



**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO  
UNIVERSIDAD DE HUELVA ESPAÑA**

**Colegio de Postgrados**

**Determinación del nivel de riesgo de incendio en una estación de  
distribución de combustible**

**Juan Carlos Valdivieso T., Ing. MSc.**

**De Fuego Jorge Luis Blanco R., Ing., Director de  
Trabajo de Titulación**

Trabajo de Titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de Master en Seguridad, Salud y Ambiente

Quito, marzo de 2015

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio de Postgrados**

**HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Determinación del nivel de riesgo de incendio en una estación de distribución de combustible.**

**Juan Carlos Valdivieso, Ing. MSc.**

De Fuego Jorge Luis Blanco, Ing.  
Director de Trabajo de Titulación \_\_\_\_\_

José Antonio Garrido Roldan, PhD. \_\_\_\_\_  
Coordinador Académico de la Maestría en Seguridad Salud y Ambiente de la Universidad de Huelva y Jurado de Trabajo de Titulación

Carlos Ruíz Frutos, PhD. \_\_\_\_\_  
Director de la Maestría en Seguridad Salud y Ambiente de la Universidad de Huelva y Jurado de Trabajo de Titulación

Luis Vásquez Zamora F., PhD. \_\_\_\_\_  
Director de la Maestría en Seguridad Salud y Ambiente de la Universidad San Francisco de Quito y Jurado de Trabajo de Titulación

Fernando Orteg, PhD. \_\_\_\_\_  
Decano de la Escuela de Salud Pública

Victor Viteri Breedy, Ph.D. \_\_\_\_\_  
Decano del Colegio de Posgrados

Quito, marzo de 2015

**© derechos de autor**

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: \_\_\_\_\_

Nombre: Juan Carlos Valdivieso Torres

C. I.: 010403139-8

Lugar y fecha: Quito marzo de 2015

## **Dedicatoria**

A Dios por darme la fuerza para seguir adelante, la sabiduría, paciencia y la fortaleza para salir adelante en las situaciones adversas de la vida.

A mis padres por darme su apoyo incondicional durante todo el periodo de formación, a pesar de las circunstancias no me han dejado solo.

A mis amigos Maria Jose, Patricio y Pamela por su ayuda y apoyo incondicional.

## **Agradecimientos**

A mis padres por el apoyo continuo y la fuerza brindada para la culminación del presente trabajo.

Al Dr. Luis Vasquez Zamora por darme la oportunidad de aprender y desarrollarme en un nuevo campo profesional.

A mis amigos y compañeros por la ayuda brindada durante el proceso de elaboración del presente documento.

## Resumen

En el siguiente trabajo se ha desarrollado un estudio del riesgo de accidentes mayores en la estación de servicio Vista Hermosa, la cual se dedica a la venta de combustibles. El propósito de este es el de determinar el riesgo de incendio que se encuentra presente en este tipo de instalaciones.

Para el desarrollo del presente estudio se tomó como referencia metodologías cualitativas de evaluación de riesgo. Una de las utilizadas es el método del Índice de Dow, esta metodología es aplicada para la evaluación del riesgo de incendio en plantas de refinación, petroquímicas, etc. Esta metodología fue desarrollada justamente por una empresa química, que como su nombre lo indica se llama Dow Chemical, este evalúa los factores de riesgo de incendio, almacenamiento de materiales, instalaciones, y mediante una ponderación se calcula el riesgo al que la instalación o unidad de proceso esta expuesto.

Con este tipo de estudios se puede determinar las posibles áreas afectadas en la propia empresa o en las colindantes, de esta manera poder determinar medidas de control en las diferentes fases realizando así gestión de Seguridad y Salud lo que mejora las condiciones de trabajo en las actividades diarias. Como medidas de protección podemos tener elementos de activos, como son los extintores, sprinklers, etc., y pasivos como compartimentación de instalaciones, materiales resistentes al fuego, etc.

## Abstract

In this paper has developed a study of the risk of major accidents in the service station “Vista Hermosa”, which sells fuel. The purpose of this is to determine the fire risk that is present in this type of facility.

For the development of this study was taken as reference qualitative risk assessment methodologies. One method used is the Dow index, this methodology is applied for the assessment of fire risk in refining plants, petrochemical, etc. This methodology was developed precisely for a chemical company, which as its name suggests is called Dow Chemical, this evaluates the risk factors of fire, storage of materials, facilities, and by weighting the risk is calculated at the facility or unit process it is exposed. With this type of study can determine the possible affected areas in the company or in the adjacent, so to determine control measures in the different phases and making health and safety management which improves working conditions in activities daily. As protective measures we can take items of assets, such as fire extinguishers, sprinklers, etc., and passives as partitioning of facilities, fire resistant materials, etc.



## INDICE

### CONTENIDO

<b>HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS.....</b>	<b>3</b>
<b>© derechos de autor.....</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>13</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1. Descripción de la Empresa.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2. Problema que se pretende abordar.....</b>	<b>16</b>
<b>1.3. Hipótesis.....</b>	<b>16</b>
<b>1.4. Contexto y marco teórico.....</b>	<b>17</b>
1.4.1. La empresa.....	17
1.4.2. Legislación.....	19
1.4.3. Accidentes Mayores .....	21
1.4.4. Tetraedro del Fuego.....	24
1.4.5. Fases del Fuego .....	26
1.4.5.1. Etapa Incipiente o Inicial.....	27
1.4.5.2. Etapa de Combustion Libre.....	27
1.4.5.3. Etapa de Arder sin Llama.....	28
1.4.6. Tipos de Incendio.....	31
1.4.7. Prevención y protección contra incendios .....	32
1.4.8. Medios de Extinción .....	32
1.4.9. Mantenimiento.....	39
1.4.10. Fallas.....	44
1.4.11. Tipos de fallas.....	44
1.4.12. Hojas check list.....	45
<b>1.5. Justificación del estudio.....</b>	<b>45</b>
<b>1.6. El significado del estudio.....</b>	<b>46</b>
<b>1.7. Objetivos.....</b>	<b>46</b>
1.7.1. Objetivo General:.....	46
1.7.2. Objetivos Específicos:.....	46
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>47</b>
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>47</b>
<b>2. Géneros de literatura incluidos en la revisión.....</b>	<b>47</b>
2.1. Fuentes.....	47
2.2. Antecedentes .....	47
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>52</b>
<b>METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>52</b>
<b>3.1. DEFINICIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>3.2. Métodos de evaluación de riesgos de accidente .....</b>	<b>52</b>
<b>3.3. Índice DOW .....</b>	<b>53</b>
<b>3.4. ALOHA .....</b>	<b>56</b>
<b>3.5. Metodología MESERI .....</b>	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>60</b>

<b>RESULTADOS</b> .....	<b>60</b>
<b>CAPITULO V</b> .....	<b>76</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>76</b>
<b>5.1. Conclusiones</b> .....	<b>76</b>
Accidentabilidad.....	76
Morbilidad.....	77
Satisfacción Laboral .....	78
Costes de Siniestralidad y de la Prevención.....	79
<b>5.2. Recomendaciones</b> .....	<b>79</b>
Accidentabilidad.....	79
Morbilidad.....	80
Satisfacción Laboral .....	81
<b>5.3. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>82</b>
<b>5.4. GLOSARIO</b> .....	<b>85</b>
5.5.1. Peligro.....	85
5.5.2. Riesgo laboral .....	85
5.5.3. Accidente de trabajo .....	85
5.5.4. Factor de riesgo.....	85
5.5.5. Explosión .....	85
5.5.6. Riesgo de incendio .....	86
5.5.7. Exposición al riesgo de Incendio .....	86
5.5.8. Seguridad contra incendios .....	86
5.5.9. Compartimientos contra fuego.....	86
5.5.10. Células contrafuego.....	87
5.5.11. Punto de Ignición .....	87
5.5.12. Temperatura de Ignición.....	87
5.5.13. EL FUEGO.....	87
5.5.14. AEGL – ACUTE EXPOSURE GUIDELINE LEVELS.....	88
5.5.15. AEGL-1 .....	88
5.5.16. AEGL-2 .....	88
5.5.17. AEGL-3 .....	88
<b>ANEXO A: Cálculo usando Metodología DOW</b> .....	<b>90</b>
1. SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE PROCESO.....	90
2. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE MATERIAL (MF) .....	90
3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIESGO DE LA UNIDAD DE PROCESO (F3) .....	90
1.1. CALCULO DE PELIGROS GENERALES DE PROCESO (F1) .....	90
1.2. CÁLCULO DE PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO (F2).....	91
4. CALCULO DEL FACTOR DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN (INDICE DOW).....	93
5. DETERMINACIÓN DEL RADIO DE EXPOSICIÓN .....	93
6. CALCULO DEL FACTOR DE DAÑO PROBABLE .....	94
6.1. CALCULO DEL FACTOR DE BONIFICACIÓN .....	95
6.1.1. CALCULO DEL CONTROL DEL PROCESO (C1).....	96
6.1.2. CALCULO DEL AISLAMIENTO DE MATERIAL (C2).....	96
6.1.3. CALCULO DEL AISLAMIENTO DE MATERIAL (C3).....	97
7. CALCULO DEL VALOR DEL AREA DE EXPOSICIÓN.....	97
8. CALCULO DE DAÑO BÁSICO MÁXIMO PROBABLE A LA PROPIEDAD.....	97
<b>ANEXO B: Cálculo usando Metodología MESERI</b> .....	<b>98</b>
<b>ANEXO C: Cálculo de Incendio de un charco</b> .....	<b>99</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de costos.....	43
Tabla 2: Eventos en Estaciones de Servicio .....	49
Tabla 3: Métodos de evaluación de riesgos del accidente.....	52
Tabla 4: Factor de Peligro MESERI.....	59
Tabla 5: Grado de Peligro F&E.....	63

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Estación de Servicio Vista Hermosa .....	14
Ilustración 2: Ubicación de la empresa.....	15
Ilustración 3: Procesos de la Estación .....	17
Ilustración 4: Descarga de combustible.....	18
Ilustración 5: Tanques de almacenamiento .....	19
Ilustración 6: Surtidor de combustible .....	19
Ilustración 7: Esquema de las distintas consecuencias de los accidentes mayores .....	23
Ilustración 8: Esquema Simplificado de los posibles accidentes que se pueden producir en caso de escape accidental de un producto tóxico o inflamable.....	24
Ilustración 9: Tetraedro del Fuego.....	25
Ilustración 10: Triángulo de fuego – combustibles .....	26
Ilustración 11: Fase incipiente .....	27
Ilustración 12: Combustión libre .....	28
Ilustración 13: Arder sin llama .....	29
Ilustración 14: Fases de desarrollo del fuego .....	30
Ilustración 15: Poder Calórico.....	31
Ilustración 16: Extintor.....	36
Ilustración 17: Agentes Extintores .....	36
Ilustración 18: BIE .....	37
Ilustración 19: Rociador .....	38
Ilustración 20: Condicion de la maquinaria.....	41
Ilustración 21: Comparación de los tipos de mantenimiento .....	44
Ilustración 22: Procedimiento de cálculo del Indice DOW .....	55
Ilustración 23: Área Tóxica .....	67
Ilustración 24: Área Flamable .....	68
Ilustración 25: Tasa de Evaporación .....	68
Ilustración 26: Concentración en el Edificio contiguo .....	69
Ilustración 27: Pool Fire – Derrame de combustible.....	70
Ilustración 28: Pool Fire – Derrame de Combustible .....	71
Ilustración 29: Pool Fire – Derrame de Combustible .....	71
Ilustración 30: Energía en el Punto del Surtidor .....	72
Ilustración 31: Explosión Tanque al 100% .....	73
Ilustración 32: Explosión Tanque al 100%.....	73

Ilustración 33: Explosión Tanque al 50%.....	74
Ilustración 34: Explosión Tanque al 50%.....	74
Ilustración 35: Explosión Tanque al 10%.....	75
Ilustración 36: Explosión Tanque al 10%.....	75

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCION AL PROBLEMA**

#### **1. INTRODUCCIÓN**

En la Constitución Política del Ecuador en su Sección Tercera – Formas de Trabajo y su Retribución, en el Artículo 326, Literal 5 dice: “Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar”; según el Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo – Resolución 957 en su Artículo 1: “Según lo dispuesto por el artículo 9 de la Decisión 584, los países miembros desarrollarán los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo”, en el Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo, Resolución C.D. No 390 en el Capítulo VI – Prevención de Riesgos del Trabajo, en su Artículo 51 dice: “Las empresas deberán implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, como medio de cumplimiento obligatorio de las normas legales o reglamentarias”.

En cumplimiento de la legislación vigente en el Ecuador se plantea realizar el estudio de accidentes mayores en la estación de servicio Vista Hermosa, la cual se dedica a la venta y distribución de combustibles líquidos. El objetivo del estudio es determinar el nivel de riesgo, mediante métodos cualitativos o cuantitativos, que se encuentra presente en el funcionamiento diario de la mencionada instalación, evitando de esta manera que estos se lleguen a materializar y causen daños al personal que labora en la empresa y a los diferentes usuarios .

## 1.1. Descripción de la Empresa

El presente trabajo de investigación se lo va a realizar en la Estación de Servicio Vista Hermosa, la cual es una empresa privada que se dedica a la comercialización de combustibles como son gasolina extra, super y diesel. En la Ilustración 1 se puede observar las instalaciones de la estación, en la cual se puede apreciar el área de los surtidores para el despacho de los combustibles, las instalaciones de oficinas y ventas de productos alimenticios y en la parte posterior el área restringida en donde se encuentran los tanques de almacenamiento de los diferentes derivados de hidrocarburos que se comercializan.



Ilustración 1: Estación de Servicio Vista Hermosa

Fuente: Autor

La estación Vista Hermosa se encuentra ubicada en la panamericana sur en el tramo Machachi – Latacunga, como se puede observar en la Ilustración 2, en el kilómetro 32 en la parroquia Pastocalle sector La Dolorosa.

Las instalaciones se encuentran a una altitud del 3497 metros sobre el nivel del mar, y las coordenadas de georeferenciación del sistema de posicionamiento global (GPS) son 0°39'16.4" Sur y 78°35'28.8" Oeste.



Ilustración 2: Ubicación de la empresa  
Fuente: Google Maps

Dentro de las instalaciones laboran dos personas en tres turnos rotativos que se encargan de realizar el despacho ó venta del combustible a los usuarios las 24 horas del día, pero adicionalmente se cuenta con 2 persona para cubrir la rotación de sus compañeros; lo que nos da un total de 8 personas que trabajan realizando el despacho de combustible, adicionalmente a estas labores se encargan de realizar la recepción del combustible que llega en los camiones cisterna, realizando la revisión de los mismos, el varillaje, cuando llegan a las instalaciones, y se cuenta también con una persona que atiende el puesto de venta de productos varios.

Dentro de la infraestructura de almacenamiento de combustibles se cuenta con tres tanques de almacenamiento de 10.000 galones cada uno, lo que se encuentran distribuidos de la siguiente manera: Un tanque de 10.000 galones de gasolina extra, un segundo tanque de 10.000 galones que se encuentra dividido y almacena 3.000 galones de gasolina super y

los restantes 7.000 con diesel, y se tiene el tercero vacío para caso de necesitar un mayor almacenamiento, lo que da una capacidad instalada de almacenamiento de 20.000 galones de combustible.

## **1.2. Problema que se pretende abordar**

Al realizar la evaluación de los riesgos que se encuentran presentes en las diferentes actividades se puede CONOCER las medidas preventivas que se deben tomar para poder controlar Y MINIMIZAR los riesgos de accidentes mayores introduciendo medidas de control ya sea en la fuente, en el medio de transmisión o en el receptor (la persona).

Al ser una instalación del distribución de combustibles se la considerada de alto riesgo, motivo por el cual se debe garantizar a trabajadores y usuarios su seguridad. Este tipo de instalaciones por su estructura y nivel de almacenamiento de líquidos inflamables tienen un riesgo latente de incendio, el cual puede causar daños . En el 2014 ocurrió una emergencia en una estación de servicio ubicada en la ciudad de Quito en la que existió una explosión en sus instalaciones la cual produjo la muerte a tres personas que se encontraban en la estación en ese momento (Redacción Extra.ec, 2014), de ahí la necesidad de determinar el riesgo latente de incendio en este tipo de instalaciones, sus medidas de control y seguimiento a fin de controlarlas y evitar que de esta manera se vuelvan a repetir eventos como el mencionado anteriormente.

## **1.3. Hipótesis**

La determinación del nivel de riesgo en la estación de servicio Vista Hermosa ayudará a implementar las medidas de control y actuación correctas mejorando las condiciones de seguridad de empleados y usuarios ante la presentación de un accidente mayor.



## 1.4. Contexto y marco teórico

### 1.4.1. La empresa

Las estaciones de servicio presentan un conjunto variado de riesgos que se pueden identificar para evitar situaciones de peligro o posibles accidentes que se puedan dar, por este motivo los empleados de esta deben estar involucrados en el proceso de gestión y prevención de riesgos.

Como podemos observar en la Ilustración 2 se encuentran los procesos que se manejan en la estación de servicio, dentro de los cuales tenemos la descarga, almacenamiento y la distribución del combustible.



Ilustración 3: Procesos de la Estación

Fuente: Autor

Para el abastecimiento de los diferentes combustibles que se comercializan se realiza como primer paso el pedido vía telefónica con la oficina de la comercializadora de Petrocomercial, la cual procede a la facturación del combustible solicitado por la estación. Una vez facturado lo retira del terminal de despacho del beaterio el cual se encuentra ubicado al sur de la ciudad de Quito y se lo transporta hacia la estación de servicio en el

sector de Machachi en donde es recibido por los empleados para su recepción. Una vez estacionado y realizado el proceso de señalización del área de descarga se procede a subir al camión cisterna para realizar el varillado, este proceso consiste en abrir las tapas superiores del tanque para comprobar los niveles de combustible que se van a recibir, una vez realizado esto se procede a romper los sellos de seguridad, abrir las tapas de fondo y proceder con la descarga del combustible como se puede apreciar en la Ilustración 3. El camión cisterna transporta 4.000 Gls de combustible líquido.



Ilustración 4: Descarga de combustible

Fuente: Autor

Una vez descargado el combustible se lo almacena en cada uno de los respectivos tanques, teniendo a disposición un tanque para almacenamiento de diesel con una capacidad de 10.000 Gls y otro que se encuentra dividido para gasolina extra y super que tiene una capacidad del 3.000 Gls y 7.000 Gls respectivamente, lo que permite a la estación tener una capacidad máxima de almacenamiento de hidrocarburos de 20.000 Gls. Como se puede apreciar en la Ilustración 4 los tanques de almacenamiento se encuentran bajo tierra y están a una distancia de 30 metros de los surtidores.



Ilustración 5: Tanques de almacenamiento  
Fuente: autor

El proceso de distribución o venta del hidrocarburo se lo realiza como se puede observar en la Ilustración 5 a través de 4 surtidores ubicados en la plataforma de despacho, teniendo uno exclusivamente para gasolinas, uno gasolina – diesel y dos solo para la venta de diesel.



Ilustración 6: Surtidor de combustible

Fuente: Autor

#### 1.4.2. Legislación

De acuerdo a las exigencias legales, la Constitución de la República del Ecuador en su Art. 326 Num 5 que manifiesta que toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.

El Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, Resolución 957, señala que uno de sus objetivos fundamentales es “procurar el mejoramiento en el nivel de vida de los habitantes”, además menciona que la manera de alcanzar este objetivo es “garantizar la protección de la seguridad y salud en el trabajo”, por lo tanto indica que le corresponde a los Países Miembros: “adoptar medidas necesarias para mejorar las condiciones de seguridad y salud en cada centro de trabajo y así elevar el nivel de protección de la integridad física y mental de los trabajadores”.

El Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo Decreto Ejecutivo 2393, en el Art. 11. Obligaciones de los Empleadores: dice que: Son obligaciones generales de los personeros de las entidades y empresas públicas y privadas, las siguientes:

1. Cumplir las disposiciones de este Reglamento y demás normas vigentes en materia de prevención de riesgos.
2. Adoptar las medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores en los lugares de trabajo de su responsabilidad.

El Reglamento de Prevención de Incendios menciona en su CAPITULO III – PRECAUCIONES ESTRUCTURALES en su Art. 8.- Toda edificación que se enmarca en la Ley de Defensa Contra Incendios, es decir de más de 4 pisos o que alberguen más de 25 personas, o proyectos, para la industria, comercio, administración pública o privada; concentración de público, salud, educación, culto, almacenamiento y expendio de combustibles e inflamables, depósitos y expendio de explosivos y gas licuado de petróleo, hoteles, moteles, albergues, residenciales, bares, restaurantes, edificios administrativos

vehículos, hospitales, asilos, talleres, etc. deben construirse, equiparse, utilizarse y mantenerse en tal forma que reduzcan al mínimo el riesgo de INCENDIO, el de explosión, el riesgo interno y especialmente el riesgo a personas.

El Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo C. D. N° 390, CAPÍTULO VI - PREVENCIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJO, en el Art. 50.- Cumplimiento de Normas.- Las empresas sujetas al régimen de regulación y control del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, deberán cumplir las normas dictadas en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo y medidas de prevención de riesgos del trabajo establecidas en la Constitución de la República, Convenios y Tratados Internacionales, Ley de Seguridad Social, Código del Trabajo, Reglamentos y disposiciones de prevención y de auditoría de riesgos del trabajo, Art. 51.- Sistema de Gestión.- Las empresas deberán implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, como medio de cumplimiento obligatorio de las normas legales o reglamentarias, considerando los elementos del sistema: Gestión Administrativa, Gestión Técnica, Gestión del Talento Humano y Procedimientos Administrativos Básicos.

### **1.4.3. Accidentes Mayores**

Un accidente mayor es “un acontecimiento repentino, como vertido, emisión, incendio o explosión de gran magnitud, en el curso de una actividad dentro de una instalación expuesta a riesgo de accidente mayor, en el que están implicadas una o varias sustancias químicas peligrosas y que expongan a los trabajadores, a la población y/o al medio ambiente a un peligro grave, inmediato y/o diferido, real o potencial ” (SERTO, 2015)

“La legislación Española establece tres tipos de categorías para los accidentes mayores:

- CATEGORÍA 1: aquellos accidentes en los que se prevé que habrá, como única consecuencia daños materiales en la instalación industrial accidentada. Los daños asociados a la emisión, el escape, el vertido y la explosión queda, pues, limitados a los límites de la propiedad de la instalación industrial; no se producen víctimas ni heridos.
- CATEGORÍA 2: aquellos accidentes en los que se prevé que habrá, como consecuencia, posibles víctimas y daños materiales en la instalación industrial. Las repercusiones en el exterior se limitan a daños leves o efectos adversos sobre el medio ambiente, en zonas limitadas.
- CATEGORÍA 3: aquellos accidentes en los que se prevé que habrá, como consecuencia posibles víctimas, daños materiales o alteraciones graves del medio ambiente en zonas extensas, en el exterior de la instalación industrial.

Los accidentes de las categorías 2 y 3 son considerados accidentes mayores” (Casal, Montiel, Planas, & Vílchez, 2009)

Los accidentes mayores generan consecuencias en diferentes aspectos, como sobre los seres humanos, sobre la naturaleza y económicos sobre la empresa, en la Ilustración 6 se puede observar las áreas de influencia de cada uno de estos impactos. Los mas importantes son los impactos sobre los seres humanos, para evaluar estos se necesita hacer las evaluaciones respectivas de seguridad utilizando las diferentes metodologías aplicables.

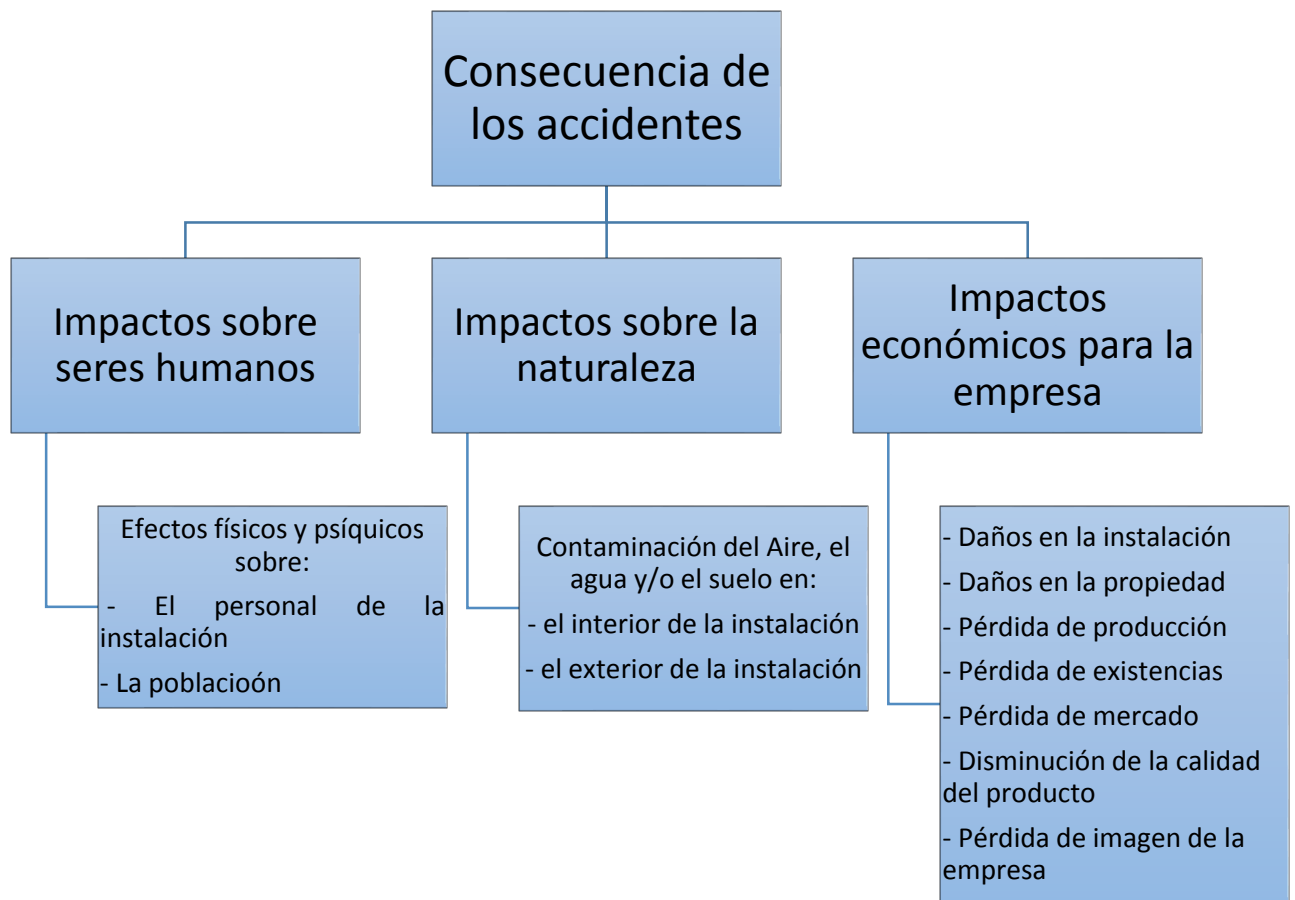


Ilustración 7: Esquema de las distintas consecuencias de los accidentes mayores

Fuente: Análisis del riesgo en instalaciones industriales

En la Ilustración 8 se puede observar que los escenarios de accidentes mayores no se desarrollan de manera aislada, si no todo lo contrario, estos se encuentran relacionados como se puede observar. El escape de productos tóxicos o inflamables como se observa, genera un variado tipo de accidentes, el mayor número de accidentes se asocian a este tipo de evento, mientras que las explosiones pueden suceden en el interior de un equipo o almacenamiento sin que haya previamente un escape de fluidos.

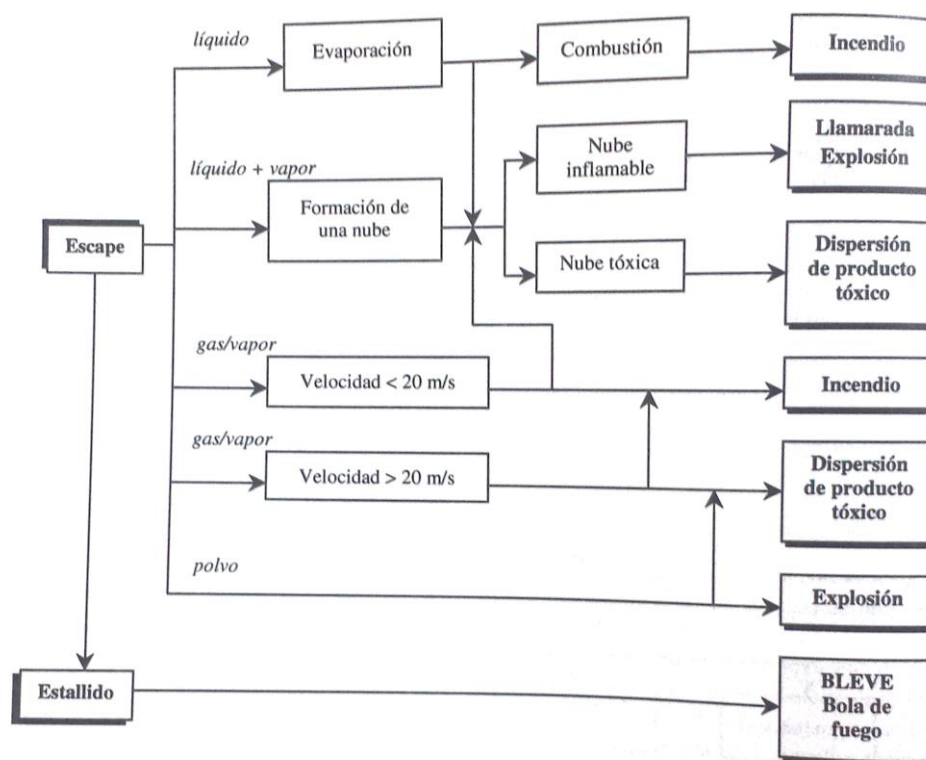


Ilustración 8: Esquema Simplificado de los posibles accidentes que se pueden producir en caso de escape accidental de un producto tóxico o inflamable

Fuente: Análisis del riesgo en instalaciones industriales

#### 1.4.4. Tetraedro del Fuego

Así en la Ilustración 9 se pueden identificar y definir cada uno de los componentes del tetraedro del fuego, como:

- OXIGENO (AGENTE OXIDANTE): Reacción química en la cual una sustancia se combina con el oxígeno (Oxidación).
- CALOR (ENERGÍA CALÓRICA): Para que se inicie una combustión, tiene que aumentar el nivel de energía, desencadenado un aumento en la actividad molecular de la estructura química de una sustancia.



- **COMBUSTIBLE (AGENTE REDUCTOR):** El combustible se define como cualquier sólido, líquido o gas que puede ser oxidado. El término agente reductor, a la capacidad del combustible de reducir un agente oxidante.
- **REACCIÓN EN CADENA:** Con el avance de la ciencia, se descubre que en el proceso del fuego existe un componente que es llamado reacción en cadena, que hace establecer la diferencia entre fuegos con la presencia de llamas y fuegos incandescentes.

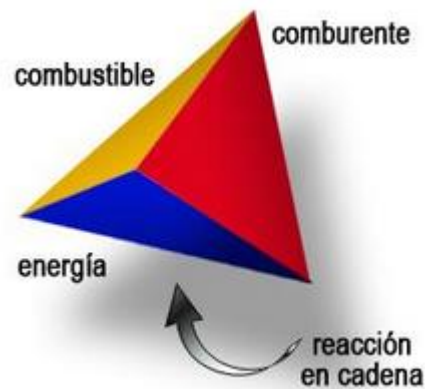


Ilustración 9: Tetraedro del Fuego

Fuente: <http://www.face2fire.com/ingenieria/fuego-fisica-y-quimica-1/>

Como se observa en la Ilustración 10, el triángulo del fuego, en el cual se detallan los componentes para que se pueda generar la reacción, se detalla a continuación la clasificación de los materiales combustibles según su estado físico, pudiendo ser estos: gases, sólidos y líquidos.



Ilustración 10: Triángulo de fuego – combustibles

Fuente: Fuente: [http://www.paritarios.cl/experiencias\\_aguas\\_araucaania\\_ene01.html](http://www.paritarios.cl/experiencias_aguas_araucaania_ene01.html)

### 1.4.5. Fases del Fuego

Dependiendo del estado en que se encuentre el incendio se tiene diferentes fases en las que este se puede encontrar para cada una de estas, métodos específicos para su extinción, tomando en cuenta algunos factores como el tiempo en que un fuego estuvo ardiendo (en los primeros 3 minutos de incendio podemos encontrar el desarrollo total en una habitación), si posee o no ventilación y el tipo de combustible que tiene en su interior.

A los incendios estructurales podemos dividirlos en tres etapas progresivas, como:

- Etapa incipiente o inicial.
- Etapa de combustión libre.
- Etapa de arder sin llama.

### 1.4.5.1. Etapa Incipiente o Inicial

“En esta primera etapa el oxígeno en la habitación se mantiene inalterable no ha sido reducido en consecuencia el fuego produce vapor de agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono, pequeñas cantidades de dióxido de azufre y otros gases; se comienza a generar calor que va en aumento; en esta etapa el calor de la llama puede alcanzar los 530°C, pero la temperatura en el medio ambiente de la habitación se está iniciando y aumentando muy poco.” (Crespo, 2013), como se puede observar en la Ilustración 11.

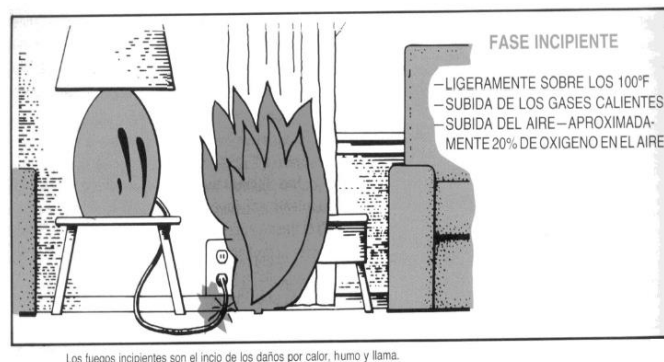


Ilustración 11: Fase incipiente

Fuente: <http://www.contraincendioonline.com/operaciones/fases1.php3>

### 1.4.5.2. Etapa de Combustión Libre

Ya en esta etapa donde el aire rico en oxígeno es absorbido hacia las llamas que en forma ascendente los gases calientes llevan el calor a las partes altas del recinto confinándolos. Los gases calientes se acumulan horizontalmente de arriba hacia abajo empujando al aire fresco a las zonas bajas y generando emisión de gases de combustión en los materiales combustibles más cercanos, esta zona se la considera de presión positiva, la zona del aire fresco en las partes bajas de presión negativa o depresión, entre ambas se forma una zona neutra denominada “plano neutral”; en este momento el área incendiada se

la puede calificar como fuego de arraigo ya que está completamente involucrada.” (Crespo, 2013) En esta etapa es cuando se pueden producir los distintos tipos de flashover y sus descargas disruptivas. En la Ilustración 12 se observa un ejemplo del fuego en esta etapa.



Ilustración 12: Combustión libre

Fuente: <http://www.contraincendioonline.com/operaciones/fases1.php3>

### 1.4.5.3. Etapa de Arder sin Llama

“En esta última etapa, las llamas dejan de existir dependiendo del confinamiento del fuego y la hermeticidad del recinto, el fuego se reduce a brasas incandescentes, el cuarto se llena completamente de humo denso y gases producto de la combustión incompleta que fue consumiendo el oxígeno paulatinamente. Todo el ambiente tiene la suficiente presión como para dejar escapar esa presión por las pequeñas aberturas que queden; el fuego seguirá reduciendo en este estado latente aumentando la temperatura por arriba del punto de ignición de los gases de combustión a más de 600°C. En esta etapa es donde se pueden llegar a producir los fenómenos de explosiones de humo o backdraft.” (Crespo, 2013)

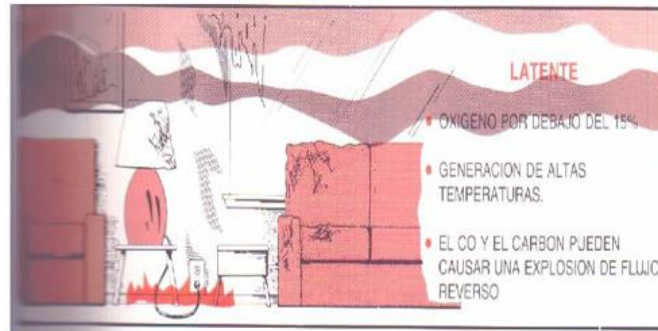


Ilustración 13: Arder sin llama

Fuente: <http://www.contraincendioonline.com/operaciones/fases1.php3>

#### 1.4.5.4. Flashover

“Según la escuela inglesa el flashover sólo puede producirse si se dan dos condiciones: la primera es la existencia de incendio en un espacio cerrado, puesto que la acumulación de gases bajo el techo juega un papel protagonista. La segunda condición es una suficiente aportación de aire.” (Andres, 2012)

La escuela sueca considera como condición para la existencia de flashover el confinamiento de los gases de combustión que se acumulan bajo el techo en un recinto cerrado. Esta misma masa de gases calientes generalmente todavía combustibles, al inflamarse da lugar al flashover y a la explosión de gases.

Los investigadores suecos identifican distintos tipos de flashover, aunque en realidad son variaciones del mismo concepto definido en las siguientes líneas. Los distintos tipos son: flashover pobre, flashover rico, flashover rico y demorado. Para la escuela inglesa y americana el flashover rico y demorado es lo que ellos denominan backdraft.

“Definición de flashover: un aumento repentino de la velocidad de propagación de un incendio confinado debido a la súbita combustión de los gases acumulados bajo el techo y a la inflamación generalizada de los materiales combustibles del recinto como consecuencia de la radiación emitida por esta capa de gases caliente.” (Andres, 2012)

En la Ilustración 14, a continuación se pueden observar las diferentes etapas del fuego que se han nombrado en la parte superior, se puede observar la curva de crecimiento de la temperatura según el transcurso del tiempo, aquí podemos observar que el punto en donde empieza la zona de flashover, podemos apreciar como la temperatura pasa de alrededor de 500 °C si no se la controla o tiene una intervención por parte de los bomberos se despara a los 1600 °C en un periodo de 15 a 20 minutos de iniciado el incendio.



Ilustración 14: Fases de desarrollo del fuego

Fuente: [http://www.13psi.cl/ampliar.php?f=obtener\\_info/imagenes\\_fotos/figura\\_2\\_fases\\_del\\_fuego\\_A.jpg](http://www.13psi.cl/ampliar.php?f=obtener_info/imagenes_fotos/figura_2_fases_del_fuego_A.jpg)

En la Ilustración 15 se puede observar una grafica resumen del poder calorífico estimado para diferentes grupos de materiales, como son el gas, plásticos y Combustibles. Los derivados de hidrocarburos estan dentro de los tres con mas alto poder calórico, para nuestro caso de interes, el Combustible o Fuel Oil con un poder calórico de 44.000 kJ/kg.

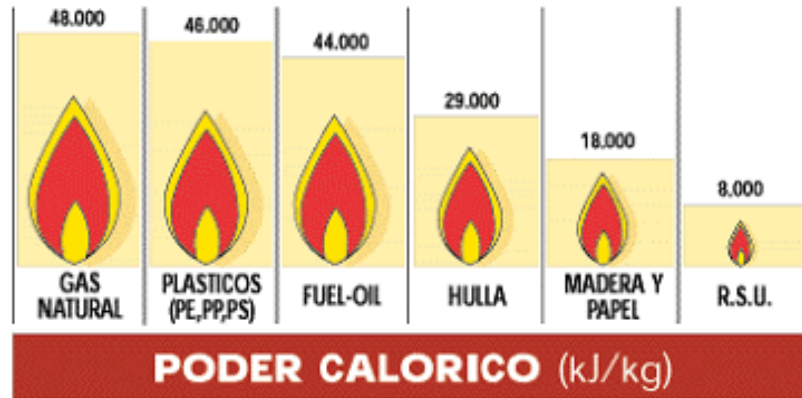


Ilustración 15: Poder Calórico

Fuente: [http://www.13psi.cl/ampliar.php?f=obtener\\_info/imagenes\\_fotos/figura\\_2\\_fases\\_del\\_fuego\\_A.jpg](http://www.13psi.cl/ampliar.php?f=obtener_info/imagenes_fotos/figura_2_fases_del_fuego_A.jpg)

## 1.4.6. Tipos de Incendio

### 1.4.6.1. Incendio de charco (POOL FIRE)

“El suceso desencadenante de un incendio de charco (también llamado pool fire) es el vertido de un líquido inflamable que se extenderá sobre el suelo alcanzando un espesor reducido o, si existe un cubeto u otra zona de contención, formando un charco de mayor profundidad.” (Colmenero, 2011)

### 1.4.6.2. Dardo de Fuego (JET FIRE)

“El suceso inicial para este tipo de incendio, también conocido como jet fire, es una fuga accidental de vapores o gases inflamables a presión, como por ejemplo en la rotura de una tubería procedente de un vaporizador o en la línea de impulsión de un compresor.

El escape dará lugar a lo que se denomina chorro turbulento (jet). Dicha turbulencia hará que la masa de gas inflamable se mezcle con el aire circundante desde el punto de fuga. En la zona frontal del jet, donde ya ha cesado la turbulencia, la nube inflamable diluida resultante será desplazada por el viento y continuará dispersándose.” (Colmenero, 2011)

#### **1.4.7. Prevención y protección contra incendios**

“Se entiende por prevención las medidas tendientes a evitar que el riesgo se actualice y por protección a las medidas tendientes a minimizar las consecuencias en caso de que el riesgo se actualice, produciéndose el incendio” (Cortés Días, 2007), una vez que se analicen los factores que intervienen en un incendio, y visto la necesidad de que para que se tenga el fuego debe actuar en conjunto estos cuatro elementos, se puede decir que para evitar la propagación de un incendio se puede actuar realizando lo siguiente:

- Retirando el material o elemento combustible
- Colocando sistemas de detección y alarma
- Utilizando equipos y medios de extinción
- Realizando la planificación de sistemas de evacuación.

“Las medidas preventivas debe comenzar a aplicarse desde la fase de proyecto o de montaje de la nave industrial, local, etc., que es cuando las medidas a adoptar pueden resultar mas fáciles, eficaces y económicas.” (Cortés Días, 2007)

#### **1.4.8. Medios de Extinción**

Los Medios de Extinción “se denominan a aquellos químicos que aplicados a un incendio son capaces de extinguirlo eliminado algún factor del tetraedro de Fuego”<sup>1</sup>, Según (I.N.S.H.T., 2013) NTP 99: “Si se elimina uno de los factores o se disminuye su intensidad suficientemente, el fuego se extinguirá. Según el factor que se pretenda eliminar o disminuir el procedimiento o método de extinción recibe el nombre de:

- ELIMINACIÓN Combustible
- SOFOCACIÓN Comburente

---

<sup>1</sup> Ficha de Prevención: Medios de Extinción de Incendios, (Junta de Extremadura Servicio y Salud de Riesgos Laborales de Centros Educativos



- ENFRIAMIENTO Energía
- INHIBICIÓN Reacción en cadena

#### **1.4.8.1. Eliminación del Combustible**

El fuego precisa para su mantenimiento de nuevo combustible que lo alimente. Si el combustible es eliminado de las proximidades de la zona de fuego, este se extingue al consumirse los combustibles en ignición. Esto puede conseguirse:

Directamente cortando el flujo a la zona de fuego de gases o líquidos, o bien quitando sólidos o recipientes que contengan líquidos o gases, de las proximidades de la zona de fuego.

Indirectamente refrigerando los combustibles alrededor de la zona de fuego.

#### **1.4.8.2. Sofocación**

La combustión consume grandes cantidades de oxígeno; precisa por tanto de la afluencia de oxígeno fresco a la zona de fuego. Esto puede evitarse:

- Por ruptura de contacto combustible-aire recubriendo el combustible con un material incombustible (manta ignífuga, arena, espuma, polvo, tapa de sartén, etc.)
- Dificultando el acceso de oxígeno fresco a la zona de fuego cerrando puertas y ventanas.
- Por dilución de la mezcla proyectando un gas inerte (N<sub>2</sub> ó CO<sub>2</sub>) en suficiente cantidad para que la concentración de oxígeno disminuya por debajo de la concentración mínima necesaria. Se consigue el mismo efecto pero con menor efectividad proyectando agua sobre el fuego, que al

evaporarse disminuirá la concentración de oxígeno (más efectivo si es pulverizada).

#### **1.4.8.3. Enfriamiento**

De la energía desprendida en la combustión, parte es disipada en el ambiente y parte inflama nuevos combustibles propagando el incendio. La eliminación de tal energía supondría la extinción del incendio.

Esto puede conseguirse arrojando sobre el fuego sustancias que por descomposición o cambio de estado absorban energía. El agua o su mezcla con aditivos, es prácticamente el único agente capaz de enfriar notablemente los fuegos, sobre todo si se emplea pulverizada.

#### **1.4.8.4. Inhibición**

Las reacciones de combustión progresan a nivel atómico por un mecanismo de radicales libres. Si los radicales libres formados son neutralizados, antes de su reunificación en los productos de combustión, la reacción se detiene.

Los halones son los agentes extintores cuya descomposición térmica provoca la inhibición química de la reacción en cadena."

Algunos autores postulan, que el gran efecto extintor sobre las llamas del polvo, es debido a una inhibición".

Las medidas de protección se clasifican en activas y pasivas, de estas dependen de cómo van actuar los métodos de extinción.

- “Medidas Activas incluyen aquellas actuaciones que implican una acción directa en la utilización de instalaciones y medios para protección y lucha contra incendios
- Medidas Pasivas son el conjunto de diseños y elementos constructivos de un edificio que presentaran una barrera contra el avance del incendio, confinándola a un sector, y limitando por ello las consecuencias del mismo” (Alonso González, 2013).

#### **1.4.8.5. Medios de Extinción Activos**

Estos se conocen como aquellos medios que cuentan con instalaciones para posibilitar la intervención y el control sobre el incendio, para nuestro caso de estudio vamos a citar los Medios e instalaciones de extinción que se clasifican en Medios portátiles, Instalaciones fijas e Instalaciones automáticas de extinción. (Fernandez de Castro, 2013).

##### **1.4.8.5.1. Medios portátiles de extinción.**

Los extintores son cilindros metálicos que contienen un agente extintor que sale a presión por una manguera, cuando una válvula se acciona, además tienen una palanca de activación. En la Ilustración 16 podemos observar la estructura y componentes de un extintor.

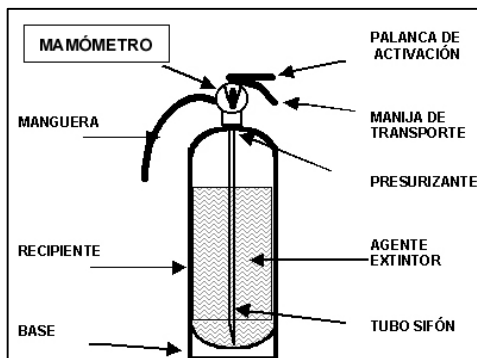


Ilustración 16: Extintor

Fuente: (Fernandez de Castro, 2013)

“La norma UNE 23-010-76 establece las clases de fuego normalizadas:

- Clase A: Fuego de materias sólidas, generalmente de naturaleza orgánica, donde la combustión se realiza normalmente con formación de brasas.
- Clase B: Fuego de líquidos o de sólidos licuables.
- Clase C: Fuego de gases.
- Clase D: Fuego de metales.” (I.N.S.H.T., 2013)

Las clases de Agentes extintores se pueden apreciar en la Ilustración 17 que se presenta a continuación:

Tipo de extintor	Clases de fuego			
	A	B	C	D
De agua pulverizada	***	*		
De agua a chorro	**			
De espuma física	**	**		
De polvo convencional		***	**	
De polvo polivalente	**	**	**	
De polvo especial				*
De anhídrido carbónico	*	**		
De hidrocarburos halogenados	*	**	*	
Específico para fuego de metales				*
*** Muy adecuado				
** Adecuado				
* Aceptable				

Ilustración 17: Agentes Extintores

Fuente: (I.N.S.H.T., 2013)

#### 1.4.8.5.2. Instalaciones fijas

Aquellas instalaciones de extinción, estas son de accionamiento manual, la cual tiene abastecimiento continuo de agua a presión (caudal adecuado), se caracterizan por tener autonomía de funcionamiento (reserva de agua exclusiva), una adecuada Red de tuberías que permitan la adecuada conducción y canalización de agua y B.I.E. (Bocas de Incendio Equipadas, Ilustración 18) que permitan su fácil funcionamiento con solo desplegar la manguera y accionar la válvula.



Ilustración 18: BIE

Fuente: (Fernandez de Castro, 2013)

#### 1.4.8.5.3. Instalaciones automáticas de extinción

El dispositivo automático más conocido es “sprinkler” (Ilustración 19) o rociador según (Fundación MAPFRE Estudios, 1997) “son el medio de protección contra incendios de mayor fiabilidad. Las instalaciones de estos equipos realizan automáticamente tres funciones en la protección contra incendios:

- Detectar el Fuego
- Dan la alarma

- Controlan o extinguen el fuego.”

“Un rociador es un dispositivo termosensible diseñado para descargar cierta cantidad de agua con cierto patrón sobre cierta área del piso, solo se activa cuando un incendio genera una cantidad de Calor suficiente en cuanto se activa, controla o reprime el incendio.” (N.F.P.A., 2009)



Ilustración 19: Rociador

Fuente: (Revistero®, 2013)

#### **1.4.8.6. Medios de extinción pasivos**

Estos se pueden definir como el conjunto de diseños y elementos constructivos de un edificio que presentarán una barrera contra el avance de un incendio, confinándolo a un sector, y limitando por ello las consecuencias del mismo.

Se pueden citar algunos objetivos de estos medios de extinción:

- Compartimentar y sectorizar adecuadamente para impedir la propagación al interior.
- Reducir los efectos del fuego.
- Facilitar los trabajos de extinción.
- Asegurar la estabilidad del edificio.

### **1.4.9. Mantenimiento**

Lo primero que se va a realizar es una breve definición del mantenimiento:

Mantenimiento es el conjunto de técnicas y de sistemas que nos permiten prevenir las averías en los equipos, y efectuar las revisiones y reparaciones correspondientes a fin de garantizar el buen funcionamiento de los equipos

En pocas palabras el objetivo principal del mantenimiento es el hacer que la empresa gane más dinero, evitando las pérdidas por piezas defectuosas o por paradas intempestivas de la línea de producción y por accidentes e incidentes con los trabajadores.

A continuación vamos a ver qué tipos de mantenimiento hay:

- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Proactivo
- Mantenimiento Cero horas (Overhaul)
- Mantenimiento en uso

#### **1.4.9.1.1. Mantenimiento correctivo**

Es aquel que se realiza cuando ya se produce el daño en el equipo o el daño en este es inminente. Este tipo de mantenimiento se realiza en la gran mayoría de empresas.

En el caso de que no se produzca ninguna falla, el mantenimiento es nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se produzca un fallo para en ese momento tomar acciones al respecto, esto trae repercusiones a la empresa como:

- Paradas no previstas
- Costos de mantenimiento no presupuestados

- Daños en la maquinaria o el personal

Dentro del mantenimiento correctivo tenemos dos tipos de mantenimiento correctivo que son:

- Mantenimiento rutinario: es la corrección de fallas que no afectan de manera profunda a los sistemas.
- Mantenimiento de emergencia: se origina por las fallas de equipo, instalaciones, edificios, etc., que requieren ser corregidos en plazo breve.

#### **1.4.9.1.2. Mantenimiento preventivo**

EL mantenimiento preventivo, son las labores que se realizan antes de que ocurra un desperfecto en la máquina, todo esto ocurre bajo condiciones controladas en la empresa.

Este tipo de mantenimiento tiene cierto tipo de ventajas como son:

- Seguridad: las obras e instalaciones sujetas a mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad.
- Vida útil: una instalación tiene una vida útil mucho mayor que la que tendría con un sistema de mantenimiento correctivo.
- Coste de reparaciones: es posible reducir el costo de reparaciones si se utiliza el mantenimiento preventivo.
- Inventarios: también es posible reducir el costo de los inventarios empleando el sistema de mantenimiento preventivo.
- Carga de trabajo: la carga de trabajo para el personal de mantenimiento preventivo es más uniforme que en un sistema de mantenimiento correctivo.



- Aplicabilidad: mientras más complejas sean las instalaciones y más confiabilidad se requiera, mayor será la necesidad del mantenimiento preventivo.

#### 1.4.9.1.3. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin detención de la producción. Estos controles pueden llevarse a cabo de forma periódica o continua, en función de tipos de equipo, sistema productivo, etc.

Para ello, se usan instrumentos de diagnóstico, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, análisis de vibraciones, etc., además se realiza el monitoreo de las condiciones del equipo mientras este se encuentra trabajando.

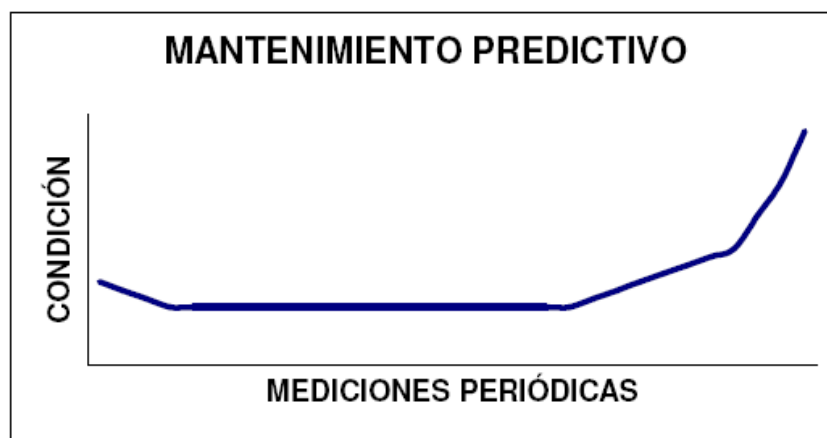


Ilustración 20: Condicion de la maquinaria

Fuente: [www.fing.uncu.edu.ar/catedras/planeamiento](http://www.fing.uncu.edu.ar/catedras/planeamiento)

En la Ilustración 19 se puede observar la curva de la condición de la maquinaria cuando se aplica el mantenimiento preventivo.

Los síntomas de falla son monitoreados y las reparaciones son efectuadas antes de la falla del equipo. La condición del equipo va mejorando según se van realizando las inspecciones de los equipos.

Las acciones recomendadas son en función de:

- Importancia del equipo
- Límites de deterioro del equipo
- Impacto del deterioro del equipo
- Análisis de la tendencia
- Predice la futura falla y el tiempo en que se puede dar

El mantenimiento predictivo tiene ciertas ventajas como:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.

- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

#### 1.4.9.1.4. Comparación de costos de los 3 sistemas de mantenimiento

Como se puede observar en la Tabla 1 los costos de mantenimiento correctivo son muy bajos al inicio, pero conforme pasa el tiempo y se deteriora la maquinaria se vuelven cada vez mas altos, para el caso opuesto, el mantenimiento predictivo tiene un costo alto de implantación pero este va disminuyendo conforme pasa el tiempo y se van controlando las fallas en lo equipos. El mantenimiento preventivo no tiene por el contrario un costo de implantación alto, pero tampoco es económico; la ventaja de este tipo de control es que el coste se mantiene estable acorde al tiempo que transcurre y se puede controlar las paradas para realizar las actividades de control.

Tabla 1: Comparación de costos

Fuente: [www.fing.uncu.edu.ar/catedras/planeamiento/archivos](http://www.fing.uncu.edu.ar/catedras/planeamiento/archivos)

<b>COSTOS</b>	<b>CORRECTIVO</b>	<b>PREVENTIVO</b>	<b>PREDICTIVO</b>
Para implementar	Bajo	Mediano	Altos
Improductivos	Altos	Mediano	Muy bajos
Tpo. de parada	Altos e indefinidos	Predefinidos	Mínimos
Asociado a existencia de repuestos	Alto consumo e indefinidos	Alto consumo y definidos	Consumo mínimo

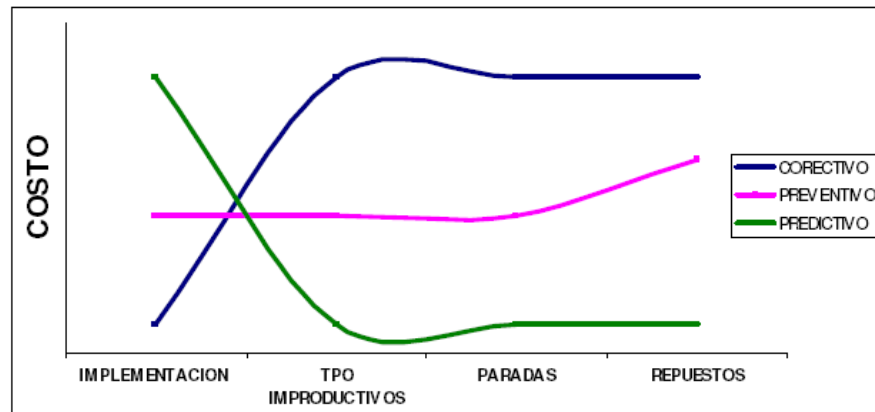


Ilustración 21: Comparación de los tipos de mantenimiento

Fuente: [www.fing.uncu.edu.ar/catedras/planeamiento/archivos/mant\\_intro\\_07.pdf](http://www.fing.uncu.edu.ar/catedras/planeamiento/archivos/mant_intro_07.pdf)

#### 1.4.10. Fallas

Se puede decir que algo falla cuando deja de brindar el servicio que debía, según las especificaciones de diseño con las que fue construido.

La falla en alguno de los elementos pueden producir incidentes o accidentes en el personal de la empresa, los cuales en el peor de los casos representan la pérdida de una vida.

#### 1.4.11. Tipos de fallas

Dentro de las fallas se pueden tener diferentes clasificaciones, según el momento de la vida útil de un bien se los puede clasificar como:

##### 1.4.11.1. Fallas tempranas

Son aquellas que aparecen al comienzo de la vida útil del elemento y constituyen un pequeño porcentaje del total de las falla. Se presentan generalmente en forma repentina y pueden causar graves daños.

#### **1.4.11.2. Fallas adultas**

Estas son fallas que se presentan con mayor frecuencia durante la vida útil de los equipos. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores.

#### **1.4.11.3. Fallas tardías**

Este tipo de fallas representa una pequeña fracción de las falla en la etapa final de la vida útil del elemento.

#### **1.4.12. Hojas check list**

Las hojas check list son hojas de control de la maquinaria, en estas hojas se describe una lista de acciones rutinarias de control, como revisión de presión, revisión del sistema eléctrico de la maquinaria, entre otras actividades.

Estas hojas de control son manejadas no necesariamente por técnicos o ingenieros de la empresa, si no por los operadores de la maquinaria, haciendo que el diseño de estas tenga que ser de fácil entendimiento y manejo para este tipo de personas.

### **1.5. Justificación del estudio.**

Buscar el mejoramiento de las condiciones laborales en los trabajadores de la Estación de Servicio Vista Hermosa, determinando el riesgo de incendio al cual estan expuestos durante la realización de sus actividades, con lo cual se puede establecer las medidas de control necesarias para mitigar el riesgo.

## **1.6. El significado del estudio.**

Al ser una empresa cuyo giro de negocio es la comercialización de elementos inflamables como ocurre con un gran número a nivel nacional, este estudio sirve como referente para la implementación de medidas preventivas para su operación, y garantizar de esta manera la seguridad tanto de trabajadores como usuarios.

Refleja el compromiso y la importancia que da el patrono de la empresa a cumplir con políticas y lineamientos aplicables en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo a nivel nacional, comprometiendo a sus trabajadores a realizar actividades de mejoramiento continuo dentro de la organización, lo que genera un empoderamiento de los mismos en sus actividades diarias.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General:**

Determinar el riesgo de incendio al cual están expuestos los trabajadores y usuarios de la Estación de Servicio Vista Hermosa.

### **1.7.2. Objetivos Específicos:**

- a) Evaluar el riesgo de incendio presente en las instalaciones de la estación de servicio.
- b) Proponer medidas de control de Seguridad y Salud en el Trabajo para el control preventivo del riesgo.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LA LITERATURA**

#### **2. Géneros de literatura incluidos en la revisión**

##### **2.1. Fuentes.**

Para el desarrollo de este trabajo, se obtuvo información de algunos autores, publicaciones, revistas y papers científicos indexados además de normativas que son parte de legislación nacional e internacional, todos estos documentos relacionados a la Seguridad y Salud en el Trabajo como el Libro Salud Laboral IV edición, pagina web oficial de la Organización Internacional del Trabajo, Notas Técnicas de Prevensión y Guías Técnicas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España

De esta manera se realiza una descripción del proceso y de los riesgos que se encuentran inherentes en sus actividades cotidianas.

##### **2.2. Antecedentes**

A nivel nacional se han presentado diferentes tipos de incidentes y accidentes, siendo el más reciente el sucedido a inicios del año 2014, en la estación de servicio de la cadena Petrocondor, ubicada en el sur de la ciudad de Quito en la ciudadela Atahualpa. El accidente ocurrió en la tarde, aproximadamente a las 17:00, cuando se escuchó un estruendo que alarmó a los vecinos, ya que esta estación de servicio se encuentra dentro de un barrio residencial. En este accidente hubieron 11 heridos y 3 fallecidos, los fallecidos eran empleados de otra empresa que fue a retirar unos equipos que se habían alquilado a la estación de servicio.

“Se presume que hubo acumulación de gases y esto pudo haber provocado la explosión en la estación de servicio. Representantes de la gasolinera indicaron que desconocían las causas del incendio. “Se presume que la explosión de la gasolinera fue por acumulación de gas”, manifestó Éber Arroyo, comandante del Cuerpo de Bomberos de Quito. Luego de algunos minutos, diez motobombas, más de 30 bomberos y seis ambulancias llegaron al sitio para atender la emergencia. La respuesta de los socorristas fue inmediata y cerca de las 17:35 el siniestro fue controlado. A través del Sistema Integrado de Seguridad ECU-911, se informó a los conductores que las vías cercanas al redondel Atahualpa fueron cerradas por el incendio en gasolinera.” (Redacción Extra.ec, 2014)



En la tabla 2 que se presenta a continuación se puede observar un breve resumen de los eventos ocurridos a nivel de América Latina, en los cuales se puede observar que como el ocurrido en Quito en el 2014 generan grandes pérdidas materiales e incluso la pérdida de vidas humanas.



Tabla 2: Eventos en Estaciones de Servicio  
Fuente: LEA

<b>EVENTOS EN ESTACIONES DE SERVICIO</b>	
<p>El 27/10/2006 un incendio destruyó una estación de servicio en San José (Costa Rica) provocando el fallecimiento de los ocupantes de un vehículo. El siniestro se produjo por el fallo de un filtro de un surtidor que derramó el combustible. Siniestro con ciertas similitudes al ocurrido en Buenos Aires el 01/02/2003</p>	
<p>El 05/02/2003 se Incendio una estación de servicio en Concepción (Tucumán - Argentina) cuando un auto chocó contra un pequeño tanque de combustible utilizado para preparar mezclas nafta/aceite para motocicletas.</p>	
<p>Incendio en surtidor de combustible en Santa Cruz de la Sierra – Bolivia, ocurrido el 26/07/2005 cuando un camión cisterna descargaba el combustible.</p>	

“Estos antecedentes demuestran que el riesgo más grave (de mayor intensidad) es siempre que se produzca una explosión, y que la frecuencia de los eventos ha disminuido en los últimos años.” (Leza, Escriña & Asociados S.A., 2015)

La disminución de la frecuencia tiene que ver con el mayor control que se ha venido imponiendo a las estaciones de servicio a lo largo de los últimos años por parte de los diferentes instituciones estatales como los bomberos, la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, que en adelante se llamará ARCH.

Por otra parte, ya no se habilitan estaciones de servicio en edificios con ocupación residencial o de otro tipo, y los pocos que quedan están sujetos a controles aún más estrictos, entre ellos a detectores de gases en los subsuelos y dependencias.

El desarrollo del presente estudio se realiza en la etapa de distribución de los hidrocarburos al usuario final por parte de la estación de servicio, la cual no se encarga de realizar actividades de producción, mezcla sino solo de expendio.

Como se menciono anteriormetne las operaciones que se realizan son:

- Descarga.
- Almacenamiento.
- Expendio final.

Los combustibles líquidos que se venden y comercializan a través de las estaciones de servicio a nivel nacional, son:

- Gasolina Extra, 82 octanos.
- Gasolina Súper, 92 octanos.
- Diesel.

La principal actividad de una estación de servicio, es la venta de combustibles líquidos. En algunos casos incluye servicios complementarios como lavado, lubricación y

engrase, así como el mantenimiento sencillo de vehículos, o servicios de mini market (comestibles y bebidas).

La operación principal de la estación de servicio comienza con el abastecimiento de los tanques de almacenamiento de combustible; y la posterior venta de estos combustibles a los usuarios finales, mediante el llenado de los tanques de los vehículos menores y mayores.

Para la realización de las actividades del establecimiento se cuenta con la siguiente infraestructura:

- Tanques de almacenamiento de combustibles.
- Islas con surtidores para el expendio de combustibles
- Cuarto de máquinas (tablero de control),
- Oficinas y servicios higiénicos.
- Patio de servicio.
- Estacionamientos.
- Aéreas verdes.
- Accesos.

Para los tanques de almacenamiento se cuenta con:

- Bocas de carga para cada uno de los tres tanques de almacenamiento
- Conexión para aterramiento del camión sisterna
- Respiradores para venteo de los gases generados en los tanques de almacenamiento

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. DEFINICIONES

#### 3.2. Métodos de evaluación de riesgos de accidente

Para la realización de la evaluación de los riesgos de accidente se tiene diferentes métodos, los cuales se los puede clasificar según su carácter de valoración en cuantitativos y calitativos, dentro de estos tenemos métodos como: el DOW, MOND y UCSIP, los cuales en un punto se vuelven de carácter semicuantitativo o semicualitativo.

Los métodos para la realización de los analisis de riesgo de accidentes mayores, como se puede ver en la Tabla 3, se clasifican en dos grupos.

Tabla 3: Métodos de evaluación de riesgos del accidente  
Fuente: (Rubio Romero, 2004)

<b>METODOS CUALITATIVOS</b>
Métodos cualitativos específicos de evaluación de riesgos mayores y todo tipo de riesgos de accidente en general.
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis histórico</li> <li>- Análisis preliminar</li> <li>- ¿Qué ocurriría si...?</li> <li>- Listas de comprobación, inspecciones y auditorías técnicas de seguridad</li> <li>- Análisis de seguridad de los trabajos</li> <li>- HAZOP</li> <li>- AMFE</li> <li>- AMFEC</li> <li>- UCSIP</li> <li>- Índice DOW</li> <li>- Índice MOND</li> <li>- Otros métodos mas atípicos: Mosar, Delphi, Simulación de Fallos, etc.</li> </ul>
Métodos Cualitativos específicos para el Cálculo del riesgo de incendio
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgo intrínseco</li> <li>- Gretener</li> <li>- Gustav-Purt</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- MESERI</li> <li>- PML-EML</li> <li>- FRAME</li> </ul>
<b>MÉTODOS CUANTITATIVOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis del árbol de fallos</li> <li>- Análisis del árbol de sucesos</li> <li>- Métodos para la determinación del fallo de modo común o causa común</li> <li>- Modelos de cálculo del alcance de los efectos</li> <li>- Métodos para el cálculo de daños (Probit)</li> <li>- Métodos para el cálculo de Riesgo</li> </ul>

### 3.3. Índice DOW

Índice de Incendio y Explosión (Fire & Explosion Index), este índice fue creado por la compañía DOW CHEMICAL y su propósito original fue servir como guía para la selección de métodos de protección de incendio

El índice Dow (F&EI) es una de las herramientas usadas para la evaluación realista del riesgo potencial de fuego, explosión y reactividad química de los equipos de proceso y su contenido. Desarrollado en 1964, ha evolucionado hasta convertirse en un índice completo que proporciona una medida del riesgo relativo de pérdidas de unidades individuales de proceso debido a fuegos o a explosiones potenciales.

Este índice se ha utilizado ampliamente, es el índice de peligro más reconocido por la industria química y proporciona información clave para evaluar el riesgo total de fuego y explosión.

El propósito del sistema de F&EI es:

- Cuantificar, en términos realistas, el daño que se puede esperar de los potenciales incidentes de fuego, explosión y reactividad.

- Identificar el equipo con probabilidad de contribuir a la iniciación o a la escalada de un incidente.
- Comunicar el potencial del riesgo de F&EI a la dirección.

Su propósito más amplio es disponer de un método que permita ordenar las unidades de proceso individuales según su riesgo, centrándose en los equipos importantes y proporcionar datos a los ingenieros de las pérdidas potenciales en cada área de proceso, para ayudarles a identificar maneras de disminuir, de una manera eficaz y rentable, la severidad y las pérdidas resultantes (en términos de dólares) de incidentes potenciales.

El sistema F&EI de Dow intenta determinar la pérdida máxima, realista, que puede ocurrir en una unidad de proceso o en unidades próximas. Una pérdida que podría ocurrir realmente en las condiciones de funcionamiento más adversas. El cálculo se basa en datos cuantificables. El cálculo del caudal de la fuga, la temperatura de proceso respecto a las de ignición y de ebullición y la reactividad del material son algunos de los muchos factores que contribuyen a un posible incidente.

Aunque el método de F&EI está diseñado principalmente para cualquier operación en la que se almacene, se maneje o se procese un material inflamable, combustible o reactivo, puede también ser utilizado para analizar pérdidas potenciales en instalaciones de tratamiento de aguas residuales, sistemas de distribución, tuberías, rectificadores, transformadores, calderas, oxidadores térmicos y algunos elementos de centrales eléctricas. El sistema se puede también utilizar para evaluaciones del riesgo de procesos pequeños con inventarios modestos de materiales potencialmente peligrosos. Su uso en plantas piloto es muy recomendable.

En la Ilustración 22 se presenta el esquema que resume el procedimiento de cálculo del índice Dow.

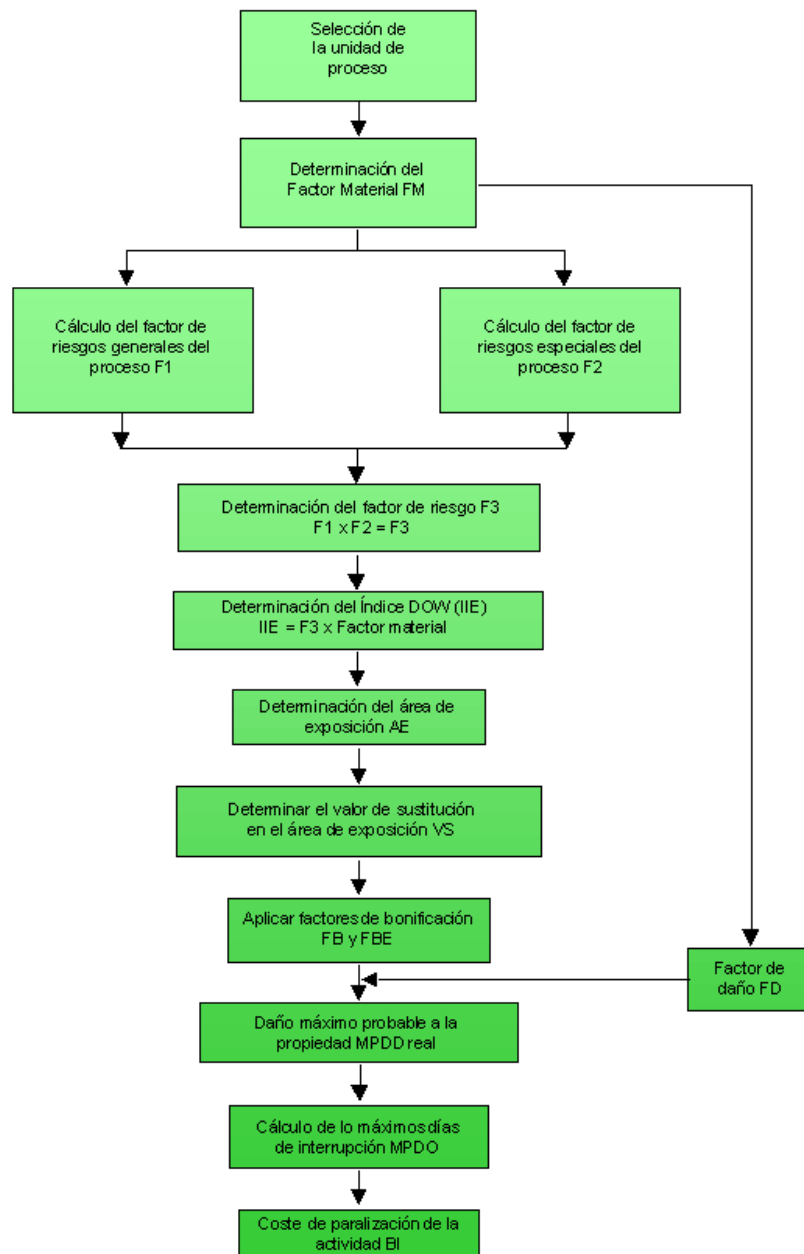


Ilustración 22: Procedimiento de cálculo del Índice DOW

Fuente: [http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An\\_riesgo/Ind\\_Riesgo.htm](http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/Ind_Riesgo.htm)

### 3.4. ALOHA

ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres = Ubicaciones Zonales de Atmósferas Peligrosas): es un programa computarizado diseñado específicamente para el uso de personas que responden a accidentes químicos, así como para la planificación y entrenamiento de emergencias. ALOHA puede predecir las tasas a las cuales los vapores químicos pueden escapar a la atmósfera desde tuberías de gas rotas, fugas de tanques, y charcos en evaporación. Entonces puede predecir cómo una nube de gas peligrosa podría dispersarse en la atmósfera después de una descarga química accidental.

Está diseñado para que pueda usarse fácilmente, de modo que pueda operarse exitosamente durante situaciones de alta presión. Su biblioteca química contiene información sobre las propiedades físicas de unos novecientos productos químicos peligrosos comunes.

Para usar ALOHA, típicamente se siguen los siguientes pasos:

- Indicar la ciudad donde está ocurriendo una descarga accidental y la hora y fecha del accidente.
- Elegir el producto químico de preocupación de la biblioteca de información que posee el ALOHA.
- Introducir información sobre las condiciones meteorológicas actuales.
- Describir en qué forma el producto químico escapa del contenedor.
- Pedir a ALOHA que presente una huella, en la que se muestre la zona donde las concentraciones químicas en el aire pueden llegar a ser lo suficientemente altas como para presentar un riesgo para la gente.

ALOHA es un modelo de dispersión aérea que se puede usar como herramienta para predecir el movimiento y dispersión de los gases. Predice concentraciones



contaminantes a favor del viento desde la fuente de un derrame, tomando en cuenta las características físicas del material derramado. También da cuenta de algunas de las características del sitio del derrame, las condiciones meteorológicas, y las circunstancias de la descarga.

ALOHA modela la dispersión de una nube de gas contaminante en el atmósfera y presenta un diagrama que muestra una visión desde arriba de la zona en la que predice que las concentraciones de gas alcanzarán niveles peligrosos. El diagrama se llama la huella de la nube. Para obtener el trazado de una huella, primero hay que identificar una concentración límite de una sustancia contaminante aérea, usualmente aquella concentración por encima de la cual el gas puede representar un riesgo para la gente. Este valor se llama Nivel de Preocupación. La huella representa el área dentro de la cual se predice que la concentración a ras del suelo de un gas contaminante excederá de su nivel de preocupación (NP) en algún momento después de empezar la descarga.

Hay dos modelos de dispersión separados en ALOHA: el Gaussiano y el de gases pesados.

### **3.5. Metodología MESERI**

MESERI es un método simplificado de evaluación de riesgos de incendio que facilita la evaluación sin perder la finalidad que se persigue al determinar una cualificación del riesgo analizado.

En este método se conjugan, de forma sencilla, las características propias de las instalaciones y medios de protección, de cara a obtener una cualificación del riesgo ponderada por ambos factores.

Ágil y fácil comprensión, el método permite al interlocutor realizar una evaluación rápida durante la inspección y efectuar, de forma casi instantánea, las recomendaciones oportunas para disminuir la peligrosidad del riesgo de incendio.

El Técnico experto debe dirigir la labor de otros menos capacitados, para lo cual necesita que las opiniones particulares de cada uno se objetivicen lo más posible, de tal forma, que el estudio del mismo riesgo siempre lleve a la misma conclusión.

Es obvio que un método simplificado debe aglutinar mucha información en poco espacio, habiendo sido preciso seleccionar únicamente los aspectos más importantes y no considerar otros de menor relevancia.

El método contempla dos bloques diferenciados de factores:

1. Factores propios de las instalaciones.
  - 1.1. Construcción.
  - 1.2. Situación.
  - 1.3. Procesos.
  - 1.4. Concentración.
  - 1.5. Propagación.
  - 1.6. Destrucción.
  
2. Factores de protección.
  - 2.1. Extintores. (EXT)
  - 2.2. Bocas de incendios equipados. (BIE)
  - 2.3. Columnas hidrantes exteriores. (CHE)
  - 2.4. Detectores automáticos de incendios (DET)
  - 2.5. Rociadores automáticos. (ROC)

## 2.6. Instalaciones fijas especiales. (IFE)

Cada factor se subdivide a su vez, teniendo en cuenta los aspectos más importantes a considerar, como se verá a continuación:

A cada uno de ellos se le aplica un coeficiente dependiente de que propicien o no el riesgo de incendio, desde cero, en el caso más desfavorable, hasta 10 en el más favorable.

En el Anexo B se puede observar la ficha de aplicación del método.

Una vez que se obtiene el factor de protección P se lo interpreta de acuerdo a la tabla 4 que se muestra a continuación.

Tabla 4: Factor de Peligro MESERI  
Fuente: Método MESERI

<b>FACTOR DE PROTECCIÓN</b>	<b>GRADO DE PELIGRO</b>
<b>0 A 3</b>	<b>GRAVE</b>
<b>3 A 6</b>	<b>MEDIO</b>
<b>6 A 10</b>	<b>LEVE</b>

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos al aplicar la metodología DOW para la evaluación del riesgo de incendio que se aplicó en la estación de servicio Vista Hermosa.

FIRE & EXPLOSION INDEX SUMMARY SHEET			
Location	Date	Process Unit	Bldg
Quito - Ecuador			Estación de Servicio Vista Hermosa
Prepared by	Approved by	Reviewed by	Reviewed by
<b>J VALDIVIESO</b>			
Materials in Unit			
State of Operation		Basic Materials for Material Factor	
<input type="checkbox"/> Design <input type="checkbox"/> Start Up <input checked="" type="checkbox"/> Normal Operation <input type="checkbox"/> Shutdown		<b>GASOLINA</b>	
Material Factor (See Table 1 or Appendices A or B) Note Requirements when unit temperature over 140 F (60 C)			<b>16</b>
<b>1. General Process Hazards</b>		<b>Penalty Factor Range</b>	<b>Penalty Factor Used</b> <small>(for no penalty factor use 0.00)</small>
Base Factor		1,00	1,00
A. Exothermic Chemical Reactions		0.30 to 1.25	0,00
B. Endothermic Chemical Reactions		0.20 to 0.40	0,00
C. Material Handling and Transfer		0.25 to 1.05	0,85
D. Enclosed or Indoor Process Units		0.25 to 0.90	0,00
E. Access		0.20 to 0.35	0,00
F. Drainage and Spill Control		0.25 to 0.50	0,00
General Process Hazards Factor (F1 = Sum of 1A through 1F + Base Factor)			<b>1,85</b>
<b>2. Special Process Hazards</b>		<b>Penalty Factor Range</b>	<b>Penalty Factor Used</b> <small>(for no penalty factor use 0.00)</small>
Base Factor		1,00	1,00
A. Low Temperature	1. $\geq$ Punto de Inflamacion	0,3	0,30
	2. $\geq$ Punto deEvllicion	0,6	0,00
	3. Autoignicion	0,75	0,00
B. Sub-Atmospheric Pressure (<500 mm Hg)		0,50	0,50
C. Operation In or Near Flammable Range (Inerted) (X Not	1. Tank Farms Storage Flammable Liquids	0,50	0,00
	2. Process Upset or	0,30	0,30

Inerted)	Purge Failure		
	3. Always in Flammable Range	0,80	0,00
D. Dust Explosion		0.25 to 2.00	0,00
E. Pressure (See Figure 2)	Materiales altamente viscosos	0,70	0,00
	Gases Comprimidos	1,20	0,00
	Gases licuados Inflamables	1,30	0,00
F. Low Temperature		0.20 to 0.30	0,00
G. Quantity of Flammable / Unstable Material	1. Liquids or Gases in Process		0,10
	2. Liquids or Gases in Storage		0,55
	3. Combustible Solids in Storage, Dust in Process		0,00
H. Corrosion and Erosion		0.10 to 0.75	0,20
J. Leakage - Joints and Packing		0.10 to 1.50	0,30
K. Use of Fired Equipment			0,00
L. Hot Oil Heat Exchange System		0.15 to 1.15	0,00
M. Rotating Equipment		0,50	0,00
Special Process Hazards Factor (F2 = Sum of 2A through 2L + Base Factor)			3,25
Process Unit Hazards Factor (F1 x F2) = F3			6
Fire and Explosion Index (F3 x Material Factor = Fire & Explosion Index)			96

LOSS CONTROL CREDIT FACTORS		
C1. Process Control Credit Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
		(for no credit factor use 1.00)
A. Emergency Power	0,98	0,98
B. Cooling	0.97 to 0.99	1,00
C. Explosion Control	0.84 to 0.98	0,96
D. Emergency Shutdown	0.96 to 0.99	0,94
E. Computer Control	0.93 to 0.99	1,00
F. Inert Gas	0.94 to 0.96	1,00
G. Operating Instructions / Procedures	0.91 to 0.99	0,95
H. Reactive Chemical Review	0.91 to 0.98	1,00
I. Other Process Hazard Analysis	0.91 to 0.98	1,00
Process Controls Credit Factor (C1 = Product of A through I)		0,84
C2. Material Isolation Credit Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
		(for no credit factor use 1.00)
A. Remote Control Valves	0.96 to 0.98	1,00
B. Dump / Blowdown	0.96 to 0.98	1,00
C. Drainage	0.91 to 0.97	1,00
D. Interlock	0,98	1,00

Material Isolation Credit Factor (C2 = Product of A through D)		1,00
C3. Fire Protection Credit Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
		(for no credit factor use 1.00)
A. Leak Detection (Alarm and Shutdown)	0.94 to 0.98	1,00
B. Fireproofing for Structural Steel	0.95 to 0.98	1,00
C. Fire Water Supply	0.94 to 0.97	0,75
D. Special Systems	0,91	0,90
E. Sprinkler Systems	0.74 to 0.97	1,00
F. Water Curtains	0.97 to 0.98	1,00
G. Foam	0.92 to 0.97	1,00
H. Portable Fire Extinguishers / Fire Monitors	0.93 to 0.98	0,97
I. Cable Fire Protection (Instrumentation and Electrical Cables)	0.94 to 0.98	1,00
Fire Protection Credit Factor (C3 = Product of A through I)		0,65
Loss Control Credit Factor (C1 x C2 x C3)		0,55
<b>PROCESS UNIT RISK ANALYSIS SUMMARY</b>		
Fire & Explosion Index		96
Radius of Exposure (m)		25
Area of Exposure (m2)		1.963,50
Value of Area of Exposure	\$ value per m2	\$ value total
	1000	\$ 1.963.500
Damage Factor		0,60
Base Maximum Probable Property Damage		\$ 1.178.100
Loss Control Credit Factor		0,55
Actual Maximum Probable Property Damage		644.636,12
Maximum Probable Days Outage (Figure 9)		29,00
Business Interruption	\$ value per day	\$ value total
	3750	\$ 108.750
TOTAL COST		\$ 966.406,80

Una vez que se realizaron los calculos de los diferentes factores de riesgo de las instalaciones se llega a obtener el Fire&Explosion Index = 96, el mismo que nos da una idea realtiva del nivel de riesgo al que esta expuesta la empresa, de acuerdo a la Tabla 4 el nivel de riesgo para la empresa se encuentra como moderado, lo cual no indica que se encuentre en buenas condiciones, ya que se encuentra en el límite superior pudiendo si varían las condiciones pasar a un nivel de riesgo intermedio. En el Apéndice A se puede

observar todo el proceso de cálculo con las tablas e isolíneas utilizadas para cada uno de los factores.

Tabla 5: Grado de Peligro F&E

Fuente: (AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS, 1994)

<b>FIRE &amp; EXPLOSION INDEX 7ma Edicion</b>	<b>GRADO DE PELIGRO</b>
<b>1 – 60</b>	LIGERO
<b>61 – 96</b>	MODERADO
<b>97 – 127</b>	INTERMEDIO
<b>128 – 158</b>	INTENSO
<b>MAS DE 159</b>	GRAVE

Una vez determinado el índice F&E se lo puede utilizar para calcular utilizando la misma metodología los posibles días de paro y el costo probable de daño a la propiedad; para nuestro caso este costo total llega a un estimado de \$ 966.406,80 en caso de tener un incidente con las condiciones en las que se realiza la evaluación del riesgo de incendio en las instalaciones.

Ficha de inspección del área de almacenamiento.

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO							
<b>Empresa:</b>	Estación Vista Hermosa			<b>Situación:</b>	Almacenamiento		
<b>CONSTRUCCIÓN</b>				<b>PROPAGABILIDAD</b>			
<b>Nº de pisos</b>	<b>Altura</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>	<b>Vertical</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>	
1 o 2	menor de 6 m.	3	3	Baja	5	5	
3, 4 o 5	entre 6 y 15 m.	2		Media	3		
6, 7, 8 o 9	entre 15 y 27 m.	1		Alta	0		
10 o más	más de 30 m.	0		<b>Horizontal</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>	
<b>Superficie mayor sector Incendios</b>		<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>	Baja	5	5	
de 0 a 500 m <sup>2</sup>		5	5	Media	3		
de 501 a 1500 m <sup>2</sup>		4		Alta	0		
de 1501a 2500 m <sup>2</sup>		3		<b>DESTRUCTIBILIDAD</b>			
de 2501 a 3500 m <sup>2</sup>		2		<b>Por calor</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>	
de 3501 a 4500 m <sup>2</sup>		1	5	Baja	10	10	
más de 4500 m <sup>2</sup>		0		Media	5		
<b>Resistencia al fuego</b>		<b>Coeficiente</b>		<b>Puntos</b>	Alta		0
Resistente al fuego (hormigón)		10	10	<b>Por humo</b>			
No combustible		5		<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>		
Combustible		0		Baja	10	10	
<b>Falsos techos</b>		<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>	Media	5		
Sin falsos techos		5	5	Alta	0		
Con falsos techos incombustibles		3		<b>Por corrosión</b>			
Con falsos techos combustibles		0		<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>		
<b>FACTORES DE SITUACIÓN</b>							
<b>Distancia bomberos</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>	<b>Por agua</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>	
menor de 5 km	5 minutos	10	2	Baja	10	5	
entre 5 y 10 km	5 y 10 min.	8		Media	5		
entre 10 y 15 km	10 y 15 min.	6		Alta	0		
entre 15 y 25 km	15 y 25 min.	2		<b>SUBTOTAL (X)</b>			
más de 25 km	25 min.	0		<b>78</b>			
<b>Accesibilidad de edificios</b>		<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>	<b>Factor Medios de Protección Humana</b>			
Buena		5	5	SV	CV	Puntos	
Media		3		Extintores portátiles (EXT)	1	2	2
Mala		1		Bocas de incendio equipadas (BIE)	2	4	
Muy mala		0		Columnas hidrantes exteriores (CHE)	2	4	
				Detección automática (DET)	0	4	
			Rociadores automáticos (ROC)	5	8		
			Extinción por agentes gaseosos (IFE)	2	4		
<b>PROCESOS</b>							
<b>Peligro de activación</b>		<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>	<b>SUBTOTAL (Y)</b>			
Bajo		10	0	<b>2</b>			
Medio		5		Cálculo del coeficiente de Protección "P":			
Alto		0		$P = (5 X : 120) + (5 Y : 22) + 1 (BCI) = 3,70455$			
<b>Carga térmica</b>		<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>	En caso de existir Brigada Contra Incendio (BCI) se le sumara un punto al resultado obtenido anteriormente			
Baja (Q < 100 Mcal/m <sup>2</sup> )		10	0	El riesgo se considera aceptable cuando $P \geq 5$ .			
Media (100 < Q < 200 Mcal/m <sup>2</sup> )		5		<b>OBSERVACIONES</b>			
Alta (Q > 200 Mcal/m <sup>2</sup> )		0					
<b>Combustibilidad</b>		<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>				
Baja (M.0 y M.1)		5	0				
Media (M.2 y M.3)		3					
Alta (M.4 y M.5)		0					
<b>Orden y limpieza</b>		<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>				
Bajo		0	5				
Medio		5					
Alto		10					
<b>Almacenamiento en altura</b>		<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>				
menor de 2 m		3	3				
entre 2 y 4 m		2					
más de 6 m		0					
<b>FACTOR DE CONCENTRACIÓN</b>							
<b>Factor de concentración</b>		<b>Coeficiente</b>	<b>Puntos</b>				
menor de 50.000 pts/m <sup>2</sup>		3					
entre 50 y 200.000 pts/m <sup>2</sup>		2					
más de 200.000 pts/m <sup>2</sup>		0					
<b>CONCLUSIÓN (Indicar en el Informe de Inspección)</b>							



## Ficha de inspección del área de surtidores.

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO										
<b>Empresa:</b>		Estación Vista Hermosa			<b>Situación:</b>		Venta de combustible			
<b>CONSTRUCCIÓN</b>				<b>PROPAGABILIDAD</b>						
<b>Nº de pisos</b>	<b>Altura</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>	<b>Vertical</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>				
1 o 2	menor de 6 m.	3	3	Baja	5	3				
3, 4 o 5	entre 6 y 15 m.	2		Media	3					
6, 7, 8 o 9	entre 15 y 27 m.	1		Alta	0					
10 o más	más de 30 m.	0		<b>Horizontal</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>				
<b>Superficie mayor sector Incendios</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>	Baja	5	5				
de 0 a 500 m <sup>2</sup>		5	1	Media	3					
de 501 a 1500 m <sup>2</sup>		4		Alta	0					
de 1501 a 2500 m <sup>2</sup>		3		<b>DESTRUCTIBILIDAD</b>						
de 2501 a 3500 m <sup>2</sup>		2		<b>Por calor</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>			
de 3501 a 4500 m <sup>2</sup>		1			Baja	10	0			
más de 4500 m <sup>2</sup>		0			Media	5				
					Alta	0				
<b>Resistencia al fuego</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>	<b>Por humo</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>			
Resistente al fuego (hormigón)		10	5			Baja	10	10		
No combustible		5				Media	5			
Combustible		0				Alta	0			
<b>Falsos techos</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>	<b>Por corrosión</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>			
Sin falsos techos		5	3			Baja	10	10		
Con falsos techos incombustibles		3				Media	5			
Con falsos techos combustibles		0				Alta	0			
<b>FACTORES DE SITUACIÓN</b>				<b>Por agua</b>						
<b>Distancia bombero: Tiempo</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>				Baja	10	10		
menor de 5 km	5 minutos	10	2			Media	5			
entre 5 y 10 km	5 y 10 min.	8				Alta	0			
entre 10 y 15 km	10 y 15 min.	6		<b>SUBTOTAL (X)</b>		<b>80</b>				
entre 15 y 25 km	15 y 25 min.	2		<b>Factor Medios de Protección Humana</b>		<b>SV</b>	<b>CV</b>	<b>Puntos</b>		
más de 25 km	25 min.	0			Extintores portátiles (EXT)	1	2	2		
<b>Accesibilidad de edificios</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>			Bocas de incendio equipadas (BIE)	2	4		
Buena		5	5			Columnas hidrantes exteriores (CHE)	2	4		
Media		3				Detección automática (DET)	0	4		
Mala		1				Rociadores automáticos (ROC)	5	8		
Muy mala		0				Extinción por agentes gaseosos (IFE)	2	4		
<b>PROCESOS</b>				<b>SUBTOTAL (Y)</b>						
<b>Peligro de activación</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>	<b>2</b>						
Bajo		10	5	<p>Cálculo del coeficiente de Protección "P":  <math>P = (5 X : 120) + (5 Y : 22) + 1 (BCI) = 3,78788</math></p> <p>En caso de existir Brigada Contra Incendio (BCI) se le sumara un punto al resultado obtenido anteriormente</p> <p>El riesgo se considera aceptable cuando <math>P \geq 5</math>.</p>						
Medio		5								
Alto		0								
<b>Carga térmica</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>							
Baja (Q < 100 Mcal/m2)		10	10							
Media (100 < Q < 200 Mcal/m2)		5								
Alta (Q > 200 Mcal/m2)		0								
<b>Combustibilidad</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>							
Baja (M.0 y M.1)		5	0							
Media (M.2 y M.3)		3								
Alta (M.4 y M.5)		0								
<b>Orden y limpieza</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>							
Bajo		0	5							
Medio		5								
Alto		10								
<b>Almacenamiento en altura</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>							
menor de 2 m		3	3							
entre 2 y 4 m		2								
más de 6 m		0								
<b>FACTOR DE CONCENTRACIÓN</b>				<b>OBSERVACIONES</b>						
<b>Factor de concentración</b>		<b>Coefficiente</b>	<b>Puntos</b>							
menor de 50.000 pts/m2		3								
entre 50 y 200.000 pts/m2		2								
más de 200.000 pts/m2		0								
<b>CONCLUSIÓN (Indicar en el Informe de Inspección)</b>										

Como se observa en las fichas anteriores de inspección se obtiene como resultado del factor de protección sobre tres, lo que si se observa en la tabla 4, se tiene como nivel de riesgo medio, debiendo de esta manera tomar medidas correctivas en las áreas respectivas.

Dentro de los análisis de riesgos que se realizan, se puede calcular un caso de incendio de charco, teniendo en cuenta el caso en que se rompa o se produzca un daño en uno de los tubos de alimentación de los surtidores y se encuentre en funcionamiento la bomba de alimentación.

De los cálculos realizados se obtienen los siguientes resultados detallados en el Apéndice C a continuación:

Diámetro medio que alcanzará el charco en caso de Derrame	$D = 162,3 \text{ m}$
Altura que podría alcanzar la llama del charco	$L = 1,32 \text{ m}$
Flujo de calor	$Q = 2,03 \text{ kw/m}^2$

De los resultados obtenidos el flujo de calor que resulta del cálculo es suficiente para generar quemaduras de segundo grado en las personas.

Como parte de los análisis del riesgo de incendio y explosión se analizaron dos casos que se podrían dar, el primero es una fuga por la válvula de fondo del camión cisterna, el cual transporta 4.000 galones de combustible. El primero de los análisis es el de toxicidad del ambiente y el segundo el caso de que se llegue a prender el combustible y se de un pool fire en el área de descarga.

```

SITE DATA:
Location: PASTOCALLE, ECUADOR
Building Air Exchanges Per Hour: 0.75 (unsheltered single storied)
Time: March 25, 2015 1313 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical                               Molecular Weight: 114.23 g/mol
ERPG-1: 200 ppm      ERPG-2: 1000 ppm      ERPG-3: 4000 ppm
IDLH: 500 ppm        LEL: 9600 ppm        UEL: 65000 ppm
Ambient Boiling Point: 110.8° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.0085 atm
Ambient Saturation Concentration: 13,142 ppm or 1.31%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 3.3 meters/second from sw at 3 meters
Ground Roughness: open country          Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 12° C                  Stability Class: C
No Inversion Height                     Relative Humidity: 67%

SOURCE STRENGTH:
Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 0.73 meters              Tank Length: 9 meters
Tank Volume: 3.77 cubic meters
Tank contains liquid                    Internal Temperature: 12° C
Chemical Mass in Tank: 2.96 tons        Tank is 100% Full
Circular Opening Diameter: 3 inches
Opening is 0 meters from tank bottom
Ground Type: Concrete
Ground Temperature: equal to ambient
Max Puddle Diameter: Unknown
Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour
Max Average Sustained Release Rate: 14.3 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 703 kilograms
Note: The chemical escaped as a liquid and formed an evaporating puddle.
The puddle spread to a diameter of 31 meters.

```

Toxic Threat Zone ☐ ☐

```

Model Run: Gaussian
Red   : 16 meters --- (4000 ppm = ERPG-3)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
      make dispersion predictions less reliable for short distances.
Orange: 15 meters --- (1000 ppm = ERPG-2)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
      make dispersion predictions less reliable for short distances.
Yellow: 23 meters --- (200 ppm = ERPG-1)
Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
      make dispersion predictions less reliable for short distances.

```

Ilustración 23: Área Tóxica

Fuente: ALOHA-AUTOR

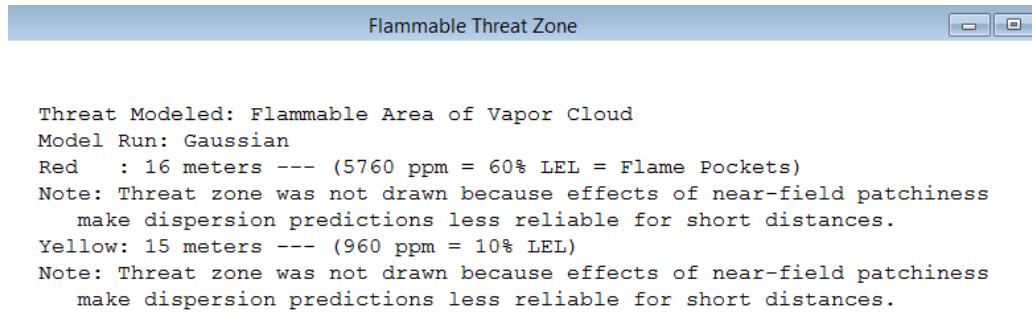


Ilustración 24: Área Flamable

Fuente: ALOHA-AUTOR

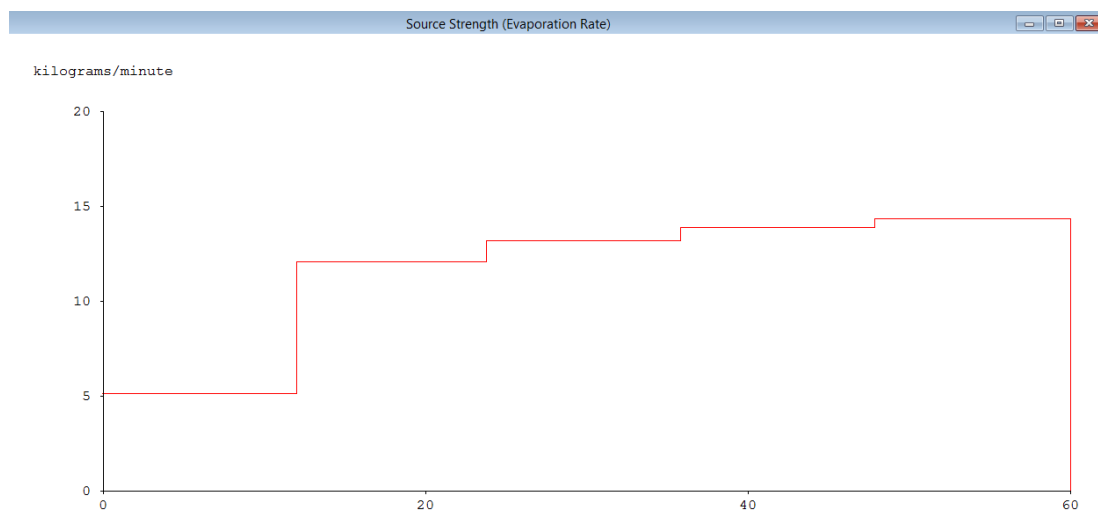


Ilustración 25: Tasa de Evaporación

Fuente: ALOHA-AUTOR

En la Ilustración 23 y 24 se tiene la zona tóxica y la inflamable respectivamente, las cuales no se puede determinar de forma confiable debido a las condiciones que se tiene en el sector.

En la Ilustración 25 se tiene la tasa de evaporación en el caso del derrame de combustible, la cual tendrá un tiempo de duración de 60 minutos.

La ilustración 26 muestra la concentración en partes por millón del edificio que se encuentra al frente, la que llega a 58 ppm el cual no supera la concentración tóxica, ya que el TLV-TWA es de 300 ppm y el TLV-CEILING 500 ppm.

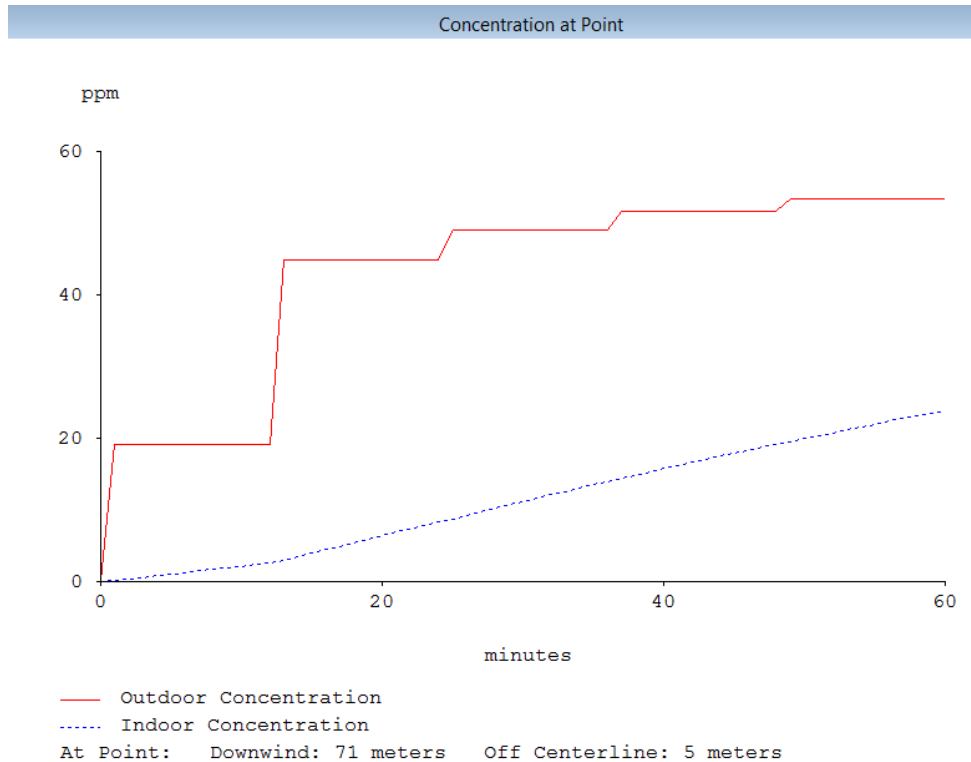


Ilustración 26: Concentración en el Edificio contiguo

Fuente: ALOHA-AUTOR

En la ilustración 27 se tiene el efecto de que el combustible se derrame y se encienda, produciendo un pool fire, el cual tendría un radio de daño de alrededor de 40 metros, si se tiene en cuenta el punto en donde se encuentran los despachadores, Ilustración 30, sentirían dolor y estarían en el borde de que tengan quemaduras de segundo grado.

**SITE DATA:**

Location: PASTOCALLE, ECUADOR  
 Building Air Exchanges Per Hour: 0.75 (unsheltered single storied)  
 Time: March 25, 2015 1313 hours ST (using computer's clock)

**CHEMICAL DATA:**

Chemical Name: N-OCTANE Molecular Weight: 114.23 g/mol  
 ERPG-1: 200 ppm ERPG-2: 1000 ppm ERPG-3: 4000 ppm  
 IDLH: 500 ppm LEL: 9600 ppm UEL: 65000 ppm  
 Ambient Boiling Point: 110.8° C  
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.0085 atm  
 Ambient Saturation Concentration: 13,142 ppm or 1.31%

**ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)**

Wind: 3.3 meters/second from sw at 3 meters  
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths  
 Air Temperature: 12° C Stability Class: C  
 No Inversion Height Relative Humidity: 67%

**SOURCE STRENGTH:**

Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank  
 Flammable chemical is burning as it escapes from tank  
 Tank Diameter: 0.73 meters Tank Length: 9 meters  
 Tank Volume: 3.77 cubic meters  
 Tank contains liquid Internal Temperature: 12° C  
 Chemical Mass in Tank: 2.96 tons Tank is 100% Full  
 Circular Opening Diameter: 3 inches  
 Opening is 0 meters from tank bottom  
 Max Flame Length: 19 meters Burn Duration: 14 minutes  
 Max Burn Rate: 201 kilograms/min  
 Total Amount Burned: 2,685 kilograms  
 Note: The chemical escaped as a liquid and formed a burning puddle.  
 The puddle spread to a diameter of 7.1 meters.

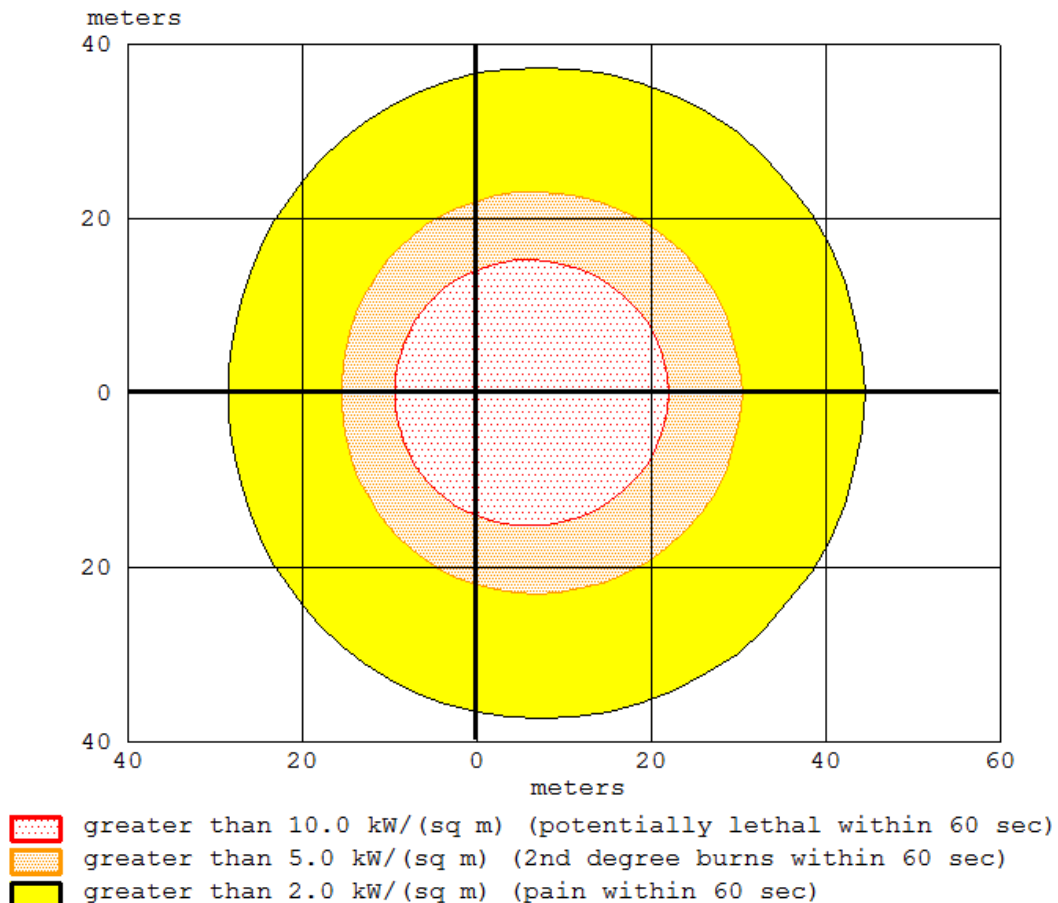


Ilustración 27: Pool Fire – Derrame de combustible

Fuente: ALOHA-AUTOR

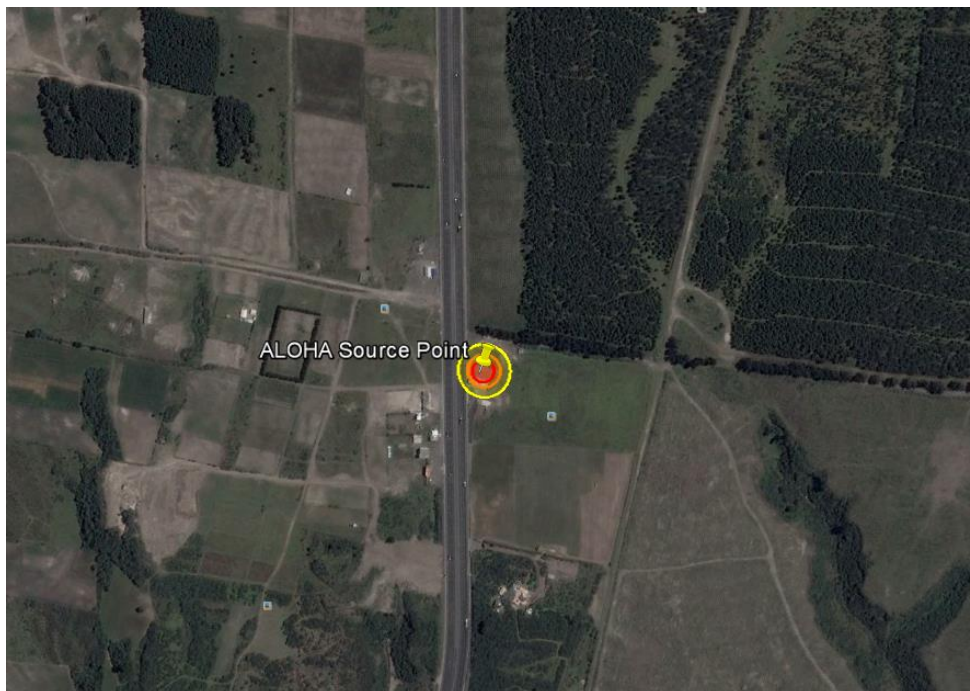


Ilustración 28: Pool Fire – Derrame de Combustible

Fuente: ALOHA-GOOGLE EARTH



Ilustración 29: Pool Fire – Derrame de Combustible

Fuente: ALOHA-GOOGLE EARTH



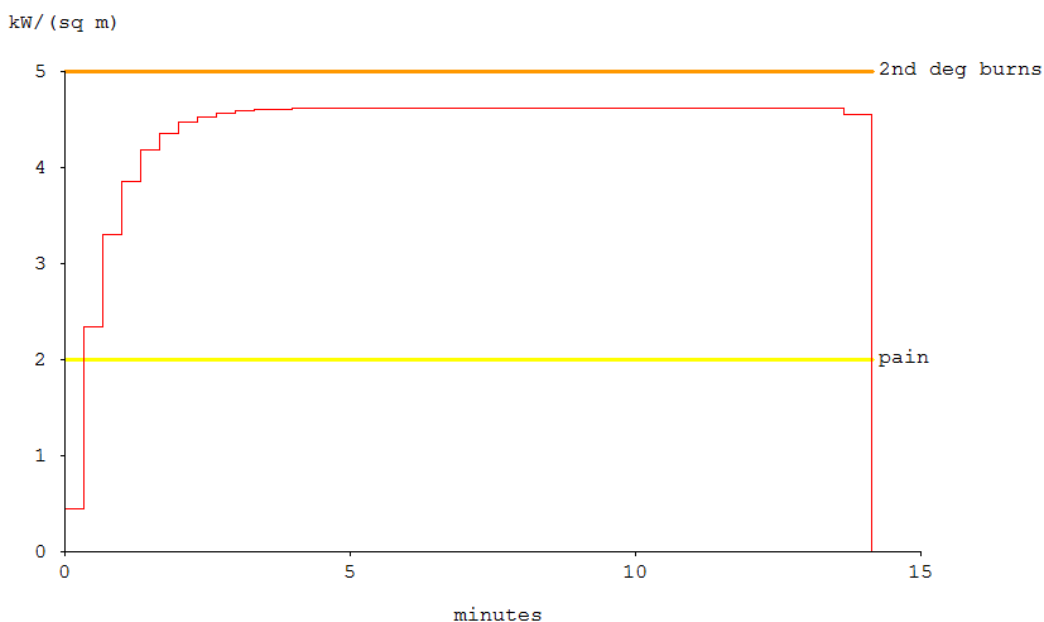


Ilustración 30: Energía en el Punto del Surtidor

Fuente: ALOHA-AUTOR

En las ilustraciones 31 y 32 se tiene el caso de un bleve cuando el tanque se encuentre al 100% de su capacidad, se puede ver que causaría daños a los edificios circundantes y la muerte al personal de la estación.

```

SITE DATA:
Location: PASTOCALLE, ECUADOR
Building Air Exchanges Per Hour: 0.75 (unsheltered single storied)
Time: March 25, 2015 1313 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical                               Molecular Weight: 114.23 g/mol
ERPG-1: 200 ppm   ERPG-2: 1000 ppm   ERPG-3: 4000 ppm
IDLH: 500 ppm    LEL: 9600 ppm    UEL: 65000 ppm
Ambient Boiling Point: 110.8° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.0085 atm
Ambient Saturation Concentration: 13,142 ppm or 1.31%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 3.3 meters/second from sw at 3 meters
Ground Roughness: open country           Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 12° C                   Stability Class: C
No Inversion Height                       Relative Humidity: 67%

SOURCE STRENGTH:
BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank
Tank Diameter: 0.73 meters                Tank Length: 9 meters
Tank Volume: 3.77 cubic meters
Tank contains liquid
Internal Storage Temperature: 12° C
Chemical Mass in Tank: 2.96 tons          Tank is 100% full
Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
Fireball Diameter: 81 meters              Burn Duration: 6 seconds

THREAT ZONE:
Threat Modeled: Thermal radiation from fireball
Red : 188 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 266 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 415 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

```



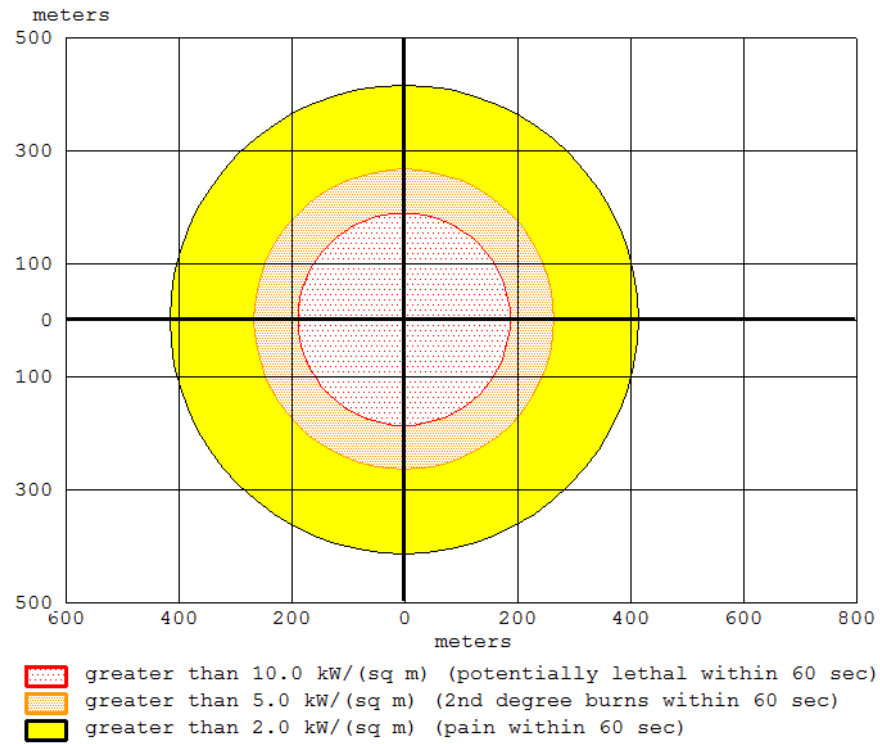


Ilustración 31: Explosión Tanque al 100%

Fuente: ALOHA-AUTOR

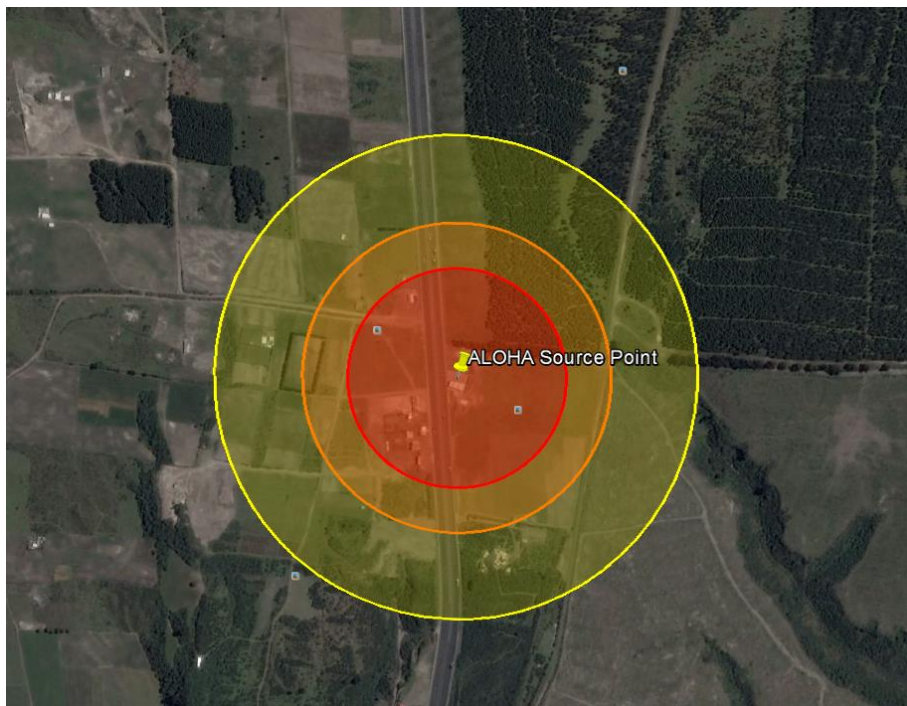


Ilustración 32: Explosión Tanque al 100%

Fuente: ALOHA-GOOGLE EARTH

En las ilustraciones 33 y 34 tenemos el análisis de la explosión cuando el tanque se encuentra al 50% de su capacidad, teniendo un radio de afección de 300 metros

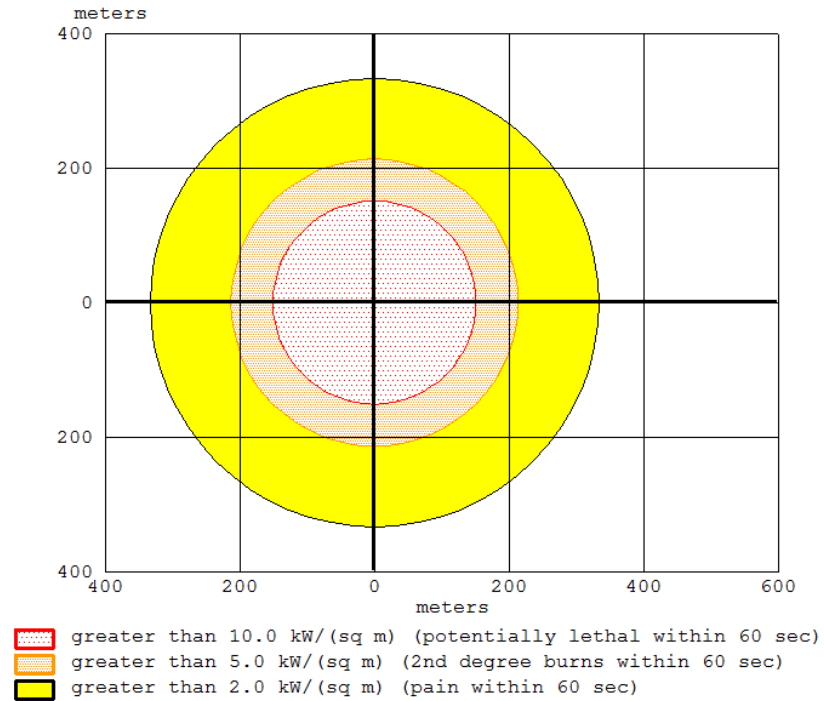


Ilustración 33: Explosión Tanque al 50%

Fuente: ALOHA-AUTOR

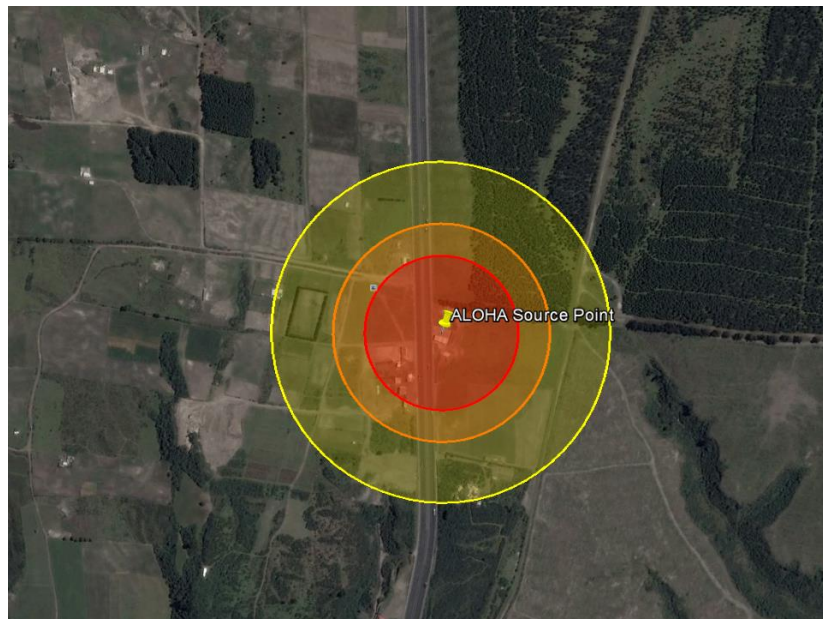


Ilustración 34: Explosión Tanque al 50%

Fuente: ALOHA-GOOGLE EARTH

El último caso de análisis que se tiene en las ilustraciones 35 y 36 tenemos el análisis de la explosión cuando el tanque se encuentra al 10% de su capacidad, teniendo un radio de afección de 200 metros

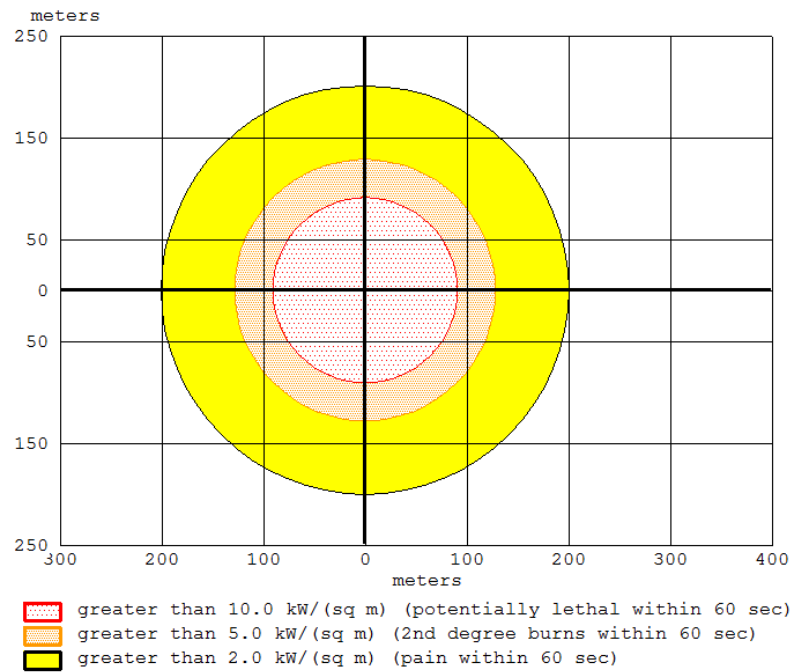


Ilustración 35: Explosión Tanque al 10%

Fuente: ALOHA-AUTOR

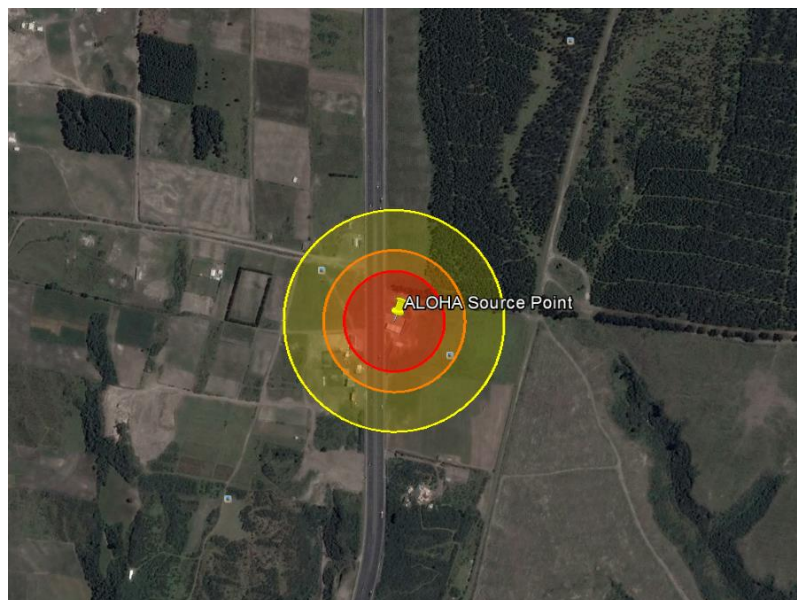


Ilustración 36: Explosión Tanque al 10%

Fuente: ALOHA-AUTOR

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Para las conclusiones y recomendaciones utilizaremos los 4 niveles de indicadores del sistema de Gestión integral e integrada de la seguridad y la salud del Modelo Ecuador (Vasquez Zamora, 2014): Accidentabilidad, Morbilidad, Satisfacción Laboral y Costes de siniestralidad y de la prevención.

##### *Accidentabilidad*

- El Grado de peligrosidad en la instalación según el análisis del Índice Dow es numéricamente de 96 que según la tabla se considera como un grado de peligro “Moderado”, el rango de variación de este índice es de (61 a 96).
- Determinado el nivel de riesgo se puede obtener el radio de exposición, el cual arroja un valor de 25 metros, así mismo se determina el área de exposición en torno a este radio teniendo 1963,5 metros cuadrados.
- En el Control de Proceso según el análisis del Índice Down Chemical se requiere contar con Energía de Emergencia, la empresa cuenta con un generador el cual brinda la energía cuando hay cortes se debe realizar un proceso de mantenimiento y adecuación a este, ya que el combustible se succiona de un tanque plástico externo, y la batería de arranque se encuentra ubicada en el suelo a un costado, lo cual genera un riesgo ya que se encuentra en un área cerrada. Un aspecto positivo a ser denotado es que el sistema de para rayos se encuentra bien diseñado, teniendo en cuenta la puesta a tierra de los elementos.



- Uno de los problemas que se deben tener en cuenta dentro de las instalaciones es el aislamiento o los medios de protección de emergencia, ya que la empresa no cuenta con elementos remotos que bloqueen y desconecten elementos eléctricos como tableros, y mecánicos como las bombas para los surtidores.
- En el caso de la protección contra fuego no se cuenta con elementos de detección de fugas, protección a las estructuras de acero, sistemas especiales, sistema de rociadores tanto de agua como de espuma. No se cuenta con un sistema de protección de incendios, los esfuerzos por parte de la empresa se han dado en la adquisición de extintores, teniéndose al momento uno de 100 lb, 3 de 20 lb y 6 de 10 lb.

### ***Morbilidad.***

- De acuerdo al Índice de Dow si se tiene un incendio o una explosión en la que se libere la energía que se encuentra almacenado de acuerdo al factor de daño se tendría una afección al 60% de la estructura de la estación, comprometiendo la estructura y el personal que labora en estas.



Figura 1 Conclusiones Radio de F&E - Dow Chemical )

- Una de las ventajas que se puede encontrar en esta estación de servicio en torno a otras situadas en la ciudad de Quito es que esta por su ubicación cuenta con una ventilación adecuada, uno de los riesgos que se observó a lo largo de la realización del presente estudio es la exposición de los trabajadores a temperaturas extremas.

### ***Satisfacción Laboral***

- Se detectó que en la empresa no existe un profesional con la formación requerida por la normativa vigente en Seguridad y Salud para la gestión de Riesgos que se necesita.
- No existe un plan de emergencia acorde a las condiciones y factores de riesgo presentes en la instalación, lo cual hace que la capacitación impartida a los trabajadores sea inadecuada ya que no se ajusta a la realidad.



### *Costes de Siniestralidad y de la Prevención*

- El coste probable de daño a la propiedad por incendio y explosión en la empresa según el método DOW es del \$ 966.406,80.

## **5.2. Recomendaciones**

### *Accidentabilidad*

- Se recomienda continuar con la implementación de una red contra incendios, ya que al momento ya se cuenta con una cisterna de agua contra incendios de 48 metros cúbicos, instalando por lo menos dos BIE ya que el área de almacenamiento y oficinas se encuentran a una distancia de más de 20 metros.
- Se recomienda que se elabore un plan de mantenimiento preventivo para todas las instalaciones y elementos mecánicos, ya que se pueden presentar rupturas en las mangueras de abastecimiento, ductos de transporte a los surtidores, torres de venteo de los tanques, estas redes de conducción deberían tener válvulas check para evitar el contraflujo de combustible en la red.



- Se recomienda tener rociadores y extintores como medios de protección activa tomando como referencia lo citado en la norma NFPA 101 en su sección 9.6 y 9.7; Sistemas de detección y alarma, Rociadores Automáticos y otros equipos extintores.
- Se recomienda que se realice canalizaciones del sistema eléctrico a fin de que estos no sufran daños y estén alejados del posible contacto con personal, adicionalmente se deben mantener cerrados los tableros eléctricos, ya que al momento de realizar la inspección en las instalaciones todos estos se encontraban abiertos y de fácil acceso. Como parte de la gestión del riesgo de incendio en la parte eléctrica se debería instalar elementos automáticos para el bloqueo de las bombas en caso de un derrame.



### ***Morbilidad.***

- Se recomienda implantar medidas de gestión de riesgos laborales, no solo considerando el riesgo de incendio o accidente mayor para las instalaciones, ya que al realizar los estudios se pudo constatar la presencia de otros riesgos que se deben considerar para mejorar las condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo de los despachadores.



- Se recomienda que la alta dirección de la empresa considere los resultados de este estudio para la toma de decisiones, sin olvidar que según (VÁSQUEZ, Luis ,2011) “El hombre siempre será el principio y el fin de todo sistema productivo”

### *Satisfacción Laboral*

- Debido a que la empresa solo cuenta con 8 empleados debería elaborar un plan mínimo de prevención y considerar la elaboración del plan de emergencias en donde se determinarán las actividades a realizar durante la emergencia.
- Al tener solo dos personas trabajando durante cada uno de los turnos no se puede formar brigadas de actuación ante emergencias, por lo que recomienda capacitar a los empleados en actuación ante accidentes e incidentes para que puedan realizar las actividades de primera intervención ante un siniestro.
- Elaborar planes de inspecciones de seguridad contra incendios, los cuales deberán ser sencillos para que los mismos empleados puedan realizar las inspecciones y mantener de esta manera las instalaciones en buenas condiciones, realizando inspecciones del sistema eléctrico, señalización, estado físico de elementos y funcionalidad.
- Dotar de los equipos de protección individual necesarios para que se puedan realizar las actividades de manera idónea acorde a las condiciones que se presentan en el área.

### 5.3. BIBLIOGRAFIA

- AGA. (2005). *HOJA DE SEGURIDAD DEL MATERIAL PROPANO*. Bogotá.
- Alonso González, C. (2013). *EQUIPOS Y MEDIOS DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS*.  
Obtenido de <http://www.slideshare.net/vigaja30/equipos-y-medios-de-inclendios>
- AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. (1994). *DOW'S FIRE & EXPLOSION INDEX 7 EDITION*. NEW YORK: AICHE.
- Andres, R. d. (14 de 01 de 2012). *FORMACION PARA BOMBEROS PROFESIONALES*.  
Recuperado el 22 de 11 de 2013, de  
<http://rafadeandres.files.wordpress.com/2012/02/desarrollo-de-un-incendio-flashover-y-backdraft1.pdf>
- C.D. IESS RESOLUCIÓN 333. (s.f.).
- CAMEO. (24 de 02 de 2015). Obtenido de CAMEO Chemicals:  
<http://cameochemicals.noaa.gov/chemical/11498>
- Casal, J., Montiel, H., Planas, E., & Vílchez, J. (2009). *Análisis del riesgo en instalaciones industriales*. Barcelona: Edicions UPC - Universitat Politècnica de Catalunya.
- Colmenero, J. (21 de SEPTIEMBRE de 2011). *SUITE*. Recuperado el 24 de OCTUBRE de 2013, de Incendios industriales. Tipología y características:  
<http://suite101.net/article/incendios-industriales-tipologia-y-caracteristicas-a67405>
- Cortés Días, J. (2007). *Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales*. Madrid: Editorial Tébar, S.L.
- Crespo, G. F. (01 de 01 de 2013). *Incendios Estructurales*. Recuperado el 18 de 11 de 2013, de <http://www.contraincendioonline.com/operaciones/fases1.php3>
- DOW-CHEMICALL, C. (1980). *FIRE AND EXPLOSION INDEX HAZARD CLASIFICATION GUIDE* (5ta ed.). (E. T. Valentin Estalella Monry, Trad.)  
MADRID, Midland, Michigan: INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
- ESTANDAR AUSTRALIANO DE ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS. (s.f.).
- Fernandez de Castro, A. (Noviembre de 2013). *Protección Activa*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Fundación MAPFRE Estudios. (1997). *Manual de Seguridad Contra Incendios*. En F. M. Estudios, *Manual de Seguridad Contra Incendios* (pág. 1380). Madrid: Editorial MAPFRE S.A.

- I.N.S.H.T. (2013). NTP 99: Métodos de extinción y agentes extintores. BARCELONA, BARCELONA, ESPAÑA: CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ASISTENCIA TÉCNICA - BARCELONA.
- ILO-OSH-2001. (2001). *Directrices relativas a los sistemas de seguridad y salud en el trabajo*. Obtenido de ILO-OSH-2001: [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms\\_112582.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_112582.pdf)
- INSHT - 775. (2007). Riesgos higiénicos de los trabajadores en Estaciones de Servicio. *NTP 775*.
- INSHT - Centro de Seguridad e Higiene en el trabajo de Córdoba. (20 de 01 de 2015). *INSHT*. Obtenido de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias\\_Acc\\_Preventiva/Ficheros/gap\\_019.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Acc_Preventiva/Ficheros/gap_019.pdf)
- INSTRUMENTO ANDINO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. (2004). COMUNIDAD ANDINA DE NACIONES CAN.
- Jaramillo, H. (2008). Tesis de Grado. *ANALISIS COMPARATIVO*. Quito, Pichincha, Ecuador: USFQ.
- Leza, Escriña & Asociados S.A. (26 de 02 de 2015). *LEA*. Obtenido de Riesgo y seguro en estaciones de servicio: [http://www.lea.com.ar/circulares/04-07%20Riesgo%20y%20Seguro%20en%20Estaciones%20de%20Servicio%20\(Surtidores%20y%20gasolineras\).pdf](http://www.lea.com.ar/circulares/04-07%20Riesgo%20y%20Seguro%20en%20Estaciones%20de%20Servicio%20(Surtidores%20y%20gasolineras).pdf)
- MRL-IESS. (06 de 03 de 2014). Instructivo para la Implementación del SGP.
- N.F.P.A. (2009). Manual de Protección contra Incendios cap 11. Bogotá: N.F.P.A.
- OHSAS 8001:2007. (s.f.).
- Redacción Extra.ec. (18 de 07 de 2014). *Extra.ec*. Obtenido de <http://allemand2.rssing.com/browser.php?indx=2716583&item=9143>
- Revistero®. (2013). *revistero.com.mx*. Obtenido de <http://revistero.com.mx/2010/06/17/smart-control-manaja-discrecion-a-traves-de-cameras-de-cctv-ocultas-en-detector-de-movimiento-y-sprinkler-de-incendio/>
- Román, R. V. (31 de JULIO de 2012). Aprendizajes del Accidente de San Juan Ixhuatepec-MEXICO. *Información Tecnológica VOL 23 No 6*, 128.

- Rubio Romero, J. (2004). *MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Ruiz-Frutos, C., Delclós, J., Ronda, E., García, A., & Benavides, F. (2007). *Salud Laboral*. Barcelona, España: ELSEVIER MASSON.
- SEGURIDAD MINERA . (26 de 02 de 2015). *SEGURIDAD MINERA* . Obtenido de EDICION 38: <http://revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/principales-riesgos-y-prevencion-en-estaciones-de-servicio/>
- SERTOX. (28 de 02 de 2015). *Servicio de Toxicología del Sanatorio de Niños*. Obtenido de <http://www.sertox.com.ar/modules.php?name=Encyclopedia&op=content&tid=1>
- Vásquez. (2014). *Libro Salud Laboral*.
- Vasquez Zamora, L. (2014). Gestión Integral e Inegrada de la seguridad y salud: modelo Ecuador . En E. Masson, *Salud Laboral Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales 4ta edición* (pág. 496). Barcelona : Gea Consultoría Editorial , S.L.
- Vigil Santos , E. (22 de 02 de 2015). *CUBASOLAR*. Obtenido de <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energia/Energia33/HTML/articulo10.htm>
- Berninger, V.W. & Corina, D. (1998). Making cognitive neuroscience educationally relevant: Creating bidirectional collaborations between educational psychology and cognitive neuroscience. *Educational Psychology Review*, 10(3), 343-354.
- Creswell, J. (2003). *Research designs: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Herbst-Damm, K.L. & Kulik, J.A. (2005). Volunteer support, marital status, and the survival times of terminally ill patients. *Health Psychology*, 24, 225-229. doi: 10.1037/0278-6133.24.2.225
- Neuman, W. (2005). *Social research methods: Quantitative and qualitative approaches* (6th ed.). Boston: Allyn & Bacon.

## **5.4. GLOSARIO**

### **5.4.1. Peligro**

“Amenaza de accidente o de daño para la salud”. (Decisión 584. Sustitución de la decisión 547, del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo).

### **5.4.2. Riesgo laboral**

“Probabilidad de que la exposición a un factor ambiental peligroso en el trabajo cause enfermedad o lesión”. (Decisión 584. Sustitución de la decisión 547, Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo).

### **5.4.3. Accidente de trabajo**

“Es todo suceso imprevisto y repentino que ocasiona al trabajador una lesión corporal o perturbación funcional, con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena”. (Art 348. Código de Trabajo. Ministerio de Trabajo y Empleo- Régimen Laboral Ecuatoriano)

### **5.4.4. Factor de riesgo**

“Se considera factor de riesgo de un determinado tipo de daño aquella condición de trabajo, que, cuando está presente, incrementa la probabilidad de aparición de ese daño. Podría decirse que todo factor de riesgo denota la ausencia de una medida de control apropiada”. (Art 42. Resolución 390 del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social)

### **5.4.5. Explosión**

“Es la liberación de energía en un intervalo temporal ínfimo. De esta forma, la potencia de la explosión es proporcional al tiempo requerido y su orden de magnitud ronda los giga vatios. Los orígenes de las explosiones se suelen dividir en dos clases:

- Físicos: mecánicos (choques de móviles), electromagnéticos (relámpagos) o neumáticos (presiones y gases).
- Químicos: de reacciones de cinética rápida.

#### **5.4.6. Riesgo de incendio**

La definición de incendio comprende la noción de exposición, que incluye, a su vez, la magnitud no medible exactamente, de la probabilidad de ocurrencia de un siniestro.

#### **5.4.7. Exposición al riesgo de Incendio**

La noción de exposición al riesgo de incendio se define como relación entre los peligros potenciales y las medidas de protección tomadas.

#### **5.4.8. Seguridad contra incendios**

La seguridad contra el incendio de un compartimiento o en un edificio se considera suficiente, cuando el riesgo de incendio existe no sobrepasa el que se considera como aceptable. Este riesgo aceptable se corresponda con los objetivos de protección definidos. Una construcción puede, según ello, calificarse de “Segura contra incendio”, cuando esta está concebida de manera que se aseguren las dificultades técnicas para la propagación de un incendio.

#### **5.4.9. Compartimientos contra fuego**

Un compartimiento contra fuego es una parte del edificio, separada del conjunto por medio de paredes, suelos techos, y cierres de manera en que en caso de incinerarse en el incendio, este quede limitado, con toda probabilidad al compartimiento y que en una propagación del fuego a focales, pisos o partes de edificios vecinos no se pueda propagar.

La superficie de un compartimiento cortafuegos en un edificio o parte de este es aquella limitada por fachadas o elementos interiores resistentes al fuego.

#### **5.4.10. Células contrafuego**

Las células contrafuego con compartimientos cuya superficie no excede de 200 m<sup>2</sup> y tiene una resistencia al fuego de al menos F30/T30

#### **5.4.11. Punto de Ignición**

La temperatura a la cual un combustible líquido produce vapores suficientes como para mantener la combustión una vez iniciada. El punto es por lo general unos pocos grados por encima del punto de inflamación.

#### **5.4.12. Temperatura de Ignición**

La mínima temperatura a la cual un combustible en aire debe ser calentado a fin de iniciar una combustión auto sostenida independiente de la fuente de calentamiento.

#### **5.4.13. EL FUEGO**

El fuego o combustión es una rápida reacción química de oxidación de carácter exotérmico (y de luz), autoalimentada, con presencia de un combustible en fase sólida, líquida o gaseosa.

Según las Normas UNE: El fuego es una combustión caracterizada por una emisión de calor acompañada de humo, llamas o ambos.

Diccionario: Fuego es luz y calor producidos por la combustión.

Químicamente: Proceso de reacción química rápida, fuertemente exotérmica de oxidación-reducción, en las que participa una sustancia combustible y una comburente, que se produce en condiciones energéticas favorables y en la que se desprende calor, radiación luminosa, humo y gases de combustión.

#### **5.4.14. AEGL – ACUTE EXPOSURE GUIDELINE LEVELS**

Los AEGL ,Acute exposure guideline levels (umbrales límites de exposición aguda), son concentraciones de sustancias químicas en el aire establecidas por la Agencia de Protección del Medio Ambiente, por encima de las cuales las personas expuestas una sola vez, o con muy poca frecuencia, pueden tener efectos adversos sobre la salud.

#### **5.4.15. AEGL-1**

Concentración a o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hiper susceptibles, puede experimentar molestias notables, irritación o ciertos efectos asintomáticos. Estos efectos son transitorios y reversibles una vez que cesa la exposición. Concentraciones por debajo del AEGL-1 representan niveles de exposición que producen ligero olor, sabor u otra irritación sensorial leve.

#### **5.4.16. AEGL-2**

Concentración a o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hiper susceptibles, puede experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Concentraciones por debajo del AEGL-2 pero por encima del AEGL-1 representan niveles de exposición que pueden causar notable malestar.

#### **5.4.17. AEGL-3**

Concentración a o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hiper susceptibles, puede experimentar efectos amenazantes para la vida o incluso provocar la muerte. Por debajo



del AEGL-3 pero por encima del AEGL-2 representan niveles de exposición que pueden causar efectos duraderos, serios o irreversibles o impedir la capacidad de escapar.

## **ANEXO A: Cálculo usando Metodología DOW**

### **1. SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE PROCESO.**

Se a tomado como unidad de proceso el área de distribución de combustible

### **2. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE MATERIAL (MF)**

Para este caso de estudio el (MF) que mide el potencial de energía emitida en fuego o explosión según el artículo (Román, 2012), pág. 121, se ha tomado un valor de 16 que se ha observado que es válido para la gasolina, el cual se a aceptado para el cálculo del Apéndice A.

En esta sección se tomara como guía para el cálculo (AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENFINEERS, 1994), toda la metodología, índices y tablas serán especificadas según sea el caso

### **3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE RIESGO DE LA UNIDAD DE PROCESO (F3)**

Este índice resulta del producto entre F1 y F2 (Peligros generales y peligros especiales de proceso).

#### **1.1. CALCULO DE PELIGROS GENERALES DE PROCESO (F1)**

Para este factor se considera las condiciones generales (reacciones de tipo exotérmicas, endotérmicas, transporte de materiales, accesos inadecuados, drenajes y control de derrames), según nuestro caso de estudio los valores serian:

- A. Reacciones Exotérmicas: N/A
- B. Reacciones Endotérmicas: N/A
- C. Manejo y Transferencia de Materiales: Para el caso de Gasolina o gases inflamables se da una penalización de 0,85
- D. Unidades de proceso en locales cerrados : N/A
- E. Acceso: N/A
- F. Drenajes: N/A

De esto se tiene que:

$$F1 = A + B + C + D + E + F + \text{factor base}(1,0)$$

$$F1 = 0 + 0 + 0,85 + 0 + 0 + 0 + 1$$

$$F1 = 1,85$$

## 1.2. CÁLCULO DE PELIGROS ESPECIALES DE PROCESO (F2)

Para este factor tomaremos en cuenta los siguientes puntos:

- A. **Temperatura:** las condiciones de manejo estan sobre el punto de inflamación, se penaliza con 0,30; el punto de inflamación de la gasolina es de  $-42.77^{\circ}\text{C}$  (AGA, 2005),
- B. **Presión Baja** (Inferior a la Atmosférica 760mm Hg ), se penaliza con 0,5
- C. **Operaciones en condiciones de inflamabilidad o cercanas a ella.** Se tiene operaciones que pueden hallarse en condiciones de inflamabilidad o cercanas a ella, se penaliza con 0,30
- D. **Explosión de Polvo:** N/A
- E. **Presión de Alivio** (tarado). N/A
- F. **Baja Temperatura:** N/A
- G. **Cantidad de Material Inflamable:**
  1. Líquidos o Gases en proceso Para este cálculo se multiplican las Lb de material por la entalpia Hc. en BTU/Lb, y se Obtienen los BTU x  $10^9$  totales y se busca en la Isolinea de la Figura 3 y se obtiene la penalización.

FIGURE 3 - LIQUIDS OR GASES IN PROCESS

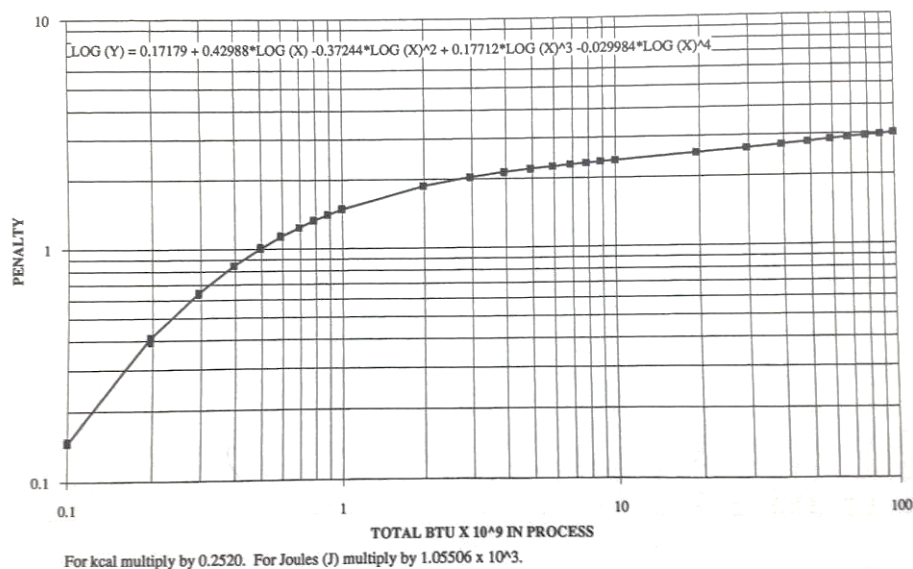


FIGURA 3 – Combustible en proceso

FUENTE: Dow Chemical

Utilizamos  $H_c$  18,8E3 BTU/Lb para Gasolina según (DOW-CHEMICAL, 1980), multiplicamos por 35,25 Kg de gasolina, que es el peso promedio del Material contenido

$$\text{Penalización} = \frac{\text{Penalización} = H_c \times \text{Kg gas}}{\text{Lb}} \times 35,25 \text{Kg} \times 2,2 \text{lb} = 0,001E9 \text{ BTU}$$

$$\text{Penalización} = 0,1$$

- Líquidos o Gases en Almacenamiento Para este cálculo se utiliza la misma metodología en el apartado G.1. Con el total de en un solo recipiente, para este caso de estudio se utiliza los 18800 BTU/Lb para gasolina y 18700 BTU/Lb para diesel y se contrasta con el Figura 4 con la curva B, con 34690 Kg de gasolina y 22865 Kg de diesel, lo cual nos da como total 2,3E9 BTU el cual cruzamos en la isolinia.

FIGURE 4 - LIQUIDS OR GASES IN STORAGE

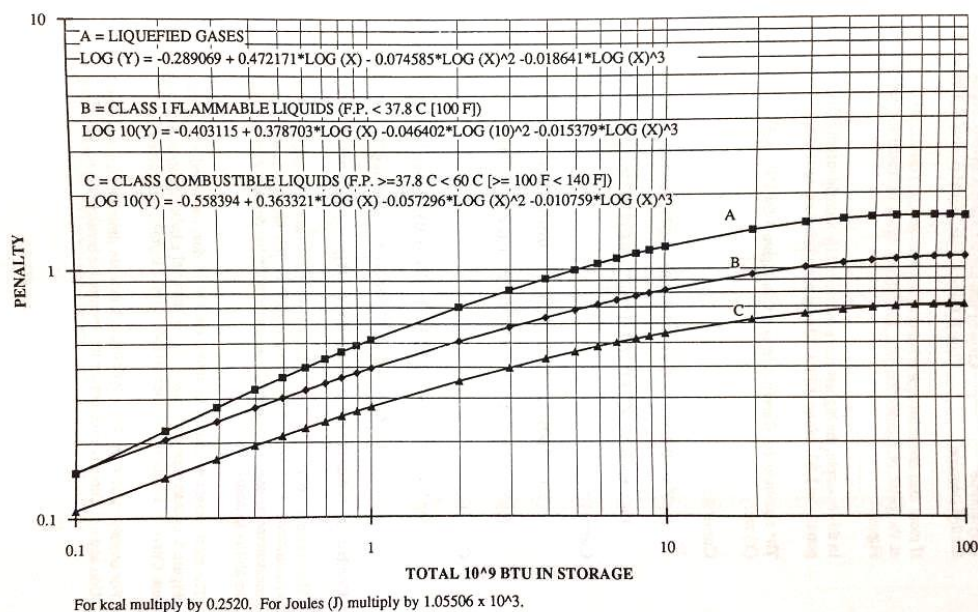


FIGURA 4 - Factor de penalización por líquidos o gases en almacenamiento  
FUENTE: DOW CHEMICAL

De la Isolinia se tiene que el valor de Penalización es de 0,55

- Sólidos combustibles en Almacenamiento. N/A

#### H. Corrosión y Erosión

Para este factor se toma en cuenta la penalización a) Velocidad de corrosión interior de 0,5 a 1 mm/año con riesgo de picadura o erosión local = 0,20

#### J. Fugas, Uniones y Empaquetaduras :

En esta penalización se utiliza el caso 2, Todos aquellos procesos que producen normalmente problemas de fugas en bombas, compresores, uniones con bridas, el valor 0,30.

#### K. Uso de Calentadores con fuego directo : N/A

#### L. Intercambio Térmico con aceite Caliente: N/A

#### M. Equipos de Rotación, Bombas Compresores: N/A

Entonces:

$$F2 = A + B + C + D + E + F + G1 + G2 + G3 + H + I + J + K + L + M + \text{factor base (1,0)}.$$

$$F2 = 0.3 + 0.50 + 0.30 + 0.0 + 0.0 + 0.0 + 0.55 + 0.1 + 0.20 + 0.30 + 0.0 + 0.0 + 0.0 + 0 + 1.0$$

$$F2 = 3.25$$

De esto, se calcula el índice de riesgo de la unidad de proceso (F3)

$$F3 = 1.85 \times 3.25$$

$$F3 = 0.59 \text{ aproximando a } 6$$

$$F3 = 6$$

#### 4. **CALCULO DEL FACTOR DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN (INDICE DOW)**

El índice F&E se calcula de la siguiente manera:

$$F\&E = MF \times F3$$

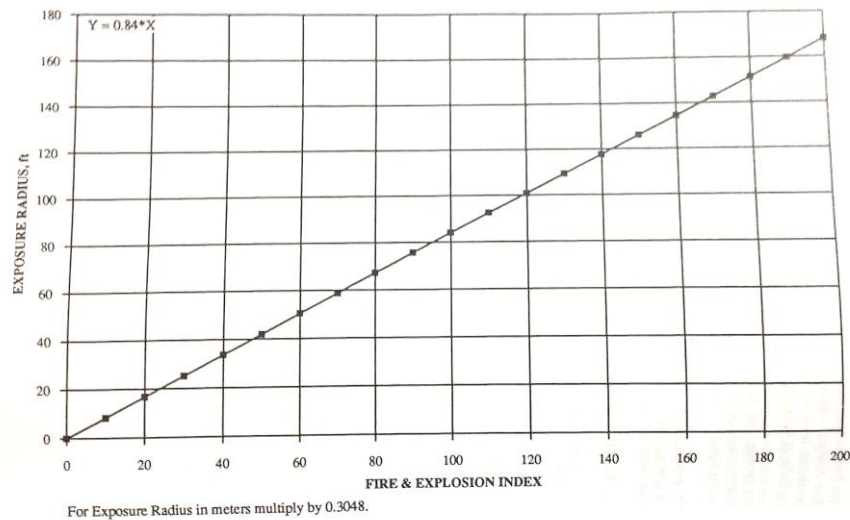
$$F\&E = 6 \times 16$$

$$F\&E = 96$$

#### 5. **DETERMINACIÓN DEL RADIO DE EXPOSICIÓN**

Para este cálculo se utiliza el Índice F&E calculado 96 y se analiza según la Figura

FIGURE 7 - RADIUS OF EXPOSURE



**FIGURA 7 – Radio de Exposición**  
**FUENTE: DOW CHEMICAL**

En consecuencia el radio de la exposición será de 82ft = 25 m, teniendo:

$$\begin{aligned} \text{Area de Exposición} &= \pi \times r_{\text{exp}}^2 \\ \text{Area de Exposición} &= 3.1416 \times 25^2 \\ \text{Area de Exposición} &= 1963,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

La norma determina que la altura de exposición es igual al radio, es decir 25m

## 6. CALCULO DEL FACTOR DE DAÑO PROBABLE

Para este cálculo se utiliza el MF = 16, el Factor F3 = 6 y se lo lleva a la siguiente grafica que nos da el Factor de Daño probable de la instalación (VER FIGURA 8). En donde el porcentaje de daño probable en la instalación es de 60%

FIGURE 8 - DAMAGE FACTOR

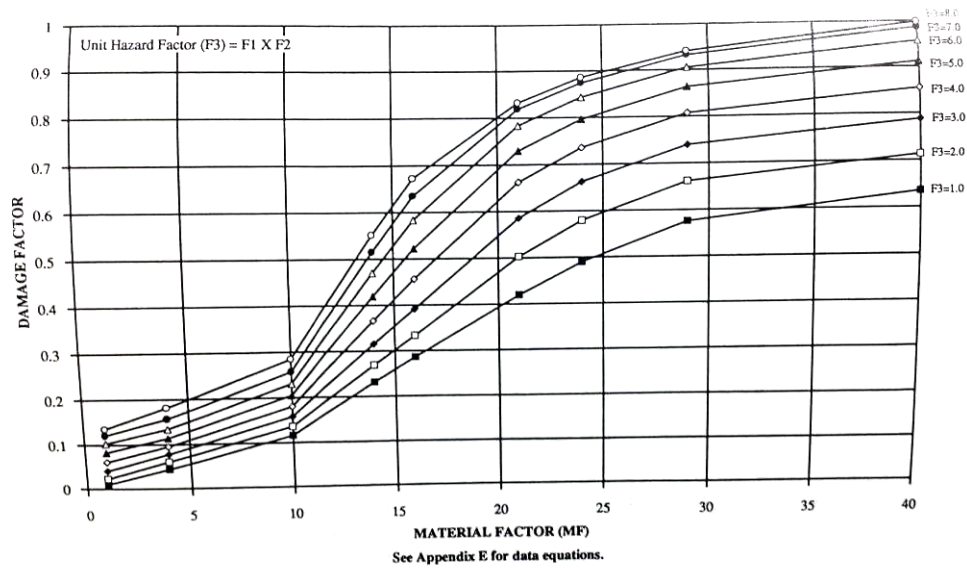


FIGURA 8 - factor de daño probable de la instalación  
FUENTE: DOW CHEMICAL

TABLA 1 – INDICE DE FUEGO Y EXPLOSION VS GRADO DE PELIGRO. FUENTE: FIRE & EXPLOSION INDEX 7ma EDICION

FIRE & EXPLOSION INDEX 5ta EDICION	GRADO DE PELIGRO
1-60	Ligero
61-96	Moderado
97-127	Intermedio
128-158	Intenso
MAS DE 159	Grave

### 6.1. CALCULO DEL FACTOR DE BONIFICACIÓN

Para este cálculo se utiliza tres variables, (C1) Control de Proceso, (C2) Aislamiento de Material, (C3) Protección contra fuego, esto se resume en la siguiente expresión

$$\text{Factor de bonificacion} = C1 \times C2 \times C3$$

### 6.1.1. CALCULO DEL CONTROL DEL PROCESO (C1)

Este factor resulta del producto de algunos sub factores así:

- A. Energía de Emergencia = 0,98
- B. Refrigeración = No se tiene ( se toma valor numérico de 1)
- C. Control de Explosiones = 0,96.
- D. Parada de Emergencia = 0,94
- E. Control mediante un ordenador = No se tiene (se toma valor numérico de 1).
- F. Gas inerte = No se tiene (se toma valor numérico de 1).
- G. Instrucciones de operador:
  - 1. Inicio de Operación = 0,5
  - 2. Parada Rutinaria = 0,5
  - 3. Condiciones de Operación reducidas = No se tiene ( se toma valor numérico de 1)
  - 4. Condiciones de Funcionamiento en espera = No se tiene ( se toma valor numérico de 1)
  - 5. Condiciones de Funcionamiento por encima del Régimen = No se tiene ( se toma valor numérico de 1)
  - 6. Reanudación poco después de un paro = 1.0
  - 7. Puesta de nuevo en marcha de la instalación a partir de una condición de post mantenimiento = 1,0
  - 8. Procedimientos de Mantenimiento, Permisos de Trabajo, Descontaminación, Cierre, Enclavamiento, Autorización del sistema, Autorización del Sistema = 1,0
  - 9. Parada de emergencia = 1,5
  - 10. Modificaciones o Adicionales como equipos o tuberías de la planta = No se tiene ( se toma valor numérico de 1)
  - 11. Situaciones anormales de error previstas = No se tiene ( se toma valor numérico de 1)

$$\text{Instrucciones de operador} = 1,0 - \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{100}$$

$$\text{Instrucciones de operador} = 1,0 - \frac{5,5}{100}$$

$$\text{Instrucciones de operador} = 0,95$$

- H. Recopilación de Reactividad Química = No se tiene ( se toma valor numérico de 1)
- De esto

$$C_1 = 0,98 \times 1 \times 0,96 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 0,95 \times 1$$

$$C_1 = 0,84$$

### 6.1.2. CALCULO DEL AISLAMIENTO DE MATERIAL (C2).

- A. Válvulas a control remoto = No se tiene (se toma valor numérico de 1).
- B. Depósito de Descarga = No se tiene (se toma valor numérico de 1).
- C. Drenaje = No se tiene (se toma valor numérico de 1).



D. Enclavamiento = No se tiene (se toma valor numérico de 1).

$$C_2 = 1 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$C_2 = 1$$

### **6.1.3. CALCULO DEL AISLAMIENTO DE MATERIAL (C3).**

- A. Detección de Fugas = No se tiene (se toma valor numérico de 1).
- B. Estructuras de Acero = No se tiene (se toma valor numérica de 1).
- C. Tanques enterrados= 0,75
- D. Suministro de Agua = 0,9
- E. Sistemas especiales = No se tiene ( se toma valor numérica de 1)
- F. Sistema de Rociadores = No se tiene ( se toma valor numérica de 1)
- G. Cortinas de Agua = No se tiene (se toma valor numérica de 1).
- H. Espuma = No se tiene (se toma valor numérica de 1).
- I. Extintores manuales = 0,97
- J. Protección de cables = No se tiene ( se toma valor numérica de 1)

$$C_3 = 1 \times 1 \times 0,75 \times 0,9 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0,97 \times 1$$

$$C_3 = 0,65$$

$$\text{Factor de bonificacion} = 0,84 \times 1 \times 0,65$$

$$\text{Factor de bonificacion} = 0,55$$

### **7. CALCULO DEL VALOR DEL AREA DE EXPOSICIÓN.**

Para calcular el valor del área de exposición se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{VAE} = \text{Costo por m2 del área de exposición} \times \text{Area de exposición}$$

$$\text{Base MPPD} = 1.963,5 \times 1.000$$

$$\text{Base MPPD} = 1.963.500,00$$

### **8. CALCULO DE DAÑO BÁSICO MÁXIMO PROBABLE A LA PROPIEDAD.**

Para calcular el MPPD (Daño Básico Máximo Probable a la Propiedad) se utiliza la siguiente expresión

$$\text{Base MPPD} = \text{Costo por m2 del área de exposición} \times \text{Factor de daño}$$

$$\text{Base MPPD} = 1.963.500,00 \times 0,60$$

$$\text{Base MPPD} = 1.178.100,00$$

## ANEXO B: Cálculo usando Metodología MESERI

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INCENDIO						
Empresa:				Situación:		
Concepto		Coeficiente	Puntos	Concepto		Puntos
<b>CONSTRUCCIÓN</b>				<b>PROPAGABILIDAD</b>		
Nº de pisos	Altura			Vertical		
1 o 2	menor de 6 m	3		Baja	5	
3, 4 o 5	entre 6 y 15 m	2		Media	3	
6, 7, 8 o 9	entre 15 y 27	1		Alta	0	
10 o más	más de 30 m	0		Horizontal		
Superficie mayor sector Incendios				Baja	5	
de 0 a 500 m <sup>2</sup>		5		Media	3	
de 501 a 1.500 m <sup>2</sup>		4		Alta	0	
de 1.501 a 2.500 m <sup>2</sup>		3		<b>DESTRUCTIBILIDAD</b>		
de 2.501 a 3.500 m <sup>2</sup>		2		Por calor		
de 3.501 a 4.500 m <sup>2</sup>		1		Baja	10	
más de 4.500 m <sup>2</sup>		0		Media	5	
Resistencia al fuego				Alta	0	
Resistente al fuego (hormigón)		10		Por humo		
No combustible		5		Baja	10	
Combustible		0		Media	5	
Falsos techos				Alta	0	
sin falsos techos		5		Por corrosión		
con falsos techos Incombustibles		3		Baja	10	
con falsos techos combustibles		0		Media	5	
<b>FACTORES DE SITUACIÓN</b>				Alta	0	
Distancia de los bomberos				Por agua		
menor de 5 km	5 minutos	10		Baja	10	
entre 5 y 10 km	5 y 10 min.	8		Media	5	
entre 10 y 15 km	10 y 15 min.	6		Alta	0	
entre 15 y 25 km	15 y 25 min.	2		<b>SUBTOTAL (X) .....</b>		
más de 25 km	25 min.	0		Concepto	SV	CV
Aksesibilidad de edificios				Extintores portátiles (EXT)	1	2
Buena		5		Bocas de incendio equipadas (BIE)	2	4
Media		3		Columnas hidrantes exteriores (CHE)	2	4
Mala		1		Detección automática (DET)	0	4
Muy mala		0		Rociadores automáticos (ROC)	5	8
<b>PROCESOS</b>				Extinción por agentes gaseosos (IFE)	2	4
Peligro de activación				<b>SUBTOTAL (Y) .....</b>		
Bajo		10		<b>CONCLUSIÓN (Indicar en el Informe de Inspección)</b>		
Medio		5		$P = \frac{5X}{120} + \frac{5Y}{22} + 1$ (BCI)		
Alto		0		120 22		
Carga térmica				<b>OBSERVACIONES</b>		
Baja (Q < 100 Mcal/m <sup>2</sup> )		10				
Media (100 < Q < 200 Mcal/m <sup>2</sup> )		5				
Alta (Q > 200 Mcal/m <sup>2</sup> )		0				
Combustibilidad						
Baja (M.0 y M.1)		5				
Media (M.2 y M.3)		3				
Alta (M.4 y M.5)		0				
Orden y limpieza						
Bajo		0				
Medio		5				
Alto		10				
Almacenamiento en altura						
menor de 2 m		3				
entre 2 y 4 m		2				
más de 6 m		0				
<b>FACTOR DE CONCENTRACIÓN</b>						
Factor de concentración						
menor de 50.000 pts/m <sup>2</sup>		3				
entre 50 y 200.000 pts/m <sup>2</sup>		2				
más de 200.000 pts/m <sup>2</sup>		0				

### ANEXO C: Cálculo de Incendio de un charco

Determinar el diámetro medio que alcanzará el charco en caso de derrame

$$D_a = 0.683 * u_w * \left( \frac{V_L^3 * g}{y^2} \right)^{1/8} = 0.683 * 12 * \left( \frac{2.75^3 * 9.81}{\left( \frac{0.096}{744} \right)^2} \right)^{1/8}$$

$$D_a = 162.36 \text{ m}$$

A continuación se determina la altura que podría alcanzar la llama, para esto primero se calcula la velocidad adimensional del viento.

$$u^* = \frac{u_w}{\left( \frac{g * \dot{m} * D}{\rho_v} \right)^{1/3}} = \frac{12}{\left( \frac{9.81 * 6.96E - 2 * 4.80}{3.49} \right)^{1/3}}$$

$$u^* = 12.25$$

$$L = 55 * D \left[ \frac{\dot{m}}{\rho_v * \sqrt{g * D}} \right]^{0.67} = 55 * 4.8 \left[ \frac{6.96e - 2}{1.2 * \sqrt{9.81 * 4.8}} \right]^{0.67}$$

$$L = 1.32 \text{ m}$$

Debido a las condiciones climáticas como el viento se puede calcular la variación del diámetro

$$D' = 1.5 * D \left( \frac{u_w^2}{g * D} \right)^{0.069} = 1.5 * 4.8 \left( \frac{12^2}{9.81 * 4.8} \right)^{0.069}$$

$$D' = 7.67 \text{ m}$$

Para poder evaluar los efectos térmicos se debe buscar la intensidad media de la llama

$$E_{media} = E_m * e^{-0.12 * D} + E_s(1 - e^{-0.12 * D}) = 120 * e^{-0.12 * 7.67} + 20(1 - e^{-0.12 * 7.67})$$

$$E_{media} = 59.36 \text{ kw/m}^2$$

También se debe conocer el factor de visión máximo

$$x = \text{dist. al dep.} + \frac{D}{2} = 7 + \frac{7.67}{2}$$

$$x = 10.88$$

Radio de la llama

$$R = \frac{D}{2} = 3.88 \text{ m}$$

Altura de la llama

$$L = 1.32 \text{ m}$$

Con los datos de L y R determinamos los parámetros de a y b.

$$a = \frac{L}{R} = 0.33 \quad b = \frac{x}{R} = 2.8$$

Con estos coeficientes a y b se obtienen los datos del factor de visión horizontal y el factor de visión vertical.

$$F_h = 0.002 \quad F_v = 0.039$$

Tabla 4.5 Factor de vista horizontal ( $F_h$ ) para una geometría de incendio cilíndrica

$b = x/R$	$a = L/R$									
	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	6,0	10,0	20,0
1,10	0,132	0,242	0,332	0,354	0,360	0,362	0,362	0,362	0,363	0,363
1,20	0,044	0,120	0,243	0,291	0,307	0,310	0,312	0,312	0,313	0,313
1,30	0,020	0,065	0,178	0,242	0,268	0,274	0,277	0,270	0,278	0,279
1,40	0,011	0,038	0,130	0,203	0,238	0,246	0,250	0,251	0,252	0,253
1,50	0,005	0,024	0,097	0,170	0,212	0,222	0,228	0,229	0,231	0,232
2,00	0,001	0,005	0,027	0,073	0,126	0,145	0,158	0,160	0,164	0,166
3,00	0,000	0,000	0,005	0,019	0,050	0,071	0,091	0,095	0,103	0,106
4,00	0,000	0,000	0,001	0,007	0,022	0,038	0,057	0,062	0,073	0,078
5,00	0,000	0,000	0,000	0,003	0,011	0,021	0,037	0,043	0,054	0,061
10,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,007	0,009	0,017	0,026
20,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003	0,003
50,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Factor de visión vertical.

Fuente: (Casal, Montiel, Planas, & Vílchez, 2009)

Tabla 4.6 Factor de vista vertical ( $F_v$ ) para una geometría de incendio cilíndrica

$b = x/R$	$a = L/R$									
	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	6,0	10,0	20,0
1,10	0,330	0,415	0,449	0,453	0,454	0,454	0,454	0,454	0,454	0,454
1,20	0,196	0,308	0,397	0,413	0,416	0,416	0,416	0,416	0,416	0,416
1,30	0,130	0,227	0,344	0,376	0,383	0,384	0,384	0,384	0,384	0,384
1,40	0,096	0,173	0,296	0,342	0,354	0,356	0,356	0,357	0,357	0,357
1,50	0,071	0,135	0,253	0,312	0,329	0,312	0,333	0,333	0,333	0,333
2,00	0,028	0,056	0,126	0,194	0,236	0,245	0,248	0,249	0,249	0,249
3,00	0,009	0,019	0,047	0,086	0,132	0,150	0,161	0,163	0,165	0,166
4,00	0,005	0,010	0,024	0,047	0,080	0,100	0,115	0,119	0,123	0,124
5,00	0,003	0,006	0,015	0,029	0,053	0,069	0,086	0,091	0,097	0,099
10,00	0,000	0,001	0,003	0,006	0,013	0,019	0,029	0,032	0,042	0,048
20,00	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,004	0,007	0,009	0,014	0,020
50,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,004

Factor de visión vertical.

Fuente: (Casal, Montiel, Planas, &amp; Vílchez, 2009)

$$F_{max} = \sqrt{F_h^2 + F_v^2} = 0.039$$

Se debe determinar la transmisividad atmosférica, que se determina con la siguiente ecuación:

$$\tau = 2.02 \left( \frac{HR * P_{sat}}{100} * x' \right)^{-0.09} = 2.02 \left( \frac{32 * 2333}{100} * 7 \right)^{-0.09}$$

$$\tau = 0.88$$

Como parte final determinamos el flujo de calor

$$Q_{max} = \tau * F_{max} * E_{medio} = 0.88 * 0.039 * 59.36$$

$$Q_{max} = 2.03 \text{ kw/m}^2$$