia de Protección Ambiental, Instituto Americano de Ingenieros químicos y la Agencia de Administración Federal de Emergencias los cuales son de Estados Unidos.

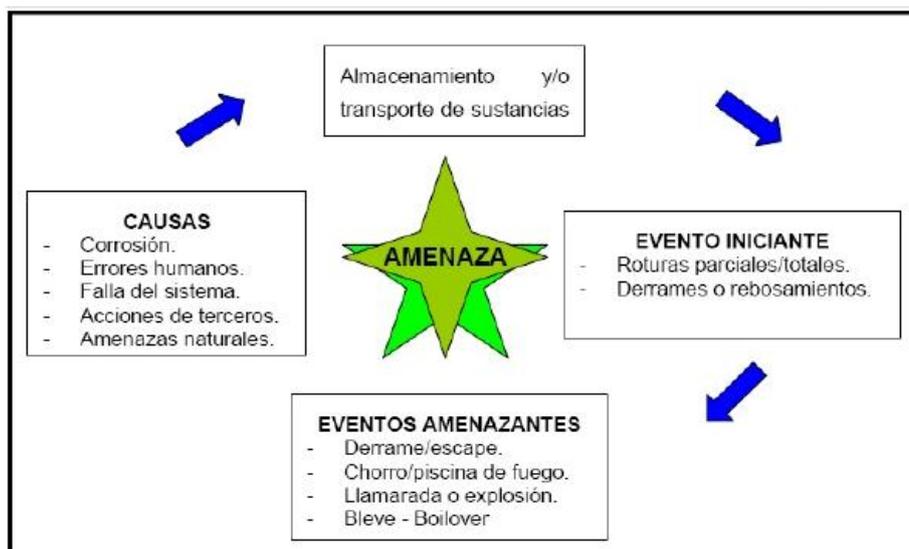
3.1 GENERALIDADES DEL RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSIÓN.

El análisis de riesgos es un conjunto de procedimientos cualitativos y cuantitativos que permiten evaluar el riesgo a partir del establecimiento de los eventos iniciantes, eventos amenazantes, caracterización de los escenarios de riesgo y de la estimación de sus consecuencias.

El análisis a evaluar en el presente documento serán aquellas basadas en la materialización de los escenarios de riesgos seleccionados para el Terminal de Productos Limpios Ambato, que serán definidos mediante el análisis de los eventos iniciantes y eventos amenazantes realizado en la selección de los escenarios de riesgo.

El gráfico No. 32 esquematiza el desarrollo de la amenaza donde los productos inflamables representan un riesgo tecnológico que es afectado por diversas causas, las cuales generan eventos iniciantes que bajo condiciones apropiadas dan origen a eventos amenazantes tales como incendios y explosiones.

Gráfico No. 32: Esquema del desarrollo de la amenaza



Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

3.1.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO.

Los escenarios de riesgos se definen como localizaciones ó áreas físicas que bajo condiciones específicas de operación, mantenimiento y ambientales desencadenan accidentes no deseables o daños sobre el personal, los activos, la continuidad de la operación y el medio ambiente.

3.1.1.1 Eventos iniciantes.

Las causas iniciales o eventos iniciantes de un escenario de riesgo se definen como la liberación de materia y/o energía, contenida en recipientes, tuberías de flujo o equipos. Cada una de las facilidades conlleva una amenaza diferente, por tal razón es necesario detallar las causas que pueden alterar las condiciones normales de cada una.

3.1.1.2 Tanques de almacenamiento.

Las fallas en los tanques de almacenamiento que ocurren con mayor frecuencia son debidas a errores operacionales y a otras causas tales como incendios ó explosiones en equipos vecinos. Para tanques pequeños de almacenamiento los motivos de falla más comunes son escapes y obstrucciones en tuberías de salida y trasiego. El rompimiento, como factor de falla, es generalmente originado por eventos externos tales como choques, sobrepresión o incendios.

3.1.1.3 Equipos de proceso.

Entre las causas de falla para equipos de proceso se tienen:

- Mantenimiento inadecuado.
- Falla por sobrepresión.
- Movimiento en estructuras.
- Falla en sellos, válvulas y bridas.
- Estática.
- Corrosión o erosión.
- Vibración que causa fatiga.
- Daños que ocurren durante la instalación (estos pueden permanecer escondidos durante un largo tiempo).
- Movimiento en estructuras.

3.1.1.4 Líneas de proceso.

Las causas de falla en secciones de líneas de proceso corresponden a bloqueos, escapes o rupturas. Sólo en casos extremos la corrosión será una causa de bloqueo. Las principales causas de falla corresponden a depósitos, impurezas o cuerpos extraños especialmente en los puntos bajos de alguna sección de la línea

o a flujos están cados. Los escapes o las rupturas de líneas de proceso pueden ser causados por:

- Corrosión o erosión
- Sobretensión, cuando una línea es usada también como soporte estructural (especialmente durante construcciones o instalaciones).
- Daños que ocurren durante la instalación (estos pueden permanecer escondidos durante un largo tiempo).
- Esfuerzos por expansión, especialmente si las uniones flexibles se encuentran muy cercanas.
- Movimiento en estructuras.
- Procesos de excavación que pueden afectar a las líneas subterráneas.
- Explosiones o sobrepresiones internas o externas.
- Sobrecalentamiento debido a procesos o por incendios, causando debilitamiento de las paredes de la línea.
- Vibración que causa fatiga.
- Por líneas a muy altas temperaturas.
- Falla en sellos, válvulas y bridas.
- Falla por sobrepresión.

3.1.1.5 Fuentes de ignición.

Cualquier fuente de calor natural o artificial capaz de encender productos inflamables, combustibles o gases combustibles. En las instalaciones objeto del estudio las principales fuentes de ignición son:

- Vehículos.
- Fósforos/ cigarrillos.
- Electricidad estática.
- Descargas atmosféricas (rayos).
- Cortocircuitos.

- Trabajo en caliente.
- Chispas en equipos rotativos.
- Superficies calientes.
- Trabajos en caliente.
- Terrorismo y sabotaje.

3.1.2 TIPO DE FUENTE.

El modelo SCRI-SLAB considera cuatro tipos de fuente (IDSPL);

- 1.- Emisión de un derrame en evaporación;
- 2.- Emisión de chorro horizontal;
- 3.- Emisión de chorro vertical;
- 4.- Emisión instantánea o emisión de un derrame en evaporación de corta duración.

La emisión de un derrame en evaporación se considera como una fuente de área a nivel del piso y de una duración finita (TSD). El centro de la fuente está localizada en ($x=0$), ($y=0$) y ($z=0$), donde (x) es la distancia viento abajo, (y) es la distancia perpendicular al viento y (z) es la altura.

Cuando la duración de derrame es suficientemente corto, no se forma una pluma de estado estable en ninguna distancia viento abajo. Cuando el código del modelo determina que este es el caso, automáticamente detiene el cálculo y redefine el tipo de fuente como una emisión de un derrame de evaporación de corta duración (IDSPL=4) e inicia el cálculo nuevamente.

Este cambio en tipo de fuente se muestra en el reporte de resultados donde el tipo de fuente (IDSPL) se cambia de 1 a 4. La emisión de chorro horizontal, es una fuente de área con el plano de la fuente perpendicular a la dirección del viento y la velocidad de la fuente apuntando directamente viento bajo.

El centro del chorro está localizado en $(x=1)$, $(y=0)$ y $(z=HS)$ (altura de la fuente). La concentración de masa inicial (fracción de masa) es 1.0 con la fracción de masa líquida inicial específica por el parámetro de entrada (CMEDO) y por lo tanto la fracción de masa de vapor inicial es $(1.0-CMEDO)$.

La emisión de chorro vertical o de chimenea es una fuente de área con el plano de la fuente paralela al suelo y la velocidad de la fuente apuntando directamente hacia arriba. El centro de la fuente está localizado en $x=0$, $y=0$ y $z=HS$ (altura de la fuente). La concentración de la masa inicial (fracción de masa) es 1.0 con la fracción de masa líquida inicial especificada por el parámetro de entrada (CMEDO) y por lo tanto la fracción de masa de vapor inicial es de $1.0-CMEDO$.

La emisión instantánea o emisión de un derrame en evaporación de corta duración es una combinación de dos fuentes: una fuente de volumen instantánea con una masa total dada por los parámetros (QTIS) y una fuente aérea de corta duración a nivel de piso con un caudal o tasa de emisión y duración del derrame dados por los parámetros (QS) y (TSD) respectivamente.

Cuando se va simular una emisión de volumen instantánea, se especifica (QTIS), (QS) y (TSD) son igual a cero. En el código del modelo la presión dentro de la nube es siempre igual a la presión ambiental, $P_A = 101325 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ atm}$. Consecuentemente, si una emisión de una fuente de expansión (explosión) es simulada, el cálculo del modelo inicia después de que la fuente está completamente expandida y la presión se ha reducido a la presión ambiental.

La emisión de un derrame en evaporación de corta duración, se entiende que es por emisión, cuando un derrame en evaporación (IDSPL=1) es tan corto que alcanza un estado estable en la nube dispersándose. En este caso, el código del modelo, automáticamente cambia a emisión instantánea (IDSPL=4).

3.1.3 PROPIEDADES DE LA FUENTE.

Las propiedades de la fuente son las siguientes.

3.1.3.1 WMS – Peso molecular del material en la fuente (kg/mol).

El peso molecular del material en la fuente es la suma de los pesos atómicos que entran en la fórmula molecular, en este caso el de los hidrocarburos presentes en el Terminal de Productos Limpios Ambato.

3.1.3.2 CPS – Capacidad calorífica del vapor a presión constante y T_A (J/kg⁰K).

La capacidad calorífica de un cuerpo es la cantidad de energía calorífica transferida a un cuerpo o sistema en un proceso cualquiera y el cambio de temperatura que se experimenta.

3.1.3.3 TBP – Temperatura de ebullición del material en la fuente (⁰K).

Es la temperatura a la cual un líquido al entregarle calor no aumenta la temperatura sino que cambia de estado.

Esta temperatura varía con la presión, no solo el agua tiene una temperatura de ebullición (son 100 °C a nivel del mar) también lo tienen otros líquidos como los aceites, alcohol y los derivados del petróleo.

3.1.3.4 CMEDO – Fracción de masa líquida inicial.

Se asume que la emisión es de una sustancia pura con una fracción (CMEDO) en la fase líquida en forma de gotas del líquido y el resto (1.0 - CMEDO) está en fase

de vapor. Las fuentes de un derrame en evaporación son solo vapor (CMEDO=0), mientras que las fuentes instantáneas y de chorro pueden incluir una fracción del líquido.

Se asume que se forma una mezcla de vapor y gotas de líquido cuando el material se almacena como líquido bajo presión a una temperatura (T_{st}) arriba del punto de ebullición (TBP) y el material es emitido rápidamente debido a la ruptura del contenedor. Estas temperaturas se pueden utilizar para estimar la fracción de masa en fase líquida utilizando la siguiente ecuación.

Ecuación No. 1: Fracción de masa líquida inicial

$$\text{CMEDO} = 1.0 - \text{CPSL} * (T_{st} - \text{TBP}) / \text{DHE}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

TBP = Temperatura de ebullición ($^{\circ}\text{K}$)

CPSL = Calor específico del material en fase líquida a TBP ($\text{J}/\text{kg } ^{\circ}\text{K}$)

DHE = Calor de evaporización a temperatura de ebullición TBP (J/kg)

T_{st} = Temperatura de almacenamiento ($^{\circ}\text{K}$)

Si la temperatura de almacenamiento es menor o igual a la temperatura de ebullición (TBP), el material emitido será solo líquido y formará posiblemente un derrame de líquido a nivel de piso. En este caso, se sugiere que el tipo de fuente se cambie a una emisión de un derrame en evaporación (IDSPL=1) la fracción de masa líquida sea cero (CMEDO=0) y el área del derrame del líquido en evaporación sea especificada con el parámetro de entrada AS. Utilizando estos datos, el código del modelo calculará la tasa de evaporación (WS) del derrame del líquido como:

Ecuación No. 2: Tasa de evaporación

$$WS = QS / (RHOS * AS)$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

QS = Caudal de masa de la fuente (kg/s)

AS = Área de la fuente (m²)

RHOS = Densidad del vapor calculada por el código del programa a la temperatura de ebullición TBP (kg/m³)

3.1.3.5 DHE – Calor de evaporización a temperatura de ebullición (J/kg).

Es la cantidad de calor necesaria para convertir un líquido en vapor a temperatura de ebullición la misma que es el proceso inverso al de la condensación.

3.1.3.6 CPSL – Calor específico del líquido del material de la fuente (J/kg °K).

Es la cantidad de calor que hay que suministrar al líquido del material en la fuente para elevar su temperatura en una unidad (kelvin o grado Celsius). En general, el valor del calor específico depende de dicha temperatura inicial.

3.1.3.7 RHOSL – Densidad del líquido del material en la fuente (kg/m³).

Una de las propiedades de los sólidos, así como de los líquidos e incluso de los gases es la medida del grado de compactación de un material: su densidad.

La densidad es una medida de cuánto material se encuentra comprimido en un espacio determinado; es la cantidad de masa por unidad de volumen.

3.1.3.8 SPB, SPC – Constantes de presión de saturación.

Las constantes de presión de saturación se utilizan por el modelo en la siguiente expresión para la presión de saturación.

Ecuación No. 3: Presión de saturación

$$P_{\text{sat}} = P_A \exp [SPA - SPB/(T + SPC)]$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

P_A = Presión ambiental = 101325 Pa = 1 atm

SPA = Definido en el código

T = Temperatura en la nube local (°K)

Cuando las constantes de presión de saturación no son conocidas, se puede colocar un valor por omisión, al especificar un valor para (SPB = -1) y para (SPC = 0). El código utilizará la ecuación de CLAPEYRON para definir el valor de (SPB).

Cuando la fuente es solo vapor (CMEDO=0) y la temperatura no cae por debajo de la temperatura de ebullición, la opción por omisión es siempre adecuada puesto que ni las constantes de presión de saturación, ni ninguna propiedad del líquido será utilizada en el modelo.

3.1.4 PARÁMETROS DE LA EMISIÓN.

Dentro de los parámetros de emisión se encuentran los siguientes que dan las pautas para el análisis de fuego y explosión.

3.1.4.1 TS – Temperatura del material en la fuente ($^{\circ}\text{K}$).

La definición de temperatura en la fuente (TS) depende del tipo de emisión. Cuando la emisión es un derrame en evaporación (IDSPL=1 ó 4), la temperatura de la fuente es, ya sea la temperatura del material al momento de ser emitido o cuando la fuente es el resultado de una explosión, es la temperatura del material después de que está completamente expandido y reducido a la presión de una atmósfera.

Esta situación es similar a la emisión de un chorro presurizado (IDSPL = 2 ó 3) en donde las condiciones de la fuente son las apropiadas del material, una vez que se ha expandido completamente. Cuando el material de la fuente es almacenado como un vapor bajo presión y por eso emitido como un vapor (CMEDO = 0) se recomienda que la expresión sea tratada como adiabática. La temperatura de la fuente se da por la siguiente ecuación:

Ecuación No. 4: Temperatura del material en la fuente

$$TS = (1/\gamma) [1 + (\gamma - 1) (P_a / P_{st})] T_{st}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

γ = Gamma (C_p/C_v) radio de calores específicos

P_a = Presión atmosférica ambiental

P_{st} = Presión de almacenamiento

T_{st} = Temperatura de almacenamiento

Si la temperatura calculada de la fuente (TS) de una emisión de vapor está debajo de la temperatura de ebullición (TBP), entonces la temperatura de la fuente debe ser colocada igual a la temperatura de ebullición. Similarmente, cuando el material de la fuente se almacena como un líquido bajo presión y emitido como una mezcla en dos fases de vapor y gotas de líquido, la temperatura de la fuente es la del punto de ebullición (TBP).

La temperatura del material en la fuente (TS) debe ser igual o mayor que la temperatura del punto de ebullición (TBP) puesto que la fuente es, ya sea totalmente en fase vapor ($TS \geq TBP$) o una mezcla de vapor o aerosol (gotas de líquido) en equilibrio ($TS = TBP$). El código verifica que la temperatura de la fuente y asegura que se cumplan las condiciones anteriores. Si la temperatura de la fuente es menor a la temperatura de ebullición ($TS < TBP$), entonces la temperatura de la fuente se coloca igual a la del punto de ebullición ($TS = TBP$).

Si la emisión es una mezcla de vapor-líquido ($CMEDO > 0$), entonces la temperatura del derrame se coloca igual a la del punto de ebullición ($TS = TBP$). Cuando el código cambia el valor de la temperatura de la fuente, este cambio puede ser observado en el reporte al comparar el valor listado en ENTRADA y el valor utilizado en PROPIEDADES DEL GAS EMITIDO.

3.1.4.2 QS - Caudal de masa de la fuente (kg/s).

Este valor es el caudal de masa de la fuente en cualquier emisión continua; esto es, emisión de un derrame en evaporación ($IDSPL = 1$), cualquiera de las emisiones de chorro ($IDSPL = 2$ ó 3) y el derrame en evaporación de corta duración ($IDSPL = 4$). Para una emisión instantánea ($IDSPL = 4$) el caudal de la masa de la fuente o gasto de la fuente debe ser colocado en cero ($QS = 0$).

3.1.4.3 AS - Área de la fuente (m^2).

El área de la fuente tiene diferentes definiciones dependiendo del tipo de emisión. Para una emisión de un derrame en evaporación ($IDSPL = 1$ ó 4), (AS) es el área del derrame. Si (AS) no es conocido, se puede calcular la tasa de evaporación efectiva (tasa de regresión) (WS) utilizando la ecuación.

Ecuación No. 5: Área de la fuente (emisión de un derrame en evaporación)

$$AS = QS / (RHOS * WS)$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

QS = Caudal de la masa de la fuente

RHOS = Densidad del vapor del material de la fuente en punto de ebullición

WS = Tasa de evaporación expresada en velocidad (m/s)

La densidad del vapor (RHOS) es calculada por la ley de los gases ideales.

Ecuación No. 6: Densidad del vapor

$$RHOS = (WMS * P_A) / (R_C * TBP)$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

WMS = Peso molecular (kg/mol)

P_A = Presión atmosférica ambiental = 101325 Pa

R_C = Constantes de los gases (8.31431 J/mol °K)

Nota: si (WPS) se expresa en kg/kmol entonces R_C = 8314.31 J/kmol⁰K.

TBP = Temperatura de ebullición.

Cuando la fuente es un chorro presurizado horizontal o vertical (IDSPL = 2 ó 3), (AS) es el área de la fuente, después de que se ha expandido completamente y la presión es reducida la presión ambiental. Si el material de la fuente se almacena y se emite como solo vapor (CMEDO = 0), es recomendado que la expresión sea tratada como adiabáticamente. El área de la fuente se puede expresar como:

Ecuación No. 7: Área de la fuente (almacenado y es emitido como vapor)

$$AS = (P_{st}/P_A) (TS/T_{st}) A_r$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

AS = Área de la fuente (m²)

P_{st} = Presión de almacenamiento

P_A = Presión atmosférica ambiental = 101325 Pa (N/m²) = 1 atm

TS = Temperatura de la fuente (°K)

T_{st} = Temperatura de almacenamiento (°K)

A_r = Área de ruptura o de la abertura (m²)

Cuando el material de la fuente se almacena como un líquido bajo presión y se emite como un chorro de dos fases, (AS) es el área de la fuente después de que ha salido (“flashed”) y formando una mezcla de gotas de líquido y vapor de la sustancia pura. En este caso, el valor de (AS) se da por la siguiente formula.

Ecuación No. 8: Área de la fuente (almacenado y es emitido como un chorro en dos fases)

$$AS = (RHOSL * A_r) / \rho_m$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

AS = Área de la fuente (m²)

RHOSL = Densidad del líquido del material en la fuente

A_r = Área de ruptura o de la abertura (m²)

ρ_m = Densidad de la mezcla vapor-líquido en el punto de ebullición

El valor de (ρ_m) se puede calcular de la ecuación de estado:

Ecuación No. 9: Densidad de la mezcla vapor-líquido en el punto de ebullición

$$\rho_m = \frac{1}{\frac{(1-CMEDO)}{RHOS} + \frac{CMEDO}{RHOSL}}$$

Fuente: Dinámica Heurística
Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

- ρ_m = Densidad de la mezcla vapor-líquido en el punto de ebullición
- CMEDO** = Fracción de masa líquida inicial
- RHOSL** = Densidad del líquido del material en la fuente
- RHOS** = Densidad del vapor del material a temperatura de ebullición tal como se dio su cálculo en la selección anterior.

En el caso de una emisión instantánea (IDSPL = 4), (AS) es el área de la fuente de volumen en el plano al piso centrado en el punto X = Y = Z = 0. El área de la fuente se define como:

Ecuación No. 10: Área de la fuente

$$AS = \frac{V_s}{HS} = \frac{QTIS}{\rho_{st}HS}$$

Fuente: Dinámica Heurística
Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

- AS** = Área de la fuente (m²)
- V_s** = Volumen de la emisión instantánea (m³)
- HS** = Altura del volumen (m)
- QTIS** = Masa de la emisión (kg)
- ρ_{st}** = Densidad inicial de la emisión (kg/m³)

Cuando la fuente es solo vapor, (ρ_{st}) es la densidad de vapor de la sustancia pura a la temperatura de la fuente y es dado por:

Ecuación No. 11: Densidad inicial de la emisión

$$\rho_{st} = (WMS * P_A) / (R_C * TS)$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

WMS = Peso molecular (kg/mol)

P_A = Presión atmosférica ambiental = 101325 Pa

R_C = Constante de los gases (8.31431 J/mol °K)

Nota: si (WPS) se expresa en (kg/kmol) entonces ($R_C = 8314.31$ J/kmol⁰K).

TC = Temperatura de la fuente de emisión (°K)

Cuando la fuente es una mezcla vapor-líquido, (ρ_{st}) es la densidad de la mezcla ρ_m dada previamente en esta sección a la temperatura del punto de ebullición (TBP) con fracción de masa líquida (CMEDO).

3.1.4.4 TSD – Duración de la fuente continua (S).

Este parámetro especifica la duración de la emisión de un derrame en evaporación (IDSPL = 1 ó 4) o una fuente de chorro (IDSPL = 2 ó 3). Cuando se simula una fuente instantánea (TSD) debe ser igual a cero (TSD = 0).

3.1.4.5 QTIS – Masa instantánea de la fuente (kg).

Esta es la masa total de una fuente instantánea (IDSPL = 4). Para un derrama de evaporación o emisión de chorro, (QTIS) debe ser igual a cero (QTIS = 0).

3.1.4.6 HS – Altura de la fuente (m).

La definición de altura de la fuente difiere según el tipo de emisión. En el caso de un derrame en evaporación ($IDSPL = 1$ ó 4), ($HS = 0$) puesto que se asume que el derrame es a nivel de piso.

Para un chorro horizontal ($IDSPL = 2$), (HS) es la altura del centro del chorro. Para un chorro vertical ($IDSPL = 3$), es la altura del chorro o de la chimenea. En el caso de una fuente instantánea ($IDSPL = 4$), la altura de la fuente instantánea, tal que el producto de la altura de la fuente (HS) por el área de la fuente (AS) es igual al volumen total emitido.

3.1.5 PARÁMETROS DE CAMPO.

En los parámetros de campo se toma en consideración lo siguiente.

3.1.5.1 TAV – Tiempo promedio de concentración (s).

El tiempo promedio de concentración es el tiempo apropiado para el estándar de seguridad de interés. Por ejemplo, si el estándar de seguridad de interés para un material en particular es la concentración en promedio máxima de 100 ppm para una hora de exposición, entonces ($TAV = 3600$ s).

Para un material tóxico, hay generalmente un número de estándares de niveles de seguridad de interés, cada uno correspondiendo a un tiempo de exposición diferente. Así, podría ser 8 hr, 1 hr, 15 min y menos de un minuto del nivel de exposición. En este caso el modelo tendría que ejecutarse 4 veces, una vez para cada tiempo de exposición.

Se debe poner cuidado cuando el tiempo promedio de concentración (TAV) sea mayor que el tiempo de duración de la nube (TCD). Cuando ($TAV \gg TCD$), la

concentración promedio será reducida al efecto de que el puff es relativamente corto y el observador está expuesto al material por una fracción de tiempo de concentración (TAV). En este caso, un tiempo promedio de concentración más significativa a usar, podría ser uno que es menor o igual que la duración de la nube, ($TAV \leq TCD$). La duración de la nube (TCD) se calcula el código y se lista en la salida. Está definida como la relación de longitud de la nube a la velocidad promedio de la nube.

Ecuación No. 12: Tiempo de duración de la nube

$$TCD = \frac{2BBX}{U}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

TCD = Tiempo de duración de la nube

U = Velocidad del viento

En el caso de una emisión continua de duración finita, el valor (TCD) puede ser inicialmente aproximado por la duración de la fuente continua (TSD). Cuando la emisión es instantánea o muy corta, es difícil estimar la longitud y duración de la nube, por lo que una comparación en el tiempo promedio de concentración (TAV) y la duración de la nube (TCD) debe ser hecha después de que la corrida del modelo se haya completado.

3.1.5.2 XFFM – Distancia máxima viento abajo (m).

Esta distancia es la máxima distancia viento abajo para la cual el usuario está interesado en saber la concentración de la nube. En un modo de dispersión de estado estable de la nube, la simulación se conduce a una distancia viento abajo igual a (XFFM). Sin embargo, en el modo de dispersión de un puff transitorio, el tiempo es la variable independiente en lugar de la distancia viento abajo.

Consecuentemente, en el modo de dispersión de un puff, la simulación conduce a una distancia viento abajo que es generalmente ligeramente mayor que (XFFM).

En algunas aplicaciones (XFFM) no es conocido, sin embargo una concentración mínima de interés se conoce o se desea saber a que distancia ocurre. En este caso se puede hacer una corrida inicial para estimar un valor de (XFFM) para determinar el valor de (XFFM) que cubre el rango de concentración de interés.

3.1.5.3 ZP (1), ZP (2), ZP (3), ZP (4) – Altura de cálculo de concentración (m).

El sistema permite definir hasta 4 alturas ZP (1), ZP (2), ZP (3) y ZP (4) en las cuales se calcula la concentración como una función de la distancia de viento abajo.

3.1.6 PARÁMETROS METEOROLÓGICOS.

En estos parámetros analizaremos las siguientes condiciones.

3.1.6.1 ZO - Altura de rugosidad de superficie (m).

La rugosidad de superficie se estima de dos maneras. El primer método y generalmente, el más confiable es extrapolar los datos medidos del perfil de velocidad del viento ($U_a (Z_i)$, $i=1, N$) en condiciones de estabilidad neutra [$UZ = (U^*/k) \cdot \ln Z/Z_0$], $k = 4.1 =$ constante de Von Karman] buscando donde [$U_a (z) = 0.0$].

Esto se puede hacer con el método de mínimos cuadrados para determinar la velocidad de fricción (U^*) y altura de rugosidad de superficie (Z_0) ó al graficar los datos en una gráfica semilogarítmica y linealmente extrapolar hasta que [$U_a (z) = 0.0$]. Similarmente, si están disponibles los valores medidos de (U^*) y [$U_a (z)$] en condiciones neutras, se pueden utilizar para estimar (Z_0).

El segundo método utiliza valores de (Z_0) que han sido determinados empíricamente para varias condiciones de superficie del suelo, tales como los listados en la tabla siguiente tomada de Slade (1968).

Se pueden estimar valores de (Z_0) , para elementos de rugosidad de superficie grandes, tales como vehículos y edificios, aunque se debe notar que el valor de (Z_0) depende de la forma y número de elementos por unidad de área, así como la altura de los elementos. Típicamente, los elementos de rugosidad de superficie tienen un factor de 3 a 20 veces mayores en altura, que el valor de (Z_0) , por lo que una regla general pudiera utilizar un factor de 10.

Se debe tener cuidado al interpretar los resultados del modelos SLAB cuando se hacen simulaciones utilizando valores grandes para (Z_0) , con la emisión ocurriendo a una altura igual o menor que la altura del elemento de la rugosidad de superficie. Bajo estas condiciones, mucho de la dispersión de la nube podría tomar lugar dentro de la altura de los elementos de la rugosidad de superficie.

Sin embargo la validez empírica del perfil de " $\ln(Z/Z_0)$ " para la velocidad ambiental del viento ha sido probada solo para alturas significativamente mayores que la altura de rugosidad de superficie, esto es, $(z \gg Z_0)$.

En el modelo SLAB, el perfil de velocidad para $(Z = 0)$ hasta $(Z = 2.72)$, se asume que (Z_0) es esencialmente lineal con continuidad en $(Z = 2.72*Z_0)$ al perfil de " $\ln(Z/Z_0)$ ". El perfil actual puede definir considerablemente dependiendo del tipo, número y arreglo de los elementos actuales de la rugosidad de superficie.

Tabla No. 10: Tipos de superficie y su rugosidad

Tipo de superficie	Rugosidad de superficie Z_0 (cm)
Superficies de lodo liso, hielo	0.00 1
Nieve lisa	0.005
Mar en calma	0.02
Desierto llano	0.03
Prado con 1 cm de altura de nieve	0.1
Prado con 5 cm de césped	1-2
Prado con 60 cm de hierbas	4-9
Cultivos completamente desarrollados	14

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Se debe tener cuidado también, en el uso de la medida de la velocidad del viento (UA) cuando el flujo se extiende arriba de los elementos de la rugosidad de superficie. Para ser preciso en este régimen, la altura de las medidas de velocidad del viento (Z_A) debe ser mucho mayor que la altura de rugosidad de superficie ($Z_A \gg Z_0$).

3.1.6.2 Z_A — Altura de medición ambiental (m).

Es la altura en la cual se mide la velocidad del viento. Como se notó anteriormente, esta altura debe ser significativamente mayor que la longitud de rugosidad de superficie ($Z_A \gg Z_0$).

3.1.6.3 UA - Velocidad del viento (m/s).

Esta es la velocidad promedio ambiental del viento a una altura Z_A arriba del nivel del suelo.

3.1.6.4 TA — Temperatura ambiente ($^{\circ}\text{K}$).

Temperatura ambiente es la que se puede medir con un termómetro y que se toma del ambiente actual, por lo que, si se toma de varios puntos en un área a un mismo tiempo puede variar.

3.1.6.5 RH — Humedad relativa (%).

Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura, por ejemplo, una humedad relativa del 70% quiere decir que de la totalidad de vapor de agua (el 100%) que podría contener el aire a esta temperatura, solo tiene el 70%.

3.1.6.6 STAB — Valores de la clase de estabilidad.

Las clases de estabilidad describen la estabilidad atmosférica ambiente utilizando el estándar del esquema de estabilidad de Pasquill-Gifford, que se describen en la siguiente tabla.

Tabla No. 11: Valores de estabilidad

Clase	Valor interno	Descripción
A	1.0	Muy inestable
B	2.0	Inestable
C	3.0	Ligeramente inestable
D	4.0	Neutral
E	5.0	Ligeramente estable
F	6.0	Estable
Por omisión	0.0	Utilizar longitud de Monin-Obukhov

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

3.1.6.7 ALA - Longitud inversa de Monin-Obukhov (m^{-1}).

La longitud de Monin-Obukhov es un parámetro de estabilidad utilizado en teoría de similitud para describir el perfil vertical de la velocidad del viento y la difusividad turbulenta vertical (o equivalentemente, la tasa de entrada vertical).

La longitud inversa de Monin-Obukhov ($ALA = 1/L_a$) donde (L_a) es la longitud ambiental de Monin-Obukhov. Internamente el código utiliza para la clase de estabilidad la longitud inversa de Monin-Obukhov y convierte las clases de estabilidad de Pasquill-Gifford a la longitud inversa de Monin-Obukhov utilizando la relación tomada de Golder (1976).

3.1.7 BLEVE Y BOLA DE FUEGO.

Un BLEVE es la emisión repentina de una gran masa de líquido presurizado supercalentado a la atmósfera. La causa primaria es generalmente un flama externa que pega en la casco de un depósito arriba del nivel del líquido, debilitando al contenedor y llevando a una rotura repentina del casco. Una válvula de alivio de presión no protege contra este modo de falla, puesto que la falla del casco es probable que ocurra a una presión por debajo de la establecida en el sistema de alivio. Se debe notar que un BLEVE puede ocurrir por cualquier mecanismo que resulte en la falla repentina del contenedor, incluyendo el impacto por un objeto, corrosión, defectos de manufactura, sobrecalentamiento interno, etc.

La falla de contención repentina permite al líquido supercalentado evaporarse rápidamente, incrementando típicamente su volumen más de 200 veces. Esto es suficiente para generar una onda de presión y fragmentos. Si el líquido emitido es inflamable, puede resultar en una bola de fuego.

3.1.7.1 Ecuaciones empíricas para diámetro, duración y altura de la bola de fuego por bleve.

Fórmulas útiles para los parámetros de una BLEVE son (AIChE, 1994) las siguientes:

Diámetro máximo de una bola de fuego (m):

Ecuación No. 13: Diámetro de máximo de la bleve (m)

$$D_{\max} = 5.8 M^{1/3}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Duración de la combustión de la bola de fuego (s):

Ecuación No. 14: Tiempo de de duración de la bleve (s)

$$t_{\text{BLEVE}} = 0.45M^{1/3} \text{ para } M < 30000\text{kg}$$

$$t_{\text{BLEVE}} = 2.6M^{1/3} \text{ para } M > 30000 \text{ kg}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Altura del centro de la bola de fuego (m):

Ecuación No. 15: Altura de la bleve

$$H_{\text{BLEVE}} = 0.75D_{\max}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Nivel inicial al suelo del diámetro de la hemiesfera (m):

Ecuación No. 16: Diámetro inicial de la bave a nivel del piso

$$D_{\text{inicial}} = 1/3 D_{\text{max}}$$

Fuente: Dinámica Heurística
Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

M = Es la masa inicial del líquido inflamable (kg)

Estas fórmulas particulares para el diámetro y duración de la bola de fuego no incluyen el volumen del líquido para la combustión. Esto, por supuesto, varía y debe afectar el tamaño de la bola de fuego. El diámetro inicial se utiliza para describir el nivel inicial al suelo de la bola de fuego antes de que la flotabilidad la fuerce a elevarse.

3.1.7.2 Radiación.

Los cuatro parámetros utilizados para determinar el peligro de radiación térmica de una bola de fuego son; la masa del combustible y el diámetro de la bola de fuego, la duración y la potencia térmica emisiva, (AICHE, 1994). Los peligros de radiación se calculan utilizando relaciones empíricas.

Roberts (1981) y Hymes (1983) dan una ecuación para estimar el flujo de calor a la superficie, basado en la fracción radiante del calor total de combustión.

Ecuación No. 17: Flojo radiante recibido por el receptor

$$E_r = \frac{2.2\tau_a R H_c M^{2/3}}{4\pi X_c^2}$$

Fuente: Dinámica Heurística
Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

- E_r** = Flujo radiante recibido por el receptor (W/m²)
- τ_a** = Transmisividad atmosférica (sin unidades)
- R** = Fracción radiante del calor de combustión (sin unidades)
- H_c** = calor neto de combustión por unidad de masa (J/kg)
- M** = Masa inicial del combustible en la bola de fuego (kg)
- X** = Distancia del centro de la bola de fuego al receptor (m)

Hymes (1983) sugiere los siguientes valores para R:

0.3 Para bolas de fuego de recipientes reventándose por debajo de la presión establecida de alivio.

0.4 Para bolas de fuego de recipientes reventándose por arriba de la presión establecida de alivio.

La transmisividad atmosférica (τ_a), es un factor importante. La radiación térmica es absorbida y dispersada por la atmósfera. Esto causa una reducción en la radiación recibida por el receptor. Algunos modelos de radiación térmica ignoran este efecto asumiendo un valor de (τ_a = 1) para la transmisividad. Para longitudes arriba de 20 m donde la absorción pudiera ser entre 20% -40%, esto resultaría en una sobre estimación sustancial de la radiación recibida. Pietersen y Huerta (1985) recomiendan una fórmula de correlación que considera la humedad.

Ecuación No. 18: Transmisividad atmosférica

$$\tau_a = 2.02 (P_w X_s)^{-0.09}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

- τ_a** = Transmisividad atmosférica (entre 0 y 1)
- P_w** = Presión parcial del agua (Pascales, N/m²)
- X_s** = Longitud de la ruta o distancia de la superficie de la flama al receptor (m)

Una expresión de la presión parcial del agua como una función de la humedad relativa y la temperatura del aire es dada por Mudan y Croce (1988).

Ecuación No. 19: Presión parcial del agua (pascales, N/m²)

$$P_w = 1013.25 (RH) \exp (14.4114 - 5328/T_a)$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

P_w = Presión parcial del agua (Pascales, N/m²)

RH = Humedad relativa (%)

T_a = Temperatura ambiente (°K)

De acuerdo a varias fuentes, los efectos de la radiación térmica son generalmente proporcionales a la intensidad de radiación elevada a la cuatro tercios por el tiempo de exposición:

Ecuación No. 20: Dosis de exposición al fuego

$$\text{Dosis} = t q^{4/3}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

t = Tiempo de exposición (s)

q = Intensidad de la radiación (Watts/m²)

La dosis térmica que pudiera causar una quemadura de segundo grado se asume como un tiempo de exposición de 40 segundos con una radiación térmica de 5000 Watts/m². La dosis correspondiente es de 3420000 (Watts/m²)^{4/3}-segundo.

3.1.8 FUEGO EN DERRAMES.

Los fuegos en derrames tienden a ser bien localizados y la preocupación principal es definir el potencial de efectos dominó y las zonas de seguridad para los empleados, más que por riesgos a la comunidad. Los efectos primarios de tales fuegos son debido a la radiación térmica de la fuente de la flama. Los temas de espaciamiento entre tanques y entre plantas, aislantes térmicos y especificaciones de paredes contra fuego se pueden dirigir sobre la base de análisis de consecuencias específicas para un rango de escenarios posibles de fuego en derrames.

El drenaje es una consideración importante en la prevención de fuegos en derrames, si el material es drenado a una localización segura, un fuego en derrame no es posible. Ver NFPA 30 (NFPA 1987) para mayor información.

Las consideraciones importantes son:

- 1) El líquido debe ser drenado a un área segura.
- 2) El líquido debe ser cubierto para prevenir la vaporización.
- 3) El área de drenaje debe estar suficientemente lejos de fuentes de fuego de radiación térmica.
- 4) Se debe suministrar protección adecuada contra fuego.
- 5) Se debe considerar la contención y drenaje del agua contra el fuego.
- 6) Se debe proporcionar detección de fugas.

Hay diferentes escenarios para un fuego en derrame. Se inicia típicamente con la emisión de un material inflamable de equipo de proceso. Si el material es líquido, almacenado a una temperatura por debajo de su punto de ebullición normal, el líquido se colectará en una pileta.

La geometría del derrame está determinada por su alrededor (i.e. contención e diques), pero es posible un derrame no confinado en un área plana y abierta particularmente si la cantidad derramada es superior a la capacidad del dique. Si

el líquido se almacena bajo presión arriba de su punto de ebullición normal, entonces una fracción de líquido se convertirá inmediatamente en vapor, con el líquido no vaporizado permaneciendo para formar un charco en la vecindad del derrame.

El análisis debe considerar también la posibilidad del recorrido del derrame. Donde puede ir el líquido y que tan lejos puede desplazarse. Una vez que se ha formado el charco con el líquido se requiere una fuente de ignición. Cada derrame tiene una probabilidad finita de ignición y esta debe ser evaluada. La ignición puede ocurrir vía la nube de vapor (para líquidos volátiles), con la flama viajando viento arriba vía el vapor para incendiar el líquido en el derrame.

Para líquidos almacenados por debajo de su punto de ebullición normal sin vaporización rápida, la ignición puede también ocurrir mediante los vapores inflamables del líquido evaporándose. Ambos casos pueden resultar en un fuego inicial por llamarada debido a los vapores quemándose, esto puede causar peligros térmicos iniciales.

Una vez que ha ocurrido la ignición, resulta el fuego en el derrame y el mecanismo de daño dominante es vía los efectos térmicos, principalmente por efecto de transferencia de calor radiante de la flama resultante. Si continua la emisión del material inflamable del equipo de proceso es probable que ocurra también un fuego de chorro ("jet fire"). Si la ignición ocurre muy pronto, habrá poco tiempo para que se forme un fuego en derrame y solo resultará un fuego de chorro.

La determinación de los efectos térmicos depende del tipo de combustible, la geometría de derrame, la duración del fuego, la localización del receptor de la radiación con respecto a fuego y el comportamiento térmico del receptor, para nombrar los principales. Todos estos efectos son tratados en modelos separados pero entrelazados.

3.1.8.1 Tasa de combustión.

Para fuegos en derrames, con diámetros mayores a 1 m. Burgess (1961) demostró que la tasa a la que el nivel del líquido combustible disminuye en el derrame es dado por la siguiente ecuación:

Ecuación No. 21: Tasa de decremento en el nivel vertical del líquido (m/s)

$$Y_{\max} = 1.27 \times 10^{-6} \frac{\Delta H_c}{\Delta H^*}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

Y_{\max} = Tasa de decremento en el nivel vertical del líquido (m/s)

ΔH_c = Calor neto de combustión (energía/masa)

ΔH^* = Calor de vaporización modificado en el punto de ebullición

Valores típicos de tasas verticales son 0.7 x 10 m/s (gasolina) a 2 x 10 m/s (LPG).

El calor de vaporización modificado incluye el calor de vaporización, más un ajuste para el calentamiento del líquido de la temperatura ambiente (T_a) al a temperatura de ebullición del líquido (T_{BP}).

Ecuación No. 22: Calor de vaporización del líquido a temperatura ambiente

$$\Delta H^* = \Delta H_v + \int_{T_a}^{T_{BP}} C_p dt$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

ΔH_v = Calor de vaporización del líquido a la temperatura ambiente (energía/masa).

C_p = Capacidad calorífica del líquido (energía/masa-grado)

La tasa de combustión de masa es determinada al multiplicar la tasa de combustión vertical por la densidad del líquido. Si la densidad del líquido no está disponible, la tasa de combustión de masa del derrame se puede estimar por:

Ecuación No. 23: Tasa de combustión de la masa

$$m_B = 1 \times 10^{-3} \frac{\Delta H_c}{\Delta H^*}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

m_B =tasa de combustión de masa (kg/m².s)

El cálculo de la tasa de combustión vertical se ajusta mejor a los datos experimentales que la tasa de combustión de masa, por lo que es preferible el procedimiento de la tasa de combustión vertical y la densidad del líquido.

Las ecuaciones anteriores aplican a fuegos de líquidos en derrames en tierra. Para derrames en agua, las ecuaciones son aplicables si el líquido quemándose tiene un punto de ebullición normal muy por arriba de la temperatura ambiente. Para líquidos con punto de ebullición debajo de la temperatura ambiente, la transferencia de calor entre el líquido y el agua resultan en una tasa de combustión cercana a tres veces la tasa de combustión en tierra (Mudan y Croce, 1988).

3.1.8.2 Tamaño del derrame.

En la mayoría de los casos el tamaño del derrame se fija por el tamaño de la emisión y por barreras físicas locales (diques, áreas de drenaje con pendiente,

etc.). Para un derrame continuo en un plano liso infinito, el diámetro máximo se alcanza cuando el producto de la tasa de combustión y el área de la superficie es igual a la tasa del derrame.

Ecuación No. 24: Diámetro máximo de equilibrio del derrame

$$D_{max} = 2 \sqrt{\frac{V_L}{\pi y}}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

D_{max} = Diámetro de equilibrio del derrame (longitud)

V_L = tasa volumétrica de derrame del líquido (volumen/tiempo)

y = Tasa vertical de combustión del líquido (longitud/tiempo)

La ecuación anterior asume que la tasa de combustión es constante y que la transferencia de calor dominante es de la flama. Normalmente se asume derrames circulares; cuando los diques sean de formas cuadradas o rectangulares, se puede utilizar un diámetro equivalente. Casos especiales incluyen derrames de líquidos criogénicos en agua (mayor transferencia de calor) y derrames instantáneos no confinados.

3.1.8.3 Altura de flama.

Muchas observaciones de fuegos en derrames muestran que hay una relación aproximada de la altura de la flama al diámetro. La correlación mejor conocida es dada por Thomas (1963) para fuegos en derrames circulares.

Ecuación No. 25: Altura visible de la flama

$$\frac{H}{D} = 42 \left(\frac{m_B}{\rho_a \sqrt{gD}} \right)^{0.61}$$

Fuente: Dinámica Heurística
Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

- H** = Altura visible de la flama (m)
- D** = Diámetro equivalente del derrame (m)
- m_B** = Tasa combustión de masa (kg/m²s)
- ρ_a** = Densidad del aire (1.2 kg/m³ a 20 °C y 1 atm.)
- g** = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

3.1.8.4 Desplazamiento e inclinación de la flama.

Los fuegos de derrames son a menudo inclinados por el viento y bajo vientos fuertes, la base del fuego puede ser desplazada viento abajo. Estos efectos alteran la radiación recibida en los alrededores. La AGA (1974) propone la siguiente correlación para la inclinación de la flama:

Ecuación No. 26: Correlaciones para inclinación de la flama

$$\cos\theta = 1 \quad \text{para} \quad u^* \leq 1$$

$$\cos\theta = \frac{1}{\sqrt{u^*}} \quad \text{para} \quad u^* \geq 1$$

Fuente: AGA
Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

u* = es la velocidad del viento no-dimensional dado por la siguiente ecuación a una altura de 1.6 m

Theta = es el ángulo de inclinación de la flama.

Ecuación No. 27: Velocidad del viento medida a una altura de 10 m

$$u_{10}^* = \frac{u_w}{[(gm_B D)/\rho_v]^{1/3}}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

u_w = es la velocidad del viento (m/s) medida a una altura de 10 m

ρ_v = es la densidad del vapor en el punto de ebullición del líquido (kg/m³).

El desplazamiento de la flama ocurre cuando el viento empuja la base de la flama viento abajo del derrame, con el lado viento arriba de la flama y el ancho de la flama permaneciendo sin cambio. Para fuegos rectangulares y cuadrados la dimensión de la base se incrementa en la dirección del viento.

La radiación térmica viento abajo se incrementa porque se reduce la distancia al receptor viento abajo. Para flamas circulares, la forma de la flama cambia de circular a elíptica, resultando en un cambio en el factor de vista y en los efectos radiantes.

Los análisis de riesgo pueden incluir o ignorar estos efectos. La inclinación de la flama es más importante, el desplazamiento de la flama es un tópico avanzado. Generalmente se asume en un fuego en derrame, una flama vertical, que radia calor igualmente en todas direcciones. Si una estructura particularmente vulnerable está localizada en la cercanía y una inclinación de la flama pudiera afectarla entonces se debe de considerar.

3.1.8.5 Potencia emitida de superficie.

Hay dos enfoques disponibles para calcular la potencia emitida de superficie: el modelo de radiación puntual y el modelo de pluma sólida. El modelo de fuente

puntual se basa en la tasa de emisión de la energía total de combustión y es el que se utiliza en el SCRI-Fuego.

Para el modelo de fuente puntual, la potencia emitida de superficie por unidad de área se estima utilizando el método de fracción radiante:

1. Calcule la potencia total de combustión (basada en la tasa de combustión del área total del derrame).
2. Multiplique por la fracción de radiación para determinar la potencia total radiada.
3. Divida 1 La fracción de radiada por el área de superficie de la flama.

La fracción de radiación total se estima en el rango de 0.15 a 0.35:

Tabla No. 12: Fracción de radiación

Combustible	Fracción
Hidrogeno	0.20
Metano	0.20
Etileno	0.25
Propano	0.30
Butano	0.30
C ₅ y mayor	0.40

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Fracción de energía total convertida a radiación para hidrocarburos (Mudan y Croce, 1988).

3.1.8.6 Factor de vista geométrico.

El factor de vista depende del modelo utilizado. Para el modelo de fuente puntual es:

Ecuación No. 28: Factor de vista de fuente puntual

$$F_p = \frac{1}{4\pi x^2}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

F_p = Factor de vista de la fuente puntual (long⁻²)

X = Distancia de la fuente puntual al receptor (longitud)

La ecuación anterior asume que el total de radiación se emite de un punto y es recibida por un objeto perpendicular a él. Este factor de vista debe solo ser aplicado a la salida total de calor y no al flujo.

Otros factores de vista basados en formas específicas (ej. Cilindros) requieren el uso de flujo térmico y son sin dimensiones. El factor de vista del modelo puntual da un estimado razonable del flujo recibido a distancias lejos de la fuente. A distancias más cortas, fórmulas más rigurosas o tablas son dadas por diversos autores (Hamilton y Morgan (1952), Crocker y Napier (1986) y TNO (1979).

3.1.8.7 Flujo térmico recibido.

El cálculo del flujo térmico recibido es dependiente del modelo de radiación seleccionado. Para el modelo de fuente puntual, el flujo térmico recibido se determina de la energía total del proceso de combustión.

Ecuación No. 29: Flujo térmico recibido

$$E_r = \tau_a Q_r F_p = \tau_a \eta m_B \Delta H_c A F_p$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

E_r = Flujo térmico recibido

τ_a = Transmisividad atmosférica

Q_r = Energía total de combustión (energía/tiempo)

F_p = Factor de vista del modelo puntual (long^{-2})

η = Fracción de la energía de combustión rápida, típicamente 0.15 a 0.35

ΔH_c = Calor de combustión del líquido quemándose (energía/masa)

A = Área total del derrame (long^2)

3.1.9 FUEGO DE CHORRO.

Los fuegos de chorro resultan generalmente de la combustión de un material que está siendo emitido de una unidad de proceso presurizada. La preocupación principal, como en el caso de los fuegos en derrames son los efectos de la radiación local.

La aplicación más común de los modelos de fuegos de chorro es la especificación de la zona de exclusión alrededor de la flama. Mudan y Croce (1988) dan el siguiente método para modelar fuegos de chorro.

El método inicia con el cálculo de la altura de la flama. Si definimos el punto de ruptura para el chorro como el punto en la parte inferior de la flama, arriba de la boquilla o tobera, donde inicia la flama turbulenta, entonces la altura de la flama es dada por el chorro de gas turbulento quemándose en el aire quieto por la siguiente ecuación:

Ecuación No. 30: Longitud de la flama turbulenta visible medida desde el punto de ruptura (m)

$$\frac{L}{d_j} = \frac{5.3}{C_T} \sqrt{\frac{T_f/T_j}{\alpha_T} \left[C_T + (1 - C_T) \frac{M_a}{M_f} \right]}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

L = Longitud de la flama turbulenta visible medida desde el punto de ruptura (m)

d_j = Diámetro del chorro, esto es, el diámetro físico de la boquilla (m)

C_T = Fracción de concentración molar del combustible en una mezcla estequiométrica aire-combustible (sin unidades)

T_f, T_j = Son la temperatura de flama adiabática y temperatura del chorro del fluido respectivamente (°K)

α_T = Son los moles del reactivo por moles del producto para una mezcla estequiométrica de aire-combustible (sin unidades)

M_a = es el peso molecular del aire (masa/mol)

M_f = es el peso molecular del combustible (masa/mol)

Para la mayoría de los combustibles, (C_T) es típicamente mucho menor que 1, (α_T) es aproximadamente 1, y la razón de (T_f, T_j) varía entre 7 y 9. Estas suposiciones se aplican a la ecuación, resultando en la siguiente simplificación:

Ecuación No. 31: Longitud de la flama turbulenta visible medida desde el punto de ruptura (para la mayoría de los combustibles)

$$\frac{L}{d_j} = \frac{15}{C_T} \sqrt{\frac{M_a}{M_f}}$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

L = Longitud de la flama turbulenta visible medida desde el punto de ruptura (m)

d_j = Diámetro del chorro, esto es, el diámetro físico de la boquilla (m)

C_T = Fracción de concentración molar del combustible en una mezcla

M_a = es el peso molecular del aire (masa/mol)

M_f = es el peso molecular del combustible (masa/mol)

El flujo radiante recibido por un receptor se determina utilizando un procedimiento similar al método de fuente puntual descrito para fuegos en derrames. Para este caso, el flujo radiante en el receptor se determina con:

Ecuación No. 32: Flujo radiante recibido por el receptor

$$E_r = \tau_a Q_r F_p = \tau_a \eta m \Delta H_c A F_p$$

Fuente: Dinámica Heurística

Elaborado por: Cristian Chuquín

Donde:

E_r = Flujo radiante en el receptor (energía/área.tiempo)

τ_a = Transmisividad atmosférica (sin unidades)

Q_r = Energía total radiada por la fuente (energía/tiempo)

F_p = Factor de vista del modelo puntual (long^2)

η = Fracción de la energía total convertida a radiación (sin unidades)

m = Flujo de masa del combustible (masa/tiempo)

ΔH_c = Calor de combustión del combustible (energía/masa)

Para este modelo la fuente puntual se localiza en el centro de la flama, esto es a la mitad de la línea central de la flama desde el punto de ruptura hasta el pico de la flama. Se asume que la distancia del punto de ruptura a la boquilla es mínimo con respecto a la altura de la flama total. La fracción de energía convertida a energía radiante se estima con los valores dados para el caso del fuego en derrame.

Note que los métodos anteriores no consideran que la flama toque algún objeto. Al evaluar el potencial de efectos dominó en depósitos peligrosos adyacentes, las dimensiones de la altura de flama se pueden utilizar para determinar si es probable que la flama pegue en otro objeto. Si esto pasa, los efectos de transferencia de calor excederán l

a fracción radiante mencionada anteriormente y una mayor fracción de calor pudiera ser transferida al depósito en donde llega o golpea la flama.

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV

4 DIAGRAMAS DE PROCESO Y FLUJO DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO.

EP-PETROECUADOR, es la responsable del transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos (según Ley Especial de la Empresa Estatal Petróleos del Ecuador y sus empresas Filiales), le corresponde establecer el correcto y normal cumplimiento de las actividades relacionadas con el movimiento de los hidrocarburos, desde la recepción de productos provenientes de refinerías y/o importaciones, transferencia de custodia de productos entre Poliductos, Terminales y Depósitos de Almacenamiento, hasta el despacho del producto al cliente final.

4.1 DIAGRAMA DE PROCESO DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO.

Los diagramas de flujo son una manera de representar visualmente el flujo de datos a través de sistemas de tratamiento de información. Los diagramas de flujo describen que operaciones y en que secuencia se requieren para solucionar un problema dado.

Un diagrama de flujo es una representación diagramática que ilustra la secuencia de las operaciones que se realizarán para conseguir la solución de un problema. Los diagramas de flujo se dibujan generalmente antes de comenzar a programar el código frente a la computadora.

Los diagramas de flujo facilitan la comunicación entre los programadores y la gente del negocio. Estos diagramas de flujo desempeñan un papel vital en la programación de un problema y facilitan la comprensión de problemas

complicados y sobre todo muy largos. Una vez que se dibuja el diagrama de flujo, llega a ser fácil escribir el programa en cualquier idioma de alto nivel. Vemos a menudo cómo los diagramas de flujo nos dan ventaja al momento de explicar el programa a otros. Por lo tanto, está correcto decir que un diagrama de flujo es una necesidad para la documentación mejor de un programa complejo.

4.1.1 PROCESOS DE ALMACENAMIENTO Y DESPACHO (DESCRIPCIÓN)

A continuación describe los procesos de acuerdo a las actividades realizadas en el mismo.

4.1.1.1 Recepción de producto a través de poliducto Quito-Ambato

Objetivo

Realizar el proceso de recepción de combustibles entregados a través del Poliductos Quito- Ambato al Terminal de Productos Limpios Ambato EP-PETROECUADOR.

Alcance

Se aplica a todas las actividades que se realizan en el proceso de recepción de combustibles a través del Poliducto al Terminal Ambato de EP-PETROECUADOR.

Criterios operativos

- Cumplir con las condiciones operativas determinadas para el proceso de

Recepción de productos a través de Poliductos en los Terminales de PETROCOMERCIAL como: presiones, densidades, color, turbidez, caudal.

- Cumplir con los niveles de máximos de seguridad de llenado de tanques establecidos en cada Terminal de almacenamiento.
- Cumplir las Normas de Control de Calidad, Seguridad Industrial y Protección Ambiental vigentes.

Tabla No. 13: Descripción de actividades para la recepción de producto en el Terminal Ambato.

Pasos No.	Responsable	Actividad	Registro/Documento
1	Jefe Terminal y Supervisor Estación Reductora	Elaborar programa de entrega-recepción de combustibles de acuerdo a memorando de Unidad de Programación.	Programación de movimiento de tanques
2	Fiscalizador Mopro Terminal o Reductora	Realizar aforo inicial de tanques aplicando Instructivo de Aforo.	Boleta de Aforo
3	Jefe Turno u Operador Estación Reductora	Alinear (apertura) sistema de recepción, según Programa Diario de Movimiento de Tanques y manual de operaciones.	Bitácora de operación
4	Supervisor Estación Reductora o Jefe Turno u Operador Estación Reductora	Iniciar recepción y controlar condiciones de operación, según Manual de Operaciones.	Bitácora de Operación.
5	Jefe Turno u Operador Estación Reductora	Finalizar recepción y cerrar sistema de recepción, según Manual de Operaciones.	Bitácora de Operación.
6	Fiscalizador Mopro Terminal y Reductora	Realizar aforo final de tanques aplicando Instructivo de Aforo.	Boleta de Aforo

Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

Continuación de la tabla No. 13

Pasos No.	Responsable	Actividad	Registro/Documento
7	Jefe Laboratorio o Laboratorista	Tomar y analizar muestras de Combustible en tanque receptor.	Certificado de Análisis de Combustibles.
8	Técnico Mopro Terminal o Supervisor Estación Reductora	Ingresar datos de aforos inicial y final de tanques en el sistema de Movimiento de Productos.	
9	Técnico Mopro Terminal o Supervisor Estación Reductora	Determinar volumen recibido y Generar Acta Entrega-Recepción en el Sistema de Movimiento de Productos.	Acta de Entrega-Recepción de productos
10	Técnico Mopro Terminal y Supervisor Estación Reductora	Revisar y legalizar Acta Entrega- Recepción.	Acta de Entrega Recepción de productos

Fuente: EP-PETROECUADOR

Elaborado por: Cristian Chuquín

Referencias

- Compendio de Normas de Seguridad e Higiene Industrial de EP-PETROECUADOR
- Instructivo de Aforo de Tanques de Almacenamiento PCO 1990.
- Manual de Usuario del Sistema de Movimiento de Productos.
- Normas ASTM e INEN para Control de Calidad de Combustibles

Formularios, registros y documentos.

- Boleta de Aforo de Productos Limpios (PCO-MPL-001).
- Acta Entrega-Recepción de Productos (PCO-MPL-017).
- Programa Diario de Movimiento en Tanques (PCO-MPL-020).
- Certificado de Análisis de Combustibles (PCO-MPL-021).
- Bitácora de Operación.

- Memorando.

4.1.1.2 Despacho de productos por ventas a clientes.

Objetivo

Normar el procedimiento de despacho a clientes, con el fin de garantizar el abastecimiento de combustibles a nivel nacional en cantidad y calidad.

Alcance

Se aplica a todas las actividades del proceso de despacho para clientes en todos los Terminales y Depósitos.

Criterios operativos

- No despachar el producto cuando los tanques se encuentran en **zona crítica**. En caso necesario el despacho en zona crítica, podrá ser autorizado por el Superintendente de Terminales y Depósitos.
- Verificar que los compartimientos de los autotanques estén vacíos antes de ingresar a la isla de carga.
- Cumplir las Normas de Control de Calidad, Seguridad Industrial y Protección Ambiental vigentes.

Tabla No. 14: Descripción de actividades para despacho de productos por ventas a clientes en el Terminal Ambato

Pasos No.	Responsable	Actividad	Registro/Documento
1	Jefe Terminal	Elaborar Programa Diario de Movimiento en Tanques	Programación de movimiento en tanques
2	Analista Comercialización	Generar Guía de Remisión de Ventas en el Sistema de Comercialización Entregar la Guía al transportista.	Guía de Remisión de venta a clientes
3	Transportista	Presentar Guía de Remisión de Ventas a Guardia Seguridad Garita u Operador Terminal.	Guía de Remisión de Venta a Clientes.
4	Guardia Seguridad Operador Terminal Depósito u	Registrar entrada del Autotanque.	Control de Entrada y Salida de Autotanques
5	Supervisor PASI	Supervisar el cumplimiento de normas de Seguridad Industrial para transporte.	Check List Certificado de Inspección
6	Transportista	Ingresar a isla de carga y entregar Guía Remisión de Ventas al operador de despacho.	Guía de Remisión de Venta a Clientes
7	Operador Terminal o Depósito	Verificar que la Guía de Remisión corresponda al Autotanque y al producto a cargar por compartimento y registrar datos en formulario correspondiente.	Control Diario de Lecturas de Monitores
8	Operador Terminal o Depósito	Despachar el producto. Imprimir volumen despachado en la Guía de Remisión de Ventas. Registrar datos finales.	Control Diario de Lecturas de Monitores

Fuente: EP-PETROECUADOR

Elaborado por: Cristian Chuquín

Continuación de la tabla No. 14

Pasos No.	Responsable	Actividad	Registro/Documento
9	Transportista	Recibir conforme el producto (varillando) y firmar la guía de remisión en el casillero correspondiente del detalle de despacho.	Guía de Remisión de Venta a Clientes
10	Sellador Comercializadora	Colocar los sellos de seguridad en las bocas de llenado y válvulas de salida del Autotanque, y registrar cantidad y número de sellos.	Bitácora de control
11	Operador Terminal o Depósito, Transportista	Legalizar y entregar copia de Guía de Remisión de Ventas a Técnico o Supervisor Mopro y/o Jefe de Patio.	Guía de Remisión de Venta a Clientes
12	Guardia Seguridad u Operador Terminal o Depósito	Recibir copia de Guía de Remisión de Ventas y registrar salida del Autotanque cargado.	Control de Entrada y Salida de Autotanques
13	Jefe Terminal o Depósito, Técnico o Supervisor Mopro Terminal o Depósito y Analista de Comercialización.	Revisar y legalizar Acta de Despachos diarios.	Acta Diaria de Despachos de Combustibles

Fuente: EP-PETROECUADOR

Elaborado por: Cristian Chuquín

Referencias

Compendio de Normas de Seguridad e Higiene Industrial de EP-PETROECUADOR

Norma PETROECUADOR. SHI-013

Instructivo de Aforo de Tanques de Almacenamiento, 1990

Manual de Usuario del Sistema de Movimiento de Productos.

Manual de Abastecimiento de los Productos Derivados de Petróleo a Nivel

Nacional

Formularios, registros y documento

Control de Entrada y Salida de Autotanques (PCO-MPL-005).

Guía de Remisión Venta a Clientes (PCO-MPL-008).

Control Diario de Lecturas de Medidores (PCO-MPL-013).

Programa Diario de Movimiento en Tanques (PCO-MPL-020).

Check List Certificado de Inspección–Anexo C (PCO-MPL-036).

Acta Diaria de Despachos de Combustibles (PCO-MPL-037)

Bitácora de Operación.

4.2 CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESO DE LAS ÁREAS DE ALAMACENAMIENTO Y DESPACHO.

Este se rige por una serie de símbolos, normas y pautas convencionales las cuales son:

1. El formato o esqueleto del flujograma debe dividirse en partes que representan a los departamentos, secciones o dependencias involucradas en el procedimiento. Cada departamento o sección debe mostrarse una sola vez en el flujograma y en el mismo orden o secuencia cronológica de su aparición en el procedimiento que se describe de izquierda a derecha.
2. Se debe mostrar una misma dependencia más de una vez en el flujograma aun cuando las acciones del procedimiento regresen a la misma.
3. Las líneas indicadoras del flujograma deben ser más delgadas que las líneas divisorias del formato, rectas y angulares, dotadas de flechas en sus extremos terminales.

4. Cada paso o acción del procedimiento debe enumerarse con claridad y describirse brevemente con muy pocas palabras.
5. Cuando algún documento queda retenido en alguna dependencia del flujograma se indica según sea archivado: definitivamente, temporalmente o retenido por algunos días ("D"), horas ("O") o minutos (')
6. Cuando hay que destruir algún documento luego de ser utilizado en el procedimiento se indica con una (X) grande.
7. Cuando en el procedimiento algún documento da origen a otro se indicará en el flujograma mediante una flecha interrumpida.
8. Al igual que vimos en los organigramas en los flujogramas cuando varias líneas se entrecruzan sin tener relación se indica mediante una inflexión en cualquiera de ellas.

Siempre resultará mejor que el flujograma se muestre en una sola hoja, pero cuando en su extensión se tenga que continuar en otra página, se señala mediante un símbolo cualquiera dentro de un círculo, en la página donde se interrumpe y el mismo que suele llamarse conector se colocará en otra página como sigue.

4.2.1 SIMBOLOGÍA.

Los Diagramas de flujo se dibujan generalmente usando algunos símbolos estándares; sin embargo, algunos símbolos especiales pueden también ser desarrollados cuando sean requeridos. Algunos símbolos estándares, que se requieren con frecuencia para diagramar programas de computadora se muestran a continuación:

Tabla No. 15: Simbología de los diagramas de flujo

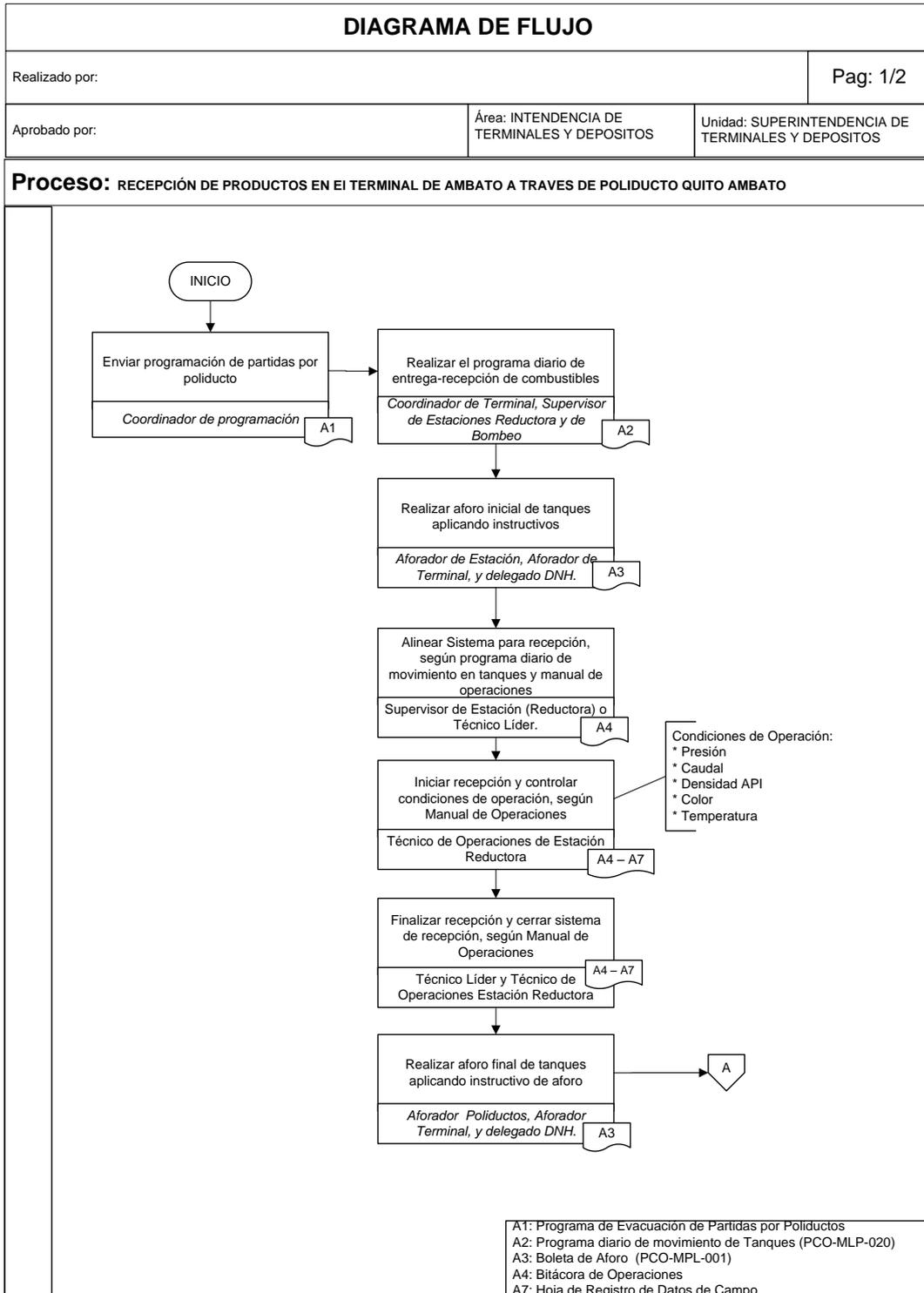
Símbolo	Nombre	Explicación
	Terminador (comienzo o final del proceso)	En su interior situamos materiales, información o acciones para comenzar o para mostrar el resultado en el final del mismo
	Proceso (actividad)	Tarea o actividad llevada a cabo durante el proceso. Puede tener muchas entradas pero solo una salida.
	Conector (conexión con otros procesos)	Nombramos un proceso independiente que en algún momento parece relacionado con el proceso principal.
	Decisión (decisión/bifurcación)	Indicamos puntos en que se toman decisiones: si o no, abierto cerrado.
	Documento	Se utiliza para hacer referencia o consulta de un documento específico en un punto del proceso.
	Proceso	Muestra el proceso a ser realizado o del que se deriva el diagrama.
	Línea de flujo (conexiones de paso o flechas)	Muestra la dirección y sentido del flujo del proceso, conectando los símbolos.
	Nota aclaratoria	No forma parte del diagrama de flujo, es un elemento que se adiciona a una operación o actividad para dar una explicación.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos60/diagrama-flujo-datos/diagrama-flujo-datos2.shtml>

Elaborado por: Cristian Chuquín

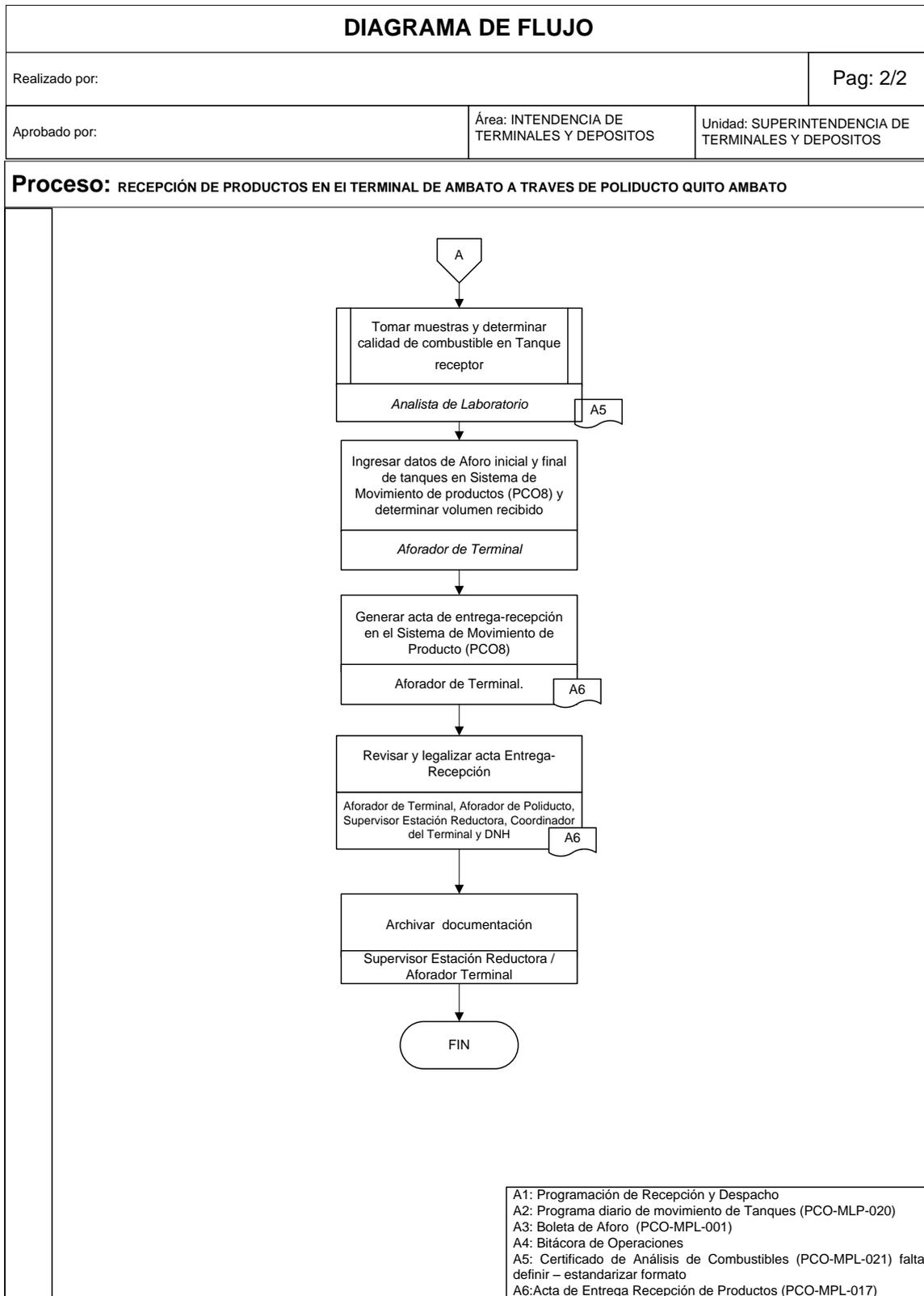
4.2.2 DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN.

Gráfico No. 33: Proceso de recepción de productos, terminal Ambato



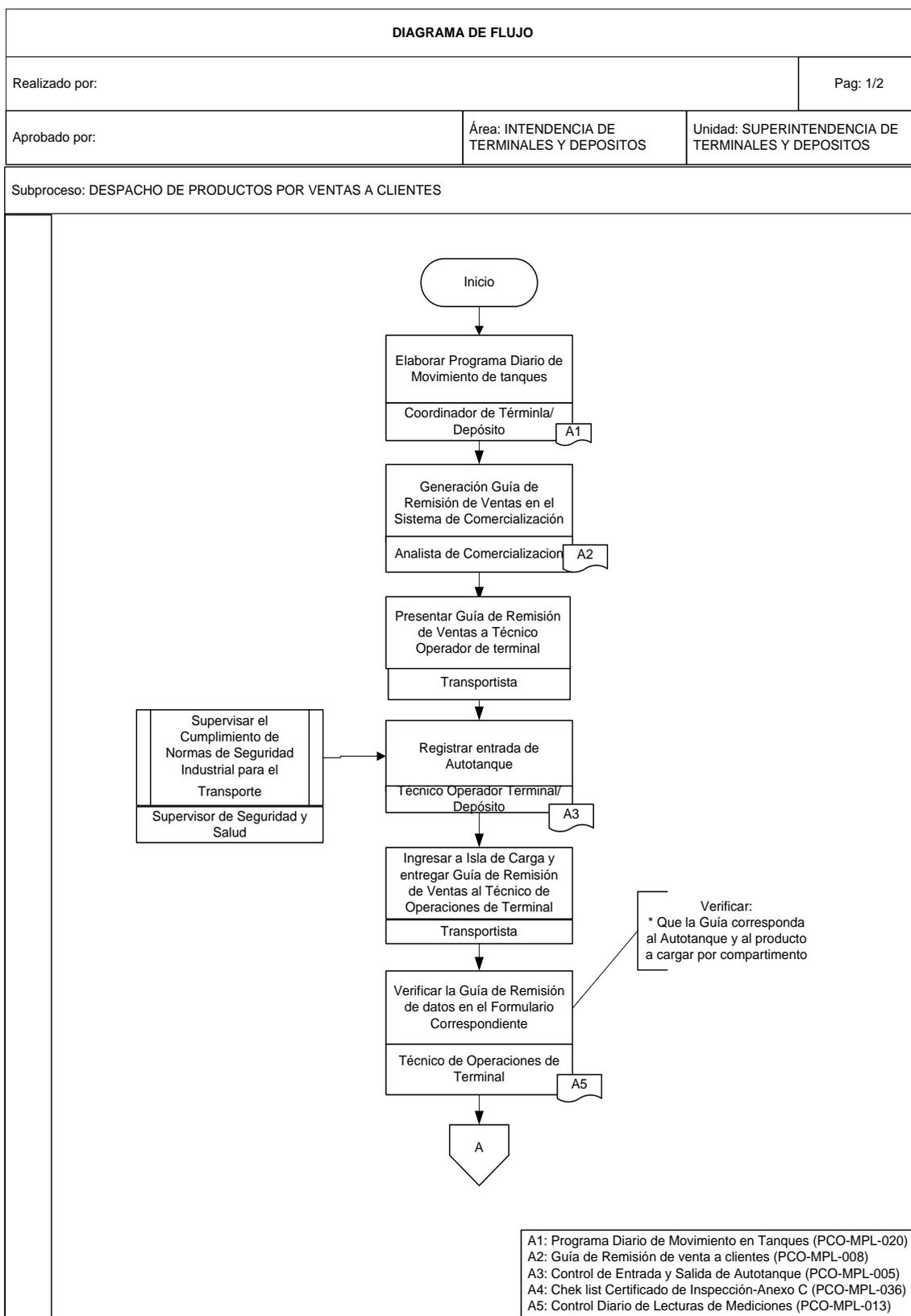
Fuente: EP-PETROECUADOR
 Elaborado por: Cristian Chuquín

Gráfico No. 34: Continuación del proceso de recepción de productos, terminal Ambato



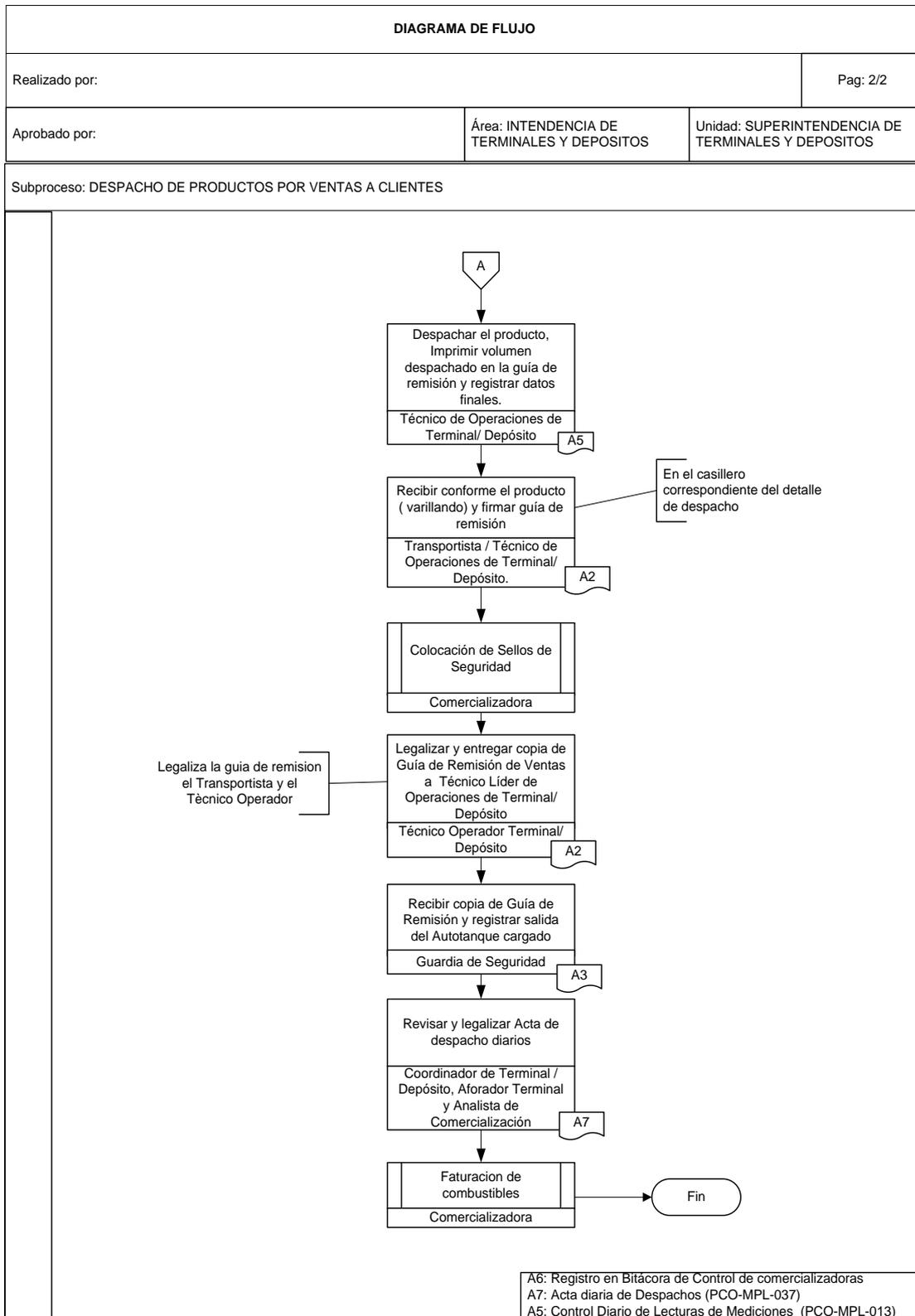
Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

Gráfico No. 35: Proceso de despacho de productos del terminal Ambato



Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

Gráfico No. 36: Continuación del proceso de despacho de productos del terminal Ambato



Fuente: EP-PETROECUADOR
Elaborado por: Cristian Chuquín

CAPÍTULO V

CAPÍTULO V

5 SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE MODELOS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN EN EL ÁREA DE ALAMCENAMIENTO Y DESPACHO.

Se realizara la simulación de los modelos de acuerdo a las diferentes condiciones encontradas en el Terminal de Productos Limpios Ambato de EP-PETROECUADOR.

5.1 FUEGO EN UN DERRAME-GASOLINA, EN DIQUE TA-01.

A continuación se realizaran la simulación de Pool Fire (fuego en derrames) de gasolina TA-01.

5.1.1 FUEGO EN UN DERRAME-GASOLINA.

Para la simulación de modelo de fuego en derrames es necesario ingresar los siguientes datos en el sistema como son.

5.1.1.1 Datos de la sustancia.

Para ingresar los datos del hidrocarburo se ha dividido en tres ventanas principales como son: general, propiedades y radiación.

General

En esta ventana del programa se ingresa el título, fecha y la descripción del evento a modelar en los campos correspondientes. En la parte inferior de la pantalla se muestra el campo de la temperatura de referencia, como lo indica el modelo, el valor de la temperatura ambiente promedio de la ciudad de Ambato es de 15°C, dado por la siguiente dirección de internet (http://www.soludevnt.com/site/index.php?option=com_content&view=article&id=90:ambato&catid=73:sierra&Itemid=417) por lo tanto esta será la temperatura de referencia para nuestro cálculos.

Gráfico No. 37: Redacción de la simulación de la Gasolina

Sustancia de interés

General

Título de la modelación
Fuga de Gasolina del Tanque-01

Fecha de la modelación
jueves, 05 de enero de 2012

Propiedades

Radiación

Descripción de la modelación:

Una emisión de gasolina escapa de una fuga de una tubería con un flujo volumétrico de 0.5 m³/s. Un dique de 41 por 95 m contiene el derrame. Si el líquido se incendia, estime el flujo térmico del receptor a 35 m de la orilla del dique. (Esto es a 50 m a nivel de piso del centro del dique). Utilice una densidad de la gasolina de 740 kg/m³. Considere un tanque con el nivel operativo de 4187,78 m³, con el flujo volumétrico de 0.5 m³/seg y calcule las distancias en que un receptor se expone a una dosis de 5 kw/m² por 40 segundos. Esto da una duración de la fuga de 1800 segundos. Considerando una temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad promedio de 15 °C, 72% y 0,83 m/s respectivamente de la ciudad de Ambato.

Temp. de referencia para el cálculo de propiedades: 15 °C Aceptar Cancelar

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3
Elaborado por: Cristian Chuquín

Propiedades

En esta ventana se busca la sustancia para la simulación, en este caso el hidrocarburo GASOLINA, generándose de esta manera los datos correspondientes al hidrocarburo mismo que son necesarios en esta simulación. Siempre tomado la temperatura de referencia de 15 °C.

Gráfico No. 38: Propiedades de la Gasolina

Propiedad	Valor	Unidad
Peso Molecular (WMS):	0	kg / kmol
Cap calorífica del vapor a presión cte. (CPS):	0,0	J/kg- K
Temperatura de ebullición (TBP):	0	K
Calor de vaporización a TBP (DHE):	0,0	J/kg
Capacidad calorífica del líquido (CPSL):	0,0	J/kg- K
Densidad de líquido (RHOSL):	0,0	kg/m3
Cte. de presión de saturación SPB:	0	Pred. = -1.0
Cte. de presión de saturación SPC:	0	Pred. = 0.0
Relación de calores específicos (Gamma):	0	
Concentración estequiométrica:	0	
Calor de combustión:	43700,0	kJ/kg
Tasa de combustión de masa:	0,055	kg/m2 s

Temp. de referencia para el cálculo de propiedades: 15 °C

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3
Elaborado por: Cristian Chuquín

Radiación

En esta ventana el programa nos presenta los valores por omisión en la tabla de niveles de radiación como son 5,05 kw/m² para un nivel bajo, 12,6 kw/m² para un nivel medio y 31,5 kw/m² para un nivel de radiación alto, estos valores son suficientes para nuestro estudio.

Se introduce los valores del tiempo de exposición de 40s y 1800s duración del fuego equivalentes a 40 segundos y 30 minutos respectivamente.

Gráfico No. 39: Niveles y cantidad de radiación

The screenshot shows a software window titled 'Sustancia de interés' with a sidebar containing 'General', 'Propiedades', and 'Radiación' (selected). The main area contains a table and input fields.

Niveles de Radiación	Cantidad de radiación (kW/m ²)	Color
Bajo	5,05	Orange
Medio	12,6	Red
Alto	31,5	Dark Red

Tiempo de duración de la exposición : s
 Tiempo de duración del fuego: s

Los valores de tiempo de exposición y tiempo de duración del fuego se utilizan para calcular las distancias de afectación en base a la dosis equivalente calculada según el tiempo de exposición y el nivel de radiación.

Si se introducen valores de tiempo iguales a cero, el sistema calculará las distancias de afectación considerando únicamente los niveles de radiación definidos en la tabla.

Temp. de referencia para el cálculo de propiedades: °C

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.1.2 Propiedades de la emisión.

En propiedades de emisión se selecciona trinchera o dique rectangular considerando el derrame en este lugar, para lo cual se introduce el ancho y longitud del dique que son 95 y 41m respectivamente. Así como se selecciona (C4 y Mayores: 0.4) como la máxima fracción de energía total convertida en radiación debido a que es un hidrocarburo.

Gráfico No. 40: Parámetros de la emisión

Parámetros de emisión para el modelo POOLFIRE

Confinamiento

Tanque de almacenamiento o dique circular

Trinchera o dique rectangular

Sin confinamiento

Diámetro del tanque/dique: 0,00 m

Longitud del dique: 95,00 m

Ancho del dique: 41,00 m

Flujo Volumétrico: 0,00 m³/s

Densidad del líquido: 0,00 kg/m³

Diámetro máximo calculado (Estado estable): 0,00 m

Altura de base de la flama sobre el suelo: 0,00 m

Fracción de la energía total convertida en radiación para hidrocarburos: C5 y Mayores: 0.40 (Valor sugerido: 0.4)

Aceptar Cancelar

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

Nota: Para el fuego en derrame la altura de flama sobre el suelo es igual a cero, dado que se asume que el derrame se encuentra al nivel del piso o suelo.

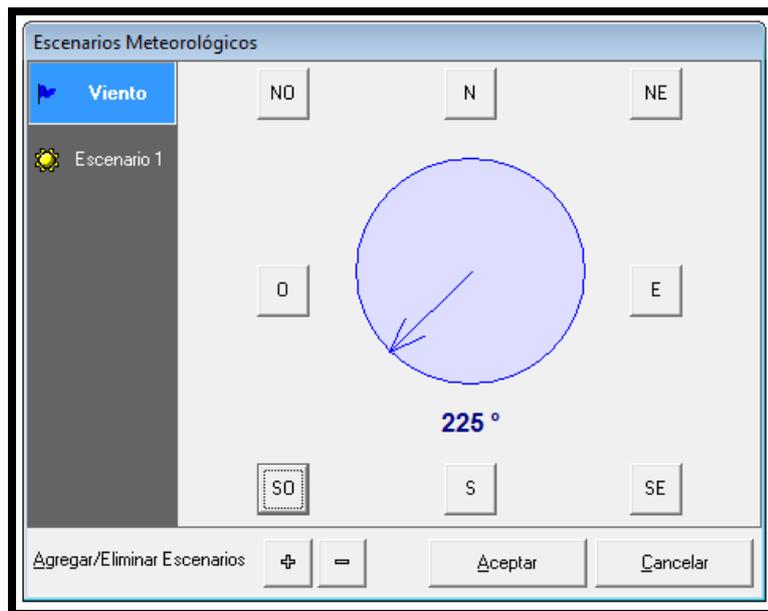
5.1.1.3 Escenario Meteorológico.

En esta ventana de escenario meteorológico tenemos dos opciones las cuales son la dirección del viento y el escenario en si de la modelación.

- Dirección de viento

Seleccionamos la dirección del viento con las ocho pestañas visibles en la venta, de acuerdo a la dirección del viento en el momento, sur oeste, para que la simulación se aproxime más a la realidad.

Gráfico No. 41: Dirección del viento en el momento de la simulación



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

- Escenario

Al abrir esta pantalla, el sistema nos presenta por omisión un primer escenario meteorológico, este escenario contiene valores

predeterminados. En el mismo escenario podemos calcular la estabilidad y la rugosidad del mismo del terreno.

En esta ventana se ingresan los datos predeterminados de la temperatura, velocidad del viento y humedad relativa promedio de la ciudad de Ambato los cuales son 15 °C, 0,83 m/s y 72 % respectivamente.

Gráfico No. 42: Datos del escenario meteorológico

The screenshot shows a software window titled 'Escenarios Meteorológicos'. On the left, there is a sidebar with a 'Viento' icon and a selected 'Escenario 1' icon. The main area contains the following fields and controls:

Nombre	Dique	
Estabilidad	Pasquill D (Neutra)	Calcular
Temperatura Ambiente	15 °C	
Altura del anemómetro	10 m	
Velocidad del viento	0,83 m/s	Color
Presión ambiental	1 atm	
Humedad relativa	72 %	
Inverso de Monin-Obukhov	0 m	
Rugosidad del terreno	1 m	Calcular

At the bottom, there are buttons for 'Agregar/Eliminar Escenarios' (with '+' and '-' icons), 'Aceptar', and 'Cancelar'.

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3
Elaborado por: Cristian Chuquín

➤ **Estabilidad**

Se describe la estabilidad atmosférica utilizando el esquema de estabilidad de Pasquill- Gifford, en el cual se establece si es de día o de noche, altura de base de las nubes, cubierta de las nubes y ángulo de elevación solar.

Al establecer las condiciones del escenario se considera el estado actual de altura de las nubes menor a 2134 m, cubierta de nubes es ligera y ángulo de elevación solar de 15 grados.

Gráfico No. 43: Estabilidad de Pasquill para el escenario meteorológico

Calcular clase de estabilidad de Pasquill

Selecciones: Día Noche

Referencia: EPA-454/R-99-005

Velocidad del viento: 0,83 m/s

Altura de base de las nubes: Menor a 2134 m (7000 ft)

Cubierta de nubes: Ligera (4/10 o menor)

Ángulo de elevación solar: Menor a 15 grados

Radiación solar: Débil Neta: Débil

Clase C (Ligeramente Inestable)

Aceptar Cancelar

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

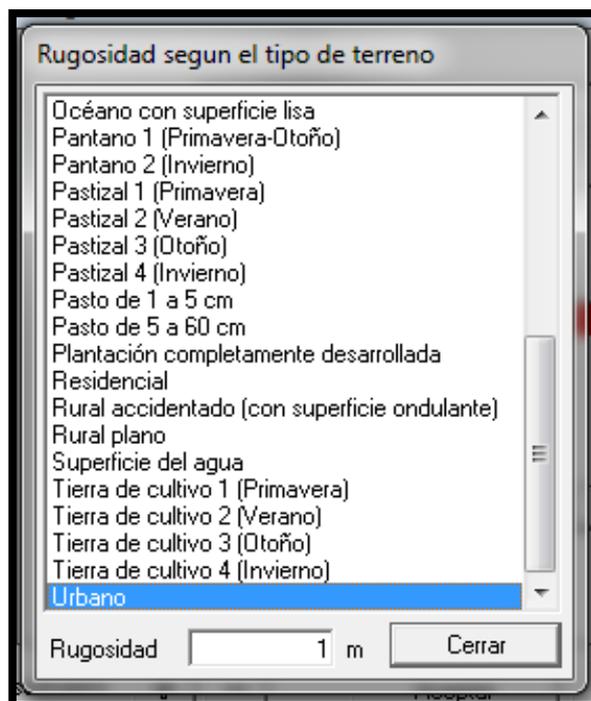
Dando como resultado una radiación solar neta débil para la simulación de este día.

➤ Rugosidad

Es atribuida a un conjunto de obstáculos, que producirán un efecto sobre la velocidad del viento.

Considerando el lugar de ubicación del Terminal de Productos Limpios Ambato se opta por la opción urbano, dando como resultado una rugosidad de 1m.

Gráfico No. 44: Rugosidad del terreno



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.1.4 Distancias de interés.

Se selecciona las celdas de la columna activa las mismas que se editan para sustituir los valores por omisión por los siguientes: 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20, 30, 40 50, de acuerdo las distancias que se desea realizar la simulación, el ultimo valor de la distancia es considerada a la que se puede encontrar un receptor (trabajador) del centro del punto de ignición a nivel del piso.

Gráfico No. 45: Distancias de interés



BLEVE	POOL FIRE	JET FIRE
5	3	1
10	4	2
15	5	3
20	6	4
30	8	5
40	10	6
70	20	7
100	30	8
150	40	9
200	50	10

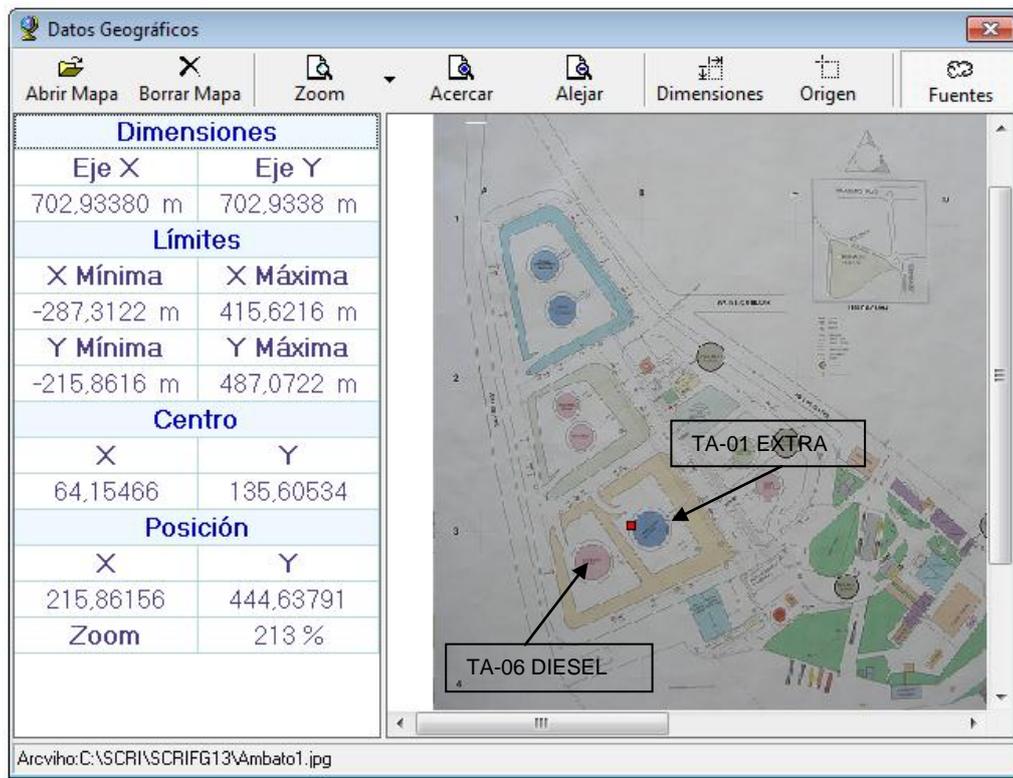
Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.1.5 Selección de área.

El sistema nos permite introducir un plano o imagen sobre el cual se proyectan las graficas de afectación, o radios de afectación resultantes de la simulación de Pool Fire (Fuego en un Derrame). Para lo cual ingresamos la imagen del plano del Terminal de Productos Limpios Ambato y selecciono el área de simulación que es el tanque-01 de Gasolina Extra.

Gráfico No. 46: Selección del área a ser simulada



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3
Elaborado por: Cristian Chuquín

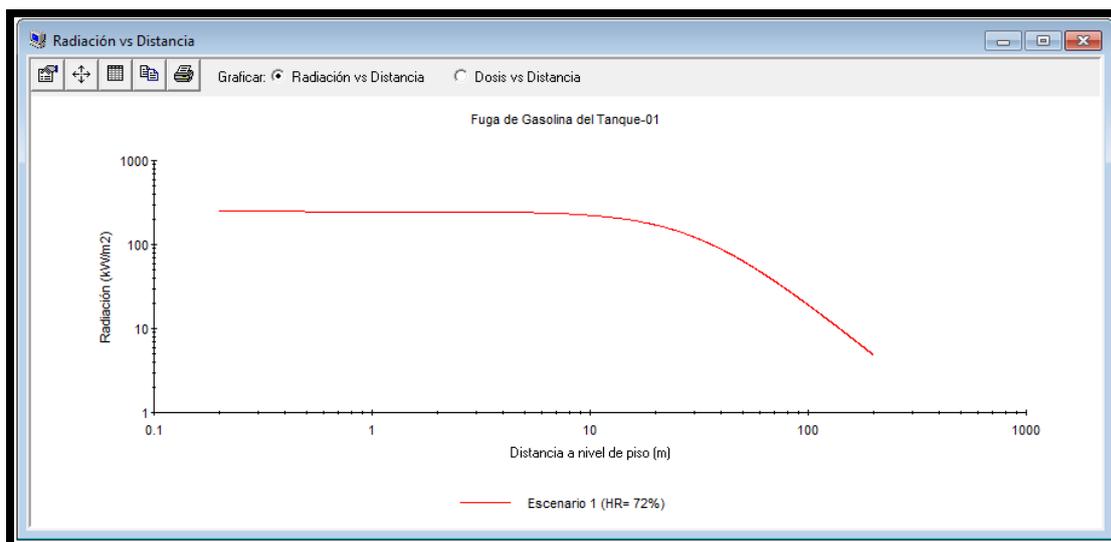
5.1.1.6 Resultados.

Una vez que se han ingresado todos los datos en el sistema, es posible realizar la ejecución del modelo para conocer sus resultados.

En los resultados nos presenta la primera gráfica de radiación contra distancia, lo valores que se utiliza para la gráfica el eje X, mínimo 0,1 y máximo 1000 y en el eje Y mínimo 1 y máximo 1000.

Con estos límites da como resultado una radiación de 200 Kw/m² a una distancia de 0,1 m, esto quiere decir en centro del incendio, la misma que se mantiene hasta una distancia de 5 m.

Gráfico No. 47: Radiación contra distancias al área de la simulación



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

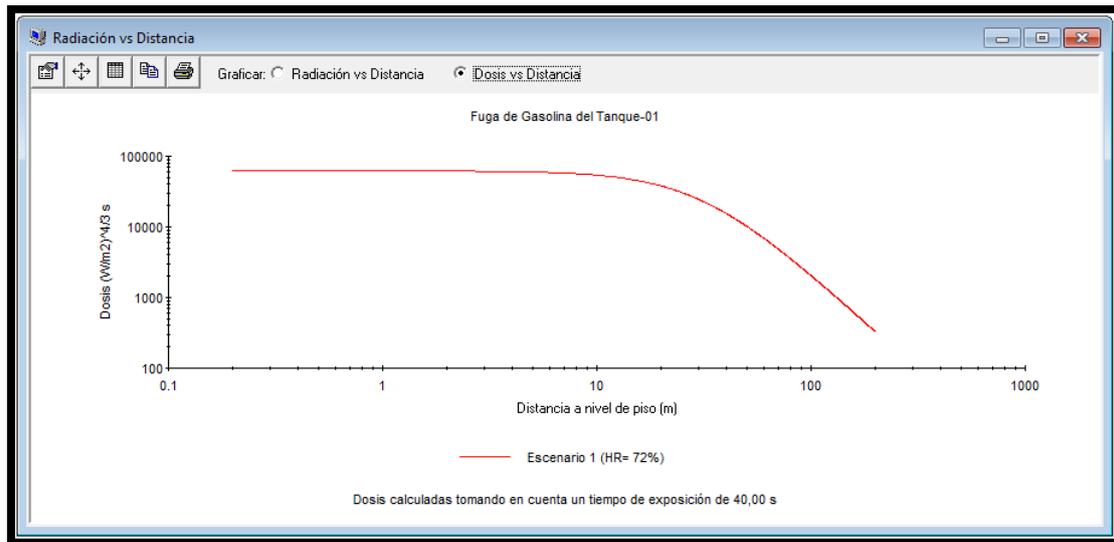
Elaborado por: Cristian Chuquín

Dando como resultado que hasta una distancia 200m del incendio un receptor puede recibir una radiación de 5kw/m^2 . A una distancia de 10 m del incendio reciben una emisión de calor constante de 200kw/m^2 el receptor generando un riesgo de muerte. Todo esto es a nivel del piso y con una humedad relativa de 72%.

El gráfico No. 48 muestra la curva de dosis contra radiación usando como límites en el eje X mínimo 0,1; máximo 1000 y en el eje Y 100 mínimo y 10000000 $(\text{w/m}^2)^{\wedge\wedge 4/3}$ s respectivamente.

Desde una distancia de 0,1 hasta 10m presenta una dosis $2000000 (\text{w/m}^2)^{\wedge\wedge 4/3}$ por segundo lo que podría ocasionar quemaduras de segundo grado de acuerdo al texto consultado, que con una dosis de $3420000 (\text{w/m}^2)^{\wedge\wedge 4/3}$ s durante 40 segundos puede ocasionar quemaduras de segundo grado.

Gráfico No. 48: Dosis contra distancia al área de la simulación



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

En el gráfico No. 49 se refleja la proyección de la radiación en el plano del Terminal de Productos Limpios Ambato en dimensiones reales, en el cual se puede observar de mejor manera los radios alcance de la radiación térmica que se expresa en círculos concéntricos, con eje en el foco del incendio. La simulación permite trazar 3 círculos sobre el Terminal, denominados:

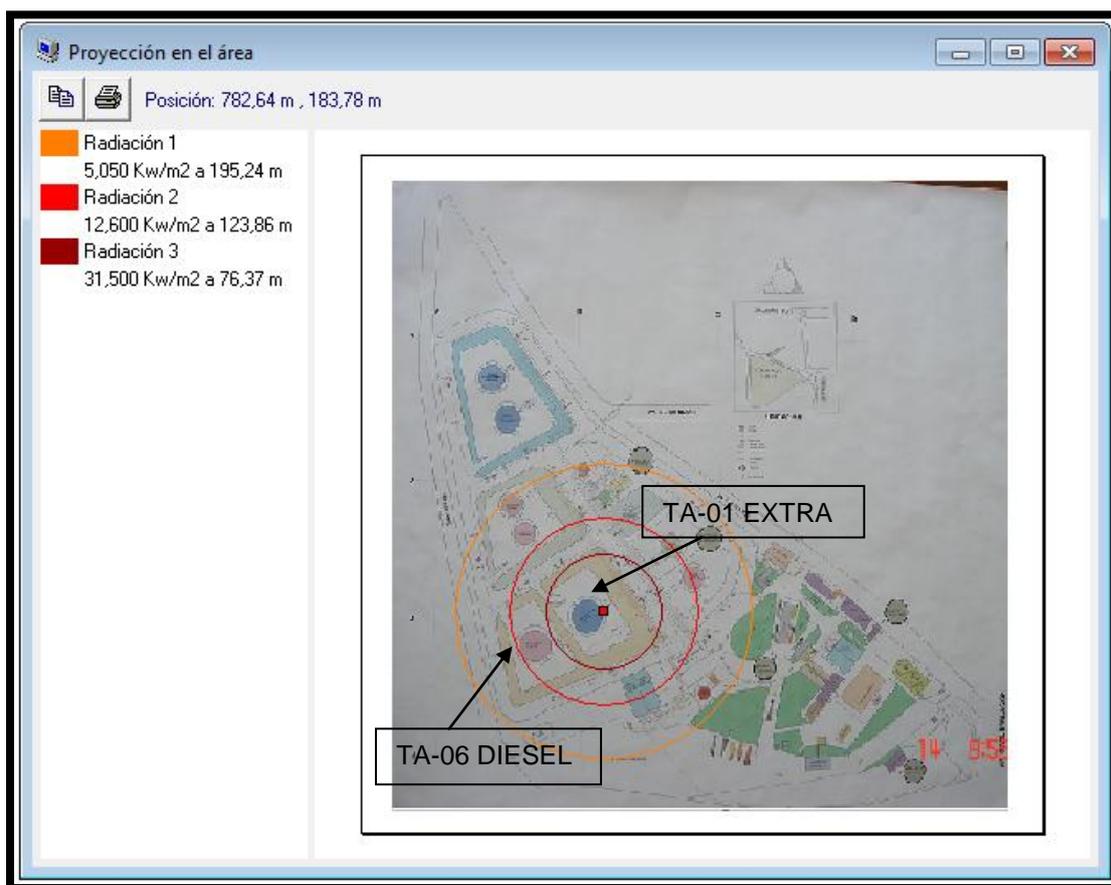
- Zona de riesgo máximo, muestra una radiación térmica $31,50 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 76,37 m, donde la destrucción es prácticamente total.
- Zona de intervención, la cual da una radiación térmica de $12,60 \text{ kw/m}^2$ a una distancia 123,86 m, donde sólo pueden permanecer personal equipado,
- Zona de alerta, con un nivel de radiación de $5,05 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 195,24 m límite máximo al que pueden acercarse personas sin equipo especial.

Pudiéndose generar el efecto dominó en el Tanque-06 Diesel o receptor que contiene $4338,32 \text{ m}^3$ en su nivel operativo provocado por el incremento de

temperatura en el material del tanque debilitando la resistencia mecánica del mismo originado un nuevo charco, por la cercanía al Tanque-06 Diesel.

De la misma manera se vería afectado el dique contención por la gran cantidad de energía térmica.

Gráfico No. 49: Proyección de la radiación sobre el TA-01



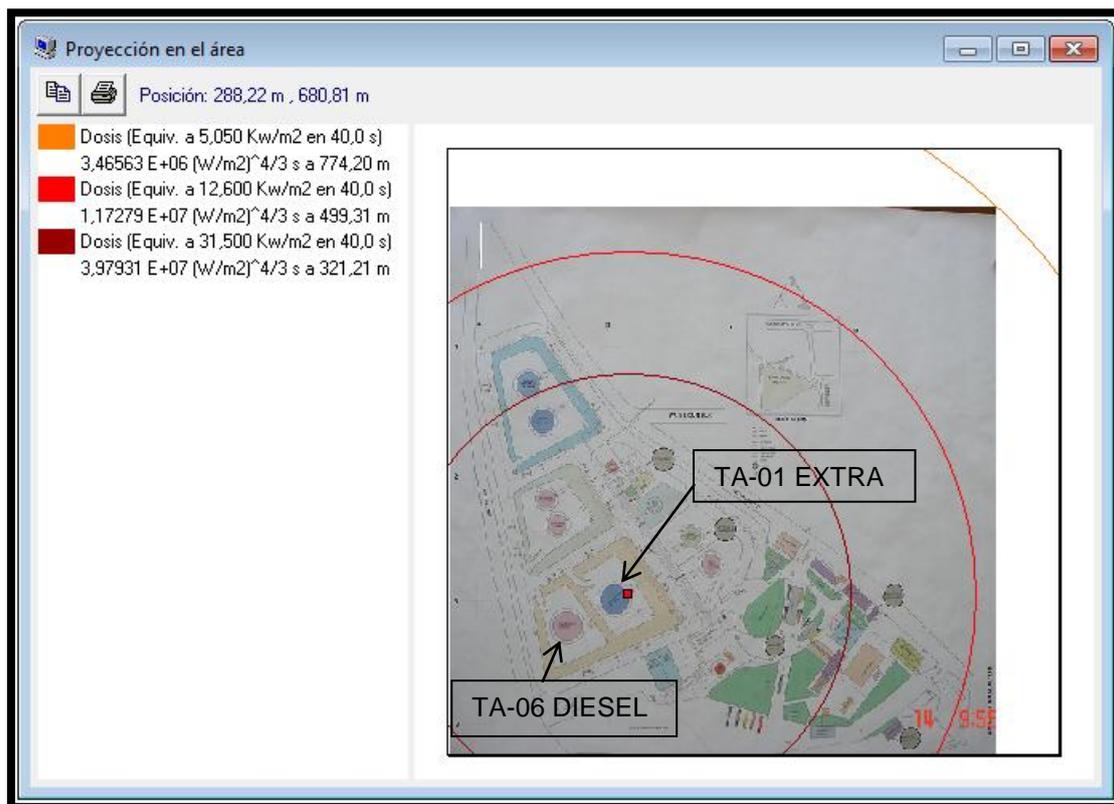
Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

En el gráfico No. 50 refleja la proyección de la dosis en el plano del Terminal de Productos Limpios Ambato en dimensiones reales, en el cual se puede observar de mejor manera los radios alcance de la dosis térmica que se expresa en círculos concéntricos, con eje en el foco del incendio. La simulación permite trazar 3 círculos sobre el Terminal, denominados:

- Zona de riesgo máximo, muestra una dosis térmica $31,50 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 321,8 m, donde al instante se presenta el dolor severo y quemaduras de segundo grado.
- Zona de intervención, la cual da una radiación térmica de $12,60 \text{ kw/m}^2$ a una distancia 499,31 m, con un tiempo de exposición de 4 s para el dolor severo y a los 11 s puede el receptor tener quemaduras de segundo grado.
- Zona de alerta, con un nivel de radiación de $5,05 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 774,20 m límite máximo, al que pueden presentar quemaduras de segundo grado, con un tiempo de 13 s para el dolor severo.

Gráfico No. 50: Proyección de la dosis sobre el TA-01



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.1.6.1 Reporte de la simulación de Gasolina en el Tanque-01.

En esta ventana se muestran los datos de entrada y resultados del modelo, organizados en forma tabular, en primer lugar la radiación calculada a las distancias específicas y/o de interés, seguido por los datos de los niveles de radiación a nivel del piso, así como las dosis equivalentes según los tiempos de exposición y duración del fuego.

Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)			
TÍTULO DEL MODELO			
Fuga de Gasolina del Tanque-01			
DESCRIPCIÓN			
Una emisión de gasolina escapa de una fuga de una tubería con un flujo volumétrico de 0.5 m ³ /s. Un dique de 41 por 95 m contiene el derrame. Si el líquido se incendia, estime el flujo térmico del receptor a 35 m de la orilla del dique. (Esto es a 50 m a nivel de piso del centro del dique). Utilice una densidad de la gasolina de 740 kg/m ³ . Considere un tanque con el nivel operativo de 4187,78 m ³ , con el flujo volumétrico de 0.5 m ³ /seg y calcule las distancias en que un receptor se expone a una dosis de 5 kw/m ² por 40 segundos. Esto da una duración de la fuga de 1800 segundos. Considerando una temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad promedio de 15 °C, 72% y 0,83 m/s respectivamente de la ciudad de Ambato.			
DATOS DE LA SUSTANCIA			
Nombre	GASOLINA	No. CAS	8006-61-9
PARÁMETROS DE ENTRADA			
Calor de combustión		43700,00 kJ/kg	
Tasa de combustión		0,055 kg/m ² s	
Fracción de energía radiada		0,4	
Temperatura ambiente		288,2 K (15,0 °C)	
Humedad relativa		72,0 %	
CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO			
Longitud del área		95,00 m	
Ancho del área		41,00 m	
Área del derrame		3895,00 m ²	
Altura de la base del fuego		0,00 m	
Tasa de combustión total		214,23 kg/s	
Altura de flama		61,41 m	
RADIACIÓN CALCULADA A DISTANCIAS ESPECÍFICAS			
Distancia a nivel de piso (m)	Distancia a fuente puntual (m)	Transmisividad	Radiación (kW/m ²)
3,00	30,85	0,78	244,72
4,00	30,97	0,78	242,85
5,00	31,11	0,78	240,50
6,00	31,29	0,78	237,67
8,00	31,73	0,78	230,77
10,00	32,29	0,78	222,45
20,00	36,65	0,77	170,80
30,00	42,93	0,76	122,70
40,00	50,43	0,75	87,65
50,00	58,68	0,74	63,86
DISTANCIA CALCULADA A NIVEL DE PISO DE NIVELES DE RADIACIÓN ESPECÍFICOS			
Radiación (kW/m ²)	Distancia (m)	Dosis (W/m ²) ^{4/3} s tiempo de exposición= 40,0s	Dosis (W/m ²) ^{4/3} s tiempo de duración= 1800,0 s
5,05	195,24	3,466 E+06	1,560 E+08
12,60	123,86	1,173 E+07	5,278 E+08
31,50	76,37	3,979 E+07	1,791 E+09
DISTANCIA CALCULADA A NIVEL DE PISO DE DOSIS DE RADIACIÓN ESPECÍFICAS			
Dosis (W/m ²) ^{4/3}		Distancia (m)	
3,466 E+06		774,20	
1,173 E+07		499,31	
3,979 E+07		321,21	

5.1.2 FUEGO EN UN DERRAME-DIESEL.

Para la simulación de modelo de fuego en derrames es necesario ingresar los siguientes datos en el sistema como son.

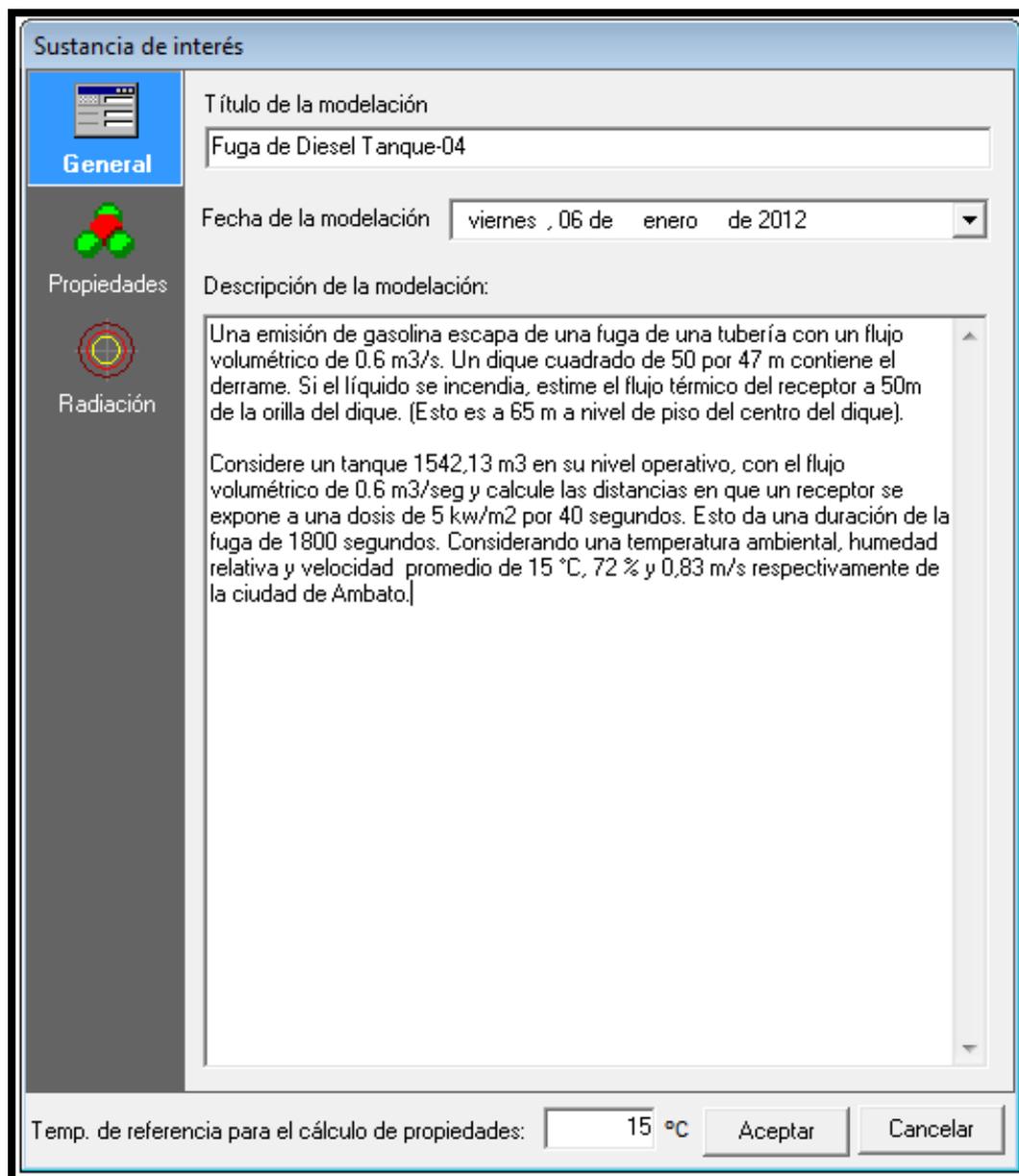
5.1.2.1 Datos de la sustancia.

Para ingresar los datos del hidrocarburo se ha dividido en tres ventanas principales como son: general, propiedades y radiación.

General

En esta ventana del programa se ingresa el título, fecha y la descripción del evento a modelar en los campos correspondientes. En la parte inferior de la pantalla se muestra el campo de la temperatura de referencia, como lo indica el modelo, el valor de la temperatura ambiente promedio de la ciudad de Ambato es de 15°C, dado por la siguiente dirección de internet (http://www.soludev.t.com/site/index.php?option=com_content&view=article&id=90:ambato&catid=73:sierra&Itemid=417) por lo tanto esta será la temperatura de referencia para nuestro cálculos.

Gráfico No. 51: Redacción de la simulación del Diesel.



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

Propiedades

En esta ventana se busca la sustancia para la simulación, en este caso el hidrocarburo DIESEL, generándose de esta manera los datos correspondientes al hidrocarburo, mismos que son necesarios en esta simulación. Siempre tomado la temperatura de referencia de 15 °C.

Gráfico No. 52: Propiedades del Diesel

Sustancia de interés

General

Propiedades

Radiación

Buscar: DIESEL

Número CAS: 68334-30-5

Cargar mezcla

Nombre en español: COMBUSTIBLES DIESEL

Nombre en inglés: DIESEL FUEL

Otros sinónimos: DIESEL

Peso Molecular (WMS):	0	kg / kmol
Cap calorífica del vapor a presión cte. (CPS):	0,0	J/kg- K
Temperatura de ebullición (TBP):	0	K
Calor de vaporización a TBP (DHE):	0,0	J/kg
Capacidad calorífica del líquido (CPSL):	0,0	J/kg- K
Densidad de líquido (RHOSL):	0,0	kg/m3
Cte. de presión de saturación SPB:	0	Pred. = -1.0
Cte. de presión de saturación SPC:	0	Pred. = 0.0
Relación de calores específicos (Gamma) :	0	
Concentración estequiométrica :	0	
Calor de combustión :	39700,0	kJ/kg
Tasa de combustión de masa :	0,035	kg/m2 s

Temp. de referencia para el cálculo de propiedades: 15 °C

Aceptar Cancelar

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

Radiación

En esta ventana el programa nos presenta los valores por omisión en la tabla de niveles de radiación como son 5,05 kw/m² para un nivel bajo, 12,6 kw/m² para un nivel medio y 31,5 kw/m² para un nivel de radiación alto, estos valores son

suficientes para nuestro estudio. Se introduce los valores del tiempo de exposición de 40s y 1800s duración del fuego equivalentes a 40 s y 30 minutos.

Gráfico No. 53: Niveles y cantidad de radiación

Sustancia de interés

Niveles de Radiación	Cantidad de radiación (kW/m2)	Color
Bajo	5,05	
Medio	12,6	
Alto	31,5	

General
 Propiedades
 Radiación

Tiempo de duración de la exposición : s
 Tiempo de duración del fuego: s

Los valores de tiempo de exposición y tiempo de duración del fuego se utilizan para calcular las distancias de afectación en base a la dosis equivalente calculada según el tiempo de exposición y el nivel de radiación.

Si se introducen valores de tiempo iguales a cero, el sistema calculará las distancias de afectación considerando únicamente los niveles de radiación definidos en la tabla.

Temp. de referencia para el cálculo de propiedades: °C

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.2.2 Propiedades de la emisión.

En propiedades de emisión se selecciona trinchera o dique rectangular considerando el derrame en este lugar, para lo cual se introduce el ancho y longitud del dique que son 50 y 47 m respectivamente. Así como se selecciona (C4 y Mayores: 0.4) como la máxima fracción de energía total convertida en radiación debido a que es un hidrocarburo.

Gráfico No. 54: Parámetros de la emisión

Parámetros de emisión para el modelo POOLFIRE

Confinamiento

Tanque de almacenamiento o dique circular

Trinchera o dique rectangular

Sin confinamiento

Diámetro del tanque/dique: 0,00 m

Longitud del dique: 50,00 m

Ancho del dique: 47,00 m

Flujo Volumétrico: 0,00 m³/s

Densidad del líquido: 0,00 kg/m³

Diámetro máximo calculado (Estado estable): 0,00 m

Altura de base de la flama sobre el suelo: 0,00 m

Fracción de la energía total convertida en radiación para hidrocarburos: C5 y Mayores: 0.40 (Valor sugerido: 0.4)

Aceptar Cancelar

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

Nota: Para el fuego en derrame la altura de flama sobre el suelo es igual a cero, dado que se asume que el derrame se encuentra al nivel del piso o suelo.

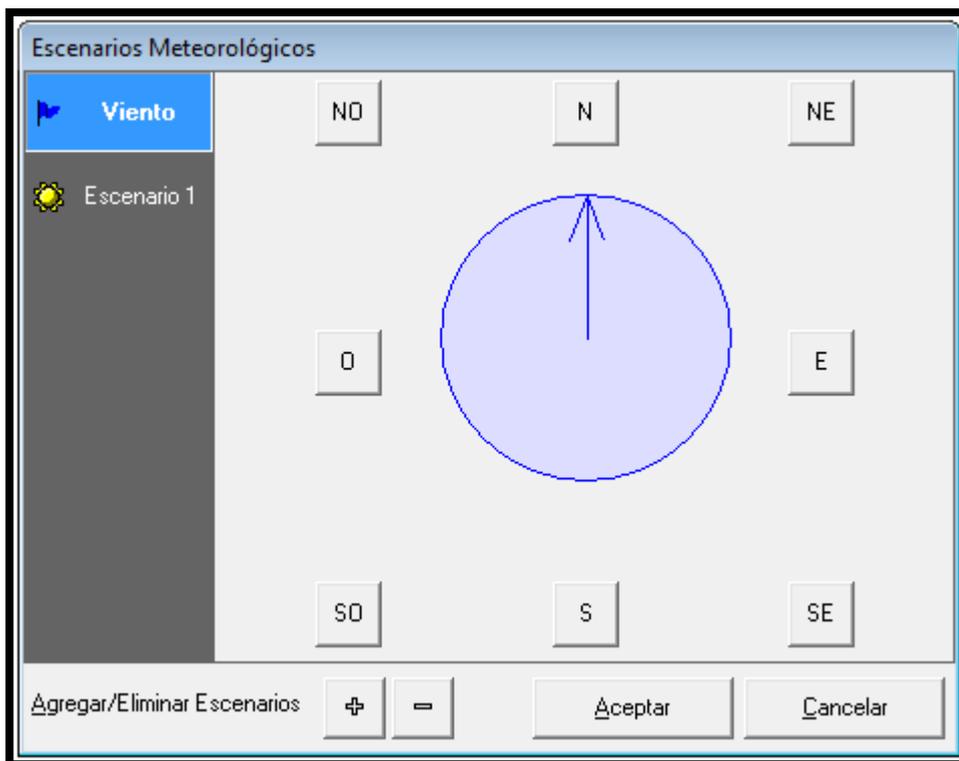
5.1.2.3 Escenario Meteorológico.

En escenarios meteorológicos tenemos dos opciones las cuales son la dirección del viento y el escenario en si de la modelación.

- Dirección de viento

Seleccionamos la dirección del viento con las ocho pestañas visibles en la venta, de acuerdo a la dirección del viento en el momento, sur oeste, para que la simulación se aproxime más a la realidad.

Gráfico No. 55: Dirección del viento en el momento de la simulación



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

- **Escenario**

Al abrir esta pantalla, el sistema nos presenta por omisión un primer escenario meteorológico, este escenario contiene valores predeterminados. En el mismo escenario podemos calcular la estabilidad y la rugosidad del mismo.

En esta ventana se ingresan los datos predeterminados de la temperatura, velocidad del viento y humedad relativa promedio de la ciudad de Ambato los cuales son 15 °C, 0,83 m/s y 72 % respectivamente.

Gráfico No. 56: Datos del escenario meteorológico

The screenshot shows a software window titled "Escenarios Meteorológicos". On the left, there is a sidebar with a "Viento" icon and a selected "Escenario 1" icon. The main area contains the following fields and controls:

- Nombre: Dique TA-04 Y TA-07
- Estabilidad: Pasquill C (Ligeramente Inestab) with a "Calcular" button.
- Temperatura Ambiente: 15 °C
- Altura del anemómetro: 10 m
- Velocidad del viento: 0,83 m/s with a red "Color" indicator.
- Presión ambiental: 1 atm
- Humedad relativa: 72 %
- Inverso de Monin-Obukhov: 0 m
- Rugosidad del terreno: 1 m with a "Calcular" button.

At the bottom, there are buttons for "Agregar/Eliminar Escenarios" (with plus and minus icons), "Aceptar", and "Cancelar".

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

➤ **Estabilidad**

Se describe la estabilidad atmosférica utilizando el esquema de estabilidad de Pasquill- Gifford, en el cual se establece si es de día o de noche, altura de base de las nubes, cubierta de las nubes y ángulo de elevación solar.

Gráfico No. 57: Estabilidad de Pasquill para el escenario meteorológico

Calcular clase de estabilidad de Pasquill

Selecciones: Día Noche

Referencia: EPA-454/R-99-005

Velocidad del viento: 0,83 m/s

Altura de base de las nubes: Menor a 2134 m (7000 ft)

Cubierta de nubes: Ligera (4/10 o menor)

Ángulo de elevación solar: Menor a 15 grados

Radiación solar: Débil Neta: Débil

Clase C (Ligeramente Inestable)

Aceptar Cancelar

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

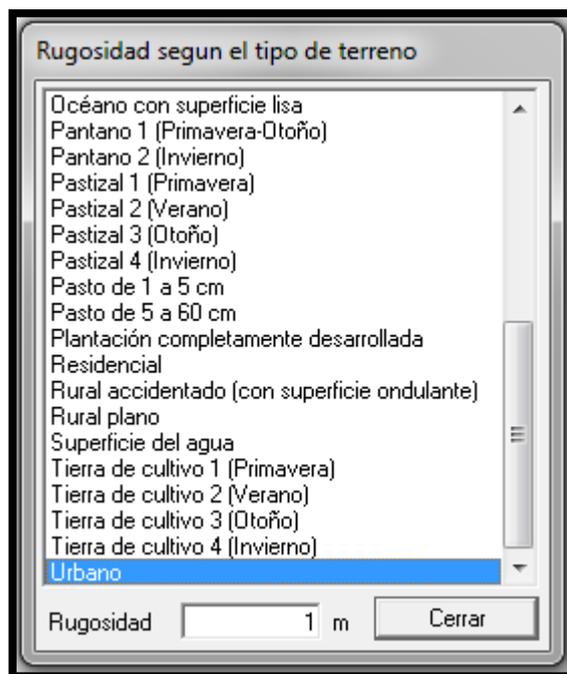
Dando como resultado una clase C ligeramente inestable.

➤ **Rugosidad**

Es atribuida a un conjunto de obstáculos, que producirán un efecto sobre la velocidad del viento.

Considerando el lugar de ubicación del Terminal de Productos Limpios Ambato se opta por la opción urbano, dando como resultado una rugosidad de 1m.

Gráfico No. 58: Rugosidad del terreno



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.2.4 Distancias de interés.

Se selecciona las celdas de la columna activa las mismas que se editan para sustituir los valores por omisión por los siguientes: 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20, 30, 40 65, de acuerdo las distancias que se desea realizar la simulación, el ultimo valor de la distancia es considerada a la que se puede encontrar un receptor (trabajador) del centro del punto de ignición a nivel del piso.

Gráfico No. 59: Distancias de interés

BLEVE	POOL FIRE	JET FIRE
5	3	1
10	4	2
15	5	3
20	6	4
30	8	5
40	10	6
70	20	7
100	30	8
150	40	9
200	65	10

Aceptar Cancelar

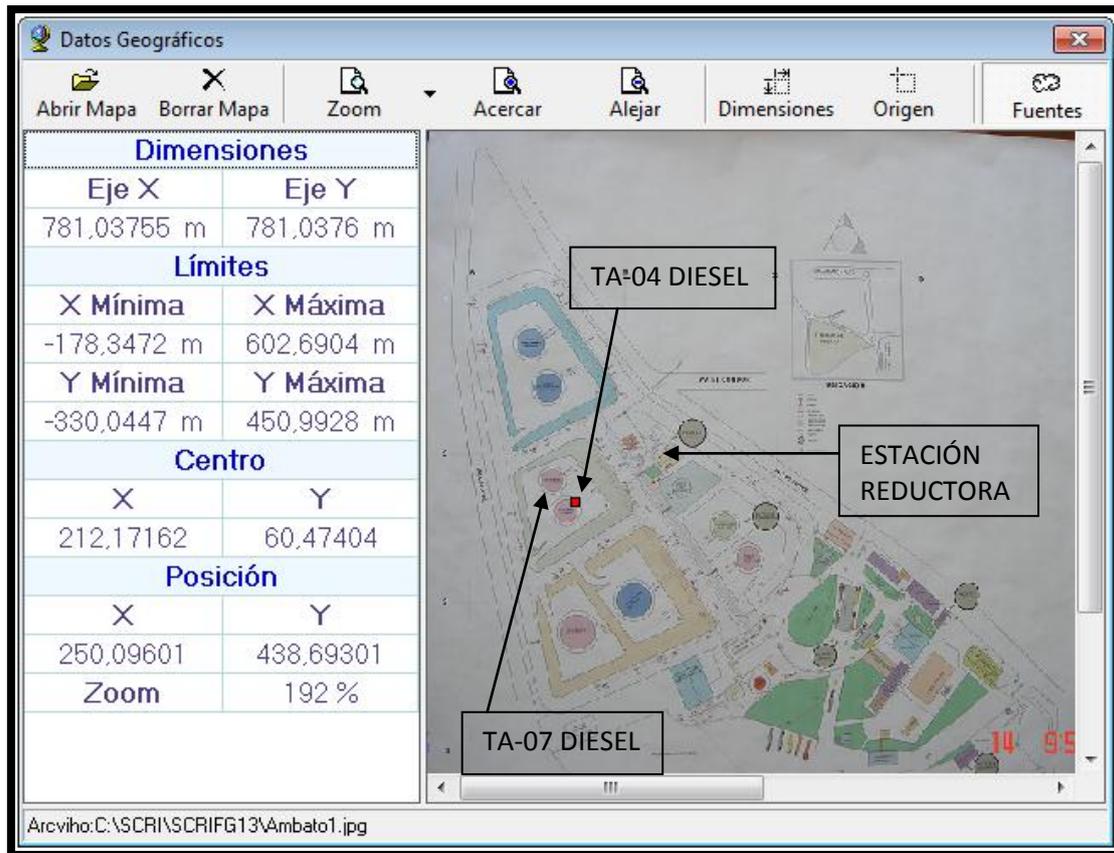
Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.2.5 Selección de área.

El sistema nos permite introducir un plano o imagen sobre el cual se proyectan las graficas de afectación, o radios de afectación resultantes de la simulación de Pool Fire (Fuego en un Derrame). Para lo cual ingresamos la imagen del plano del Terminal de Productos Limpios Ambato y selecciono el área de simulación que es el tanque-04 de Diesel.

Gráfico No. 60: Selección del área a ser simulada



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

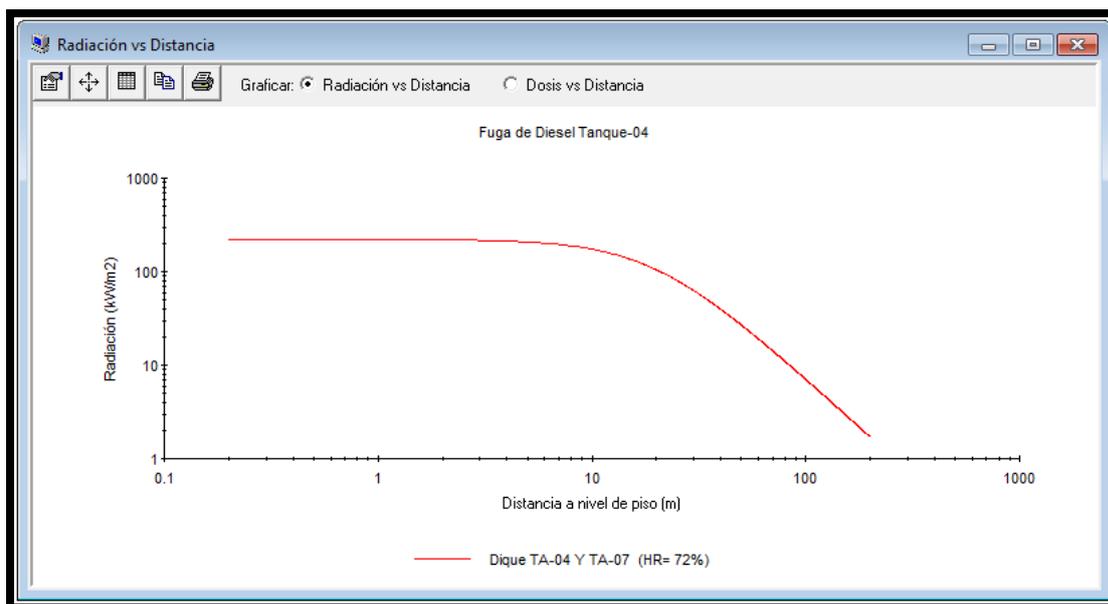
5.1.2.6 Resultados.

Una vez que se han ingresado todos los datos en el sistema, es posible realizar la ejecución del modelo para conocer sus resultados.

En los resultados nos presenta la primera gráfica de radiación contra distancia, lo valores que se utiliza para la gráfica el eje X, mínimo 0,1 y máximo 1000 y en el eje Y mínimo 1 y máximo 1000.

Con estos límites da como resultado una radiación de 200 Kw/m² a una distancia de 0,1 m, esto quiere decir en el centro del incendio, la misma que se mantiene hasta una distancia de 10 m.

Gráfico No. 61: Radiación contra distancias al área de la simulación



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

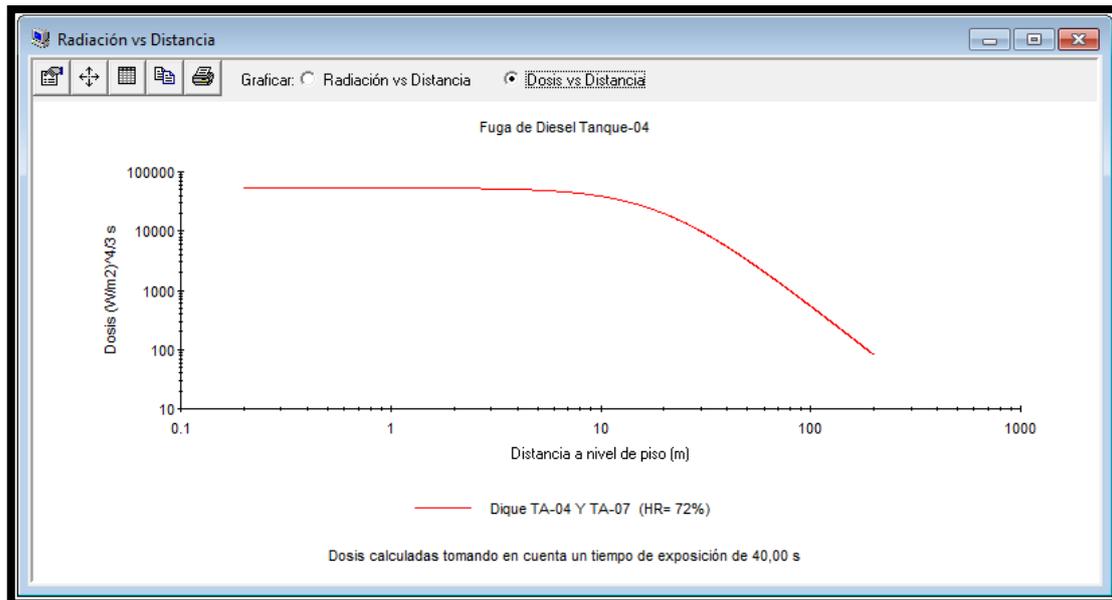
Elaborado por: Cristian Chuquín

El gráfico No. 60 da como resultado hasta una distancia de 200m del incendio el receptor puede recibir una radiación térmica de 5 kw/m^2 a nivel del piso. A una distancia de 10m se mantiene una radiación constante de 200 kw/m^2 , pudiendo recibir el receptor esta cantidad de radiación si no se aleja del incendio, con una humedad relativa

El gráfico No. 62 muestra la curva de dosis contra radiación usando como límites en el eje X mínimo 0,1; máximo 1000 y en el eje Y 10 mínimo y 100000 $(\text{w/m}^2)^{\wedge 4/3}$ s respectivamente.

Desde una distancia de 0,1 hasta 10m presenta una dosis $40000 (\text{w/m}^2)^{\wedge 4/3}$, desde los 10m en adelante la dosis de radiación comienza a disminuir paulatinamente hasta una dosis de $100 (\text{w/m}^2)^{\wedge 4/3}$ a una distancia de 200m de la fuente puntual del incendio a nivel del piso.

Gráfico No. 62: Radiación contra distancia en el área de simulación



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

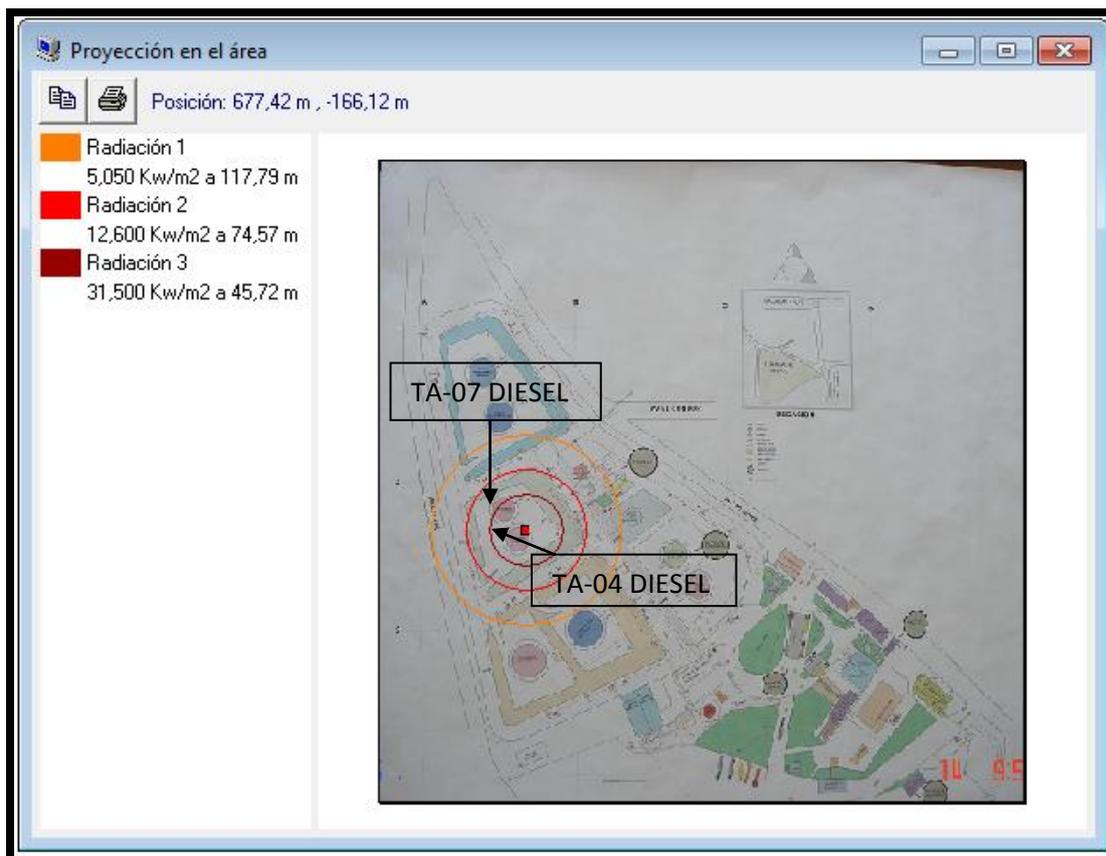
En el gráfico No. 63 se refleja la proyección de la radiación en el plano del Terminal de Productos Limpios Ambato en dimensiones reales, en el cual se puede observar de mejor manera los radios de alcance de la radiación térmica que se expresa en círculos concéntricos, con eje en el foco del incendio. La simulación permite trazar 3 círculos sobre el Terminal, denominados:

- Zona de riesgo máximo, muestra una radiación térmica $31,50 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 45,72 m, donde la destrucción es prácticamente total.
- Zona de intervención, la cual da una radiación térmica de $12,60 \text{ kw/m}^2$ a una distancia 74,17 m, donde sólo pueden permanecer personal equipado.
- Zona de alerta, con un nivel de radiación de $5,05 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 117,79 m, límite máximo al que pueden acercarse personas sin equipo especial.

Pudiéndose generar el efecto dominó en el Tanque-07 Diesel o receptor que contiene $1533,42 \text{ m}^3$ en su nivel operativo provocado por el incremento de

temperatura en el material del tanque debilitando la resistencia mecánica del mismo originado un nuevo charco, por la cercanía al Tanque-04 Diesel origen del primer incendio. Del mismo modo puede ocasionar daños en la estación reductora por la cercanía al tanque-04, debido al nivel de radiación emitido por el incendio.

Gráfico No. 63: Proyección de la radiación sobre el TA-04

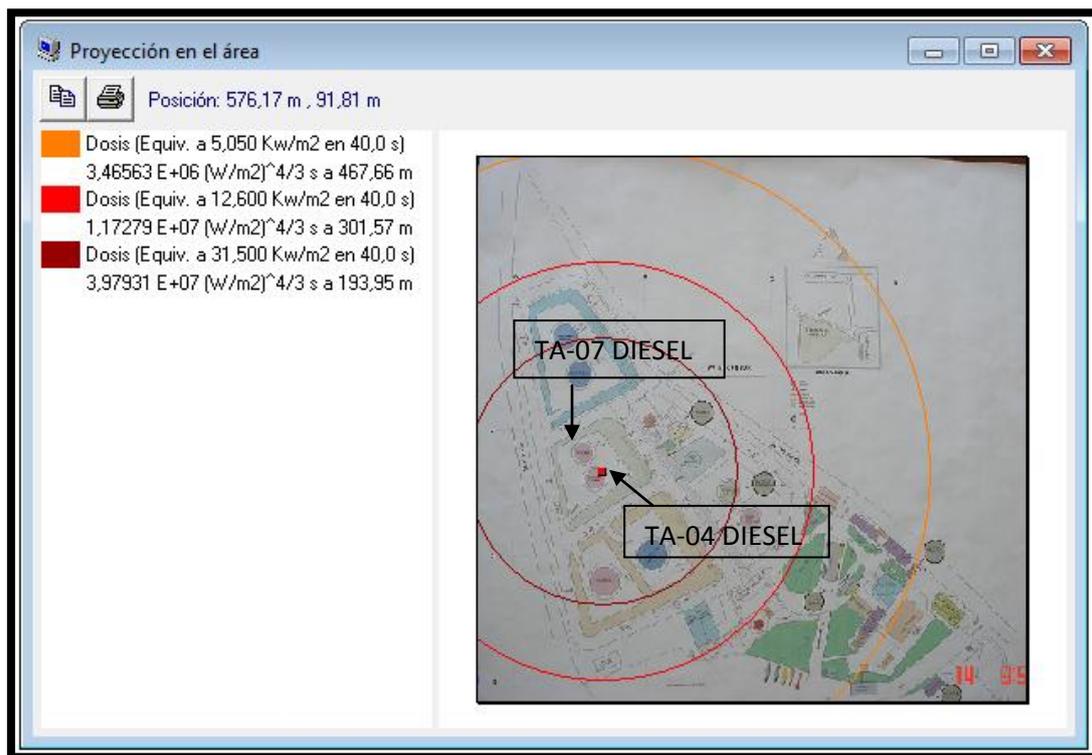


Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3
Elaborado por: Cristian Chuquín

En el gráfico No. 64 refleja la proyección de la dosis en el plano del Terminal de Productos Limpios Ambato en dimensiones reales, en el cual se puede observar de mejor manera los radios alcance de la dosis térmica que se expresa en círculos concéntricos, con eje en el foco del incendio. La simulación permite trazar 3 círculos sobre el Terminal, denominados:

- Zona de riesgo máximo, muestra una dosis térmica $31,50 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 193,95 m, donde al instante se presenta el dolor severo y quemaduras de segundo grado.
- Zona de intervención, la cual da una radiación térmica de $12,60 \text{ kw/m}^2$ a una distancia 301,57 m, con un tiempo de exposición de 4 s para el dolor severo y a los 11 s puede el receptor tener quemaduras de segundo grado.
- Zona de alerta, con un nivel de radiación de $5,05 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 467,66 m límite máximo, al que pueden presentar quemaduras de segundo grado, con un tiempo de 13 s para el dolor severo.

Gráfico No. 64: Proyección de la radiación sobre el TA-04



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3
Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.2.6.1 Reporte de la simulación de Diesel en el Tanqu-04.

En esta ventana se muestran los datos de entrada y resultados del modelo, organizados en forma tabular, en primer lugar la radiación calculada a las distancias específicas y/o de interés, seguido por los datos de los niveles de radiación a nivel del piso, así como las dosis equivalentes según los tiempos de exposición y duración del fuego.

Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)

TÍTULO DEL MODELO			
Fuga de Diesel Tanque-04			
DESCRIPCIÓN			
Una emisión de gasolina escapa de una fuga de una tubería con un flujo volumétrico de 0.6 m ³ /s. Un dique cuadrado de 50 por 47 m contiene el derrame. Si el líquido se incendia, estime el flujo térmico del receptor a 50m de la orilla del dique. (Esto es a 65 m a nivel de piso del centro del dique).			
Considere un tanque 1542,13 m ³ en su nivel operativo, con el flujo volumétrico de 0.6 m ³ /seg y calcule las distancias en que un receptor se expone a una dosis de 5 kw/m ² por 40 segundos. Esto da una duración de la fuga de 1800 segundos. Considerando una temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad promedio de 15 °C, 72 % y 0,83 m/s respectivamente de la ciudad de Ambato.			
DATOS DE LA SUSTANCIA			
Nombre	COMBUSTIBLES DIESEL	No. CAS	68334-30-5
PARÁMETROS DE ENTRADA			
Calor de combustión			39700,00 kJ/kg
Tasa de combustión			0,035 kg/m ² s
Fracción de energía radiada			0,4
Temperatura ambiente			288,2 K (15,0 °C)
Humedad relativa			72,0 %
CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO			
Longitud del área			50,00 m
Ancho del área			47,00 m
Área del derrame			2350,00 m ²
Altura de la base del fuego			0,00 m
Tasa de combustión total			82,25 kg/s
Altura de flama			39,11 m
RADIACIÓN CALCULADA A DISTANCIAS ESPECÍFICAS			
Distancia a nivel de piso (m)	Distancia a fuente puntual (m)	Transmisividad	Radiación (kW/m ²)
3,00	19,78	0,81	216,09
4,00	19,96	0,81	212,12
5,00	20,18	0,81	207,23
6,00	20,45	0,81	201,54
8,00	21,13	0,81	188,34
10,00	21,96	0,81	173,68
20,00	27,97	0,79	104,78
30,00	35,81	0,77	62,52
40,00	44,52	0,76	39,66
65,00	67,88	0,73	16,43
DISTANCIA CALCULADA A NIVEL DE PISO DE NIVELES DE RADIACIÓN ESPECÍFICOS			
Radiación (kW/m ²)	Distancia (m)	Dosis (W/m ²) ^{4/3} s tiempo de exposición= 40,0s	Dosis (W/m ²) ^{4/3} s tiempo de duración= 1800,0 s
5,05	117,79	3,466 E+06	1,560 E+08
12,60	74,57	1,173 E+07	5,278 E+08
31,50	45,72	3,979 E+07	1,791 E+09
DISTANCIA CALCULADA A NIVEL DE PISO DE DOSIS DE RADIACIÓN ESPECÍFICAS			
Dosis (W/m ²) ^{4/3}	Distancia (m)		
3,466 E+06	467,66		
1,173 E+07	301,57		
3,979 E+07	193,95		

5.1.3 FUEGO EN UN DERRAME-GASOLINA, EN ISLAS DE CARGA PRINCIPAL.

Para la simulación de modelo de fuego en derrames es necesario ingresar los siguientes datos en el sistema.

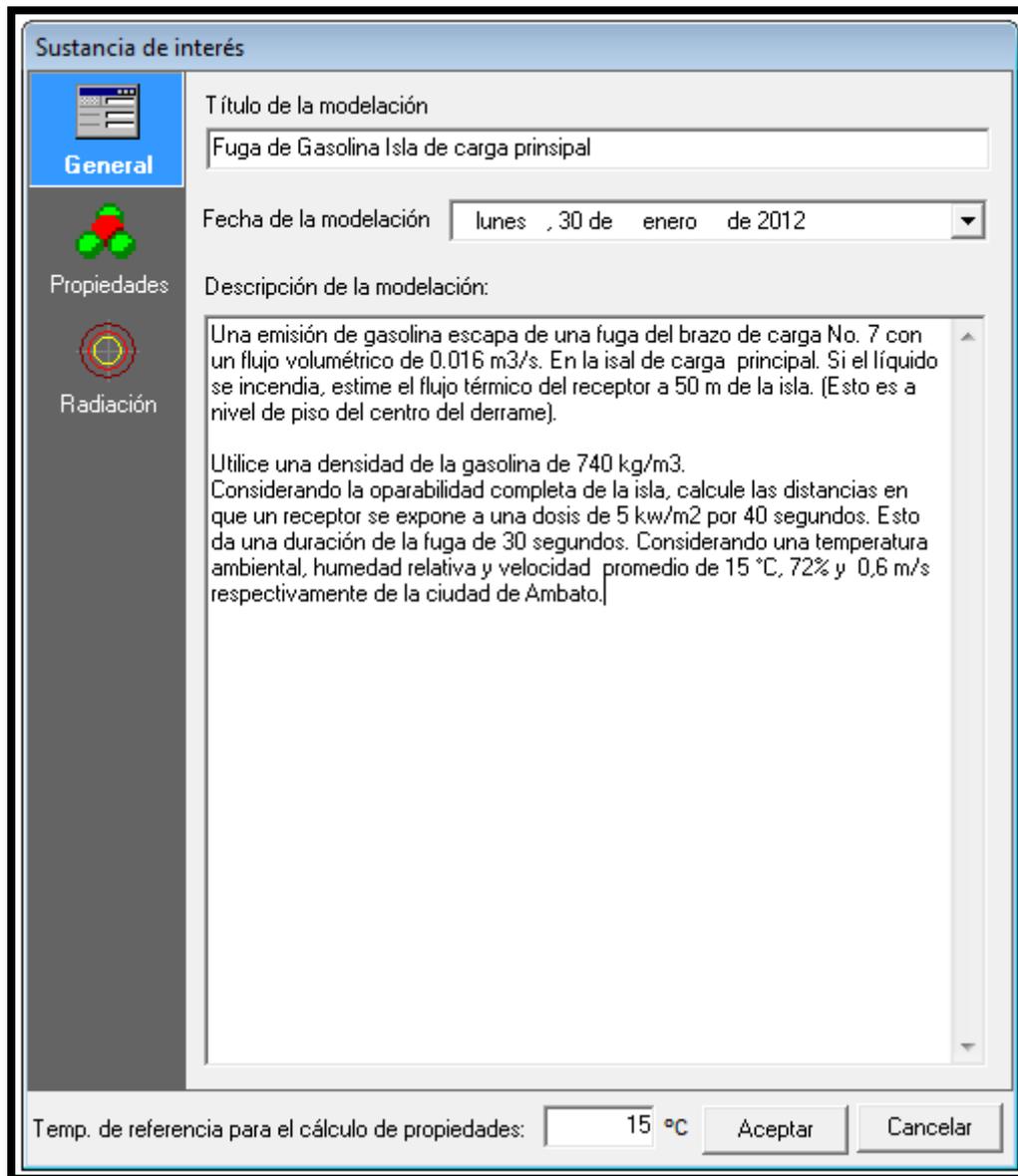
5.1.3.1 Datos de la sustancia.

Para ingresar los datos de la sustancia se ha dividido en tres ventanas principales como son: general, propiedades y radiación.

General

En esta ventana del programa se ingresa el título, fecha y la descripción del evento a modelar en los campos correspondientes. En la parte inferior de la pantalla se muestra el campo de la temperatura de referencia, como lo indica el modelo, el valor de la temperatura ambiente promedio de la ciudad de Ambato es de 15°C, dado por la siguiente dirección de internet (http://www.soludevt.com/site/index.php?option=com_content&view=article&id=90:ambato&catid=73:sierra&Itemid=417) por lo tanto esta será la temperatura de referencia para nuestro cálculos.

Gráfico No. 65: Redacción de la simulación de la gasolina en la isla de carga principal.



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

Propiedades

En esta ventana se busca la sustancia para la simulación, en este caso el hidrocarburo GASOLINA, generándose de esta manera los datos correspondientes al hidrocarburo mismo que son necesarios en esta simulación. Siempre tomado la temperatura de referencia de 15 °C.

Gráfico No. 66: Propiedades

Sustancia de interés	
General	Buscar: <input type="text" value="GASOLINA"/>
	Número CAS: <input type="text" value="8006-61-9"/>
Propiedades	Nombre en español: <input type="text" value="GASOLINA"/>
	Nombre en inglés: <input type="text" value="GASOLINE"/>
	Otros sinónimos: <input type="text"/>
Radiación	
	Peso Molecular (WMS): <input type="text" value="0"/> kg / kmol
	Cap calorífica del vapor a presión cte. (CPS): <input type="text" value="0,0"/> J/kg- K
	Temperatura de ebullición (TBP): <input type="text" value="0"/> K
	Calor de vaporización a TBP (DHE): <input type="text" value="0,0"/> J/kg
	Capacidad calorífica del líquido (CPSL): <input type="text" value="0,0"/> J/kg- K
	Densidad de líquido (RHOSL): <input type="text" value="0,0"/> kg/m3
	Cte. de presión de saturación SPB: <input type="text" value="0"/> Pred. = -1.0
	Cte. de presión de saturación SPC: <input type="text" value="0"/> Pred. = 0.0
	Relación de calores específicos (Gamma) : <input type="text" value="0"/>
	Concentración estequiométrica : <input type="text" value="0"/>
	Calor de combustión : <input type="text" value="43700,0"/> kJ/kg
	Tasa de combustión de masa : <input type="text" value="0,055"/> kg/m2 s
Temp. de referencia para el cálculo de propiedades: <input type="text" value="15"/> °C <input type="button" value="Aceptar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>	

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

Radiación

En esta ventana el programa nos presenta los valores por omisión en la tabla de niveles de radiación como son 5,05 kw/m² para un nivel bajo, 12,6 kw/m² para un nivel medio y 31,5 kw/m² para un nivel de radiación alto, estos valores son suficientes para nuestro estudio.

Se introduce los valores del tiempo de exposición de 40s y 1800s duración del fuego equivalentes a 40 segundos y 30 minutos respectivamente.

Gráfico No. 67: Niveles y cantidad de radiación

The screenshot shows a software window titled "Sustancia de interés" with a sidebar menu containing "General", "Propiedades", and "Radiación" (which is selected). The main area contains a table of radiation levels and two input fields for exposure time.

Niveles de Radiación	Cantidad de radiación (kW/m2)	Color
Bajo	5,05	Orange
Medio	12,6	Red
Alto	31,5	Dark Red

Tiempo de duración de la exposición : s
 Tiempo de duración del fuego: s

Los valores de tiempo de exposición y tiempo de duración del fuego se utilizan para calcular las distancias de afectación en base a la dosis equivalente calculada según el tiempo de exposición y el nivel de radiación.

Si se introducen valores de tiempo iguales a cero, el sistema calculará las distancias de afectación considerando únicamente los niveles de radiación definidos en la tabla.

Temp. de referencia para el cálculo de propiedades: °C

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.3.2 Propiedades de la emisión.

En propiedades de emisión se selecciona sin confinamiento, considerando el derrame en la isla de carga principal, para lo cual se ingresa el flujo volumétrico

que es de $0,16 \text{ m}^3/\text{s}$. Así como se selecciona (C4 y Mayores: 0.4) como la máxima fracción de energía total convertida en radiación debido a que es un hidrocarburo.

Gráfico No. 68: Propiedades de la emisión

Parámetros de emisión para el modelo POOLFIRE

Confinamiento

Tanque de almacenamiento o dique circular

Trinchera o dique rectangular

Sin confinamiento

Diámetro del tanque/dique: 0,00 m

Longitud del dique: 0,00 m

Ancho del dique: 0,00 m

Flujo Volumétrico: 0,016 m³/s

Densidad del líquido: 740,00 kg/m³

Diámetro máximo calculado (Estado estable): 16,55578 m

Altura de base de la flama sobre el suelo: 0,00 m

Fracción de la energía total convertida en radiación para hidrocarburos: C5 y Mayores: 0.40 (Valor sugerido: 0.4)

Aceptar Cancelar

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3
Elaborado por: Cristian Chuquín

Nota: Para el fuego en derrame la altura de flama sobre el suelo es igual a cero, dado que se asume que el derrame se encuentra al nivel del piso o suelo.

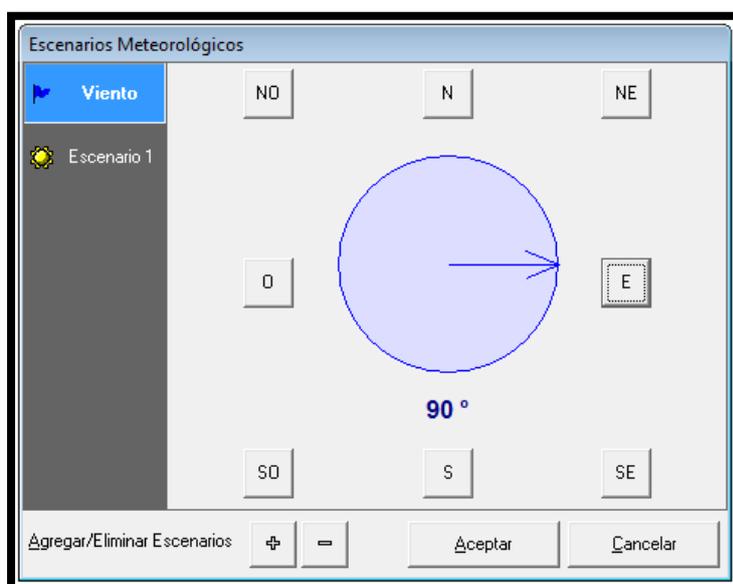
5.1.3.3 Escenario Meteorológico.

En escenarios meteorológicos tenemos dos opciones las cuales son la dirección del viento y el escenario en si de la modelación.

- **Dirección de viento**

Seleccionamos la dirección del viento con las ocho pestañas visibles en la venta, de acuerdo a la dirección del viento en el momento, sur oeste, para que la simulación se aproxime más a la realidad.

Gráfico No. 69: Dirección del viento en el momento de la simulación



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

- **Escenario**

Al abrir esta pantalla, el sistema nos presenta por omisión un primer escenario meteorológico, este escenario contiene valores predeterminados. En el mismo escenario podemos calcular la estabilidad y la rugosidad del mismo del terreno.

En esta ventana se ingresan los datos predeterminados de la temperatura, velocidad del viento y humedad relativa promedio de la ciudad de Ambato los cuales son 15 °C, 0,83 m/s y 72 % respectivamente.

Gráfico No. 70: Datos del escenario meteorológico

The screenshot shows a software window titled "Escenarios Meteorológicos". On the left, there is a sidebar with a "Viento" icon and a selected "Escenario 1" icon. The main area contains the following fields and controls:

- Nombre:** Isla Principal
- Estabilidad:** Pasquill B (Inestable) with a "Calcular" button.
- Temperatura Ambiente:** 15 °C
- Altura del anemómetro:** 10 m
- Velocidad del viento:** 0,6 m/s with a red "Color" indicator.
- Presión ambiental:** 1 atm
- Humedad relativa:** 72 %
- Inverso de Monin-Obukhov:** 0 m
- Rugosidad del terreno:** 1 m with a "Calcular" button.

At the bottom, there are controls for "Agregar/Eliminar Escenarios" (with plus and minus icons), "Aceptar", and "Cancelar".

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

➤ **Estabilidad**

Se describe la estabilidad atmosférica utilizando el esquema de estabilidad de Pasquill- Gifford, en el cual se establece si es de día o de noche, altura de base de las nubes, cubierta de las nubes y ángulo de elevación solar.

Al establecer las condiciones del escenario se considera el estado actual de altura de las nubes menor a 2134 m, cubierta de nubes es ligera y ángulo de elevación solar de 15 grados.

Gráfico No. 71: Estabilidad

Calcular clase de estabilidad de Pasquill

Seleccione : Día Noche Referencia: EPA-454/R-99-005

Velocidad del viento 0,60 m/s

Altura de base de las nubes Menor a 2134 m (7000 ft)

Cubierta de nubes Ligera (4/10 o menor)

Ángulo de elevación solar Menor a 15 grados

Radiación solar Débil Neta: Débil

Clase C (Ligeramente Inestable)

Aceptar Cancelar

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3
Elaborado por: Cristian Chuquín

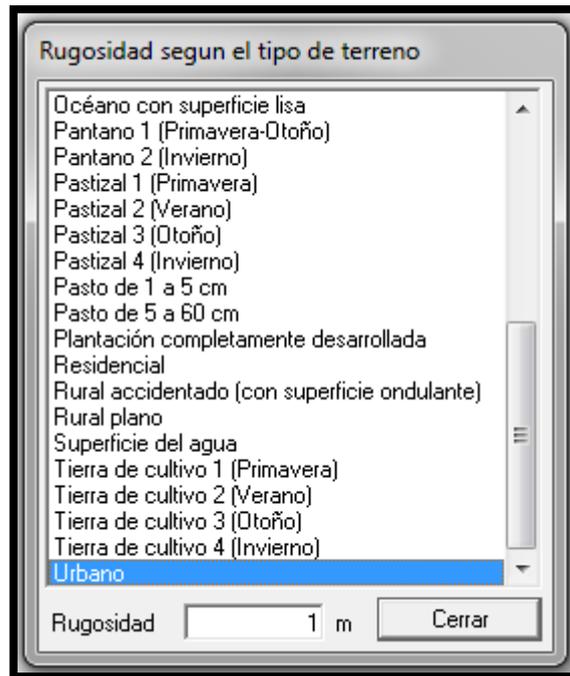
Dandi como resultado CLASE C ligeramente inestable.

➤ **Rugosidad**

Es atribuida a un conjunto de obstáculos, que producirán un efecto sobre la velocidad del viento.

Considerando el lugar de ubicación del Terminal de Productos Limpios Ambato se opta por la opción urbano, dando como resultado una rugosidad de 1m.

Gráfico No. 72: Rugosidad



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3
Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.3.4 Distancias de interés.

Se selecciona las celdas de la columna activa las mismas que se editan para sustituir los valores por omisión por los siguientes: 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20, 30, 40 50, de acuerdo las distancias que se desea realizar la simulación, el ultimo valor de la distancia es considerada a la que se puede encontrar un receptor (trabajador) del centro del punto de ignición a nivel del piso.

Gráfico No. 73: Distancias de interés

BLEVE	POOL FIRE	JET FIRE
5	3	1
10	4	2
15	5	3
20	6	4
30	8	5
40	10	6
70	20	7
100	30	8
150	40	9
200	50	10

Aceptar Cancelar

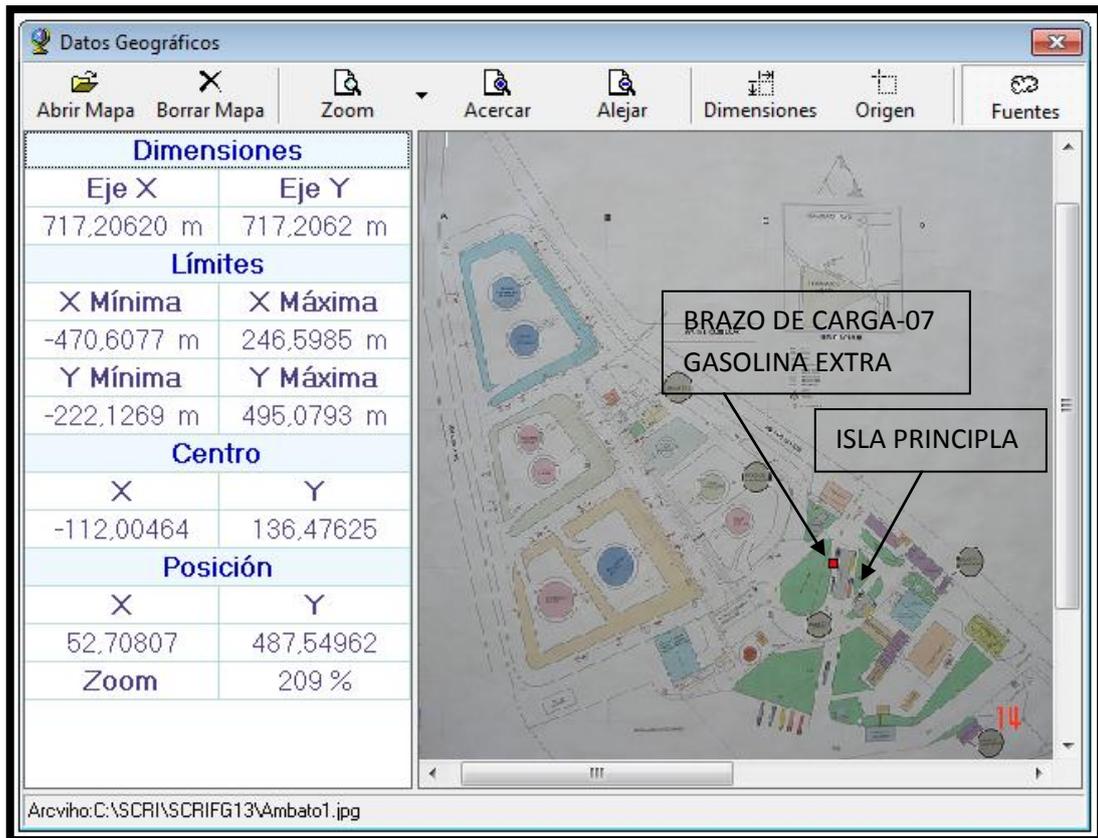
Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.3.5 Selección de área.

El sistema nos permite introducir un plano o imagen sobre el cual se proyectan las graficas de afectación, o radios de afectación resultantes de la simulación de Pool Fire (Fuego en un Derrame). Para lo cual ingresamos la imagen del plano del Terminal de Productos Limpios Ambato y selecciono el área de simulación que es la isla principal u derrame del brazo de carga No. 7 Gasolina Extra.

Gráfico No. 74: Selección del área a ser simulada



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

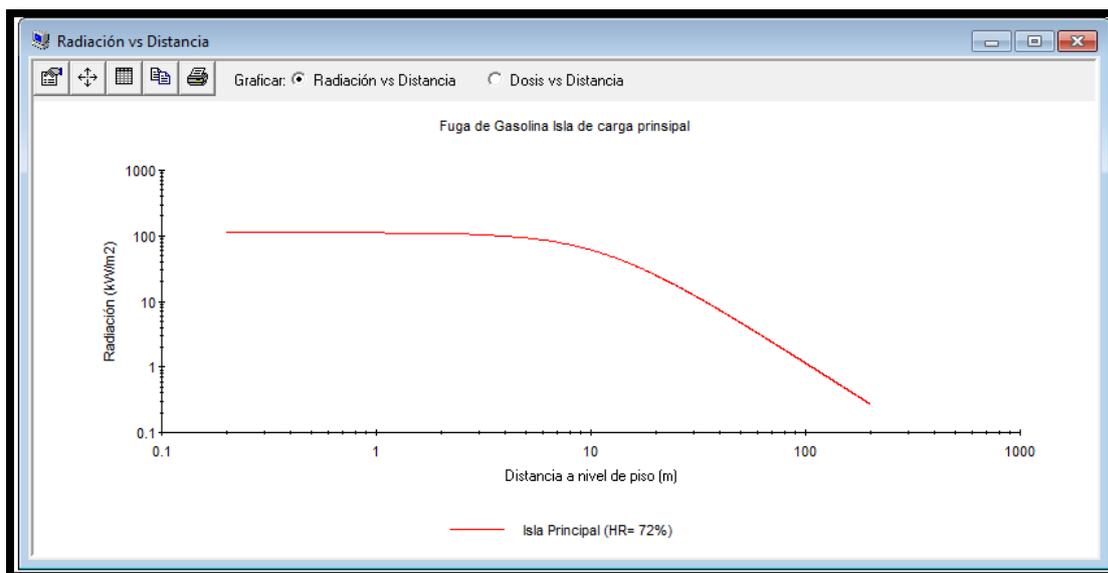
5.1.3.6 Resultados.

Una vez que se han alimentado todos los datos en el sistema, es posible realizar la ejecución del modelo para conocer sus resultados.

En los resultados nos presenta la primera gráfica de radiación contra distancia, lo valores que se utiliza para la gráfica el eje X, mínimo 0,1 y máximo 1000 m y en el eje Y mínimo 0,1 y máximo 1000 Kw/m².

Con estos límites da como resultado una radiación de 100 Kw/m² a una distancia de 0,1 m, esto quiere decir en centro del incendio, la misma radiación se mantiene hasta una distancia de 10 m.

Gráfico No. 75: Radiación contra distancias al área de la simulación



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

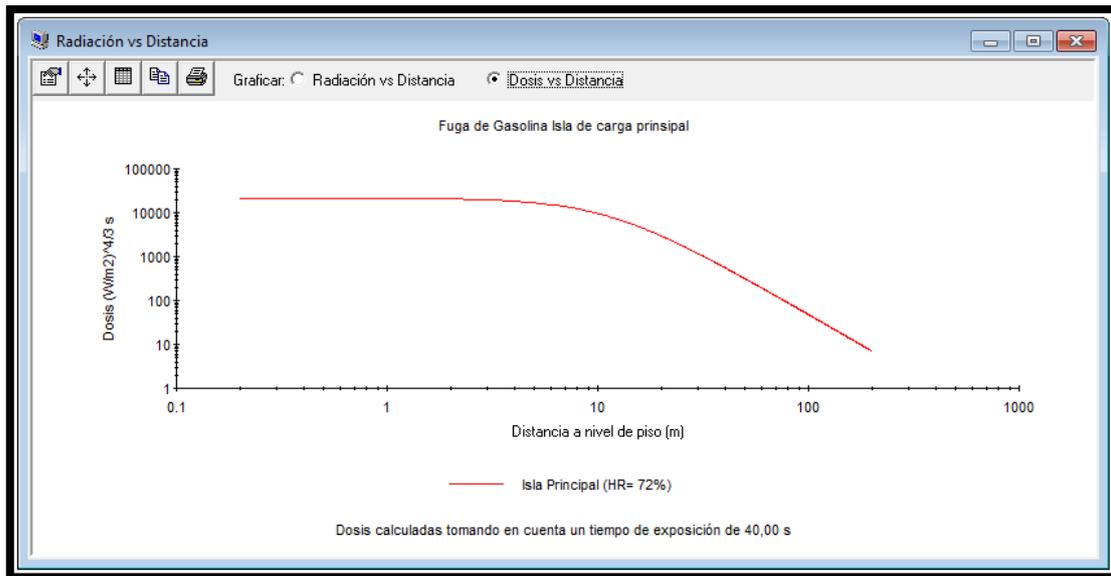
Elaborado por: Cristian Chuquín

Dando como resultado que hasta una distancia de 100m del incendio un receptor puede recibir una radiación de 0,1 kw/m². A una distancia de 10 m del incendio reciben una emisión de calor constante de 100 kw/m² el receptor generando un riesgo de muerte. Todo esto es a nivel del piso y con una humedad relativa de 72%.

El gráfico No. 76 muestra la curva de dosis contra radiación usando como límites en el eje X mínimo 0,1; máximo 1000 y en el eje Y 1 mínimo y 100000 (w/m²)^{^4/3} s respectivamente.

Desde una distancia de 0,1 hasta 10m presenta una dosis 20000 (w/m²)^{^4/3} desde los 10m en adelante la dosis de radiación comienza a disminuir paulatinamente hasta una dosis de 100 (w/m²)^{^4/3} a una distancia de 200m de la fuente puntual del incendio a nivel del piso.

Gráfico No. 76: Dosis contra distancias al área de la simulación



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

En el gráfico No. 77 se refleja la proyección de la radiación en el plano del Terminal de Productos Limpios Ambato en dimensiones reales, en el cual se puede observar de mejor manera los radios alcance de la radiación térmica que se expresa en círculos concéntricos, con eje en el foco del incendio. La simulación permite trazar 3 círculos sobre el Terminal, denominados:

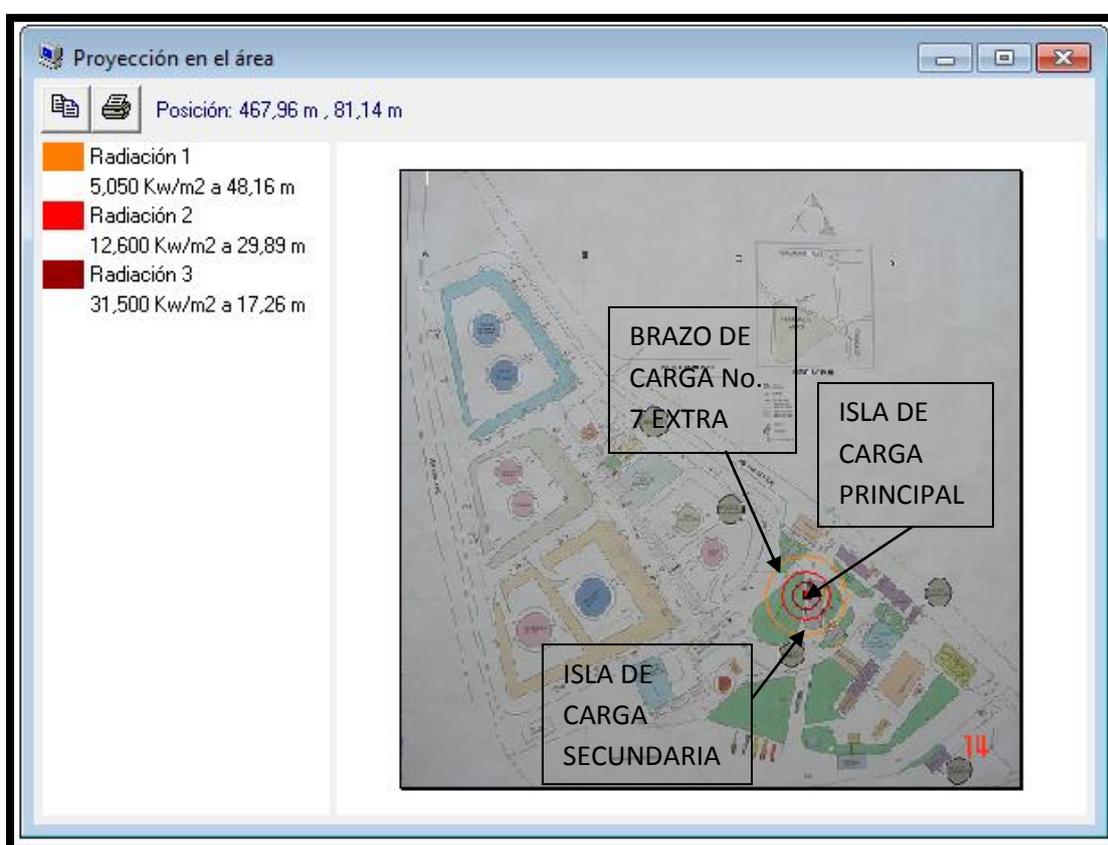
- Zona de riesgo máximo, muestra una radiación térmica $31,50 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 17,26 m, donde la destrucción es prácticamente total.
- Zona de intervención, la cual da una radiación térmica de $12,60 \text{ kw/m}^2$ a una distancia 29,89 m, donde sólo pueden permanecer personal equipado.
- Zona de alerta, con un nivel de radiación de $5,05 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 48,16 m límite máximo al que pueden acercarse personas sin equipo especial.

Pudiéndose generar el efecto dominó en la isla secundaria, generándose un nuevo incendio producto del primero por la cantidad de radiación emitida y la

cercanía, además de que esta isla de carga no cuenta con un sistema contra incendios.

De la misma manera se vería afectadas todas las instalaciones que se encuentran dentro de la zona de acción, ocasionando daños irreversibles.

Gráfico No. 77: Proyección de la radiación sobre Isla de carga brazo de descarga 07 Extra



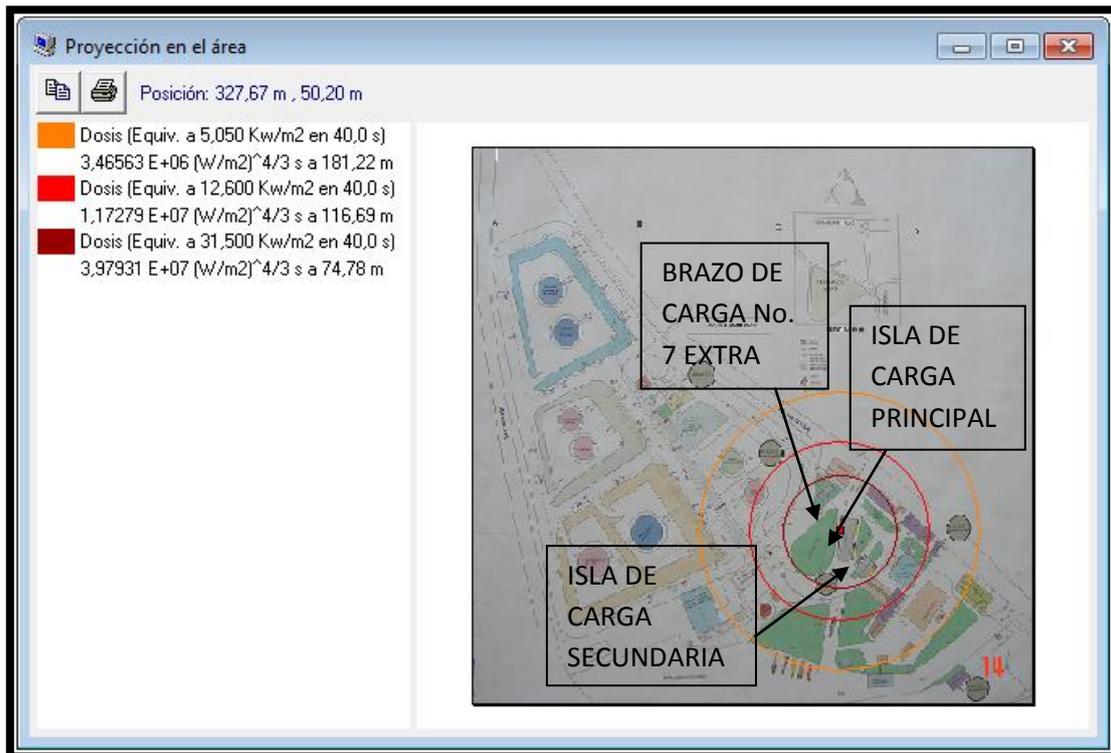
Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

En el gráfico No. 78 refleja la proyección de la dosis en el plano del Terminal de Productos Limpios Ambato en dimensiones reales, en el cual se puede observar de mejor manera los radios alcance de la dosis térmica que se expresa en círculos concéntricos, con eje en el foco del incendio. La simulación permite trazar 3 círculos sobre el Terminal, denominados:

- Zona de riesgo máximo, muestra una dosis térmica $31,50 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de $74,78 \text{ m}$, donde al instante se presenta el dolor severo y quemaduras de segundo grado.
- Zona de intervención, la cual da una radiación térmica de $12,60 \text{ kw/m}^2$ a una distancia $116,19 \text{ m}$, con un tiempo de exposición de 4 s para el dolor severo y a los 11 s puede el receptor tener quemaduras de segundo grado.
- Zona de alerta, con un nivel de radiación de $5,05 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de $181,22 \text{ m}$ límite máximo, al que pueden presentar quemaduras de segundo grado, con un tiempo de 13 s para el dolor severo.

Gráfico No. 78: Proyección de la dosis sobre Isla de carga brazo de descarga No. 07 Extra



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3
Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.3.6.1 Reporte de la simulación de Gasolina en la isla de carga principal.

En esta ventana se muestran los datos de entrada y resultados del modelo, organizados en forma tabular, en primer lugar la radiación calculada a las distancias específicas y/o de interés, seguido por los datos de los niveles de radiación a nivel del piso, así como las dosis equivalentes según los tiempos de exposición y duración del fuego.

Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)			
TÍTULO DEL MODELO			
Fuga de Gasolina Isla de carga principal			
DESCRIPCIÓN			
Una emisión de gasolina escapa de una fuga del brazo de carga No. 7 con un flujo volumétrico de 0.016 m ³ /s. En la isla de carga principal. Si el líquido se incendia, estime el flujo térmico del receptor a 50 m de la isla. (Esto es a nivel de piso del centro del derrame).			
Utilice una densidad de la gasolina de 740 kg/m ³ .			
Considerando la oparabilidad completa de la isla, calcule las distancias en que un receptor se expone a una dosis de 5 kw/m ² por 40 segundos. Esto da una duración de la fuga de 30 segundos. Considerando una temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad promedio de 15 °C, 72% y 0,6 m/s respectivamente de la ciudad de Ambato.			
DATOS DE LA SUSTANCIA			
Nombre	GASOLINA	No. CAS	8006-61-9
PARÁMETROS DE ENTRADA			
Calor de combustión	43700,00 kJ/kg		
Tasa de combustión	0,055 kg/m ² s		
Fracción de energía radiada	0,4		
Temperatura ambiente	288,2 K (15,0 °C)		
Humedad relativa	72,0 %		
CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO			
Flujo volumétrico	0,02 m ³ /s		
Densidad del líquido	740,00 kg/m ³		
Diámetro calculado del área	16,56 m		
Consumo vertical por combustión	0,00 m/s		
Área del derrame	215,27 m ²		
Altura de la base del fuego	0,00 m		
Tasa de combustión total	11,84 kg/s		
Altura de flama	22,45 m		
RADIACIÓN CALCULADA A DISTANCIAS ESPECÍFICAS			
Distancia a nivel de piso (m)	Distancia a fuente puntual (m)	Transmisividad	Radiación (kW/m ²)
3,00	11,62	0,85	104,10
4,00	11,92	0,85	98,75
5,00	12,29	0,85	92,61
6,00	12,73	0,85	86,05
8,00	13,79	0,84	72,85
10,00	15,03	0,83	60,77
20,00	22,94	0,80	25,14
30,00	32,03	0,78	12,51
40,00	41,55	0,76	7,26
50,00	51,24	0,75	4,68
DISTANCIA CALCULADA A NIVEL DE PISO DE NIVELES DE RADIACIÓN ESPECÍFICOS			
Radiación (kW/m ²)	Distancia (m)	Dosis (W/m ²) ^{4/3} s tiempo de exposición= 40,0s	Dosis (W/m ²) ^{4/3} s tiempo de duración= 1500,0 s
5,05	48,16	3,466 E+06	1,300 E+08
12,60	29,89	1,173 E+07	4,398 E+08
31,50	17,26	3,979 E+07	1,492 E+09
DISTANCIA CALCULADA A NIVEL DE PISO DE DOSIS DE RADIACIÓN ESPECÍFICAS			
Dosis (W/m ²) ^{4/3}	Distancia (m)		
3,466 E+06	181,22		
1,173 E+07	116,69		
3,979 E+07	74,78		

5.1.4 FUEGO EN UN DERRAME-DIESEL, EN ISLA DE CARGA SECUNDARIA.

Para la simulación de modelo de fuego en derrames es necesario ingresar los siguientes datos en el sistema.

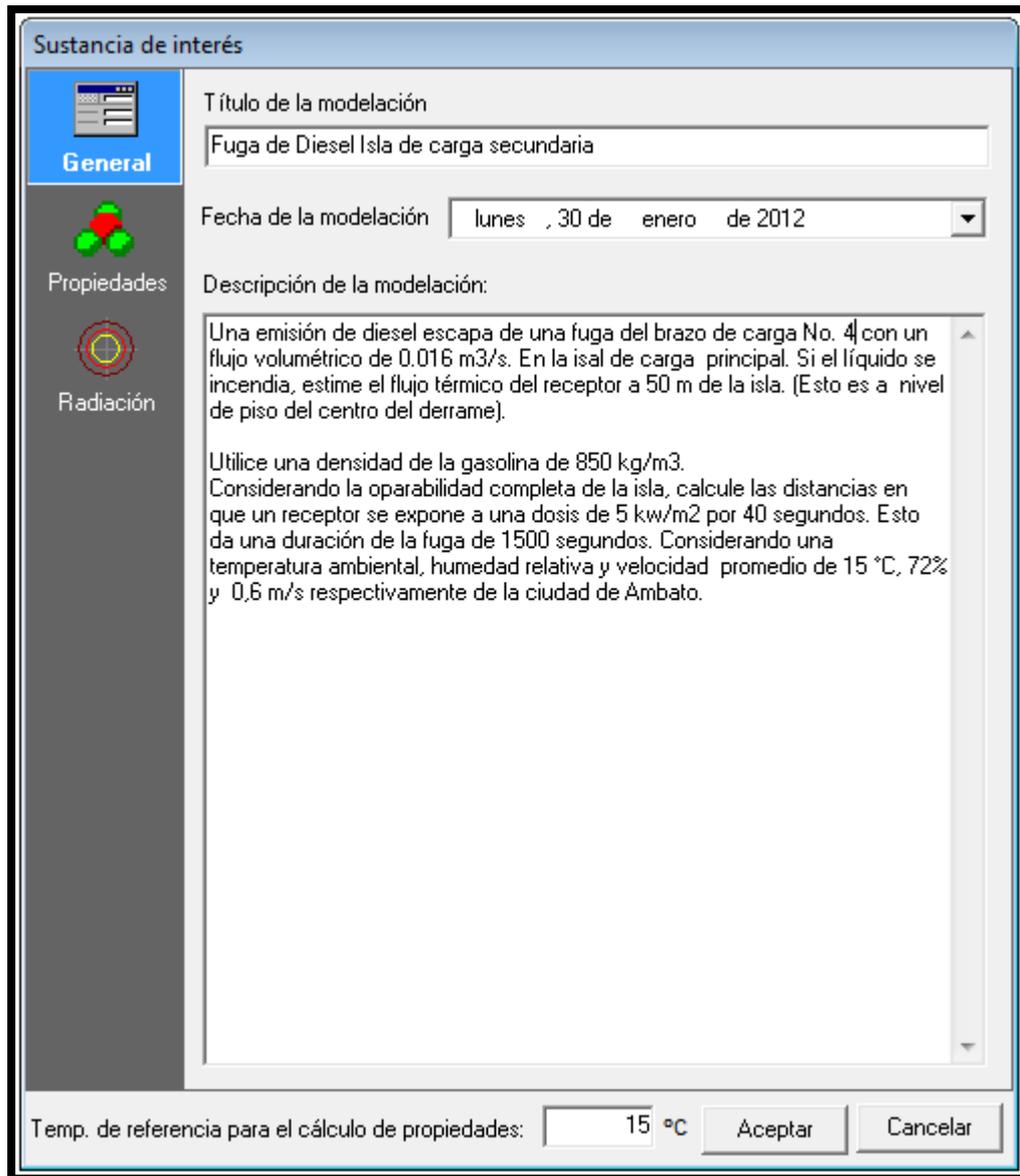
5.1.4.1 Datos de la sustancia.

Para ingresar los datos de la sustancia se ha dividido en tres ventanas principales como son: general, propiedades y radiación.

General

En esta ventana del programa se ingresa el título, fecha y la descripción del evento a modelar en los campos correspondientes. En la parte inferior de la pantalla se muestra el campo de la temperatura de referencia, como lo indica el modelo, el valor de la temperatura ambiente promedio de la ciudad de Ambato es de 15°C, dado por la siguiente dirección de internet (http://www.soludev.t.com/site/index.php?option=com_content&view=article&id=90:ambato&catid=73:sierra&Itemid=417) por lo tanto esta será la temperatura de referencia para nuestro cálculos.

Gráfico No. 79: Redacción de la simulación del diesel



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

Propiedades

En esta ventana se busca la sustancia para la simulación, en este caso el hidrocarburo DIESEL, generándose de esta manera los datos correspondientes al hidrocarburo mismo que son necesarios en esta simulación. Siempre tomado la temperatura de referencia de 15 °C.

Gráfico No. 80: Propiedades del diesel

Sustancia de interés

General

Propiedades

Radiación

Buscar: DIESEL

Número CAS: 68334-30-5

Cargar mezcla

Nombre en español: COMBUSTIBLES DIESEL

Nombre en inglés: DIESEL FUEL

Otros sinónimos: DIESEL

Peso Molecular (WMS):	0	kg / kmol
Cap calorífica del vapor a presión cte. (CPS):	0,0	J/kg- K
Temperatura de ebullición (TBP):	0	K
Calor de vaporización a TBP (DHE):	0,0	J/kg
Capacidad calorífica del líquido (CPSL):	0,0	J/kg- K
Densidad de líquido (RHOSL):	0,0	kg/m3
Cte. de presión de saturación SPB:	0	Pred. = -1.0
Cte. de presión de saturación SPC:	0	Pred. = 0.0
Relación de calores específicos (Gamma) :	0	
Concentración estequiométrica :	0	
Calor de combustión :	39700,0	kJ/kg
Tasa de combustión de masa :	0,035	kg/m2 s

Temp. de referencia para el cálculo de propiedades: 15 °C

Aceptar Cancelar

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3
Elaborado por: Cristian Chuquín

Radiación

En esta ventana el programa nos presenta los valores por omisión en la tabla de niveles de radiación como son 5,05 kw/m² para un nivel bajo, 12,6 kw/m² para un nivel medio y 31,5 kw/m² para un nivel de radiación alto, estos valores son suficientes para nuestro estudio.

Se introduce los valores del tiempo de exposición de 40s y 1800s duración del fuego equivalentes a 40 segundos y 30 minutos respectivamente.

Gráfico No. 81: Niveles y cantidad de radiación

Sustancia de interés

Niveles de Radiación	Cantidad de radiación (kW/m2)	Color
Bajo	5,05	
Medio	12,6	
Alto	31,5	

General
 Propiedades
 Radiación

Tiempo de duración de la exposición : s
 Tiempo de duración del fuego: s

Los valores de tiempo de exposición y tiempo de duración del fuego se utilizan para calcular las distancias de afectación en base a la dosis equivalente calculada según el tiempo de exposición y el nivel de radiación.

Si se introducen valores de tiempo iguales a cero, el sistema calculará las distancias de afectación considerando únicamente los niveles de radiación definidos en la tabla.

Temp. de referencia para el cálculo de propiedades: °C

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.4.2 Propiedades de la emisión

En propiedades de emisión se selecciona sin confinamiento ya que es en la isla de carga secundaria, así mismo la densidad del líquido de 850 kg/m^3 y el flujo

volumétrico de 0,016 m³/s. Así como se selecciona (C4 y Mayores: 0.4) como la máxima fracción de energía total convertida en radiación debido a que es un hidrocarburo.

Gráfico No. 82: Parámetros de la emisión

Parámetros de emisión para el modelo POOLFIRE

Confinamiento

- Tanque de almacenamiento o dique circular
- Trinchera o dique rectangular
- Sin confinamiento

Diámetro del tanque/dique: 0,00 m

Longitud del dique: 70,00 m

Ancho del dique: 70,00 m

Flujo Volumétrico: 0,016 m³/s

Densidad del líquido: 850,00 kg/m³

Diámetro máximo calculado (Estado estable): 22,24285 m

Altura de base de la flama sobre el suelo: 0,00 m

Fracción de la energía total convertida en radiación para hidrocarburos: C5 y Mayores: 0.40 (Valor sugerido: 0.4)

Aceptar Cancelar

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

Nota: Para el fuego en derrame la altura de flama sobre el suelo es igual a cero, dado que se asume que el derrame se encuentra al nivel del piso o suelo.

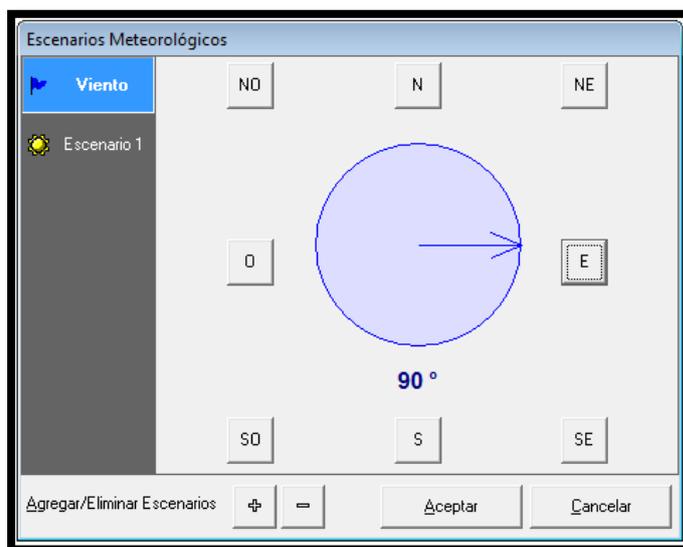
5.1.4.3 Escenario Meteorológico.

En escenarios meteorológicos tenemos dos opciones las cuales son la dirección del viento y el escenario en si de la modelación.

- **Dirección de viento**

Seleccionamos la dirección del viento con las ocho pestañas visibles en la venta, de acuerdo a la dirección del viento en el momento, para que la simulación se aproxime más a la realidad.

Gráfico No. 83: Dirección del viento en el momento de la simulación



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

- **Escenario**

Al abrir esta pantalla, el sistema nos presenta por omisión un primer escenario meteorológico, este escenario contiene valores predeterminados. En el mismo escenario podemos calcular la estabilidad y la rugosidad del mismo del terreno.

En esta ventana se ingresan los datos predeterminados de la temperatura, velocidad del viento y humedad relativa promedio de la ciudad de Ambato los cuales son 15 °C, 0,83 m/s y 72 % respectivamente.

Gráfico No. 84: Datos del escenario meteorológico

Parámetro	Valor	Unidad
Nombre	Isla Principal	
Estabilidad	Pasquill C (Ligeramente Inestable)	
Temperatura Ambiente	15	°C
Altura del anemómetro	10	m
Velocidad del viento	0,83	m/s
Presión ambiental	1	atm
Humedad relativa	72	%
Inverso de Monin-Obukhov	0	m
Rugosidad del terreno	1	m

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

➤ Estabilidad

Se describe la estabilidad atmosférica utilizando el esquema de estabilidad de Pasquill- Gifford, en el cual se establece si es de día o de noche, altura de base de las nubes, cubierta de las nubes y ángulo de elevación solar.

Gráfico No. 85: Estabilidad de Pasquill para el escenario meteorológico

Calcular clase de estabilidad de Pasquill

Seleccione : Día Noche Referencia: EPA-454/R-99-005

Velocidad del viento 1.00 m/s

Altura de base de las nubes Menor a 2134 m (7000 ft)

Cubierta de nubes Moderada (5/10)

Ángulo de elevación solar Mayor a 60 grados

Radiación solar Fuerte Neta: Fuerte

Clase A (Muy Inestable)

Aceptar Cancelar

Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

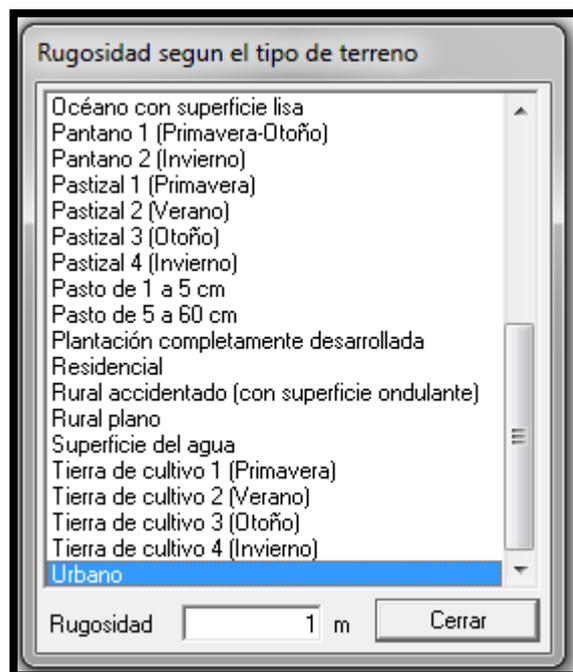
Dando como resultado CLASE A clima muy inestable y una radiación solar fuerte.

➤ Rugosidad

Es atribuida a un conjunto de obstáculos, que producirán un efecto sobre la velocidad del viento.

Considerando el lugar de ubicación del Terminal de Productos Limpios Ambato se opta por la opción urbano, dando como resultado una rugosidad de 1 m.

Gráfico No. 86: Rugosidad del terreno



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.4.4 Distancias de interés.

Se selecciona las celdas de la columna activa las mismas que se editan para sustituir los valores por omisión por los siguientes: 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20, 30, 40 55, de acuerdo las distancias que se desea realizar la simulación, el ultimo valor de la distancia es considerada a la que se puede encontrar un receptor (trabajador) del centro del punto de ignición a nivel del piso.

Gráfico No. 87: Distancias de interés

BLEVE	POOL FIRE	JET FIRE
5	3	1
10	4	2
15	5	3
20	6	4
30	8	5
40	10	6
70	20	7
100	30	8
150	40	9
200	55	10

Acceptar Cancelar

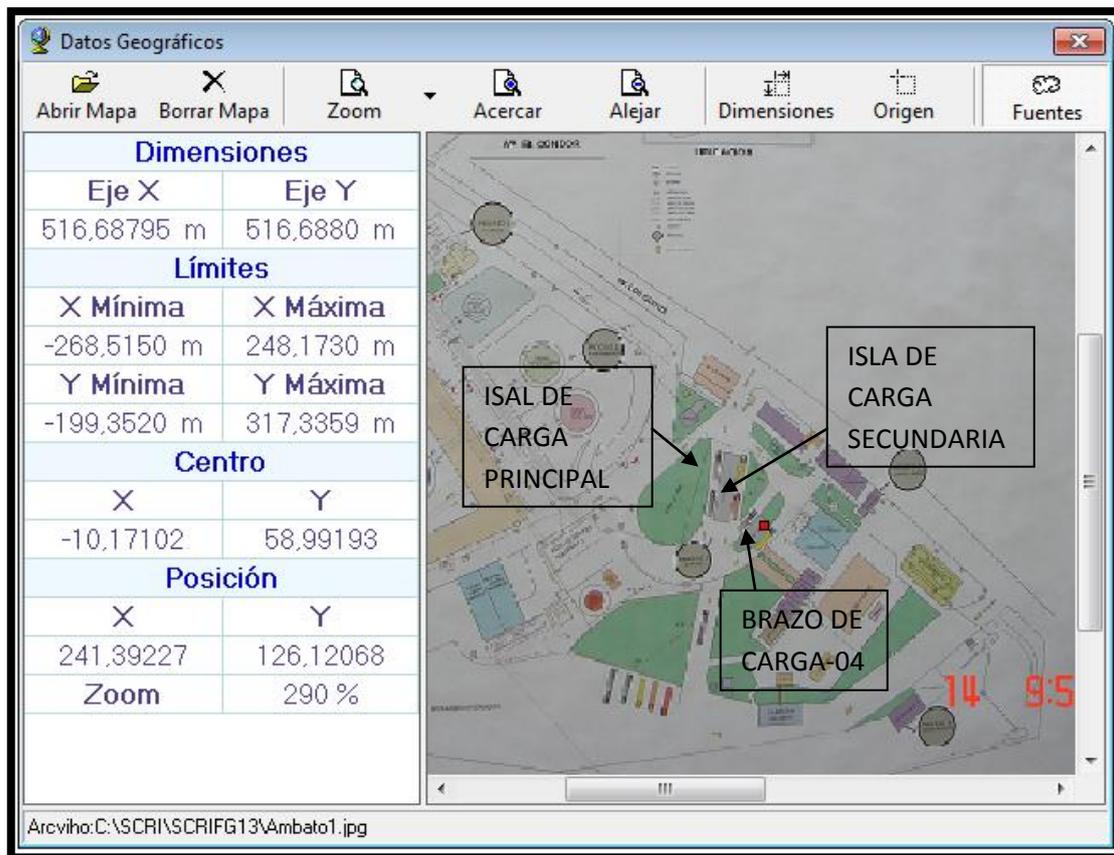
Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.4.5 Selección de área.

El sistema nos permite introducir un plano o imagen sobre el cual se proyectan las graficas de afectación, o radios de afectación resultantes de la simulación de Pool Fire (Fuego en un Derrame). Para lo cual ingresamos la imagen del plano del Terminal de Productos Limpios Ambato y selecciono el área de simulación que es la isla de carga secundaria, brazo de descarga 04 Diesel.

Gráfico No. 88: Selección del área a ser simulada



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

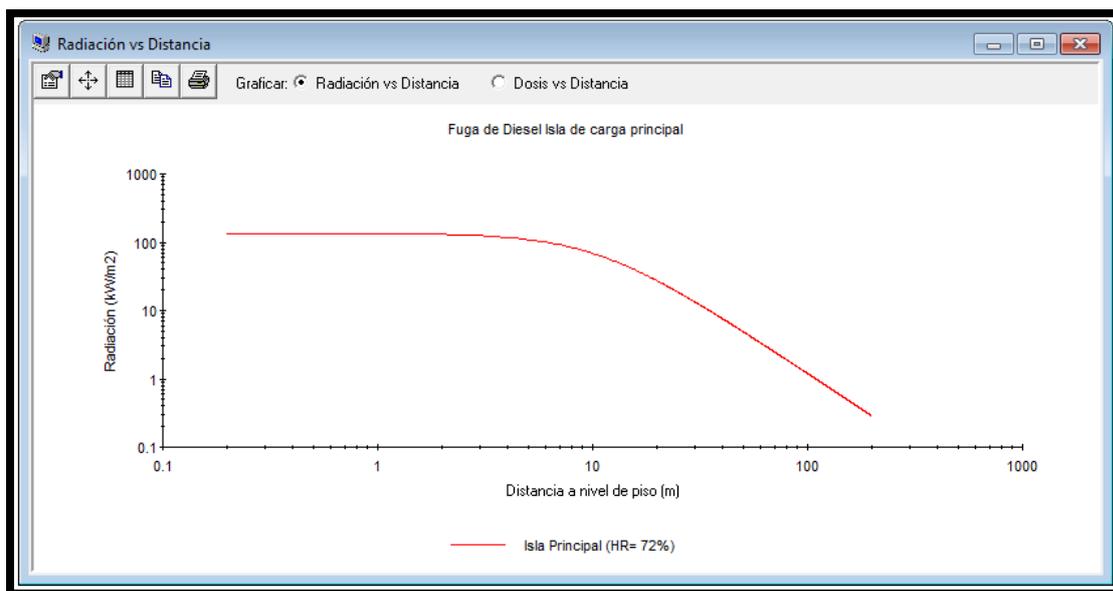
5.1.4.6 Resultados.

Una vez que se han ingresado todos los datos en el sistema, es posible realizar la ejecución del modelo para conocer sus resultados.

En los resultados nos presenta la primera gráfica de radiación contra distancia, lo valores que se utiliza para la gráfica el eje X, mínimo 0,1 y máximo 1000 y en el eje Y mínimo 0,1 y máximo 1000.

Con estos límites da como resultado una radiación de 100 Kw/m² aproximadamente a una distancia de 0,1 m, esto quiere decir en el centro del incendio, la misma que se mantiene hasta una distancia de 10 m.

Gráfico No. 89: Radiación contra distancias al área de la simulación



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

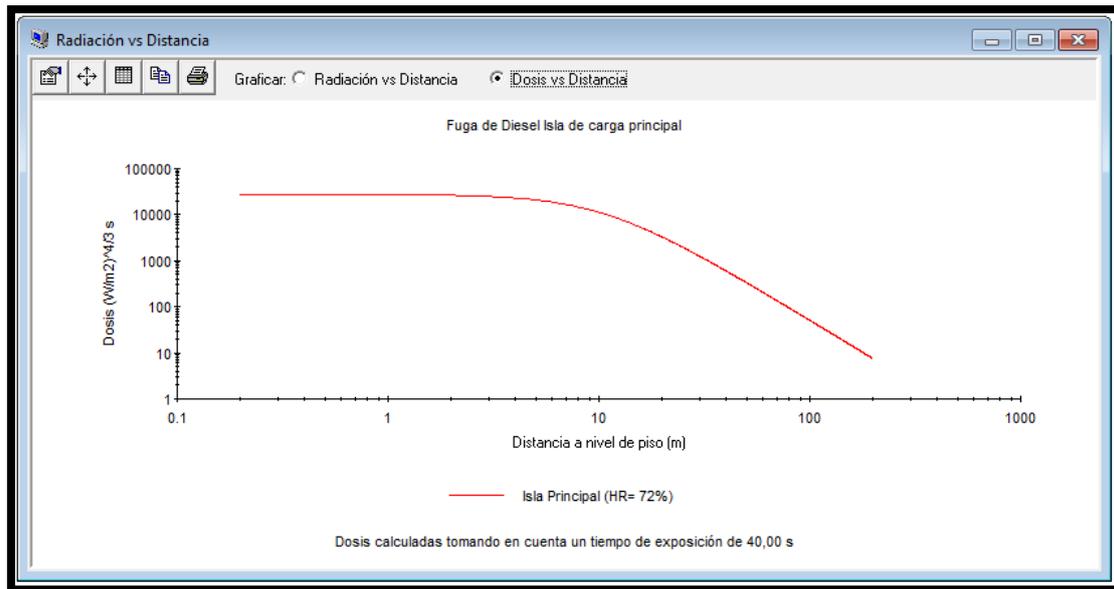
Elaborado por: Cristian Chuquín

Dando como resultado que hasta una distancia 100 m del incendio un receptor puede recibir una radiación de 0,1 kw/m². A una distancia de 10 m del incendio reciben una emisión de radiación constante de 100 kw/m² al receptor generando un riesgo de muerte o quemaduras de tercer grado a esta distancia. Todo esto es a nivel del piso y con una humedad relativa de 72%.

El gráfico No. 90 muestra la curva de dosis contra radiación usando como límites en el eje X mínimo 0,1; máximo 1000 m y en el eje Y 100 mínimo y 100000 (w/m²)^{^4/3}s respectivamente.

Desde una distancia de 0,1 hasta 10m presenta una dosis 20000 (w/m²)^{^4/3} , desde los 10 m en adelante se reduce la dosis paulatinamente hasta 10 (w/m²)^{^4/3} a una distancia de 200 m de la fuente puntual del incendio.

Gráfico No. 90: Dosis contra distancia al área de la simulación



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

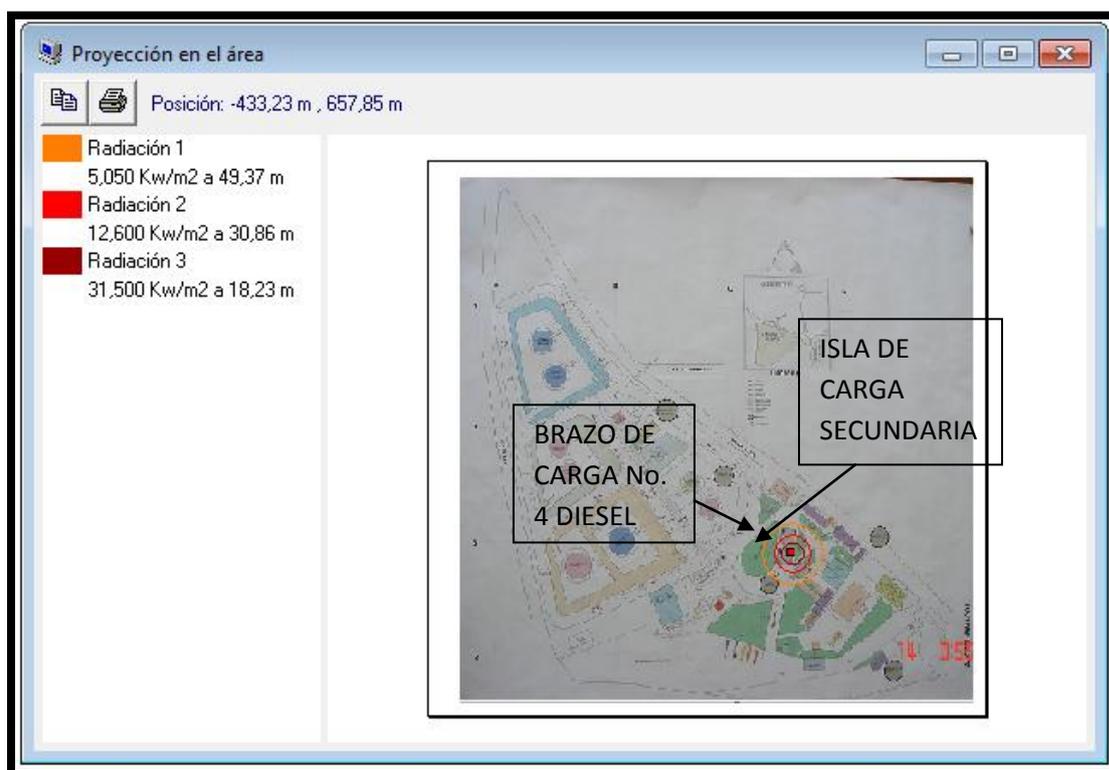
En el gráfico No. 91 se refleja la proyección de la radiación en el plano del Terminal de Productos Limpios Ambato en dimensiones reales, en el cual se puede observar de mejor manera los radios alcance de la radiación térmica que se expresa en círculos concéntricos, con eje en el foco del incendio. La simulación permite trazar 3 círculos sobre el Terminal, denominados:

- Zona de riesgo máximo, muestra una radiación térmica $31,50 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 18,23 m, donde la destrucción es prácticamente total.
- Zona de intervención, la cual da una radiación térmica de $12,60 \text{ kw/m}^2$ a una distancia 30,86 m, donde sólo pueden permanecer personal equipado.
- Zona de alerta, con un nivel de radiación de $5,05 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 49,37 m límite máximo al que pueden acercarse personas sin equipo especial.

La isla secundaria al no contar con un sistema contra incendios propio la destrucción sería mayor, originándose efecto domino en la isla principal ya que es la más cercana y está en operación.

De la misma manera se vería afectadas las instalaciones más cercanas a esta isla por gran cantidad de energía térmica.

Gráfico No. 91: Proyección de la radiación sobre la isla de carga secundaria, brazo No. 4



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

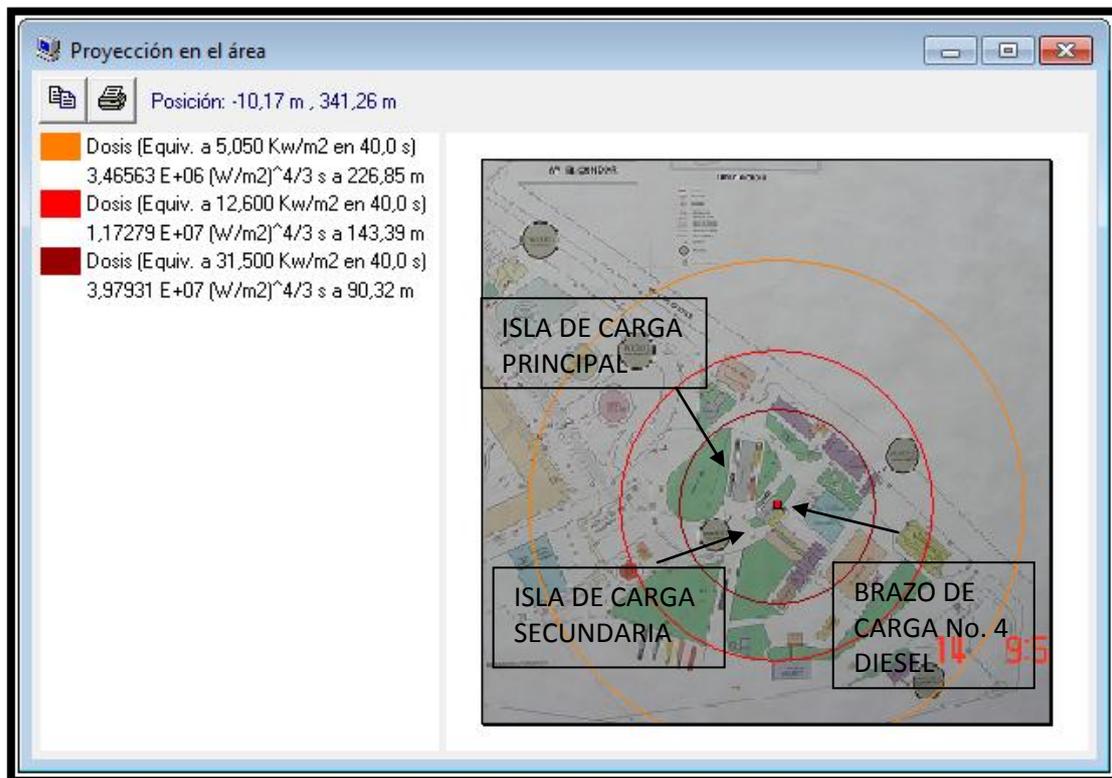
Elaborado por: Cristian Chuquín

En el gráfico No. 92 refleja la proyección de la dosis en el plano del Terminal de Productos Limpios Ambato en dimensiones reales, en el cual se puede observar de mejor manera los radios alcance de la dosis térmica que se expresa en círculos concéntricos, con eje en el foco del incendio. La simulación permite trazar 3 círculos sobre el Terminal, denominados:

- Zona de riesgo máximo, muestra una dosis térmica $31,50 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de 76,46 m, donde al instante se presenta el dolor severo y quemaduras de segundo grado.

- Zona de intervención, la cual da una radiación térmica de $12,60 \text{ kw/m}^2$ a una distancia $119,18 \text{ m}$, con un tiempo de exposición de 4 s para el dolor severo y a los 11 s puede el receptor tener quemaduras de segundo grado.
- Zona de alerta, con un nivel de radiación de $5,05 \text{ kw/m}^2$ a una distancia de $185,01 \text{ m}$ límite máximo, al que pueden presentar quemaduras de segundo grado, con un tiempo de 13 s para el dolor severo.

Gráfico No. 92: Proyección de la dosis sobre la isla de carga secundaria, brazo No. 4



Fuente: Programa SCRI Fuego 1.3

Elaborado por: Cristian Chuquín

5.1.4.6.1 Reporte de la simulación de Diesel en la isla de carga principal.

En esta ventana se muestran los datos de entrada y resultados del modelo, organizados en forma tabular, en primer lugar la radiación calculada a las distancias específicas y/o de interés, seguido por los datos de los niveles de

radiación a nivel del piso, así como las dosis equivalentes según los tiempos de exposición y duración del fuego

Modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (POOLFIRE)

TÍTULO DEL MODELO			
Fuga de Diesel Isla de carga principal			
DESCRIPCIÓN			
Una emisión de diesel escapa de una fuga del brazo de carga No. 6 con un flujo volumétrico de 0.016 m ³ /s. En la isla de carga principal. Si el líquido se incendia, estime el flujo térmico del receptor a 50 m de la isla. (Esto es a nivel de piso del centro del derrame).			
Utilice una densidad de la gasolina de 850 kg/m ³ . Considerando la oparabilidad completa de la isla, calcule las distancias en que un receptor se expone a una dosis de 5 kw/m ² por 40 segundos. Esto da una duración de la fuga de 1500 segundos. Considerando una temperatura ambiental, humedad relativa y velocidad promedio de 15 °C, 72% y 0,6 m/s respectivamente de la ciudad de Ambato.			
DATOS DE LA SUSTANCIA			
Nombre	COMBUSTIBLES DIESEL	No. CAS	68334-30-5
PARÁMETROS DE ENTRADA			
Calor de combustión			39700,00 kJ/kg
Tasa de combustión			0,035 kg/m ² s
Fracción de energía radiada			0,4
Temperatura ambiente			288,2 K (15,0 °C)
Humedad relativa			72,0 %
CARACTERÍSTICAS DEL FUEGO			
Flujo volumétrico			0,02 m ³ /s
Densidad del líquido			850,00 kg/m ³
Diámetro calculado del área			22,24 m
Consumo vertical por combustión			0,00 m/s
Área del derrame			388,57 m ²
Altura de la base del fuego			0,00 m
Tasa de combustión total			13,60 kg/s
Altura de flama			20,93 m
RADIACIÓN CALCULADA A DISTANCIAS ESPECÍFICAS			
Distancia a nivel de piso (m)	Distancia a fuente puntual (m)	Transmisividad	Radiación (kW/m ²)
3,00	10,88	0,86	124,56
4,00	11,20	0,86	117,31
5,00	11,60	0,85	109,12
6,00	12,06	0,85	100,51
8,00	13,17	0,84	83,62
10,00	14,47	0,84	68,66
20,00	22,57	0,80	27,12
30,00	31,77	0,78	13,27
40,00	41,35	0,76	7,66
55,00	55,99	0,74	4,06
DISTANCIA CALCULADA A NIVEL DE PISO DE NIVELES DE RADIACIÓN ESPECÍFICOS			
Radiación (kW/m ²)	Distancia (m)	Dosis (W/m ²) ^{4/3} s tiempo de exposición= 40,0s	Dosis (W/m ²) ^{4/3} s tiempo de duración= 1500,0 s
5,05	49,37	3,466 E+06	1,300 E+08
12,60	30,86	1,173 E+07	4,398 E+08
31,50	18,23	3,979 E+07	1,492 E+09
DISTANCIA CALCULADA A NIVEL DE PISO DE DOSIS DE RADIACIÓN ESPECÍFICAS			
Dosis (W/m ²) ^{4/3}	Distancia (m)		
3,466 E+06	185,01		
1,173 E+07	119,18		
3,979 E+07	76,46		

CONCLUSIONES

En este proyecto se ha realizado un análisis de los riesgos de fuego y explosión en las áreas de almacenamiento y despacho de lo cual se concluye.

- Se realizó la simulación del modelo de fuego en un derrame de gasolina y diesel, con datos e información real de presión de almacenamiento y descarga de productos, obtenidos de las áreas de almacenamiento y despacho, generando unos resultados con una gran aproximación a la realidad en el caso de presentarse un siniestro de esta naturaleza.
- Mediante la simulación del modelo de Fuego en un Derrame de diesel y gasolina en diques e isla de carga principal se determinó la radiación vs distancia, dosis vs distancia, radio de incidencia de la radiación y dosis desde el centro del derrame hacia el receptor, generando así los datos correspondientes a este modelo.
- Realizada la simulación de pool fire (fuego en un derrame) se concluye, que al materializarse un evento de estos en islas de carga y tanques de almacenamiento se generan radios de incidencia por la radiación afectando a instalaciones del Terminal de Productos Limpios Ambato y edificaciones más cercanas, siendo estos radios los siguientes:

	RADIACIÓN kw/m ²	TANQUES		ISLAS	
		Diesel (m)	Gasolina (m)	Diesel (m)	Gasolina (m)
Zona riesgo máximo	31,5	45,72	76,37	18,2	17,26
Zona de intervención	12,6	74,57	123,86	30,86	29,89
Zona de alerta	5,05	117,79	195,24	49,37	48,16

Reporte de fuga de gasolina en el tanque-01 página 140, reporte de fuga de diesel tanque-04 página 156, reporte de fuga de gasolina isla principal página 172, reporte de fuga de diesel isla principal página 188.

- Los Diagramas de procesos estudiados durante el desarrollo de este proyecto de investigación son una herramienta importante con la que se cuenta, para crear un diseño más sofisticado y actualizado de los procesos de almacenamiento y distribución de derivados del terminal Ambato.
- Al establecer los procedimientos operativos de almacenamiento y despacho del Terminal de Productos Limpios Ambato, se ha concluido que en la actualidad todas la industrias petroleras deben contar con procedimientos estandarizados a fin de poder realizar las actividades de estos procesos sin ningún tipo de riesgo.

RECOMENDACIONES

- Para realizar la simulación de los diferentes modelos de fuego y explosión se debe considerar los datos de temperatura, humedad relativa, densidad del combustible, área, escenario meteorológico, los cuales deben ser reales para que la simulación se acerque más a la realidad.
- En caso de materializarse un evento como este se debe activar la alarma parar todas las operaciones dentro del Terminal Ambato, y seguidamente tanto el personal de la empresa, y todas las personas ajenas presentes en el Terminal deben acatar las disposiciones dictadas por el personal de seguridad, en este caso trasladarse al punto de reunión lo más pronto posible.
- El área de seguridad del Terminal Ambato, ante los datos de radiación y dosis térmica generados en los reportes de cada una de las simulaciones de Fuego de un Derrame, debe tomar las medidas y acciones pertinentes, además la actualización del plan de contingencia para reducir el riesgo.
- Se debe realizar el diseño e instalación de un sistema contra incendios en la isla secundaria, es de vital importancia para el buen funcionamiento del Terminal de Productos Limpios Ambato.
- Se debe capacitar correctamente al personal que labora en las áreas de almacenamiento y despacho de derivados, esto contribuirá a un mayor control dentro del Terminal de Productos Limpios Ambato, para de esta manera mantener actualizados los conocimientos de los trabajadores sobre los procesos o los cambios realizados en ellos.
- Se debe tener en cuenta al momento de realizar un diagrama de flujo de un proceso específico, que este sea lo más claro posible para que así cualquier persona interesada pueda entenderlo e interpretarlo con claridad.

- Realizar simulacros de forma periódica en las áreas de tanques de almacenamiento e islas de carga con el fin de preparar al personal del Terminal de Productos Limpios Ambato a una posible emergencia y que estos puedan responder rápida y efectivamente.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

- **Accidente:** Acontecimiento imprevisto que a veces causa daños o heridas y que interrumpe una actividad. Acontecimiento que surge por causas desconocidas, imprevisto debido a la ignorancia, falta de cuidado o circunstancia similar.
- **Accidente grave:** Cualquier suceso, tal como una emisión en forma de fuga o vertido, incendio o explosión importantes, que sea consecuencia de un proceso no controlado durante el funcionamiento de cualquier, que suponga una situación de grave riesgo, inmediato o diferido, para las personas, los bienes y el medio ambiente, bien sea en el interior o exterior del establecimiento, y en el que estén implicadas una o varias sustancias peligrosas.
- **Acumulación de presión:** Cuando una mezcla de gas combustible–aire se inflama, la llama se propaga inicialmente a una velocidad inferior a la del sonido, produciéndose una *deflagración*. Los productos de combustión resultantes, ocupan un volumen que depende básicamente de su temperatura y que oscila entre 5 y 10 veces el volumen de la mezcla inicial de combustible y comburente.
- **Almacenamiento:** Es el conjunto de recintos y recipientes de todo tipo que contengan o puedan contener sustancias peligrosas, incluyendo los recipientes propiamente dichos, sus cubetos de retención, las calles intermedias de circulación y separación, las tuberías de conexión y las zonas e instalaciones de carga, descarga y trasiego anejas y otras instalaciones necesarias para el almacenamiento, siempre que sean exclusivas del mismo.

- **Almacenamiento conjunto:** Almacenamiento de productos que en superficie se encuentran dentro del mismo cubeto o en un mismo recipiente subdividido, en el interior de edificios se encuentran dentro de la misma sala y en los enterrados se encuentran en un mismo recipiente subdividido.
- **Ambiente:** Alrededores de personas o cosas, sobre todo cuando nos referimos a las circunstancias del entorno, como aire ambiente o temperatura ambiente.

B

- **Bleve:** Acrónimo de la expresión inglesa "Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion". Estallido producido por calentamiento externo de un recipiente que contiene un líquido a presión, al perder resistencia mecánica el material de la pared y estanqueidad bruscamente. El estallido es particularmente violento, pues al estar el líquido interior muy sobrecalentado, se produce su ebullición a partir de la nucleación homogénea instantánea de una gran parte del mismo.

C

- **Calor:** Forma de energía que se caracteriza por la vibración de moléculas, capaz de iniciar y mantener cambios químicos y de estado.
- **Chorro de fuego:** En la literatura anglosajona "Jet Fire". También denominado *lengua de fuego*. Llama estacionaria de difusión de gran longitud y poca anchura, como la producida por un soplete oxiacetilénico. Provocada por la ignición de chorros turbulentos.
- **Comburentes:** Las sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica.

- **Combustión:** Se manifiesta mediante la llama, que en los accidentes industriales es siempre turbulenta. Cuando la combustión se produce con aportación de combustible y comburente por separado.
- **Comercialización:** El suministro o puesta a disposición de terceros del producto.
- **Cubeto:** Cavidad destinada a retener los productos contenidos en los elementos de almacenamiento en caso de vertido o fuga de los mismos.
- **Combustible:** Sustancia capaz de arder, generalmente en el aire y en condiciones normales de temperatura y presión ambiente.

D

- **Daño:** La pérdida de vidas humanas, las lesiones corporales, los perjuicios materiales y el deterioro grave del medio ambiente, como resultado directo o indirecto, inmediato o diferido de las propiedades tóxicas, inflamables o explosivas u oxidantes de las sustancias peligrosas, y a otros efectos físicos o fisicoquímicos consecuencia del desarrollo de las actividades industriales.
- **Densidad de vapor:** Relación de entre el peso molecular medio de un volumen dado de gas o vapor y el peso molecular medio de un volumen igual de aire, a la misma temperatura y presión.
- **Deflagración:** Combustión de llama premezclada progresiva, caracterizada por una disminución de densidad. Su propagación es subsónica.
- **Detonación:** Combustión de llama premezclada progresiva, caracterizada por un incremento de densidad. Su propagación es supersónica.

- **Dosis:** Cantidad de una sustancia incorporada al organismo por cualquier vía de exposición, normalmente referida a la unidad de masa del organismo receptor (por ejemplo, mg de sustancia/kg de peso corporal).

E

- **Escenario:** Conjunto de circunstancias que se consideran el entorno de un establecimiento. En la terminología empleada en esta Aplicación, situación hipotética o real de un establecimiento definido por un inventario de productos químicos peligrosos, su distribución entre las diferentes instalaciones del establecimiento y, en su caso, condiciones de almacenamiento o proceso.
- **Explosión:** Conversión instantánea de la energía potencial en energía cinética con la consiguiente producción y liberación de gases a presión o liberación de un gas que estaba a presión.
- **Extinción:** Conjunto de todos los trabajos realizados para extinguir un fuego desde el momento en que fue detectado.

F

- **Fallo:** Distorsión, ruptura, deterioro u otra circunstancia similar de un elemento, componente, sistema, conjunto, estructura que da lugar a un funcionamiento insatisfactorio de la función para la que estaba proyectado.
- **Fuego en derrames:** En inglés "Pool Fire". Se aplica a una combustión estacionaria con llama de difusión, de un líquido en un recinto descubierto de dimensiones (extensión) dadas.
- **Fuente (término):** Se entiende en este documento, (Adenda 6, Resolución de 30 de enero de 1991, Directriz Básica para el Riesgo Químico) como término fuente, la tasa de emisión de sustancias a la atmósfera.

- **Fuga:** Salida incontrolada de materias de continentes que hayan de ser estancos excepto a través de conexiones bajo control, lo que puede ocurrir por aparición de un orificio limitado o rotura catastrófica del continente.
- **Frente de llama:** Es el borde los gases ardiendo procedentes de una reacción de combustión.
- **Fuego:** Proceso de oxidación rápida con producción de luz y calor de distinta intensidad.

I

- **Incendio flash:** En la literatura anglosajona "Flash Fire". Llama progresiva de difusión o premezclada con baja velocidad de llama. No produce onda de presión.
- **Inflamables:** Sustancias y preparados líquidos cuyo punto de ignición sea bajo.
- **Instalación:** Una unidad técnica dentro de un establecimiento en donde se produzcan, utilicen, manipulen, transformen o almacenen sustancias peligrosas. Incluye todos los equipos, estructuras, canalizaciones, maquinaria, instrumentos, ramales ferroviarios particulares, dársenas, muelles de carga o descarga para uso de la instalación, espigones, depósitos o estructuras similares, estén a flote o no, necesarios para el funcionamiento de la instalación.

L

- **Límites de inflamabilidad:** Es el intervalo de concentración entre los límites de inflamabilidad superior e inferior. Son los límites de concentración de un gas inflamable en mezcla con el aire a los que el fuego no se propaga.

- **Llamaradas:** En la literatura anglosajona "Flash Fire". Llama progresiva de difusión o premezclada con baja velocidad de llama. No produce onda de presión.

M

- **Modelo:** Se entiende por tal, al procedimiento matemático que permite simular la evolución de las variables de estado y demás propiedades de un sistema durante el desarrollo de un fenómeno físico o químico.

N

- **Número de cas:** Número único de entrada para la identificación de una sustancia, mezcla de sustancias o preparado (incluido nombre comercial) asignado por el Chemical Abstract Service, una división de la American Chemical Society. Garantiza la asignación de un único número para cada única e identificable sustancia o preparado.

O

- **Ondas de presión:** Compresiones y expansiones alternativas del aire atmosférico, que se traducen en efectos mecánicos transitorios sobre los elementos inertes o los seres vivos.

P

- **Peligro:** La capacidad intrínseca de una sustancia peligrosa o la potencialidad de una situación física para ocasionar daños a las personas, los bienes y el medio ambiente.
- **Proceso:** Una operación o secuencia de operaciones envueltas en cambios de energía, estado, composición y dimensión.

- **Proyectiles:** Se entiende como tal cualquier fragmento sólido que proceda de las inmediaciones del punto en el que se ha producido una explosión y que esté dotado de gran cantidad de movimiento

R

- **Radiación térmica:** Ondas electromagnéticas, correspondientes a la banda de longitudes de onda entre 0,1 y 1000 m, originada por las sustancias a alta temperatura y en particular, por los productos de combustión, que pueden afectar perjudicialmente a seres vivos e instalaciones a distancia.
- **Riesgo:** La probabilidad de que se produzca un efecto específico en un periodo de tiempo determinado o en circunstancias determinadas.
- **Rugosidad (efectiva):** Longitud de rugosidad ficticia, atribuida a un conjunto de protuberancias, que produciría el mismo efecto de éstas sobre el perfil vertical de velocidades del viento. En ocasiones, se utiliza para simular la topografía urbana.

S

- **Sustancias peligrosas:** Se consideran sustancias peligrosas las sustancias, mezclas o preparados, que estén presentes en forma de materia prima, productos, subproductos, residuos o productos intermedios, incluidos aquéllos de los que se pueda pensar justificadamente que podrían generarse en caso de accidente.

T

- **Tanque atmosférico:** Recipiente diseñado para soportar una presión interna manométrica de hasta 0,15 bares.

- **Tanque de techo flotante:** Recipiente como sin techo fijo que lleva una doble pared horizontal flotante o una cubierta metálica soportada por flotadores estancos.
- **Temperatura de autoignición o autoinflamación:** La temperatura de autoinflamación (líquidos y gases) es la temperatura más baja a la que se inflama la sustancia considerada en presencia del aire sin una fuente de ignición externa.
- **Temperatura:** Intensidad de calor sensible de un cuerpo, medida con un termómetro o aparato similar.
- **Temperatura de autoignición:** Temperatura mínima que debe alcanzar una sustancia para empezar a arder en condiciones específicas.

V

- **Vapor:** Fase gaseosa de una sustancia que normalmente es sólida o líquida a la presión y temperatura normal.
- **Velocidad de combustión:** Velocidad de consumo del combustible en una llama estacionaria, función de la velocidad de las reacciones químicas de combustión.
- **Velocidad de llama:** Velocidad de avance del frente de llama en una llama que se propaga de forma progresiva.

BIBLIOGRAFÍA

- Ing. Puente M, *Higiene y seguridad en el trabajo*(2001). Ibarra-Ecuador. 1^{ra}Edición.
- NFPA, *Manual de protección contra incendios*. Ed. Mapfre. Madrid. 2^{da}edición.
- Guía técnica. Dirección General de Protección Civil. Madrid (1988). *Guía para la elaboración de estudios de seguridad*.
- Storch M., *Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras* (1998). Mc Graw Hill.
- Volúmenes I y II. CIEMAT-Dirección General de Protección Civil. Madrid (1990). *Metodologías de análisis de riesgos*.
- Dirección General de Protección Civil. Madrid(1994). *Guía técnica. Metodologías para el análisis de riesgos. Visión general*.
- Dirección General de Protección Civil. Ministerio del Interior. (Diciembre 1994). *Guías Técnicas. Métodos cualitativos y cuantitativos para el Análisis de Riesgos*. Madrid.
- Mehaffey J., Joyeux D., Franssen J.M. y Horasan M.B. (2002). *Guía de diseño para la seguridad ante incendio en edificios industriales*. LBEIN.
- Schleich J.B. (2001). *Concepto de seguridad frente a fuego real*.
- Santamaría P. (1994). *Análisis y reducción de riesgos en la industria química*. Braña. Ed. Mapfre.
- WWW
http://www.sisteseg.com/files/Microsoft_Word_-_METODOLOGIA_DE_ANALISIS_DE_RIESGO.pdf
2011/12/3 a las 9:20

- WWW
<http://www.incendiosyseguridad.com/seccion-2.0.0/AR-2.2.5.5.html>
2011/12/10 a las 10:16
- WWW
<http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/46e965e6b1866.pdf>
2011/12/28 a las 12:45
- <http://passthrough.fwnotify.net/download/324615/http://www2.udec.cl/matpe/l/cursos/001-Ing-Riesgos-EGutierrez.pdf>
2012/01/03 a las 8:30
- WWW
<http://www.inspeccion.com.mx/incendios.htm>
2012/01/05 a las 13:11
- WWW
http://www.inspeccion.com.mx/estudio_riesgos_sustancias_quimicas.htm
2012/01/05 a las 14:23
- WWW
http://www.inspeccion.com.mx/estudios_seguridad_higiene.htm
2012/01/09 a las 10:56
- WWW
<http://www.monografias.com/trabajos53/diagrama-de-flujo/diagrama-de-flujo2.shtml>
2012/01/13 a las 14:45
- WWW
<http://es.scribd.com/doc/62543744/23/>
2012/01/17 a las 09:36

ANEXOS

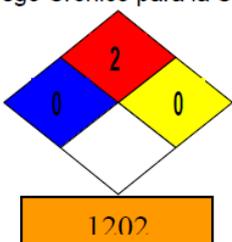
ANEXO No. 1

Hoja de seguridad-Diesel 2, secciones 1, 2, 3 y 4.

 <p>PETROCOMERCIAL FILIAL DE PETROECUADOR</p>	<p>UNIDAD DE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL</p>	<p>VERSIÓN: 00</p>
		<p>FECHA:</p>
		<p>CÓDIGO:</p>
		<p>Página 1 de 18</p>

IMPORTANTE: Lea esta MSDS antes de manejar y desechar este producto y haga llegar esta información a sus empleados, clientes y usuarios de este producto.

RESEÑA DE EMERGENCIA	
Estado Físico:	Líquido
Color:	Amarillo
Olor:	Característico del Hidrocarburo
<p>ADVERTENCIA! Líquido Combustible: el vapor puede causar fuego repentino. Puede ser dañino o fatal si es ingerido – puede entrar en los pulmones y causar daño severo. La niebla o el vapor puede irritar el tracto respiratorio El contacto con el líquido puede causar irritación en los ojos o en la piel. Puede ser nocivo si se inhala o se absorbe por la piel Sobreexposición puede causar depresión del sistema nervioso central (SNC) y efectos sobre órganos seleccionados. Los derrames pueden crear riesgo a resbalarse</p>	

CLASIFICACION DE RIESGOS		
	HMIS	NFPA
Riesgo para la Salud *	2	0
Riesgo de Incendio	2	2
Reactividad	0	0
<p>* = Riesgo Crónico para la Salud</p>		
		

EQUIPO DE PROTECCION
<p>Recomendado mínimo Ver detalles en la Sección 8</p>


1. IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES

NOMBRE COMERCIAL:	Diesel
NOMBRE QUIMICO:	Diesel Fuel # 2
USO:	Combustible para maquinas y calderos con motor a diese, y para usos de proceso de ingeniería, quemadores y otros
SINONIMOS:	Combustible para motor.
NOMBRE FABRICANTE:	PETROINDUSTRIAL
DIRECCIÓN FABROICANTE:	Alpallana y Diego de Almagro
NOMBRE DISTRIBUIDOR:	PETROCOMERCIAL
DIRECCION DISTRIBUIDOR:	Alpallana y Av. 6 de Diciembre
TELEFONO EMERGENCIA:	Seguridad Industrial 022 (563 - 607) EXT. 5115
TELÉFONO INFORMACIÓN:	Terminal El Beaterio 022 (690 – 688) EXT. 114 ó 209 Dispensario Médico 022 (690 – 876) EXT. 109 ó 219
TELÉFONO 24 HORAS AL DÍA:	Estación Reductora 2690794
FORMULA QUIMICA:	C12H26 a C20H42
NUMERO CAS* :	(Chemical Abstract Service) Código Contable 68476-34-6
NUMERO NU:	(Número de ident de las Naciones Unidas de Productos Químicos Peligrosos) <u>1202</u>

2. COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO (COMPONENTES)

Descripción del Compuesto:	Mezcla compleja de hidrocarburos provenientes de destilación atmosférica del petróleo, compuesta en su mayor parte por fracciones que van de C12 a C20 átomos por molécula.
-----------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Componentes Peligrosos

NOMBRE	No. CAS	CONTENIDO	RIESGOS	FRASES DE RIESGO "R"	FRASES DE SEGURIDAD "S"	LIMITES DE EXPOSICION OCUPACIONAL	
						CPP-TWA	CMP-STEL
Poliaromáticos	50-32-8	2%	Xn	R21/22	S23.2	0.2 mg/m ³	-
Deri naftalen	91-20-3	0.3 - 0.6 %	Xn	R22		10 PPM	15 PPM

F: Fuego **T:** Tóxico **Xn:** Nocivo **R:** (Frases de Riesgo) **S:** (Frases de Seguridad)

CMP-STEL: Concentración Máxima Permissible: Concentración máxima a la cual pueden estar expuestos los trabajadores durante un período continuo de hasta 15 minutos sin sufrir efectos severos.

TWA: Concentración Promedio Permissible: Concentración media ponderada en el tiempo para una jornada normal de 8 horas diarias.

3. PROPIEDADES FISICO – QUÍMICOS

Estado Físico: Líquido a temperatura ambiente
Aspecto: Aceitoso
Color: Amarillo
Olor: Característico

Temperatura de Ebullición Inicial: 160 °C
Temperatura de Ebullición Final: 360°C
Solubilidad en Agua: 0.007 kg/m³
Presión de Vapor Reid: 0.1 mmHg
Densidad de Vapor (Aire = 1): 4.5
Densidad a 15 C: 85 kg/m³
Densidad Relativa: 0.865
Viscosidad Cinemática 37.8°C: 2.6 - 6 cst
Calor Latente Vaporización: 60 cal/gm
Calor De Combustión: 11200 BTU/lb

4. RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSION

Punto de Inflamación:	60°C
Temperatura de Autoignición:	240°C
Límite Superior de Inflamabilidad:	5%
Límite Inferior de Inflamabilidad:	0.7%
Medios de extinción recomendados:	Espuma, polvo químico seco, CO2, Agua pulverizada ó nebulizada
NFPA:	Salud 1; Inflamabilidad 1; Reactividad 0

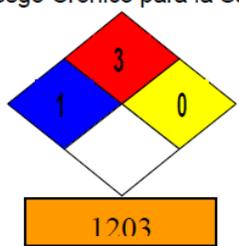
ANEXO No. 2

Hoja de seguridad-Gasolina Extra, secciones 1, 2, 3 y 4.

 <p>PETROCOMERCIAL FILIAL DE PETROECUADOR</p>	<p>UNIDAD DE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL</p>	<p>VERSIÓN: 00</p>
		<p>FECHA:</p>
		<p>CÓDIGO:</p>
		<p>Página 1 de 18</p>

IMPORTANTE: Lea esta MSDS antes de manejar y desechar este producto y haga llegar esta información a sus empleados, clientes y usuarios de este producto.

RESEÑA DE EMERGENCIA	
Estado Físico:	Líquido
Color:	Verde
Olor:	Característico del Hidrocarburo
<p>ADVERTENCIA! Líquido Combustible: el vapor puede causar fuego repentino. Puede ser dañino o fatal si es ingerido – puede entrar en los pulmones y causar daño severo. La niebla o el vapor puede irritar el tracto respiratorio El contacto con el líquido puede causar irritación en los ojos o en la piel. Puede ser nocivo si se inhala o se absorbe por la piel Sobreexposición puede causar depresión del sistema nervioso central (SNC) y efectos sobre órganos seleccionados. Los derrames pueden crear riesgo a resbalarse</p>	

CLASIFICACION DE RIESGOS	
	NFPA
Riesgo para la Salud *	1
Riesgo de Incendio	3
Reactividad	0
<p>* = Riesgo Crónico para la Salud</p>	
	

EQUIPO DE PROTECCION
<p>Recomendado mínimo Ver detalles en la Sección 8</p>


1. IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES

NOMBRE COMERCIAL:	Gasolina Extra
NOMBRE QUIMICO:	Gasolina
USO:	Combustible para motores de combustión interna por ignición, diseñados para carburantes sin plomo.
SINONIMOS:	Combustible para motor, gasolina sin plomo, benzina
NOMBRE FABRICANTE:	PETROINDUSTRIAL
DIRECCION FABRICANTE:	Alpallana Y Diego de Almagro
NOMBRE DISTRIBUIDOR:	PETROCOMERCIAL
DIRECCION DISTRIBUIDOR:	Alpallana y Av. 6 de Diciembre
TELEFONO EMERGENCIA:	Seguridad Industrial 022 (563 - 607) EXT. 5115
TELÉFONO INFORMACIÓN:	Terminal El Beaterio 022 (690 – 688) EXT. 114 ó 209 Dispensario Médico 022 (690 – 876) EXT. 109 ó 219
TELÉFONO 24 HORAS AL DÍA:	Estación Reductora 2690794
FORMULA QUIMICA:	C5H10 a C9H18
NUMERO CAS* :	CAS: (Chemical Abstract Service) Código Contable 8006 - 61-9
NUMERO NU: (Número de ident de las Naciones Unidas de Productos Químicos Peligrosos)	<u>1203</u>

2. COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO (COMPONENTES)

Descripción del Compuesto:	Mezcla de hidrocarburos aromáticos y olefínicos, obtenidos de procesos de destilación atmosférica o craking catalítico, ruptura alquilación, compuesta en su mayor parte por fracciones de hidrocarburos que van de C5 a C10 átomos por molécula. Puede contener benceno en una concentración de 1% (V/V). Puede contener n-hexano hasta una concentración de 5% (V/V).
-----------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Componentes Peligrosos

NOMBRE	No. CAS	CONTENIDO	RIESGOS	FRASES DE RIESGO "R"	FRASES DE SEGURIDAD "S"	LIMITES DE EXPOSICION OCUPACIONAL	
						CPP-TWA	CMP-STEL
Olefinas	142-82-5	3%	F	R:11	5:9-16-23.2-29-33	400 PPM	500 PPM
Tolueno	108-88-3	20%	Xn, F	R11-20	S:16-25-29-33	100 PPM	150 PPM
Xileno	1330-20-7	20%	Xn	R10-20/21-38	S:25	100 PPM	150 PPM
Benceno	71-43-2	< 1% (V/V)	F, T	R45-1148-23/24/25	S53-45	10 PPM	25 PPM
n-Hexano	110-54-3	< 5% (V/V)	F, Xn	R11-48/20	S9-16-24/25-29-51	100 PPM	510 PPM

F: Fuego **T:** Tóxico **Xn:** Nocivo **R:** (Frases de Riesgo) **S:** (Frases de Seguridad)

CMP-STEL: Concentración Máxima Permissible: Concentración máxima a la cual pueden estar expuestos los trabajadores durante un período continuo de hasta 15 minutos sin sufrir efectos severos.

TWA: Concentración Promedio Permissible: Concentración media ponderada en el tiempo para una jornada normal de 8 horas diarias.

3. PROPIEDADES FISICO – QUÍMICOS

Estado Físico:	Líquido a temperatura ambiente
Aspecto:	Transparente y brillante
Color:	Verde
Olor:	Característico
Temperatura de Ebullición Inicial:	Aproximadamente 35 °C
Temperatura de Ebullición Final:	Aproximadamente 210°C
Solubilidad en Agua:	0.003 - 0.010 kg/m ³
Presión de Vapor Reid:	48 - 78 Kpa
Densidad de Vapor (Aire = 1):	> 3
Densidad a 15 C:	735 - 785 kg/m ³
Densidad Relativa:	0.7643
Viscosidad Cinemática 37.8°C:	<1 mm ² /s
Octanaje:	80
Calor Latente Vaporización:	71 - 78 cal/gm
Calor De Combustión:	19277 BTU/lb

4. RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSION

Punto de Inflamación: -42°C (PMCC)

Temperatura de Autoignición: >250°C

Límite Superior de Inflamabilidad: 6-8 % (V/V)

Límite Inferior de Inflamabilidad: 1% (V/V)

Medios de extinción recomendados: Espuma, polvo químico seco, CO₂, Agua pulverizada ó nebulizada

NFPA: Salud 1; Inflamabilidad 3; Reactividad 0

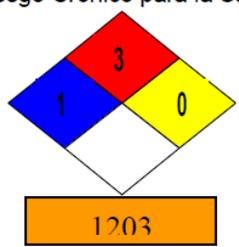
ANEXO No. 3

Hoja de seguridad-Gasolina Super, secciones 1, 2, 3 y 4.

 <p>PETROCOMERCIAL FILIAL DE PETROECUADOR</p>	<p>UNIDAD DE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL</p>	<p>VERSIÓN: 00</p>
		<p>FECHA: CÓDIGO:</p>
		<p>Página 1 de 18</p>

IMPORTANTE: Lea esta MSDS antes de manejar y desechar este producto y haga llegar esta información a sus empleados, clientes y usuarios de este producto.

RESEÑA DE EMERGENCIA	
Estado Físico:	Líquido
Color:	Amarillo
Olor:	Característico del Hidrocarburo
<p>ADVERTENCIA! Líquido Combustible: el vapor puede causar fuego repentino. Puede ser dañino o fatal si es ingerido – puede entrar en los pulmones y causar daño severo. La niebla o el vapor puede irritar el tracto respiratorio El contacto con el líquido puede causar irritación en los ojos o en la piel. Puede ser nocivo si se inhala o se absorbe por la piel Sobreexposición puede causar depresión del sistema nervioso central (SNC) y efectos sobre órganos seleccionados. Los derrames pueden crear riesgo a resbalarse</p>	

CLASIFICACION DE RIESGOS	
	NFPA
Riesgo para la Salud *	1
Riesgo de Incendio	3
Reactividad	0
<p>* = Riesgo Crónico para la Salud</p>	
	

EQUIPO DE PROTECCION
<p>Recomendado mínimo Ver detalles en la Sección 8</p>


1. IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES

NOMBRE COMERCIAL:	Gasolina Súper
NOMBRE QUIMICO:	Gasolina
USO:	Combustible para motores de combustión interna por ignición, diseñados para carburantes sin plomo.
SINONIMOS:	Combustible para motor, gasolina sin plomo, benzina
NOMBRE FABRICANTE:	PETROINDUSTRIAL
DIRECCIÓN FABRICANTE:	Alpallana y Diego de Almagro
NOMBRE DISTRIBUIDOR:	PETROCOMERCIAL
DIRECCION DISTRIBUIDOR:	Alpallana y Av. 6 de Diciembre
DIRECCION DISTRIBUIDOR:	Alpallana y Av. 6 de Diciembre
TELEFONO EMERGENCIA:	Seguridad Industrial 022 (563 - 607) EXT. 5115
TELÉFONO INFORMACIÓN:	Terminal El Beaterio 022 (690 – 688) EXT. 114 ó 209 Dispensario Médico 022 (690 – 876) EXT. 109 ó 219
FORMULA QUIMICA:	C5H12 a C10H22
NUMERO CAS* :	(Chemical Abstract Service) Código Contable 8006-61-9
NUMERO NU: :	(Número de ident de las Naciones Unidas de Productos Químicos Peligrosos) <u>1203</u>

2. COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO (COMPONENTES)

DESCRIPCION DEL COMPUESTO:	Mezcla de hidrocarburos aromáticos y olefínicos, obtenidos de procesos de destilación mediante craqueo catalítico, alquilación, isomerización compuesta en su mayor parte por fracciones de hidrocarburos que van de C5 a C10 átomos por molécula. Puede contener benceno en una concentración de 1% (V/V). Puede contener n-hexano hasta una concentración de 5% (V/V).
-----------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

COMPONENTES PELIGROSOS

NOMBRE	No. CAS	CONTENIDO	RIESGOS	FRASES DE RIESGO "R"	FRASES DE SEGURIDAD "S"	LIMITES DE EXPOSICION OCUPACIONAL	
						TWA	STEL
Olefinas	142-82-5	3%	F	R:11	5:9-16-23.2-29-33	400 PPM	500 PPM
Benceno	71-43-2	< 1% (V/V)	F, T	R45-1148-23/24/25	S53-45	10 PPM	25 PPM
n-Hexano	110-54-3	< 5% (V/V)	F, Xn	R11-48/20	S9-16-24/25-29-51	500 PPM	510 PPM
Tolueno	108-88-3	25%	Xn, F	R11-20	S:16-25-29-33	100 PPM	150 PPM
Xileno	1330-20-7	25%	Xn	R10-20/21-38	S:25	100 PPM	150 PPM

F: Fuego **T:** Tóxico **Xn:** Nocivo **R:** (Frases de Riesgo-sección 17)

CMP-STEL: Concentración Máxima Permissible: Concentración máxima a la cual pueden estar expuestos los trabajadores durante un período continuo de hasta 15 minutos sin sufrir efectos severos.

TWA: Concentración Promedio Permissible: Concentración media ponderada en el tiempo para una jornada normal de 8 horas diarias.

3. PROPIEDADES FISICO – QUÍMICOS

Estado Físico:	Líquido a temperatura ambiente
Aspecto:	Transparente y brillante
Color:	Amarillo
Olor:	Característico
Temperatura de Ebullición Inicial:	Aproximadamente 35°C
Temperatura de Ebullición Final:	Aproximadamente 210°C
Solubilidad en Agua:	0.003 - 0.010 kg/m ³
Presión de vapor Reid:	6 PSIA
Densidad de vapor (Aire = 1):	3 - 4
Densidad A 15 C:	0.71-0.72 g/ml
Densidad relativa:	0.7174
Viscosidad cinematica 37.8°C:	<1 mm ² /s
Octanaje:	89
Calor latente vaporización:	71 - 78 cal/gm
Calor de combustión:	19277 BTU/lb

4. RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSION

Punto de Inflamación:	-42°C (PMCC)
Temperatura de Autoignición:	>280°C
Límite Superior de Inflamabilidad:	7.4 % (V/V)
Límite Inferior de Inflamabilidad:	1.4% (V/V)

