

Universidad de Matanzas  
"Camilo Cienfuegos"  
Facultad de Ingenierías Química y Mecánica  
Departamento de Ingeniería Química



## Trabajo de Diploma

**Título:** Análisis de los riesgos industriales en la Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas.

**Autora:** Norelys Martínez Díaz

**Tutor:** Ing. Santiago Díaz Suárez. MsC

Matanzas, Junio 2009

## **Declaración de Autoridad**

Yo, Norelys Martínez Díaz, declaro que soy la única autora de este Trabajo de Diploma y lo pongo a disposición de la Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas y de la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, para hacer uso del mismo con el objetivo y finalidad que se estime conveniente.



---

Norelys Martínez Díaz

## **Nota de Aceptación**

## **Pensamiento**

“Poco me satisface aquella ciencia que no ha sabido ser virtuosos a quienes la profesan”.

Salustio.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de diploma a todas aquellas personas que no creen poder alcanzar sus sueños de estudiar y superarse por diversas razones, fundamentalmente por la pobreza; a mis familiares, amigos, mi pareja Carlos, compañeros de trabajo, que a lo largo de la carrera estuvieron a la escucha de mis dificultades, manteniendo ese apoyo incondicional tan necesario, creyendo que sí podría llegar a mi realización profesional, de manera especial a mi tío Santiago Díaz Suárez al cual le estaré eternamente agradecida; a todas las personas que han influido en mi superación, principalmente los que han sido educadores a lo largo de mi vida, resaltando los profesores de la Universidad de Matanzas que me impartieron clases durante la carrera; a todos los que en el mundo se dedican a la ciencia y su aplicación para el bien de la humanidad.

## **Agradecimientos**

A todo el personal de la Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas, por la información brindada. A los técnicos del turno – A del laboratorio de ensayos que siempre mantuvieron su preocupación y ayuda. A la Dra. Lilian Curiel e Ing. Daimarys Castro por la ayuda brindada para la aplicación del software ALOHA en este trabajo de curso. Al Ing. Santiago Díaz Suárez. MsC., tutor de esta tesis, por la paciencia, ayuda y tiempo dedicado en la colaboración brindada en la confección de este trabajo de diploma. A todas las personas que me ofrecieron y dieron ayuda espiritual, material, e intelectual. A todos mis más sinceros agradecimientos.

## **Resumen**

El presente trabajo de diploma se realiza en la Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas (ECCM), en la base de crudo y suministro (B.C.S). El mismo consiste en determinar los riesgos operacionales que se pueden presentar, los cuales fueron evaluados mediante las técnicas de HAZOP, además se realizó la localización de áreas de atmósferas peligrosas mediante el software ALOHA para diferentes escenarios de posibles accidentes en los tanques 41 y 42 de nafta. Se obtiene como resultados la evaluación de los principales riesgos en el área de los equipos más importantes y las zonas aledañas comprometidas por los posibles accidentes en los tanques de nafta.

## **Summary**

The present diplom job is carry out in de enterprise of the fuel bussines in the Base of supply of crude petroleum, located in Matanzas. It is consist in to determine the operations risks that can appear, and his evaluation though HAZOP test, is make too the caracterizations of the chemical sustances of the process and the location of the dangers atmosphere areas by use of the ALOHA software to differents scenarios of possible accidents in the tanks 41 and 42 of naphtha. Obtain as results the principal risks in the more important equipaments and the awkward areas for the possible accidents in the naphtha tanks.



## **Introducción**

En todo proceso independientemente de la tecnología empleada y los sistemas de control existe una alta probabilidad de un aumento del riesgo para provocar un desastre de origen tecnológico u operacional, el cual está directamente relacionado con el proceder del hombre en las diferentes operaciones que debe realizar.

Existen diferentes causas que originan desastres y todas parten de una situación de riesgo que por alguna causa se convierte en una situación de peligro, que puede concretarse en dependencia de sus dimensiones en un desastre, provocando pérdidas materiales y/o humanas, además de daños al medio ambiente.

En el mundo se han producido múltiples desastres asociados a la extracción, preparación y manejos de hidrocarburos, razón por la cual resulta importante realizar estudios de riesgos en estos tipos de procesos.

La Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas tiene como objetivos recepción, comercialización, almacenaje y acondicionamiento de combustibles, de ahí que sea de vital importancia el estudio de riesgos y posibles accidentes, que provocarían diferentes tipos de afectaciones al entorno.

Esta instalación no posee un estudio minucioso de los riesgos con una fundamentación científico técnica, que permita elaborar un plan de prevención de riesgos en aquellas direcciones que más lo necesitan.

Este trabajo constituye el inicio de un proyecto aprobado por el CITMA que brindaría los datos que esta empresa necesita para perfilar sus planes de medida.

Toda esta situación antes expuesta conduce al planteamiento del siguiente problema científico.

**Problema científico:**

¿Cómo determinar los riesgos y consecuencias de accidentes que pueden presentarse en los tanques de almacenamiento de nafta del área 3 de la base de suministro ubicada en la Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas?

Como posible solución a este problema se declara la siguiente hipótesis:

**Hipótesis:**

Si se realiza una evaluación de riesgos en los tanques de almacenamiento de nafta se podrá determinar usando las técnicas recomendadas los de mayor importancia y sus causas y si se aplica además u estudio de atmósferas peligrosas se podrá definir las consecuencias de loa posibles accidentes.

Para dar cumplimiento a esta hipótesis se ha trazado como objetivo general:

**Objetivo general:**

Realizar una evaluación de riesgos y localización de áreas de atmósferas peligrosas en La Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas.

**Tareas:**

- 1- Revisión bibliográfica que permita determinar las principales técnicas utilizadas en el mundo de análisis de riesgos y localización de áreas de atmósferas peligrosas.
- 2- Caracterización tecnológica del proceso de la Base de Suministro.
- 3- Aplicación de técnicas de análisis de riesgos y de una metodología para la determinación de áreas de atmósferas peligrosas.
- 4- Evaluación de posibles accidentes y recomendación de medidas

# Índice

Introducción .....	1
<b>1: Análisis Bibliográfico.</b>	
1.1 Conceptos y generalidades. ....	4
1.2 Definición de Accidente, Emergencia, Desastre. ....	4
1.3 Riesgos químicos. Gestión de la prevención de riesgo químico. ....	8
1.4 Técnicas de estimación y evaluación de riesgos. ....	10
1.5 Descripción de las técnicas de análisis. ....	11
1.6 Clasificación toxicológica de las sustancias. ....	12
1.7 Evaluación de riesgos químicos. ....	17
1.8 Caracterización de riesgos por HAZOP. ....	20
1.9 Proceso organizativo de las técnicas de evaluación y control de riesgos en áreas de procesamiento de crudo. ....	21
1.10 Riesgos asociados al trasiego y preparación de las mezclas (PCNm) ....	24
1.11 Gestión de riesgos en este tipo de plantas. ....	26
1.12 Jerarquización de los riesgos. ....	31
1.13 Flexibilidad de procesos industriales. ....	32
<b>2: Materiales y métodos.</b>	
2.1 Caracterización del proceso. ....	33
2.2 Identificación de los posibles riesgos en el área. ....	35
2.3 Aplicación de las técnicas de análisis de riesgos. ....	38
2.4 Identificación del peligro asociado a las sustancias. ....	38
2.5 Técnicas de HAZOP. Metodología del análisis. ....	41
2.6 Determinación de atmósferas peligrosas a través del software ALOHA. ....	42
<b>3: Análisis de los resultados</b>	
3.1 Análisis de la caracterización de las sustancias. ....	44
3.2 Resultados de la aplicación de las técnicas de análisis de HAZOP. ....	46
3.3 Resultados obtenidos del software ALOHA. ....	47
<b>Conclusiones.</b> .....	52
<b>Recomendaciones.</b> .....	53
<b>Bibliografía.</b> .....	54
<b>Anexos</b>	

## **1: Análisis Bibliográfico.**

### 1.1 Conceptos y generalidades.

Según **PNUMA/IPCS (1999)**, riesgo es la probabilidad de ocurrencia de daño por determinado peligro, en dependencia del mismo y de la exposición. En otras palabras es la posibilidad de que se produzca un evento dañino (muerte, lesión o pérdida) por exposición a un agente químico o físico en condiciones específicas.

Un riesgo es la probabilidad que un peligro (causa inminente de pérdida), existente en una actividad determinada durante un período definido, ocasione un incidente con consecuencias factibles de ser estimadas. Es el potencial de pérdidas que existe asociado a una producción productiva, cuando cambian en forma no planeada las condiciones definidas como estándares para garantizar el funcionamiento de un proceso o del sistema definido en su conjunto. **Muñoz, B. V. (1997)**.

Para propósitos de Ingeniería el riesgo se describe como las pérdidas esperadas (pérdidas humanas, personas lesionadas, daño a la propiedad e interrupción de las actividades económicas), causadas por un fenómeno en particular. Riesgo es la función de la probabilidad de sucesos particulares y las pérdidas que cada una causa. **Correa, A. D. (2004), Morales, Y. C. (2004)**.

### 1.2 Definición de Accidente, Emergencia, Desastre.

Según **Linares, O. G. (2001)** se conoce como accidente de trabajo, toda aquella lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena. Es decir que si no hay lesiones no existe accidente.

Accidente químico: Se produce como resultado de una avería, creando una contaminación química del medio ambiente circundante, que produce la afectación de los trabajadores y la población del área e incluso la muerte de algunos de los afectados, siempre que no exceda una cantidad a partir de la cual se considera un desastre. **PNUMA/IPCS, (1999)**.

**Casal, J. Montiel, H. Planas, E. y Vílchez, J. A. (2001)** reflejan que un accidente es un suceso fortuito e incontrolado, capaz de producir daños. En general en la industria química este suceso coincide con situaciones de emisión, escape, vertido, incendio y explosión, donde están implicadas sustancias peligrosas.

Los autores **Casal, J. Montiel, H. Planas, E. y Vílchez, J. A. (2001)** clasificaron los accidentes en tres categorías:

- *Categoría 1:* Aquellos accidentes 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 quedan, 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 recuperaciones 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.

Emergencia se asocia a los accidentes vinculados a las entidades que pueden conllevar a escapes de sustancias tóxicas, explosiones o incendios de grandes proporciones. Situación anormal generada con posibilidades de daños graves, a las personas, instalaciones y medio ambiente, que provoca la necesidad de medidas especiales dentro y fuera del lugar donde se origina. **Rodríguez, D. G. (2004).**

Las siguientes situaciones de emergencia se establecen en función de las necesidades de intervención derivadas de las características del accidente y de sus consecuencias ya producidas o previsibles, así como también los medios de intervención disponibles.

- *Situación 0:* Referida a aquellos accidentes que pueden ser controlados por los medios disponibles y que, aún en su evolución más desfavorable, no suponen peligro para personas no relacionadas con las labores de intervención, ni para el medio ambiente, ni para bienes distintos a la propia red viaria en la que se ha producido el accidente.
- *Situación 1:* Referida a aquellos accidentes que pudiendo ser controlados con los medios de intervención disponibles, requieren de la puesta en práctica de medidas para la protección de las personas, bienes o el medio ambiente, que estén o que puedan verse amenazados por los efectos del accidente.
- *Situación 2:* Referida a los accidentes que para su control o la puesta en práctica de las necesarias medidas de protección de las personas, los bienes o el medio ambiente se prevé el concurso de medios de intervención, no asignados al Plan de la Comunidad Autónoma, a proporcionar por la organización del Plan Estatal.
- *Situación 3:* Referida a aquellos accidentes en el transporte de mercancías peligrosas que habiéndose considerado que está implicado el interés nacional así sean declarados por el Ministro de Justicia e Interior. **Casal, J. Montiel, H. Planas, E. y Vílchez, J. A. (2001).**

En las definiciones de desastres que actualmente gozan de mayor aceptación se encuentra un nítido punto de consenso: “Es el resultado de una ruptura ecológica importante de la relación entre los humanos y su medio ambiente, como consecuencia de un evento (súbito o lento) de tal magnitud que la comunidad impactada -en términos de pérdidas de vidas y salud de la población, la destrucción o pérdidas de bienes y daños severos sobre el medio ambiente- necesita esfuerzos extraordinarios para hacerle frente, a menudo con ayuda externa o apoyo internacional”. De este modo los desastres se diferencian de otras emergencias, en tanto generan demandas de recuperación y reorganización cuya intensidad desborda las capacidades de las poblaciones afectadas.

Los desastres generalmente se subdividen por razones didácticas en dos amplias categorías: aquellos causados por fuerzas naturales (desastres naturales) y los causados o generados por los humanos (antropológicos o tecnológicos) **Casal, J. Montiel, H. Planas, E. y Vílchez, J. A. (2001)**.

*Desastres tecnológicos:* Son situaciones en las cuales un gran número de personas, propiedades, infraestructura, actividades económicas son directa y adversamente afectadas por accidentes industriales de gran magnitud, incidentes de contaminación densa, accidentes químicos, biológicos, nucleares, aéreos, incendios masivos y explosiones.

*Desastres de comienzo lento:* En situaciones en las cuales la habilidad de las personas para adquirir alimentos y otras necesidades de existencia disminuyen lentamente y hasta el punto en que los sobrevivientes quedan en grave peligro. Tales situaciones son típicamente producidas o precipitadas por sequías, fracaso de cultivo, enfermedades causadas por un vector u otras formas de desastres ecológicos o negligencias.

*Desastres causados por el hombre:* Situaciones de emergencia cuyas principales causas directas se cuantificaron como acciones humanas, sean o no deliberadas.

*Desastre químico:* Suceso de grandes magnitudes, asociado a la muerte o afección de un número considerable de personas, animales o extensas áreas de vegetación, además de cuantiosos daños materiales.

*Desastres causados por el hombre:* Situaciones de emergencias cuyas principales causas directas se cuantificaron como acciones humanas, sean o no deliberadas.

Desastres naturales súbitos: calamidades súbitas causadas por fenómenos naturales tales como: inundaciones, tormentas tropicales, terremotos, erupciones volcánicas, etc. Se desencadenan con poco o sin aviso y tienen un aspecto adverso inmediato sobre la población humana, actividades y sistemas económicos. **Casal, J. Montiel, H. Planas, E. y Vílchez, J. A. (2001).**

### 1.3 Riesgos químicos. Gestión de la prevención de riesgo químico.

Todas aquellas sustancias químicas inorgánicas u orgánicas de diferentes características y fórmulas que, presentándose de forma líquida, sólida, gaseosa, en aerosoles, nieblas, vapores, etc. Pueden penetrar el organismo y provocar efectos tóxicos, irritantes y sensibilizadores, cancerígenos, mutágenos e influir sobre la función reproductora; son las que provocan los riesgos químicos. **Badia, M. D. (2004).**

**Ceballos, C. L. (2003)** plantea que estos riesgos pueden ser producto de la exposición a diferentes tipos de compuestos:

- Polvos: Están compuestos por partículas sólidas con un tamaño suficientemente pequeño como para que sea posible su traslación a través del aire, siendo así uno de los contaminantes más peligrosos ya que deterioran considerablemente la salud de los obreros al actuar directamente sobre el sistema respiratorio, causando enfermedades respiratorias.



- Líquidos: La exposición o el contacto con diversos materiales en estado líquido puede producir, efecto dañino sobre los individuos, algunos líquidos penetran a través de la piel ocasionando por esta vía diversas enfermedades
- Vapores: Sustancias gaseosas que normalmente se encuentran en estado líquido o sólido y que pueden ser tornadas a su estado original mediante un aumento de presión o disminución de la temperatura. Penetran por el sistema respiratorio y una vez en este pueden mezclarse y ser absorbidos por los fluidos y permanecer en las mucosas o atravesar estas.

El proceso de evaluación del riesgo para la salud humana asociado a la exposición de un producto químico tiene tres componentes:

- 1) Identificación del peligro potencial: Confirmación de que un agente químico es capaz, en circunstancias apropiadas, de causar un efecto adverso.
- 2) Evaluación de la dosis – respuesta: Establecer la situación cuantitativa entre la dosis y el efecto.
- 3) Evaluación de la exposición: Identificar y definir las exposiciones que ocurran o puedan ocurrir.

Como conclusión del proceso de evaluación se debe hacer una caracterización del riesgo que es la síntesis de la información cualitativa que describe el riesgo estimado para la salud, deducido de la exposición ambiental.

De acuerdo con **Casal, J. Montiel, H. Planas, E. y Vílchez, J. A. (2001)** merece la pena destacar los criterios de clasificación según los efectos específicos sobre la salud humana.

Estos efectos se refieren a:

- Sustancias carcinogénicas.
- Sustancias mutagénicas.
- Sustancias tóxicas para la reproducción.
- Sustancias corrosivas.
- Sustancias sensibilizadoras.
- Sustancias irritantes.
- Sustancias de toxicidad aguda.
- Sustancias de toxicidad por dosis repetidas.

#### 1.4 Técnicas de estimación y evaluación de riesgos.

##### **Evaluación de riesgos**

Este proceso es un intento científico de identificar y estimar los riesgos reales y resulta de la consideración de los componentes mencionados anteriormente: el peligro, la relación de dosis-respuesta (efecto) y la caracterización del riesgo. Se puede definir de la siguiente manera.

Es la identificación y cuantificación del riesgo resultante del uso o presencia de un agente químico o físico; toma en cuenta tanto los posibles efectos dañinos en las personas o las sociedades que usan dicho agente en la cantidad y de la manera recomendada como las vías posibles de exposición.

La cuantificación requiere, idealmente, el establecimiento de las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta en los individuos y poblaciones objetivo.

**PNUMA/IPCS, (1999).**

**Ramos, A. (1990) y Wells, G. (1997)** reflejan que entre las técnicas identificativas cabe destacar los métodos de análisis más utilizados.

*Métodos cualitativos:* Auditoría de seguridad (Safety review) análisis histórico de accidentes, análisis preliminar de peligros (Preliminar Hazard Análisis, PHA), listados de control, análisis de peligro y operabilidad (Hazard and Operability Análisis, HAZOP) y análisis de modos de fallo y efectos (Failure Mode and Effect análisis, FMEA).

*Métodos semicuantitativos:* índice Dow, Índice Morid, índice SHI y MHI (Substance Hazard Index and Material Hazard Index), árboles de fallos (Fault Tree, FT) y árboles de sucesos (Event Tm, ET).

Estas técnicas se aplican a distintas etapas de la vida de los procesos industriales: diseño, construcción, puesta en marcha y funcionamiento de una operación normal, modificaciones del proceso y desmantelamiento o abandono de las instalaciones.

### 1.5 Descripción de las técnicas de análisis.

Identificación del peligro asociado a las sustancias.

El primer caso para una selección correcta del peligro potencial de una instalación industrial es la identificación y caracterización de las sustancias involucradas en el proceso. Principalmente el interés de estos datos radica en el efecto que las condiciones de operación producen sobre las sustancias involucradas en el proceso por ejemplo, el agua en condiciones normales no presenta peligro de explosión; en cambio, en una caldera donde las condiciones de temperatura y presión son muy superiores al punto de ebullición a presión atmosférica, puede producir un accidente mayor. El conocimiento de las posibles condiciones de operaciones normales y anormales permite considerar y eliminar diferentes sustancias como susceptibles de provocar un accidente mayor. **Mañas, J. L. (1991).**

## 1.6 Clasificación toxicológica de las sustancias.

### **Toxicidad aguda**

La toxicidad aguda se puede definir como el conjunto de efectos adversos que se producen dentro de un plazo corto (hasta 14 días) después de la administración de una sola dosis (o después de la exposición a determinada concentración) de una sustancia de prueba o después de dosis múltiples (exposiciones), generalmente en un lapso de 24 horas. La vía más común es la oral, pero este tipo de efectos también se puede estudiar mediante la absorción a través de la piel o por inhalación.

Por lo general, se cuantifica al medir la concentración o dosis letal media (DL<sub>50</sub> ó CL<sub>50</sub>), es decir, la dosis o concentración derivada estadísticamente de un producto químico capaz de matar a 50% de los organismos de determinada población en condiciones definidas.

Las especies más estudiadas son las ratas y los ratones, aunque a veces se usan otras como conejos y perros. En estos estudios, además de la estimación de la dosis o concentración letal media, también se consideran otros aspectos como los órganos diana (en los cuales se manifiesta la toxicidad), los efectos clínicos de la toxicidad y la reversibilidad de la respuesta tóxica. Sin embargo, su principal utilidad quizás sea orientar el rango de concentración tóxica de la sustancia para otros estudios. **PNUMA/IPCS, (1999).**

### **Irritación**

#### *Irritación dérmica*

Las sustancias consideradas como irritantes de la piel causan una inflamación significativa que puede persistir al menos durante 24 horas después de un período de exposición de hasta cuatro horas y se determina comúnmente en estudios con conejos. La sustancia, líquida o sólida (0,5 mL ó 0,5 g), normalmente se aplica en la piel con un parche de gasa en un área de 6 cm<sup>2</sup> durante cuatro horas y el grado de irritación de la piel se "estima" en diferentes intervalos después de haber retirado el parche.

### *Irritación de los ojos*

Para la prueba de irritación de los ojos, se introduce la sustancia en el ojo (0,1 mL ó 100 mg). La sustancia se clasifica como irritante si se producen lesiones oculares significativas en un lapso de 72 horas después de la exposición y éstas persisten durante 24 horas por lo menos.

### *Irritación del sistema respiratorio*

La evidencia de una grave irritación en el sistema respiratorio generalmente se basa en la observación en seres humanos y en pruebas con animales y puede incluir datos obtenidos en una prueba general de toxicidad; por ejemplo, los datos histopatológicos del sistema respiratorio. **PNUMA/IPCS, (1999)**.

### **Corrosión**

Según plantea el manual de riesgos químicos **PNUMA/IPCS, (1999)** una sustancia se considera corrosiva cuando al aplicarse a la piel animal intacta y sana, destruye totalmente el tejido cutáneo al menos en un animal durante la prueba de irritación de la piel. Es probable que no se requieran pruebas si se puede predecir el resultado; por ejemplo, si se usa un ácido fuerte ( $\text{pH} \leq 2$ ) o sumamente alcalino ( $\text{pH} \geq 11,5$ ).

### **Sensibilización**

Este término se aplica a los procesos de inmunización que hacen que los individuos se tornen hipersensibles a sustancias como el polen, la caspa o compuestos químicos que les hacen desarrollar una alergia potencialmente dañina al estar expuestos a la sustancia sensibilizadora (alergeno). Esta sensibilización puede surgir tanto por material inhalado como por contacto cutáneo.

La experiencia obtenida tanto con seres humanos como con animales puede servir para identificar una sustancia como sensibilizador potencial. Por lo general, los experimentos con animales se realizan en tres etapas: una exposición por inducción, en la que se usa un nivel de no irritación de la sustancia de prueba; un período de inducción, usualmente de dos a tres semanas; y una exposición desafiante, nuevamente con una concentración no irritante de la sustancia en prueba. Luego, se puede evaluar el desarrollo de cualquier respuesta a esta última exposición. **PNUMA/IPCS, (1999).**

### **Toxicidad por dosis repetida**

**PNUMA/IPCS, (1999)** plantea que la dosis repetida por un período prolongado de una sustancia que probablemente no tenga ningún efecto con una sola exposición puede causar un grave trastorno funcional o cambio morfológico. Se realizan pruebas de toxicidad de dosis repetidas o subagudas que se prolongan por más de 14 ó 28 días para obtener información sobre la toxicidad de una sustancia química. Para ayudar a establecer un régimen apropiado de dosis para un período mayor, subcrónico, se realizan pruebas que duran aproximadamente 10% de la vida del animal; por lo general, 90 días. Aunque los estudios de toxicidad crónica o de largo plazo se prolongan a lo largo de la vida del animal de laboratorio (generalmente, 2 años en el caso de la rata) y se consideran apropiados para sustancias como los aditivos alimentarios con potencial de uso en el ser humano, en la práctica, no se dispone de muchos estudios de este tipo por razones relativas al costo. En estos estudios, a los animales generalmente se les suministra la dosis con su dieta, en tres niveles: una dosis alta cercana a la máxima dosis tolerable (MTD); una dosis baja que no produce efecto tóxico evidente y una dosis intermedia. La química clínica y la histopatología se realizan antes, durante y al final de la exposición.

## **Mutagenicidad**

Este término se refiere a la capacidad que tienen algunas sustancias para modificar el material genético en el núcleo de las células de modo que ocurran cambios durante la división de éstas. Cuando las mutaciones se producen en las células germinales (esperma y óvulos) existe la posibilidad de que el embrión o feto muera o de que las mutaciones sean transmitidas a generaciones futuras. Cuando las mutaciones se producen en otro tipo de células, pueden ocasionar la muerte de ellas o la transmisión del defecto genético a otras células del mismo tejido. Se dispone de varias pruebas tanto *in vivo* como *in vitro* para detectar la mutagenicidad. En algunos casos las alteraciones genéticas pueden ser visibles a través de un microscopio. Otra técnica consiste en el ensayo letal dominante, que usa la incompatibilidad de algunas mutaciones con el desarrollo normal; las ratas machos expuestas a cierta dosis de una sustancia de prueba se aparean con ratas hembras no expuestas. Se mata a las hembras antes del plazo y se determina el número de pérdidas de implantaciones muertas o preimplantaciones en las hembras preñadas. Finalmente, una de las pruebas más usadas es el test de Ames. Ésta es una prueba *in vitro* que usa cepas mutantes de la bacteria *Salmonella typhimurium*, que no puede crecer en un medio deficiente de histidina. Después de que el organismo ha sido tratado con un mutágeno, pueden producirse mutaciones inversas que permiten que la bacteria crezca en el medio. La prueba también se puede realizar con una fracción microsomal del hígado de la rata ("S-9") para permitir la transformación metabólica de un precursor mutágeno en un mutágeno activo. **PNUMA/IPCS, (1999).**

## **Carcinogenicidad**

Aunque los estudios epidemiológicos han sido la principal fuente de información sobre los carcinógenos humanos potenciales y presentan la ventaja de estudiar la especie de principal interés (el ser humano), muchas veces presentan problemas porque la exposición está mal definida y porque hay variables de confusión que pueden distorsionar cualquier asociación estadística.

La ventaja de los estudios realizados con animales es que se hacen en condiciones de laboratorio mucho más controladas. Sin embargo, se llevan a cabo con especies diferentes del hombre, durante un período que cubre la vida del animal y con un nivel de dosis cercano a la máxima dosis tolerable (MTD) para maximizar la probabilidad de detectar la carcinogenicidad.

La dosificación de animales con dosis casi tóxicas durante toda su vida da lugar a una posible sobrecarga de largo plazo de sus mecanismos de detoxificación y reparación. Se trata de una situación muy diferente de la humana, en la cual las dosis son mucho más bajas.

Aunque muchos carcinógenos son mutágenos y se consideran causantes de mutaciones que provocan cáncer (carcinógenos genotóxicos), otros no parecen serlo y actúan con mecanismos diferentes (carcinógenos no genotóxicos o epigenéticos). **PNUMA/IPCS, (1999)**.

### **Toxicidad para la reproducción**

De acuerdo con lo expuesto en **PNUMA/IPCS, (1999)** este término incluye la deficiencia de las funciones o capacidad de reproducción masculina y femenina así como la inducción de efectos dañinos no hereditarios a la progenie. Para examinar el peligro potencial de una sustancia sobre la reproducción se usan cuatro tipos de pruebas en animales:

- funcionamiento general de la fecundidad y la reproducción
- teratogenicidad
- pruebas de toxicidad perinatal y posnatal
- estudio multigeneracional.

### **Teratogenicidad**

Las sustancias teratogénicas tienen el potencial de causar malformaciones o defectos estructurales en el embrión o feto.



Para detectar este efecto, los animales preñados (conejos y ratas o ratones) se exponen a una de las tres dosificaciones diarias durante la organogénesis en el feto. Los fetos son extraídos mediante una cesárea un día antes del tiempo previsto del parto y examinados para identificar las anomalías. **PNUMA/IPCS, (1999).**

### **1.7 Evaluación de riesgos químicos.**

De forma objetiva se puede valorar, con toda la información disponible, el impacto sanitario del riesgo químico. Este enfoque basado exclusivamente en indicadores de mortalidad y morbilidad no es suficiente. Se debe desarrollar y sobre todo aplicar otras evaluaciones de riesgos, más profundas, para salud. Actualmente uno de los métodos más apropiados se expone en **PNUMA/IPCS, (1999)**, donde la evaluación del riesgo incluye las siguientes etapas:

- *Identificación del peligro:* Se hace una recopilación de las sustancias que se van a evaluar y los efectos adversos que provocan.
- *Relación entre dosis (concentración) – respuesta (efecto):* Es la relación entre la dosis y la gravedad o frecuencia del efecto, o sea dosis – efecto y dosis – respuesta.
- *Evaluación de la exposición:* Se determina analizando la intensidad y la duración o frecuencia de la exposición a un agente.
- *Caracterización del riesgo:*

En una evaluación de riesgos del efecto de las sustancias químicas, generalmente se examinan los siguientes efectos tóxicos potenciales para cada una de las posibles vías de exposición: oral (por ingestión), dérmica (por absorción a través de la piel) y por inhalación. También se examinan las poblaciones humanas afectadas.

Efectos:

- Toxicidad aguda
- Irritación
- Corrosión
- Sensibilización
- Toxicidad por dosis repetidas
- Mutagenicidad
- Carcinogenicidad
- Toxicidad para la reproducción.

La mayor parte de la información sobre estos efectos se ha obtenido a partir de estudios realizados en animales. En la mayoría de los casos en los que pueden existir diferentes vías de exposición (oral, dérmica o por inhalación), la elección de la vía de administración depende de las características físicas de la sustancia en prueba y de la forma típica de exposición en los seres humanos.

Las poblaciones humanas afectadas pueden ser divididas en tres grupos, de acuerdo con algunas características de dichas poblaciones y según las vías de exposición previsibles para ellas:

- Trabajadores (ocupacionalmente expuestos).
- Población humana expuesta indirectamente a través del ambiente.

Según **Vílchez, et al (2001)** la evaluación de los diversos riesgos potenciales existentes en una determinada instalación se lleva a cabo modernamente mediante la aplicación de un conjunto de metodologías específicas, cada vez más extendidas; dicha evaluación, también denominada análisis de riesgos, consiste básicamente en la determinación, con una precisión razonable, de los siguientes aspectos:

- accidentes que pueden ocurrir.
- frecuencia de los mismos.
- magnitud de sus consecuencias.

Algunas de las técnicas utilizadas son claramente determinísticas (ej., el cálculo de consecuencias con modelos matemáticos), otras son netamente probabilísticas (ej. los árboles de fallos y los árboles de sucesos), y un tercer grupo resulta algo más difícil de clasificar; en él incluimos el análisis histórico, determinados modelos de vulnerabilidad, los índices de riesgo e incluso el HAZOP.

Para evaluar el riesgo se estudian esencialmente los acontecimientos internos, es decir, aquellos que tienen su origen en la propia industria. Simultáneamente se estudian también los acontecimientos denominados externos, tanto los de origen natural (terremotos, inundaciones) como artificial (explosiones, incendios o nubes procedentes de plantas vecinas, accidentes de carretera) capaces de originar posteriores emergencias internas.

Para estudiar los posibles accidentes internos, en primer lugar, se efectúa un análisis histórico. Se estudian los accidentes ocurridos en fábricas, procesos, instalaciones u operaciones parecidas a la que se está analizando.

Este estudio facilita el establecimiento a priori de los puntos débiles del sistema. Si por ejemplo, se lleva a cabo el análisis de riesgo de un parque de depósitos de combustible, el análisis histórico demostrará que un elevado número de accidentes ha sido provocado por rebosamiento (sobrellenado) y vertido del combustible; por tanto, instalando en los depósitos un control automático de nivel provisto de alarma, se eliminará de entrada una de las fuentes de accidentes más probables.

Las "Guías Técnicas" editadas por las Autoridades Competentes (DGPC-a, DGPC-b, DGPC-c), proponen esta técnica como método cualitativo de apoyo a otros sistemas de identificación de riesgos, que requieren una mayor dedicación y especialización técnica (ej., HAZOP).

## 1.8 Caracterización de riesgos por HAZOP.

Existen diversas metodologías para llevar a cabo estudios de riesgos. Se comenta únicamente la más utilizada, el **HAZOP** o análisis de peligros y operabilidad. Este método se fundamenta en el hecho de que la probabilidad de que aparezcan problemas aumenta cuando las condiciones y variables de operación se alejan de sus valores normales. Se utilizan una serie de palabras-guía (no, más, menos, otro, etc.) destinadas a facilitar la búsqueda de posibles desviaciones al ser aplicadas sistemáticamente a los diferentes componentes de la instalación estudiada. Esta es una tarea que hay que realizar en equipo, muy metódica y según un procedimiento formalizado, generándose una notable cantidad de información sobre las condiciones de deriva de la instalación y los sistemas de control que permiten corregir esta situación. **Ramos, A. (1987); Wels, G. (1997).**

Con estas técnicas se consiguen dos objetivos: mejorar la seguridad de la planta, efectuando modificaciones en la misma (caso de plantas ya existentes) o en el proyecto (nuevas instalaciones), y simultáneamente identificar los posibles acontecimientos no deseados (accidentes).

Para completar el análisis de riesgo es necesario estimar su frecuencia y evaluar o cuantificar sus efectos y sus consecuencias.

La frecuencia o la probabilidad con que tendrá lugar un accidente en un cierto intervalo de tiempo, denominado acontecimiento principal, puede estimarse mediante su descomposición en los acontecimientos causa que lo pueden provocar. Las secuencias o relaciones que existen entre éstos se expresan mediante puertas lógicas (y, o) en los denominados árboles de fallos. **Ramos, A. (1990); Pique, T. (1994).**

## 1.9 Proceso organizativo de las técnicas de evaluación y control de riesgos en áreas de procesamiento de crudo.

Según lo establecido en la Resolución 31/2002 del Ministerio del Trabajo y Seguridad Social (MTSS), se realiza el proceso de identificación, evaluación y control de los factores de riesgos laborales. Se realiza teniendo en cuenta la naturaleza y características específicas, de las actividades y procesos que se desarrollan en cada área.

Atendiendo a la estructura organizativa del área, el jefe máximo debe designar la persona o grupo de trabajo que va a llevar a cabo el proceso de identificación, evaluación y control de los factores de riesgos, los cuales deben estar previamente capacitados para acometer el trabajo. En todos los casos resulta la participación directa de los trabajadores imprescindible, en especial los de mayor experiencia, aportando criterios sobre los riesgos presentes en cada puesto o área de trabajo, así como los posibles daños que pueden ocasionar. **Méndez, B. B. (2004) y Correa, A. D. (2004).**

Según **Correa, A. D. (2004)** la identificación, evaluación y control de los factores de riesgos es una tarea sistemática la cual debe actualizarse en los siguientes casos:

- Al realizarse nuevas inversiones o remodelaciones (modificaciones en los equipos, materias primas, procesos tecnológicos, etc.).
- Antes de la incorporación de trabajadores con necesidades especiales.
- Al observarse pérdidas en la eficiencia de las medidas de control implantadas.
- Cuando la vigilancia médica y ambiental detecte deterioros de los niveles de salud de los trabajadores y del medio ambiente laboral.
- Cuando se implanten nuevas normativas o regulaciones en materia de protección e higiene del trabajo.

- Al efectuarse cambios en las condiciones de trabajo, que originen o puedan originar nuevos riesgos.
- Cuando los resultados de las inspecciones y auditorías realizadas a las áreas lo indiquen.
- Cuando, como resultado de las investigaciones de incidentes, accidentes, averías se identifiquen riesgos no contemplados en los inventarios de riesgos existentes.

La etapa de identificación de los factores de riesgos se realiza en dos etapas:

*Etapa participativa:* Esta es la etapa de mayor participación de los trabajadores y puede realizarse entregando a los jefes directos y trabajadores encuestas o listados de aquellos factores de riesgos que pueden estar presentes en el puesto o área de trabajo, donde el trabajador expresará sus criterios sobre aquellos factores que lo afectan o puedan afectar.

*Etapa valorativa:* Una vez recogida la información, se procede a su análisis por el personal evaluador para determinar la percepción de los trabajadores sobre los factores de riesgos y proceder a verificar la existencia de los mismos y la inclusión de aquellos que no hayan sido detectados o la exclusión de los que han sido sobredimensionados por los trabajadores.

La probabilidad de ocurrencias y las consecuencias asociadas a los riesgos identificados, se determina una vez realizada la verificación de la percepción de los trabajadores sobre los factores de riesgos que los afectan o los pueden afectar. La valoración de los factores de riesgos para determinar su magnitud, es una tarea propia de la persona que atiende la protección e higiene del trabajo conjuntamente con el jefe del área y se realiza en estrecha vinculación con los trabajadores, teniendo por objetivo determinar la posibilidad de daños que pueden ocasionar dichos factores sobre los trabajadores, instalaciones y medio ambiente. **Correa, A. D. (2004).**

La magnitud de los riesgos y las posibilidades reales de financiamiento, estando debidamente determinadas, se procede a la elaboración del Programa de Prevención, cuyas medidas estarán en relación directa con la magnitud de los riesgos identificados.

El orden de prioridad de las actuaciones está directamente relacionado con la magnitud de los riesgos evaluados de la siguiente manera:

- Riesgo severo.....Prioridad 1.
- Riesgo importante.....Prioridad 2.
- Riesgo moderado..... Prioridad 3.
- Riesgo tolerable.....Prioridad 4.
- Riesgo trivial.....Prioridad 5.

El Programa de Prevención es aprobado por el jefe del área y las medidas a ejecutar se incluyen en los planes de las diferentes áreas y en el plan de negocios de la empresa.

Dentro de este programa deben estar incluidos los siguientes aspectos:

- Medidas para la mejora continua de las condiciones de trabajo como inversiones, remodelaciones, mantenimientos, etc.
- Programa de capacitación en materia de Protección e Higiene del Trabajo.
- Elaboración o modificación de reglamentos, procedimientos, instrucciones, etc.
- Equipos de protección individual y contra incendios.

Los resultados del proceso de identificación, evaluación y control de los factores de riesgos son del conocimiento de todos los trabajadores, con el objetivo de transmitirles la necesidad e importancia de su participación para la optimización de los mismos. En las instrucciones del puesto de trabajo se incluyen los riesgos que hayan sido identificados, ya sea en la etapa de identificación del propio proceso, o como resultado de la investigación de incidentes, accidentes y averías que no aparezcan en las mismas. Resolución 31,2002.

## 1.10 Riesgos asociados al trasiego y preparación del petróleo crudo.

La gestión comercial de la organización comercial de Cubapetróleo tiene como uno de sus eslabones fundamentales, la transportación de sustancias peligrosas. En dichas operaciones son imprescindibles un sin número de requisitos de seguridad, cuya aplicación correcta y oportuna ayuden a minimizar los riesgos que llevan implícitos. **Méndez, B. B. (2004) y Correa, A. D. (2004).**

La participación del hombre en este sentido es decisiva, constituyendo el ente fundamental dentro del sistema de seguridad. Su acción adecuada permite reducir, los riesgos inherentes, haciendo el proceso cada vez más seguro. El diseño de los medios de transporte, son cada vez de mayor seguridad, nunca pueden ser absolutamente seguros o a prueba de errores humanos. La complejidad y responsabilidad de estas operaciones, donde se trasladan volúmenes considerables de combustibles, las condiciones de trabajo y el siempre posible acontecimiento, de un fallo no previsto son factores que hacen de la correcta operación un eslabón tan importante como el diseño inicial. No se puede asegurar que un proceso bien diseñado y con la mejor tecnología existente no pueda sufrir una avería grave debido a un fallo operacional, mantenimientos inadecuados, etc. Igualmente un proceso originalmente seguro puede dejar de serlo, si no se maneja y mantiene con el máximo de cuidado. Para la seguridad de estas operaciones, se requiere de medios técnicos adecuados, personal calificado y disciplinado.

En las entidades de la organización se elabora un procedimiento general que incluye carga, descarga, transportación y distribución de:

- Crudo.
- Líquidos combustibles.
- Líquidos inflamables.
- Gases combustibles.
- Sustancias tóxicas no incluidas en las anteriores.
- Distribución mayorista de líquidos inflamables.
- Distribución mayorista de líquidos combustibles.



El análisis de causas de los accidentes de trabajo y el conocimiento adquirido ante comportamientos y situaciones peligrosas en la actividad de carga y descarga de camiones cisterna, pone de manifiesto la necesidad de establecer un esquema sistemático de actuación que, de forma secuencial, aborde las distintas fases que consta una tarea, al tiempo que permita introducir acciones concretas tendentes a crear unas condiciones de trabajo seguras en todas ellas. Este proceder exige un análisis minucioso previo de todas y cada una de las operaciones que se compone una actividad. Con la implantación de programas automatizados de carga, en los que la sistemática secuencial se traduce en unos sistemas operativos de puertas lógicas, de forma que cada estadio resulta inaccesible de no haberse consumado íntegramente los sucesos del estadio precedente, se han mejorado sustancialmente las condiciones de seguridad en este tipo de operaciones. La experiencia, sin embargo, viene a poner de manifiesto que ello no es suficiente. Así, por ejemplo, la simultaneidad de un error en una programación o el mal estado de un caudalímetro, con unos sensores de nivel contra rebosamiento deficientemente limpio o defectuoso, puede conllevar derrames y vertidos. Una señalización deficiente en los dispositivos de carga o la selección errónea de un comportamiento, puede posibilitar situaciones peligrosas. Todo ello viene a poner de manifiesto, que no obstante la avanzada tecnología incorporada a esta actividad, la fragilidad de sus esquemas, la hace vulnerable, siendo preciso, la adopción y el concurso de determinados criterios preventivos. **Correa, A. D. (2004).**

Se consideran, según **Correa, A. D. (2004)** materias líquidas inflamables, a los efectos del Reglamento Nacional del Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (TPC/RD 74/1992), aquellos productos que a 50 °C tengan una tensión de vapor máxima de 300 kPa (3 bar) y un punto de inflamación máximo de 100 °C. Quedan excluidos aquellos líquidos inflamables que, a causa de otras propiedades peligrosas suplementarias, están enumerados o asimilados a otras clases de TPC.

El punto de inflamación, que se define como la temperatura mínima a partir de la cual el producto desprende vapor en cantidad suficiente como para formar una mezcla que puede arder en el aire, se determinará según prescribe el apéndice A-3, marginal del TPC 3300 a 3302.

La presión de vapor o la volatilidad de un producto es factor determinante en la cantidad de vapor que se desprende a una determinada temperatura. Los líquidos inflamables tales como la gasolina, tienen altas presiones de vapor y un punto de inflamación muy bajo (por debajo de 0 °C); sus vapores tres veces más pesados que el aire, tienden a depositarse en los emplazamientos bajos, formando mezclas explosivas, con concentraciones entre el 1 y el 7 % de vapor en aire. Esta circunstancia, no ocurre en otros líquidos combustibles como el gasóleo, fuelóleo, etc. cuyas presiones de vapor son bajas y sus puntos de inflamabilidad altos (superiores a 55 °C). Estas precisiones permitirán abordar un aspecto de gran trascendencia en el almacenamiento y expedición de cierta clase de productos, como es la inertización. Cuando antecede, viene a poner de manifiesto la importancia que tiene el conocimiento de las características de esta clase de productos (peligrosidad intrínseca) no solo para las personas que lo manipulan, sino también para el público en general, dado su consumo generalizado.

#### 1.11 Gestión de riesgos en este tipo de plantas.

La Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas (ECMTZ) tiene en su estructura un departamento de Protección e Higiene del Trabajo, donde se define, reconoce y mantiene al día un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST), como una herramienta para asegurar que el funcionamiento de la actividad preventiva de la Planta de Procesamiento de Crudo sea adecuada con la política definida en este. **Rodríguez, T. (2006) y Correa, A. D. (2004).**

El sistema incluye:

- Política de Seguridad y Salud Ocupacional.
- Planificación de los recursos destinados a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La implantación efectiva de los procedimientos e instrucciones del sistema.
- Verificación y acción correctiva.
- Revisión por la dirección.

La dirección define una política de seguridad y salud ocupacional de la organización, que establezca claramente los objetivos generales y el compromiso de mejorar el desempeño de la actividad. Esta política está configurada de la siguiente manera:

- Ser apropiada a la naturaleza y escala de los riesgos de seguridad y salud en el trabajo de la organización.
- Incluir compromiso de la mejora continua.
- Incluir compromiso de satisfacer, como mínimo, la legislación vigente aplicable sobre seguridad y salud en el trabajo y otros requisitos suscritos en la organización.
- Estar documentada, implementada y ser mantenida.
- Ser comunicada a todos los trabajadores con el propósito de que conozcan cada una de las obligaciones individuales respecto a seguridad y salud en el trabajo.
- Estar a disposición de las partes interesadas.
- Ser revisada periódicamente para asegurar que siga siendo pertinente y apropiada para la organización.

La gestión y organización de riesgos es el proceso de aplicación de metodologías y técnicas para la identificación, evaluación y control de los riesgos asociados con los procesos tecnológicos, áreas y puestos de trabajos.

Permite identificar sus riesgos potenciales evaluando la adecuación de los controles y otras medidas de protección disponibles para minimizar la posibilidad de ocurrencia de accidentes y otros eventos indeseables para mitigar sus consecuencias, permitiendo así la planificación de los recursos destinados a este fin. **Busto, R. A. (2007).**

La misma abarca:

- Ejecución de prácticas seguras de trabajo, la aplicación de reglas, procedimientos, e instrucciones que permiten al trabajador conocer lo que deben hacer, cómo hacerlo y de las posibles consecuencias a la seguridad cuando no se cumple con lo establecido en los mismos, creando hábitos y costumbres dirigidas a desarrollar un ambiente de trabajo seguro. Permite prevenir accidentes asegurándose que los procedimientos apropiados sean ejecutados cuando se estén realizando actividades de trabajo, antes y durante de su ejecución.
- Sistema de Protección Contra Incendios el cual abarca un conjunto de medidas técnico – organizativas, medios y fuerzas destinadas a disminuir las probabilidades de surgimiento de incendios, su desarrollo y propagación, así como sus consecuencias socio – económicas para preservar la integridad física de las personas, instalaciones y demás bienes contra los incendios y sus consecuencias.
- El Servicio Médico para la Salud Ocupacional establece un conjunto de medidas, normas, procedimientos y acciones coherentes para prevenir el deterioro de la salud de los trabajadores, en función de los factores de riesgos a los que están expuestos en su ambiente laboral. Su objetivo es mejorar la salud y elevar la calidad de vida de los trabajadores.

La implantación, operación, estructura y responsabilidades, define, documenta y comunica las funciones, responsabilidades y autoridad del personal que administra, ejecuta y verifica actividades que tengan efecto sobre los riesgos de seguridad y salud ocupacional de las actividades, instalaciones y procesos de la organización, para facilitar la gestión de Seguridad y Salud Ocupacional. La responsabilidad final por la seguridad y la salud ocupacional radica en la dirección de la planta, la cual debe proporcionar los recursos esenciales para implementar, controlar y mejorar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. **Rodríguez, T. (2006) y Correa, A. D. (2004).**

La capacitación de los trabajadores comprende el proceso de preparación y adiestramiento de los trabajadores en la manera correcta de efectuar sus actividades garantizando un trabajo eficiente y seguro. Permite disponer de personal debidamente preparado y entrenado de manera que conozcan como hacer su trabajo correctamente, las consecuencias de no hacerlo, las condiciones físicas del proceso que pueden afectar a cada trabajador, a sus compañeros o a las instalaciones, y qué hacer cuando una condición de riesgo se presenta. **Rodríguez, T. (2006).**

**Correa, A. D. (2004)**, define el control operacional como:

- El procedimiento para la ejecución de trabajos peligrosos el cual identifica aquellas operaciones y actividades asociadas a los riesgos identificados donde sea necesario aplicar medidas de control.
- Cambios, modificaciones tecnológicas, proceso de registro, evaluación y autorización de los cambios en las sustancias, los equipos, los procesos y en los procedimientos operacionales con el fin de conocer y controlar el impacto del cambio a la seguridad del personal, las instalaciones y el medio ambiente.

- Revisión de seguridad pre – arranque es un proceso de verificación final previo al arranque de nuevos equipos, sistemas e instalaciones con el objetivo de que todos los elementos de seguridad de los trabajadores y de la instalación hayan sido considerados. Previene eventos mayores en una unidad nueva o modificada mediante la identificación y control de los riesgos de accidentes en las fases de diseño y de construcción del proyecto, así como de accidentes durante los arranques y paradas de plantas, asegurándose que los equipos sean apropiadamente reparados, acondicionados y los procedimientos de arranque y parada apropiados, sean usados.
- La inspección técnica y prueba a equipos de protección personal es procedimiento que permite el control sistemático del estado efectivo de los equipos e instalaciones para evitar debido a su deterioro la ocurrencia de accidentes tecnológicos como fugas o derrames incontrolados de sustancias peligrosas, incendios o explosiones, haciendo énfasis en la preservación de los sistemas de protección. Previene la emisión de materiales peligrosos de los equipos que los contengan, cuando estos se sometan a las condiciones operacionales y ambientales que se puedan presentar, y asegura la máxima disponibilidad de los sistemas de seguridad y de salvaguardas para prevenir o minimizar los efectos por descontroles operacionales.

El procedimiento para la Gestión de Averías y Emergencias permite a la planta establecer y mantener planes y procedimientos para identificar el potencial de incidentes o situaciones de emergencia y la respuesta ante ellos para prevenir y mitigar las enfermedades y lesiones que puedan estar asociadas a estos. La medición del desempeño es clave para supervisar y conocer la efectividad de la implementación y cumplimiento de los elementos que conforman el Sistema de Seguridad Industrial.

El proceso sistemático para determinar las causas de los accidentes e incidentes que permiten corregir las debilidades y fallas del sistema. Identifica las causas básicas de los mismos a fin de tomar acciones que eviten la ocurrencia de eventos similares y retroalimentar el proceso de Gestión de Riesgos.

La dirección de la Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas, de acuerdo a los intervalos que determinen, revisa el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, para asegurar su continua aptitud, adecuación y eficiencia, controlando que todos los parámetros antes expuestos se cumplan estrictamente, evitando así riesgos que puedan traer consecuencias mayores para la entidad.

#### 1.12 Jerarquización de los riesgos.

**Orozco, J. L. (2006)** define que el proceso de jerarquización debe tomar en cuenta la magnitud y severidad de los riesgos, estos pueden ir desde un modo desordenado hasta un modo muy sistemático.

Se destacan tres categorías básicas para jerarquizar los riesgos:

1. *Consenso negociado*: Proceso de abrir el debate entre los diferentes actores y llegar a un acuerdo general sobre los rangos de riesgos. Este proceso es directo, preciso y explícito, en esto radica su fortaleza. Una vez decidido el consenso, el compromiso de los interesados es muy fuerte por estar involucrados en el proceso. Presenta como debilidades la dificultad de llegar a una decisión, por otra parte si la discusión no es rigurosa y precisa puede dar como resultado una conclusión incorrecta, injusta e imprecisa. Con el uso del consenso se corre el riesgo que algunas personas controlen la discusión. **Casal, J. et al. (2001)**.
2. *Voto*: La votación por lo general es muy común y sencilla para jerarquizar los riesgos. Existen tres métodos de este tipo: las votaciones secretas, las votaciones abiertas y las votaciones múltiples, en las que los participantes pueden expresar la intensidad de sus opiniones.

El método de votación es muy fácil, sencillo y justo, pero teniendo en cuenta que el proceso es tan sencillo y directo, el grupo puede ignorar la complejidad y magnificar los prejuicios. **Casal, J. et al. (2001)**.

3. *Fórmula*: El colectivo de autores **Casal, J. et al. (2001)** destacan que el uso de una fórmula puede simplificar la complejidad de un análisis. Para jerarquizar los riesgos existen varios métodos con fórmulas, se destaca como el más común un proceso denominado: puntuación ponderada en el cual es necesario:

- Identificar criterios para evaluar riesgos.
- Dar una puntuación a cada problema por cada criterio.
- Asignar un peso a cada criterio.
- Multiplicar el criterio por su peso y sumar los resultados para producir una puntuación total.
- Jerarquizar los problemas según sus puntuaciones.

#### 1.13 Flexibilidad de procesos industriales.

Los ingenieros de procesos asumen que las condiciones nominales están dadas por las especificaciones de un diseño; por ejemplo, demanda de productos, restricciones de reacción, temperaturas de entrada o condiciones ambientales. Sin embargo, está claro que estas condiciones serán diferentes durante la operación real del proceso. Esto será debido a las variaciones normalmente encontradas en los parámetros de operación, así como en incertidumbres propias del proceso. Por tanto para que un ambiente sea útil en la práctica, no es suficiente que sea económicamente óptimo para las condiciones de diseño. Además es obligatorio que exhiba buena operabilidad. Un componente importante de la operabilidad de un proceso es, precisamente, la flexibilidad. La flexibilidad es la capacidad que tiene un proceso de operar de forma factible en estado estacionario para un rango de condiciones inciertas, que pueden ser observadas durante la operación de este proceso.



Existen otros aspectos para ser operable la planta, tales como la capacidad de adaptación del proceso a sistemas de control automático, la seguridad y fiabilidad, los cuales son igualmente importantes, sin embargo el análisis de flexibilidad es el primer paso que se debe considerar para la operabilidad de un diseño. **Grossman, E. (1985).**

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1 Caracterización del proceso.**

La Base de Crudo y Suministro (B.C.S) está destinada, para la recepción de Petróleo Crudo Nacional (PCN) por medio de los Oleoductos de Occidente (Puerto Escondido), Centro (Varadero) y las pailas (carro cisterna) y para el almacenamiento y entrega con facilidades a todos los muelles de las instalaciones, de Petróleo Crudo Nacional Mejorado (PCNm) y PCN a buques tanques con destino a diferentes puntos del país. Además desde esta base se puede trasegar producto a otras áreas como las áreas 2,3 y 4 y comercializar por medio de vagones de ferrocarriles. En la base de crudo se preparan las mezclas de Petróleo Crudo Nacional Mejorado (PCNm), esta mezcla se obtiene a partir de la unión del Petróleo Crudo Nacional y una dosis de solvente (Nafta), la cual se inyecta en la línea con el fin de rebajar los parámetros de viscosidad a valores del orden de 650, 1100 y 1400 cSt de forma que sean asimilados por los consumidores de este tipo de combustible. Para dispersar los asfaltenos, presentes en el crudo se le adiciona aditivo Bycosin (DP-99001), que además mejora otros parámetros como el contenido de vanadio, que lo disminuye y eleva el valor calórico del producto, logrando así mejor combustión en calderas principalmente de las C.T.E.

El área #2 ó Base de Suministro a la C.T.E: Está compuesta por dos sub-áreas fundamentales:

- Área 2-1 (área de estación cabecera de los oleoductos a las C.T.E Santa Cruz y Antonio Guiteras).
- Área 2-2 (área de tanques).

El área 2-1 se compone de 4 bombas: ( cuales son reciprocantes y cuales son centrifugas) ( IP-102 D y IP-102 A, de 120 m<sup>3</sup>/h de caudal, IP-102 BM y IP-102 AM, de 45 m<sup>3</sup>/h ), que se utilizan para bombear PCNm de una viscosidad de 1100 cSt de los tanques para a la C.T.E Santa Cruz pasando por un filtro F-102 A/B, y por un intercambiador de calor de tubo y coraza IE-102 A manteniendo la temperatura a 80 °C ± el producto saliente y se dispone de un flujómetro (M-132 D) para medición y control de las cantidades de producto bombeado. Se utiliza bomba de pistones de 36 m<sup>3</sup>/h de caudal para desplazamiento y bombeo por el Oleoducto Santa Cruz.

Para el oleoducto a C.T E Antonio Guiteras se bombea PCNm a 1400 cSt de viscosidad con 2 bombas de tornillos para este fin (IP-103 A y IP-103 B de 96 m<sup>3</sup>/h), utilizando un filtro (IF-103 A/B), y un intercambiador IE-102 B de tubo y coraza, logrando que la temperatura a la salida sea de 70 °C ±, se dispone de un flujómetro (M-116 D) para medir cantidades de petróleo bombeado.

En esta área se utilizan 2 bombas de tornillos de 440 m<sup>3</sup>/h de caudal cada una para trasvasar producto del área 2-2 (tanques 30 y 38 de petróleo combustible {fuel oil} y tanque 39 de Nafta) y el área 3 (tanques 41 y 42 de nafta) al área 4 (tanques 33,34,35,36 y 37 para PCNm 650,1100 ó1400 cSt), y a los tanques de Base en Tierra (tanques 49,50,51 y 52 de fuel oil y PCNm) muelles Frank País, muelle PT-1, PC-2 y Bayona.

Se encuentra ubicado en esta área un tanque de Slop de 15 m<sup>3</sup> de capacidad, con el objetivo de aliviar presiones que sobrepasen los 10 kg/cm<sup>2</sup> en el sistema, este trabaja por medio de una válvula automática que controla por medio de un barómetro la presión en la línea.

Para el inyectado de solvente (nafta), se encuentra conectada a los oleoductos una bomba de inyectado de 30 m<sup>3</sup>/h de caudal con el objetivo de disminuir la viscosidad del producto, en caso de una parada prolongada de los oleoductos. En el sistema están acopladas tuberías y válvulas tecnológicas para el buen funcionamiento de las operaciones, cada una con una nomenclatura particular en el caso de las válvulas y para las tuberías se identifican por los diferentes diámetros que presentan cada una de ellas.

El área 2-2 se compone de:

Dos tanques (TK-30 y TK-38) de 10 000 m<sup>3</sup> de capacidad, almacenan petróleo crudo nacional y petróleo combustible (fuel oil), para la comercialización.

El tanque (TK-39) ubicado también en esta área almacena solvente (nafta), con una capacidad de 1000 m<sup>3</sup>; se utiliza para el inyectado de nafta en el área 2-1.

El área 3, destinada a la recepción y almacenamiento de solvente (nafta), para la elaboración de mezclas (PCNm), está compuesta por dos tanques de almacenamiento (TK-41 de 5000 m<sup>3</sup> y TK-42 de 4000 m<sup>3</sup>).

Nota: En la instalación todas las bombas, destinadas para operaciones con crudo, son de desplazamiento positivo.

Esquemas tecnológicos del proceso en anexos del 11 al 15.

## 2.2 Identificación de los posibles riesgos en el área.

En la base como en cualquier instalación industrial ocurren casos de catástrofe, entre las que se destacan:

**Los incendios:** Se define como el mayor peligro que puede presentarse en la instalación.

Se puede originar a partir de cortos circuitos eléctricos, negligencias en mantenimiento, reparaciones y operaciones; descargas eléctricas de tormentas, acumulación estática, sobrecalentamiento durante el bombeo, el uso de herramientas no adecuadas, violaciones de las normas en los vehículos automotores y cisternas de ferrocarril y colisiones de estos contra cargaderos de combustibles. Acompañaría a un incendio grandes desprendimientos de gases y humo que acusarían afectaciones al personal, las fuerzas que actúan, objetivos y población cercana, estos últimos en dependencia de la dirección del aire.

Un incendio en cualquiera de las áreas consideradas peligrosas pudiera alcanzar grandes magnitudes, por la interconexión de los tanques de almacenamiento, la cercanía de unos con otros, que se puede trasladar el siniestro de un área a otra incluyendo los muelles con relativa facilidad.

**Las explosiones:** También constituyen un gran peligro para la empresa, ya que pueden generarse de cortos circuitos eléctricos, descargas eléctricas, operaciones inseguras en actividades de mantenimientos y reparaciones con el uso de herramientas no adecuadas, la electricidad estática o por incendio en estos lugares, fundamentalmente en los muelles (siendo el más peligroso Bayona, donde se descargan productos ligeros y volátiles como las gasolinas, naftas, entre otros), planta Caribe de gas licuado (GLP), depósitos de combustibles de la T- 320, Base en Tierra y descargaderos de crudo nacional, planta de mezcla de combustibles y suministro a las Centrales termoeléctricas Santa Cruz y Guiteras, sala de calderas y cargadero de vehículos automotores (pailas) y cisternas de ferrocarril. Una explosión pudiera ocasionar daños físicos a otras instalaciones con derrames cuantiosos y la propagación de un incendio de gran magnitud. Un agravante potencial es el hecho de no contar con muros o cubetos de contención en todos los tanques, ni un sistema de drenaje adecuado para canalizar el producto (si hay fracturas) hacia un lugar apropiado que limite el peligro de propagación y facilite la extinción.

Ante las características de la empresa, donde se manipula (terrestre y marítimamente) grandes cantidades de volúmenes de productos derivados del petróleo, es posible el riesgo inmediato de derrames de hidrocarburos, ya sea en tierra o en el mar.

En tierra se pueden producir derrames de combustibles en cualquiera de las áreas consideradas peligrosas, donde existen los grandes, medianos y pequeños depósitos de combustibles, que de ocurrir en los tanques quedarían cercanos a los muros de contención o cubetos existentes. Los más peligrosos serán los surgidos en la T- 320, ya que por las características del terreno, el combustible derramado se dirigirá hacia la sala de calderas, cargaderos y oficinas, es de esperar que cualquier derrame pueda propiciar un riesgo de incendio por lo antes descrito.

Los derrames en el mar provocan una gran contaminación de la bahía y por consiguiente una catástrofe biológica. Este es el caso de la marea negra: masa oleosa que se crea cuando se produce un derrame de hidrocarburos en el medio marino. Esta es una de las formas de contaminación más graves, pues no solo invade el hábitat de especies marinas, sino que en su dispersión alcanza igualmente costas y playas destruyendo la vida a su paso, o alterándola gravemente, a la vez se generan grandes costos e inversiones en la limpieza, depuración y regeneración de las zonas afectadas. El hidrocarburo vertido sobre la superficie del mar se extenderá inmediatamente a causa de sus propiedades químicas y físicas, así como las condiciones externas, además de extenderse de manera impredecible, resultando un vertido no homogéneo consistente en manchas espesas y grumos entremezclados con finas capas oleosas. La figura o forma final estará condicionada por el viento, las olas y las corrientes. Se va extendiendo en una superficie cada vez mayor hasta llegar a formar una capa muy extensa, con espesores de solo décimas de micrómetros.

De esta forma se ha comprobado que 1 m<sup>3</sup> de petróleo puede llegar a formar en hora y media una mancha de 100 m de diámetro y 0.1 mm de espesor.

Un derrame de hidrocarburos en el mar se verá afectado por un número de procesos de envejecimiento. Al incrementarse el área de vertido aumenta también la tasa de evaporación, pero la velocidad y extensión de la evaporación varían considerablemente dependiendo de la composición del hidrocarburo. Los de poca densidad, como la gasolinas, se evaporan con gran rapidez (entre una y dos terceras pocas horas), mientras que los hidrocarburos pesados se disipan más lentamente. La evaporación se ve también afectada por la velocidad del viento y la temperatura; cuantas más altas sean ambas, más se verá favorecida la evaporación. El producto evaporado es descompuesto por fotooxidación en la atmósfera.

### 2.3 Aplicación de las técnicas de análisis de riesgos.

En primer lugar se presenta una metodología muy sencilla para identificar el peligro intrínseco de las sustancias en el proceso. Se aplica el análisis de las técnicas de HAZOP por ser este uno de los métodos más reconocidos en la industria química según **Casal, J. Montiel, H. Planas, E. y Vílchez, J. A. (2001)**.

### 2.4 Identificación del peligro asociado a las sustancias.

Para una identificación correcta del peligro potencial de una instalación industrial es la identificación y la caracterización de sustancias involucradas en el proceso. Los datos de interés, para los análisis posteriores son básicamente las propiedades de las sustancias y sus condiciones en el proceso. **Perry, R. H. (1997)**.

El interés de estos datos radica principalmente en el efecto que las condiciones de operación producen sobre las sustancias involucradas en el proceso. El conocimiento de las posibles condiciones de operación normal y anómala permite considerar y eliminar diferentes sustancias como susceptibles de provocar un accidente mayor. **Helferich, W. (2001).**

### **Caracterización de las sustancias.**

Según **Almeida, M. (2007)**, la caracterización de las sustancias involucradas en un proceso se desarrolla mediante la siguiente guía:

#### Identificación del producto

- Nombre del producto
- Fórmula Química
- Etiquetado de peligro (frases R y S) así como las que la identifican por otros efectos

#### Datos Físicos

- Apariencia
- Punto de ebullición
- Punto de fusión
- Solubilidad
- Densidad
- TLV - Límite superior de inflamabilidad
- IPVS. Límite inferior de explosividad
- Punto de congelación
- Temperatura de autoignición
- Coeficiente de expansión
- Temperatura de inflamación
- Biodegradabilidad
- Corrosión
- Capacidad calorífica

Formas de control y mitigación en casos de desastres

Productos o técnicas empleados en el control y mitigación en caso de desastre.

Existencia del producto de control y mitigación en la entidad (especificar cantidad y capacidad de mitigación)

Peligros para la salud

- Concentración permisible
- Exposición permisible
- Emergencias
- Partes del cuerpo que afecta
- Forma de entrada al organismo
- Toxicidad (se debe llenar una tabla con la siguiente información)

Modelo para la clasificación toxicológica de la sustancia analizada

Sustancia	Toxicidad							
	Tox. aguda	Irritación	Sensibilización	T. por dosis repetida	Mutagenicidad	Carcinogenicidad	Corrosión	T. para la reproducción

Datos de reactividad

- Reacción principal y reacciones secundarias
- Cinética de reacción
- Contaminantes producidos
- Reacciones de descomposición

Condiciones de almacenamiento y manipulación

- Nombre del producto almacenado
- Forma del recipiente (cilíndrico, rectangular, vertical, horizontal, etc.)
- Dimensiones del recipiente (largo, ancho, diámetro)
- Material de construcción
- Protección del recipiente (interior o exterior)
- Existencia de accesorios en el recipiente y su localización



- Fecha de fabricación del recipiente
- Condiciones de almacenamiento de las sustancia
- Cantidad de sustancia almacenada
- Registro histórico de averías producidas en el recipiente. Casos de derrames, salideros, etc. (definir fecha y cantidad de producto vertido)
- Tipo de averías producidas
- Condiciones de almacenamiento (presión, temperatura, etc.)
- Características de los alrededores del recipiente

Condiciones para su uso en el proceso

- Uso en el proceso
- Condiciones en las que se usa la sustancia (presión, temperatura)
- Fallos ocurridos en estos equipos al operar con estas sustancias
- Material de construcción de los equipos donde es usada
- Longitud de tubería que conduce la sustancia desde el punto de almacenamiento hasta el equipo donde es usada
- Diámetro de la tubería
- Cantidad de accesorios y tipos en esa tubería (señalar que posición ocupa cada accesorio en la tubería o sea a que distancia están ubicados con respecto al tubo de almacenamiento)
- Protección del sistema de tuberías

En el anexo 16 aparece las caracterización de las sustancias involucradas en el proceso. **Irving, N.S (2003)**

## 2.5 Técnicas de HAZOP. Metodología del análisis.

El análisis HAZOP (HAZard and OPerability) es una técnica deductiva para la identificación, evaluación cualitativa y prevención del riesgo potencial y de los problemas de operación derivados del funcionamiento incorrecto de un sistema técnico. **Ramos, A. (1987).**

La técnica se fundamenta en el hecho de que las desviaciones en el funcionamiento de las condiciones normales de operación y diseño suelen conducir a un fallo del sistema. La identificación de estas desviaciones se realiza mediante una metodología rigurosa y sistemática. El fallo del sistema puede provocar desde una parada del proceso hasta un accidente de mayores consecuencias.

Metodología de análisis.

El paso previo para el desarrollo del análisis es la definición del objetivo y el alcance del estudio, de los límites físicos de la instalación o el proceso que se quiera estudiar. Después del estudio previo se puede comenzar el análisis propiamente dicho, realizando en primer lugar la selección de los elementos críticos que deben estudiarse (reactores, separadores, tanques, etc.). **Wells, G. (1997).**

A continuación sobre cada nodo de estudio, que corresponda a cada línea de fluido de cada elemento seleccionado, de forma secuencial y repetitiva se aplican las palabras guías que se ofrecen en el anexo 18 (No, más, menos, etc.) a cada operación del proceso, las sustancias y las variables que intervienen. Operando de esta manera se genera las desviaciones significativas de las condiciones normales de operación y se repasan los posibles funcionamientos anómalos.

## 2.6 Determinación de atmósferas peligrosas a través del software ALOHA.

ALOHA: Areal Locations of Hazardous Atmospheres, Localización de áreas de atmósferas peligrosas.

Se incorporan en el análisis de procesos los riesgos industriales que pueden tener lugar en el proceso ante cualquier variación de las variables del proceso.

HAZOP llega hasta determinar las consecuencias que pueden tener lugar de producirse un riesgo.

Estas consecuencias pueden ser evaluadas, analizando precisamente en que medida pueden afectar una región determinada, lo que posibilita la confección de planes de prevención y permite preparar tanto al personal de la industria como a los ciudadanos ante un evento de este tipo.

Aspectos generales de la modelación con ALOHA

- Se modelan tres categorías peligrosas:  
Dispersión de gas tóxica  
Fuegos  
Explosiones
- Se basan en los modelos de Dispersión del Aire para estimar el movimiento y dispersión de la nube de gas químico
- Se estima: Dispersión de gas tóxica, valores de sobrepresión desde la explosión de una nube de vapor y el área inflamable de la nube de vapor
- Modela las áreas para emisiones de corta duración de compuestos peligrosos claves: Tóxicos, inflamables, radiación térmica y sobrepresión que pueden exceder los niveles de interés especificados por el usuario (Levels of Concern LOCs).

Terminologías utilizadas en el software ALOHA:

- Límites de Inflamabilidad. Llamado Límite de Explosividad Inferior (LEL) y Límite de Explosividad Superior (UEL)
- El LOC es un nivel que marca el inicio de la radiación térmica, usualmente el nivel sobre el cual este peligro puede ocurrir.
- Se utilizan tres valores de LOC, medidos en  $\text{kw/m}^2$   
Rojo:  $10 \text{ kw/m}^2$  Potencialmente letal en el intervalo de 60 s.  
Naranja:  $5 \text{ kw/m}^2$  quemaduras de segundo grado en el intervalo de 60 s.  
Amarillo:  $2 \text{ kw/m}^2$  (dolor en 60 s).

### 3: Análisis de los resultados.

En este trabajo se aplican dos técnicas de análisis de riesgo: caracterización de las sustancias y las técnicas de HAZOP, además se emplea la última versión del software ALOHA para la evaluación de atmósferas peligrosas en casos de desastres en plantas químicas.

#### 3.1 Análisis de la caracterización de las sustancias.

La caracterización de las sustancias involucradas en este proceso permitió definir el grado de peligro que las mismas poseen. La tabla 3.1 resume que se ofrece a continuación sobre el nivel de peligrosidad de las sustancias, se obtuvo basado en las indicaciones que aparecen en los lineamientos generales para determinar las categorías de peligros toxicológicos, según la directiva EC 93/21/EEC de las Naciones Unidas, que aparecen en **PNUMA/IPCS, (1999)** y es un ejemplo sintetizado de la caracterización general que se hizo de cada una de las sustancias involucradas en el proceso, lo cual aparece en el anexo 16.

Tabla 3.1. Nivel de peligro asociado a las sustancias involucradas en el proceso

Sustancia	Frases de riesgo	Peligro
Petróleo	R2/R3/R5/R7/R16/R18/R22/R25/R44/R54/R55	Medio
Nafta	R2/R3/R5/R7/R10/R11/R18/R22/R25/R30/R44/R54/R55	Alto
Sulfuro de hidrógeno	R20/R23/R24/R26/R33/R37/R39/R45/R54/R55	Especial
Aditivo Bicosyn DP-99001	R2/R3/R5/R7/R16/R18/R21/R22/R25/R44/R54/R55	Alto

#### **Peligro especial**

Las sustancias incluidas en esta categoría, entre ellas las carcinógenas, las mutágenas y los compuestos con efectos tóxicos en el sistema reproductivo, son consideradas como muy peligrosas y deben ser evaluadas individualmente.

**Peligro alto**

Sustancias etiquetadas como “muy tóxicas”, “tóxicas”, “corrosivas” o sensibilizadoras de la piel.

**Peligro medio**

Las sustancias consideradas de peligro medio y que ingresan por inhalación o ingestión son etiquetadas como “dañinas” y las de daño medio para la piel, como “dañinas” o “irritantes”.

**Peligro bajo**

Son las sustancias no consideradas en ninguna de las otras categorías de peligro.

Como puede observarse en la tabla anterior solo el petróleo posee un nivel de peligro medio, mientras que las otras dos sustancias presentan un alto nivel de peligro.

**Petróleo:**

Es necesario señalar que en el caso de esta sustancia, puede producir tres efectos, el primero sería toxicidad aguda por respiración, en los ojos y en la piel, se debe añadir que puede provocar sensibilización.

**Nafta:**

En este caso la sustancia está también categorizada como de toxicidad aguda y provoca los mismos efectos que en el caso del petróleo.

**Sulfuro de hidrógeno:**

Uno de los productos de riesgos presente en este proceso es el sulfuro de hidrógeno, que se encuentra formando parte del crudo:

Este se encuentra en tanques de almacenamiento de combustibles, y en áreas aledañas por emanación mayormente favorecida por el calentamiento del producto y su manipulación.

**Aditivo Bicosyn DP-99001:**

Al igual que en los dos casos anteriores la sustancia es de toxicidad aguda, afectando fundamentalmente ojos, piel y respiración.

Teniendo en cuenta los efectos que estas sustancias provocan, la empresa debe continuar con su trabajo profiláctico y tener en cuenta dichos efectos para aplicar los tratamientos adecuados en casos de accidentes.

Estos aspectos relacionados con la salud, ya analizados, se ven acompañados de otros que dañan al entorno y al ser humano como son los derrames e incendios, ya que estas sustancias son inflamables; las medidas relacionadas con estos dos últimos aspectos aparecen claramente relacionadas en el anexo 16.

### 3.2 Resultados de la aplicación de las técnicas de análisis de HAZOP.

Estas técnicas se decidió aplicarlas a los equipos que presentaban los mayores niveles riesgos (tanques de almacenamiento de crudo, bombas de combustibles, intercambiadores de calor, filtros). Los resultados obtenidos permitirán en esta planta las medidas necesarias para evitar que ocurran operaciones riesgosas, ya que con esta técnica pudieron ser previstas. Se presenta en forma de tabla cada una de las desviaciones que pueden ocurrir en el proceso así como las causas que la originaron, sus consecuencias y las medidas de corrección para solucionar el fallo. Anexo 19.

Se ofrece a continuación en la tabla 3.2 un resumen de las desviaciones más significativas y que niveles más altos de riesgos pudieran producir en la planta para cada uno de los equipos estudiados.

Tabla 3.2. Resumen de las desviaciones más significativas.

Equipo	Desviaciones	Causas	Consecuencias
Tanques de almacenamiento de crudo.	Aumento del nivel de petróleo por encima de la altura operacional	Descuido de los operadores al seguir recibiendo producto sin controlar el nivel del tanque	-Desbordamiento y derrame del producto. -Pérdida del producto. -Problemas con el bombeo a las CTE Sta. Cruz y Guiteras.
Bombas	Presión excesiva de la bomba	-Válvula cerrada en la línea de operación. -Que el producto esté por debajo de la temperatura de trabajo.	-Rotura en la línea que se efectúa la operación. -Pérdida del producto.
Intercambiadores de calor.	Aumento de la temperatura a la salida del calentador	-Disminución del caudal de flujo de combustible de entrada al intercambiador. -Aumento de la temperatura que debe tener el crudo. -Aumento del flujo de vapor.	-Mayor consumo de vapor. -Aumento del consumo de combustible en la caldera. -Averías en los tubos internos del intercambiador.
Filtros	Presión excesiva	- Tupiciones en el filtro debido a las incrustaciones.	- Tupiciones en el filtro debido a las incrustaciones.

### 3.3 Resultados obtenidos del software ALOHA.

Los tanques 41 y 42 almacenan nafta, cuyo componente principal es n-octano, y sus principales datos son:

N-octano (C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>): Líquido transparente e incoloro.

Solubilidad en agua a 20 °C: 0,1 g/l.

Densidad a 20/4: 0,7025

Punto de fusión: -56,8 °C

Punto de ebullición: 125,7 °C

Índice de Refracción: 1,3974

Punto de Inflamación: 8 °C.

Presión de vapor a 20 °C: 15 hPa

Concentración de Saturación a 20 °C: 70 g/m<sup>3</sup>

Límite de Explosión en el Aire: de 1 a 3,2 en Vol %

Por lo que se asume que este químico puede ser dado como dato en vez de la nafta sin incurrir en errores en la aplicación del software ALOHA.

A los efectos de la aplicación del software se han definido los siguientes datos:

- Velocidad del viento 2 m/s (Velocidad Media del viento más frecuente en el período de estudio). La velocidad del viento se mide a una altura de 10 m según lo establecido internacionalmente.
- Se considera la condición de campo abierto, atendiendo las condiciones del área.
- Temperatura de almacenamiento 30 °C.
- Clase de modalidad atmosférica inestable.
- No se considera inversión de temperatura con la altura.
- Se considera un 85 % de humedad relativa (humedad media medida en el período de estudio).
- Diámetro del tanque 41 23.1 m.
- Altura 11.9 m.



- Volumen 4987 m<sup>3</sup>.
- Tanque que contiene solo líquido.
- Se considera una altura de 95 % de llenado.
- Volumen del tanque para la altura real de llenado 4738 m<sup>3</sup>
- Masa para la altura real de llenado 3 309 875 kg.

Introducido los datos convenientemente se procede a trabajar para los diferentes escenarios y sus respectivos peligros potenciales.

Escenario 1: Salida del químico sin combustionar, formando un charco líquido del que se produce evaporación.

a) Peligro potencial del químico. Efecto tóxico en la dirección del viento.

- Para que se produzca este primer peligro se define una abertura circular de diámetro de 10 cm. Cuyas posibles causas pueden ser:

- Corrosión por picadura concentrada en un área, que provoque una falla de tipo circular.
- Corrosión uniforme que provoque este tipo de abertura.
- Degollamiento de una válvula por diferentes razones entre las que se puede incluir también la corrosión.

- Altura más probable a la que se produce el orificio o hueco según las condiciones del área y diseño del tanque.

- Características del terreno: Concreto.

- Temperatura del terreno: 35 °C.

Estos datos permiten obtener un gráfico que aparece en el anexo 1 donde quedan definidas las zonas y las concentraciones en ppm de las sustancias, en el mismo las líneas discontinuas son las que limitan un área comprometida, es decir donde ante un cambio de la dirección del viento u otro factor, como agrandamiento brusco del hueco por falla pudiera convertirse en un área de peligro de toxicidad, como las que aparecen representadas en los colores rojo, naranja y amarillo.

Procediendo convenientemente con el software en la zona roja se puede obtener diferentes gráficos donde se muestra la concentración de la sustancia en los diferentes puntos en un tiempo dado, tanto para lugares abiertos como para posibles edificaciones cerradas.

En el anexo 2 se muestra como en la zona roja se alcanza a los 2 minutos 300 ppm de concentración de la sustancia a una distancia de los 100 m del agujero y a los 3,5 minutos aproximadamente se alcanzan a esa misma distancia 400 ppm y a los 16 minutos se alcanzan los 1000 ppm de concentración, que es el mayor valor de toxicidad que se alcanza en el exterior, sin embargo para el interior de un local situado a 100 m del agujero, la concentración de 300 ppm se alcanza a los 40 minutos y la de 400 ppm a los 50 minutos, no llegándose a alcanzar nunca los 1000 ppm para ese tipo de local. En el anexo 3 un análisis de la variación de la concentración con el tiempo, ahora a 181 m de distancia del hueco en la dirección del viento, es decir justamente en la frontera de la zona roja indica que a los 15 minutos aproximadamente se alcanza los 300 ppm de concentración, 2 minutos más tarde ya se alcanza la concentración de 400 ppm y solo a los 52 minutos la concentración toma el valor de 1000 ppm para el espacio exterior. Por otra parte para un posible espacio interior de una instalación se alcanzan a los 60 minutos valores inferiores a los 300 ppm.

Un análisis similar pudiera hacerse en las otras 2 zonas del gráfico del anexo 1, para definir los cambios de concentraciones del químico con el tiempo.

- b) Peligro potencial del químico. Vapores que salen del charco del líquido y pueden inflamarse.

Este caso se refiere a que se puede formar una nube de vapor del químico y entrar en contacto con una fuente de ignición externa y que puede ocurrir a partir del valor límite de inflamabilidad. Aquí aparecen solo dos zonas, la roja y la amarilla, según se muestra en el anexo 4.

En el anexo 5 para las zonas exteriores se alcanzan los 4800 ppm y la inflamabilidad ante agentes externos a 50 m transcurridos 37 minutos. Para las zonas interiores no se inflama por solo tener un 10 % del LEL.

Si nos ubicamos en un punto de la zona roja del gráfico, a 60 m del orificio en la dirección del viento, es decir justamente en la frontera de la zona roja, para locales exteriores se inflamaría la nube de vapor al contacto con un agente de ignición externo, porque se alcanza el 60 % del LEL, es decir se alcanza una concentración de 4800 ppm de la sustancia. No se alcanza inflamabilidad para el interior de edificaciones aledañas, porque no se alcanza la concentración para la inflamabilidad.

c) Peligro potencial del químico. Posible explosión por sobrepresión.

Para este caso se toma como consideración que la ignición puede producirse por una chispa o llama, y se ha tomado como condición un área congestionada debido a la existencia de accesorios.

Si se observa en el anexo 7, se aprecia que se alcanza una presión  $\geq 6.33$  psi a 21.7 m y una presión de 3.4 psi a 40.4 m, lo cual provocaría serios daños en las estructuras aledañas.

Para la zona amarilla donde la presión es mayor que 1 psi se producen roturas de cristales.

Escenario 2: El líquido sale del tanque inmediatamente formando un charco de fuego.

a) Peligro potencial del químico. Radiación térmica desde el charco de fuego.

En anexo 8 se muestra en un área de aproximadamente 40 m de diámetro radiaciones del orden  $10 \text{ kw} / \text{m}^2$ , que son potencialmente letales en 60 segundos, por otra parte en un área definida por un anillo de 10 m de espesor por fuera del área antes mencionada se producen quemaduras de 60 grados en 60 segundos, finalmente en la zona anular más exterior de 20 m de espesor se produce irritación en la piel por el calor de la radiación.

Escenario 3: Explosión del tanque y formación de una bola de fuego del combustible quemado.

En el gráfico del anexo 9 se observa que para un área de 3 km aproximadamente a la redonda se Alcanza una radiación de 10 kw / m<sup>2</sup> en 60 segundos, que resulta absolutamente letal.

En un área anular por fuera de la anterior y de un alcance o espesor de 1.4 km, se producirán quemaduras de 2do grado en 60 segundos.

En el área anular más exterior, de un espesor de 2.6 km, se produce irritación de la piel y dolor.

Según el gráfico se compromete en un sentido u otro un área de 7.8 km.

Un análisis similar pudiera hacerse para el tanque 42 de almacenamiento de nafta, si partiéramos de que:

- Diámetro 23.1 m
- Longitud 9.54 m.
- Volumen 3998 m<sup>3</sup>
- Volumen al 95% de su altura de llenado 3798 m<sup>3</sup>.
- Masa al 95% de la altura de llenado 2 653 463 kg.

Sin embargo los resultados solo estarían algo por debajo de los obtenidos para el caso del tanque 41, teniendo en cuenta que el tanque 42 tiene menos volumen de sustancia almacenada. Por esta razón solo se muestra en el anexo 10 el resultado gráfico para el tanque 42 del escenario 3, es decir explosión del tanque y formación de una bola de fuego del combustible.

El software utilizado no muestra una vía para determinar las áreas de peligros que surgirían en caso de que el tanque 41 de nafta se encontrara en cualquiera de los escenarios estudiados como por ejemplo, el de la explosión del tanque y su efecto sobre el tanque 42, cercano a él. Pero podemos inferir que las áreas de peligros serían mucho mayores.

## **Conclusiones**

- La evaluación de riesgos realizada en la Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas, permitió determinar que los equipos que presentan los mayores niveles de riesgos son: los tanques de almacenamiento de combustibles, las bombas y los intercambiadores de calor, lo que corrobora la hipótesis planteada.
- Se determinó que las causas fundamentales de las situaciones de riesgos que se producen son las bajas temperatura y la sobre presión en el caso de las bombas e intercambiadores de calor y el inadecuado nivel en el caso de los tanques.
- De acuerdo a la caracterización de la sustancias se determinó que el sulfuro de hidrógeno, la nafta y el aditivo (DP – 99001), son las de mayor riesgo en el proceso.
- En caso de desastre en los tanques de nafta se obtuvieron mediante el software ALOHA, las áreas y sus niveles de peligrosidad para diferentes escenarios, como toxicidad, incendio y explosión.

## **Recomendaciones**

- Discutir con los directivos, tecnólogos y miembros del departamento de protección e higiene del trabajo los resultados obtenidos en esta tesis.
- Continuar el estudio para la determinación de las áreas de atmósferas peligrosas, que se pudieran originar debido a accidentes químicos en las diferentes partes de la empresa.

## **Bibliografía**

1. Acosta, G. (2008). Evaluación de riesgos en la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro, Tesis de Grado (Ingeniería Química), Universidad de Matanzas.
2. ALOHA 5.4.1. (2007) in Office of Emergency Management, EPA and Emergency Response Division, NOAA.
3. Badia, M. D. (2004). Manual de Documentos de la Planta de Procesamiento de Crudo. Reglamentos Tecnológicos. MIMBAS, La Habana.
4. Betancourt. R. 2001. Seguridad y Salud en el trabajo para operadores en las instalaciones de Cupet. Centro Politécnico del Petróleo Cupet MINBAS. Cuba. p 384.
5. Busto, R. A. (2007). Gestión de la prevención en riesgos laborales aplicada a centrales termoeléctricas, Publidisa, Madrid, España.
6. Casal, J. Montiel, H. Planas, E. y Vílchez, J. A. (2001). Análisis de Riesgo en Instalaciones Industriales. Alfaomega S.A. Bogotá, Colombia.
7. Ceballos, C. L. (2003). Preparación para la defensa. Sustancias Tóxicas. Su protección. Félix Varela, La Habana.
8. Correa, A. (2004). Manual de Seguridad y Salud Ocupacional. Transportación segura de sustancias peligrosas. MIMBAS, La Habana.
9. Correa, A. (2004). Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. Unión Cubapetróleo, La Habana.

10. ENFORM (2002). Entrenamiento de Seguridad para Sulfuro de Hidrógeno. Canadá.
11. Grossman, E. (1985). Flexibilidad en procesos químicos. Reverte, México.
12. Helferich, W & Winter, C. (2001), Food toxicology, CRC Press , Boca Ratón, FL (USA).
13. Irving, N.(2003), Dangerous properties of industrial materials.
14. IUPAC. 1993, Glosary for chemists of terms used in toxicology.
15. Linares, O. G. (2001).Manual de Sistema de Prevención de Riesgos Laborales. Gestión y Prevención de Riesgos Laborales en una Industria Horchatera. IX Seminario de Formación.
16. Mañas, J. L. (1991). Aprovechamiento de los Métodos de Análisis de Riesgos para mejorar la seguridad en industrias químicas y afines. Ingeniería Química, pp. 213-221.
17. Méndez, B. B. (2004). Condiciones de Seguridad en la carga y descarga de camiones cisterna: Líquidos inflamables. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo.
18. Morales, Y. C. (2004). Manual de procedimientos de Seguridad Industrial. Protección a las instalaciones. La Habana.



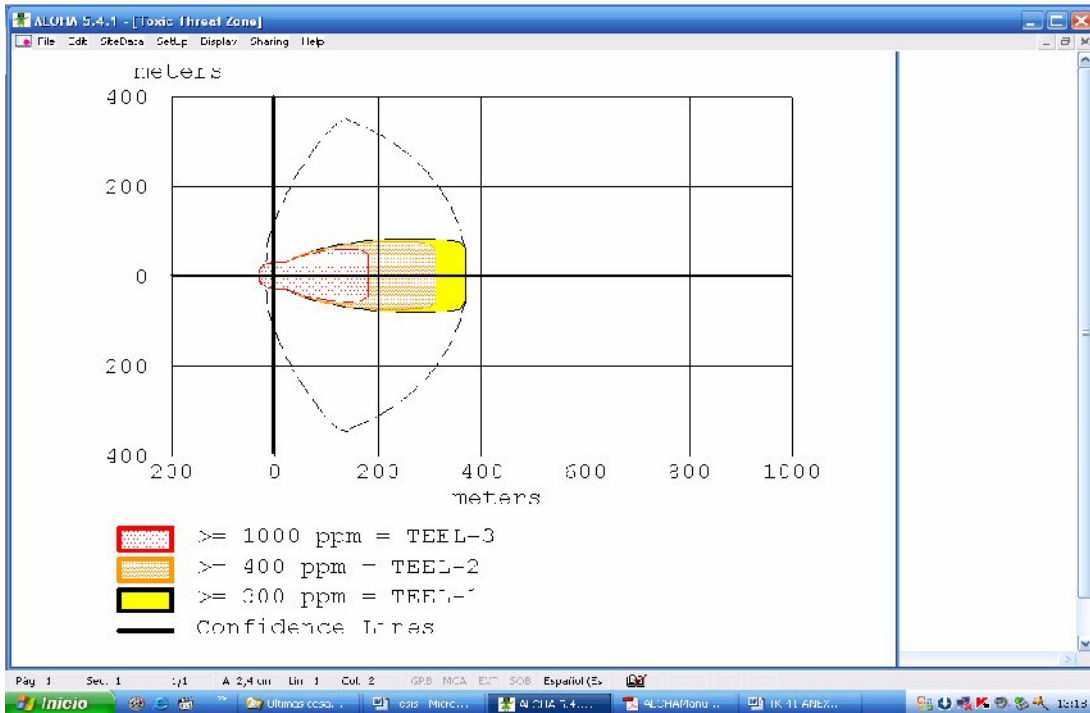
19. Muñoz, B. V. (1997). Prevención de Riesgos – Implantación de un sistema efectivo de control del riesgo operacional en la empresa [on – line]. [Marzo, 2009]. Disponible en: <http://www.monografías.com/trabajos12/tipriesg/tripriesg.shtml>
20. NC 74:2000. Prevención de los Riesgos Laborales. Reglas Generales para la Implantación de un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Septiembre, 2000.
21. NC 93-02-202. Requisitos higiénicos sanitarios. Concentraciones máximas admisibles, Altura mínima de expulsión y Zonas de Protección Sanitaria, 1987.
22. Orozco, J. & Digo. J. G. (2006). Validación práctica de herramientas para evaluar la contaminación ambiental térmica en instalaciones turísticas. Retos Turísticos, vol. 5, no. 2-3, pp. 7-11.
23. Panreac Química SA. 2001. Catálogo General. Edición Creacions Grafiques Canigó S.L.-Ivelcolor. España.
24. Perry, R. H. (1997). Perry's Chemical Engineers Handbook, McGraw-Hill, Inc. New York (USA).
25. Piqué, T. & Cejalvo, A. (1994). Análisis Probabilístico de Riesgos: metodología de árbol de fallos y errores, Notas Técnicas de Prevención, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Barcelona.
26. PNUMA/IPCS. (1999). Evaluación de Riesgos Químicos. Programa Nacional de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

27. Ramos, A. (1987). Procedimiento para el Análisis de Riesgos de Operación. Método HAZOP. Comisión Autónoma de Seguridad e Higiene en el Trabajo de Industrias Químicas y Afines, Madrid.
28. Rodríguez, D. G. (2004). Manual de procedimientos de Seguridad Industrial. Protección a las instalaciones. Instrucción de seguridad para los riesgos eléctricos. MIMBAS, La Habana.
29. Vílchez, J. e. a. (1995). Lessons Learnt from emergencias alter accidentes in Portugal and Spain involving dangerous chemical substances. Office for Official Publications of the European Community.
30. Wells, G. (1997). Major Hazards and their Management. Gulf Publishing Company, Houston, TX (USA).

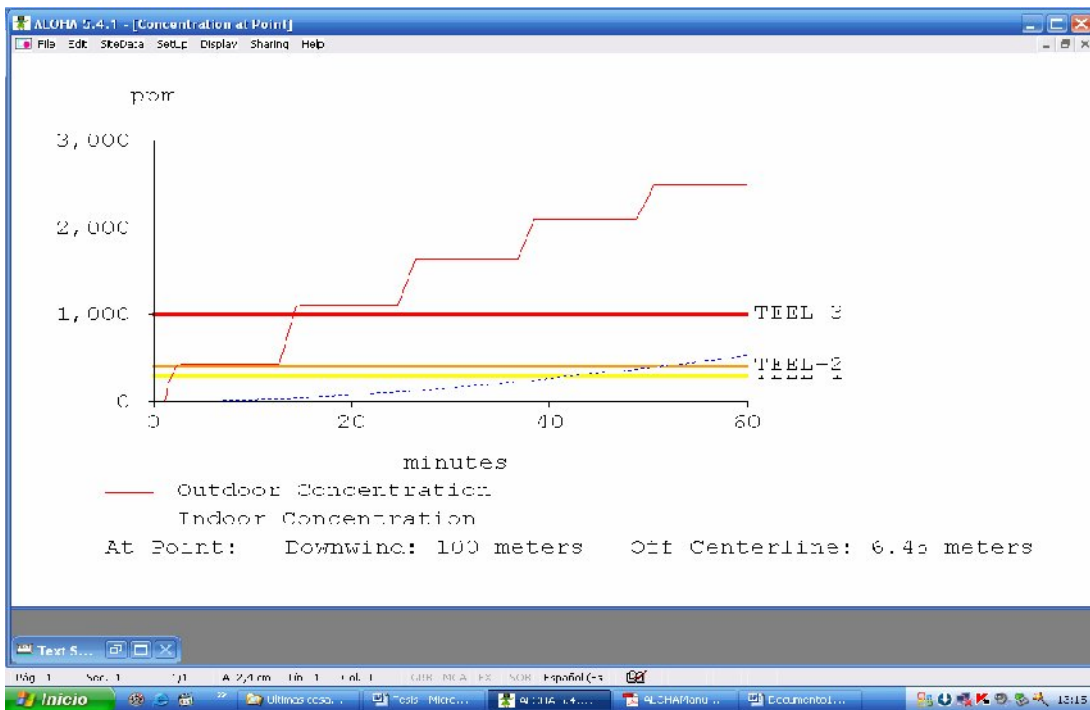
# Anexos

## Gráficos obtenidos mediante el software ALOHA (TK-41)

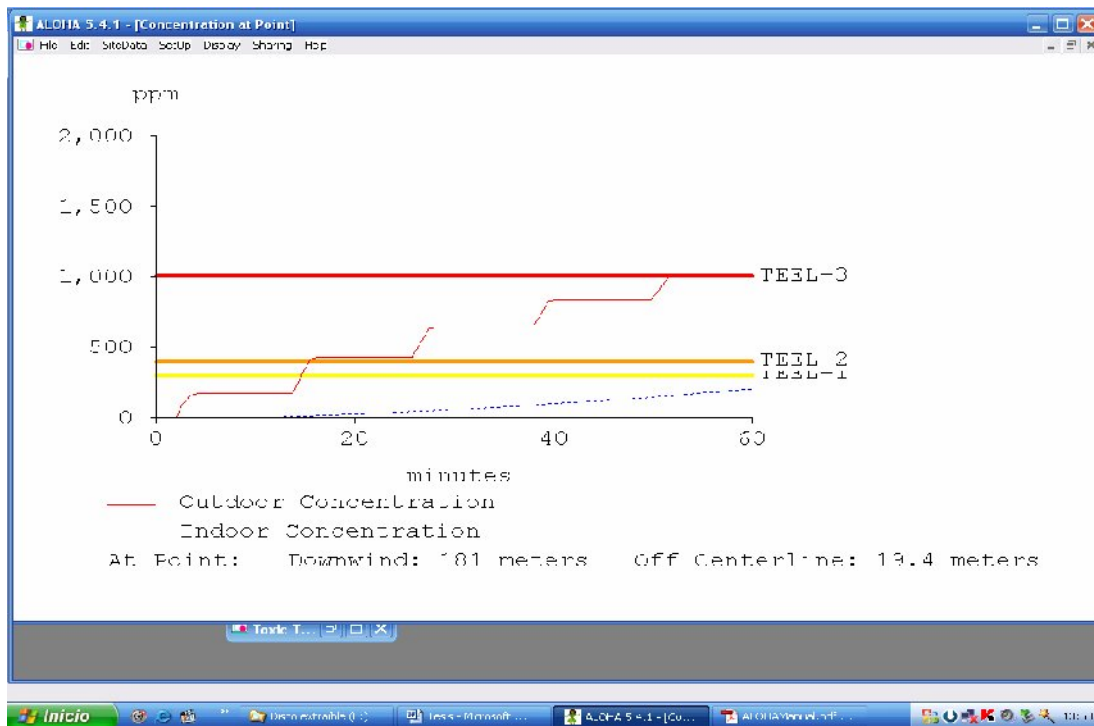
### Anexo 1: Gráfico general. Escenario 1. Peligro 1.



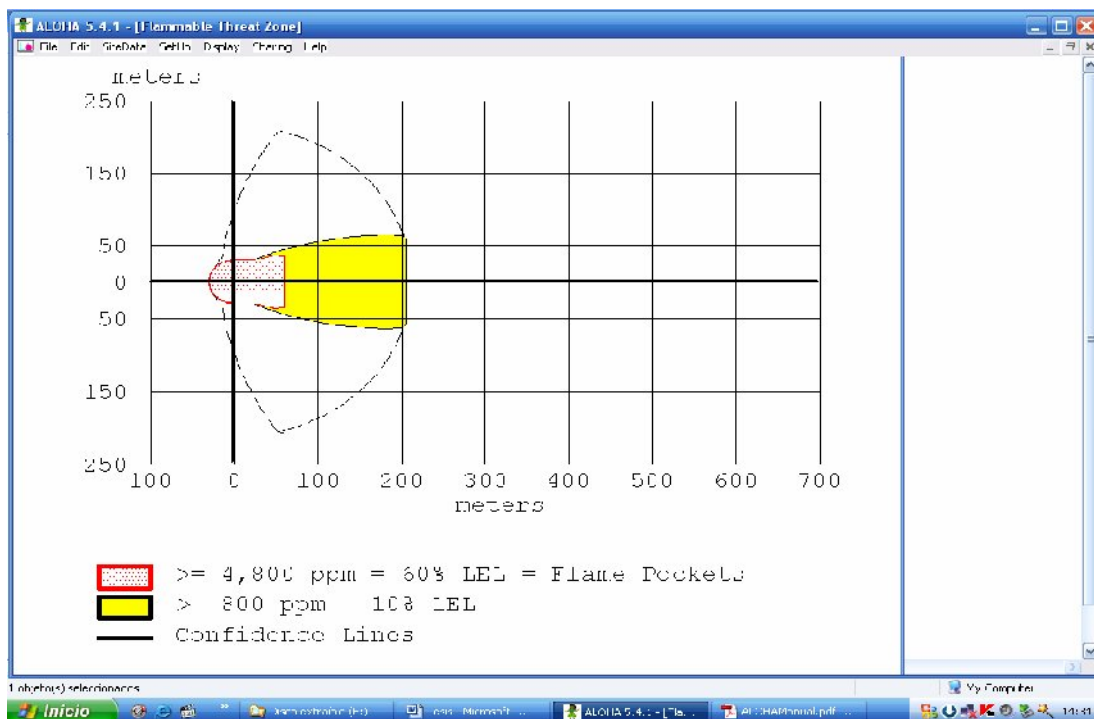
### Anexo 2: Gráfico obtenido a 100m del lugar averiado.



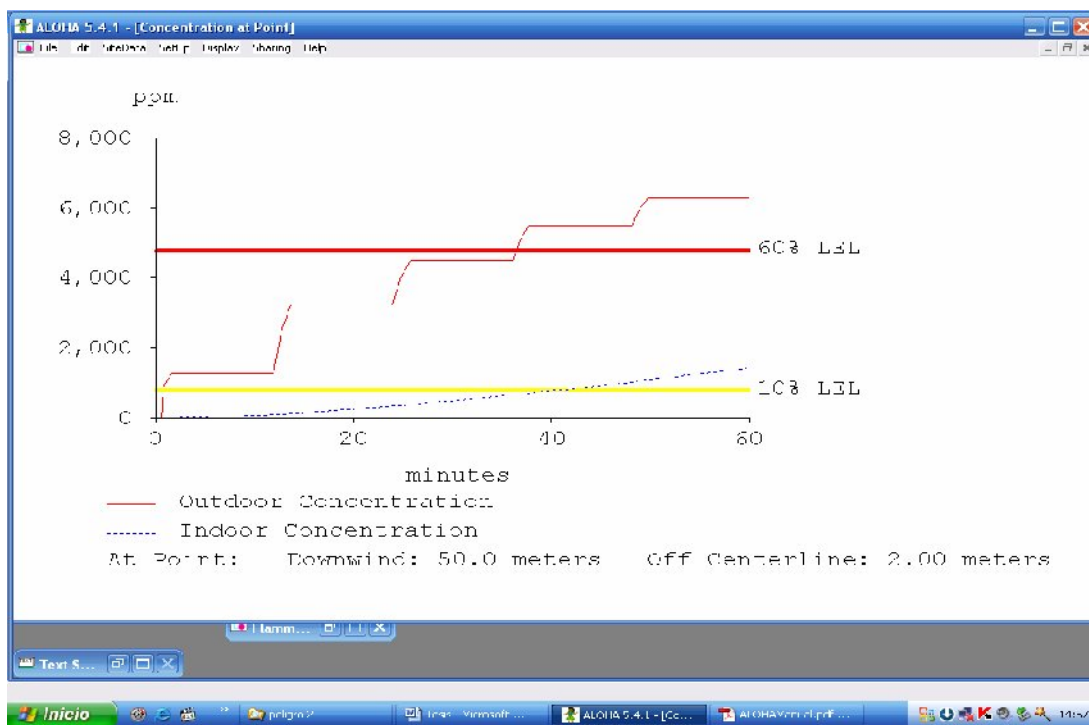
### Anexo 3: Gráfico obtenido a 181m del lugar averiado.



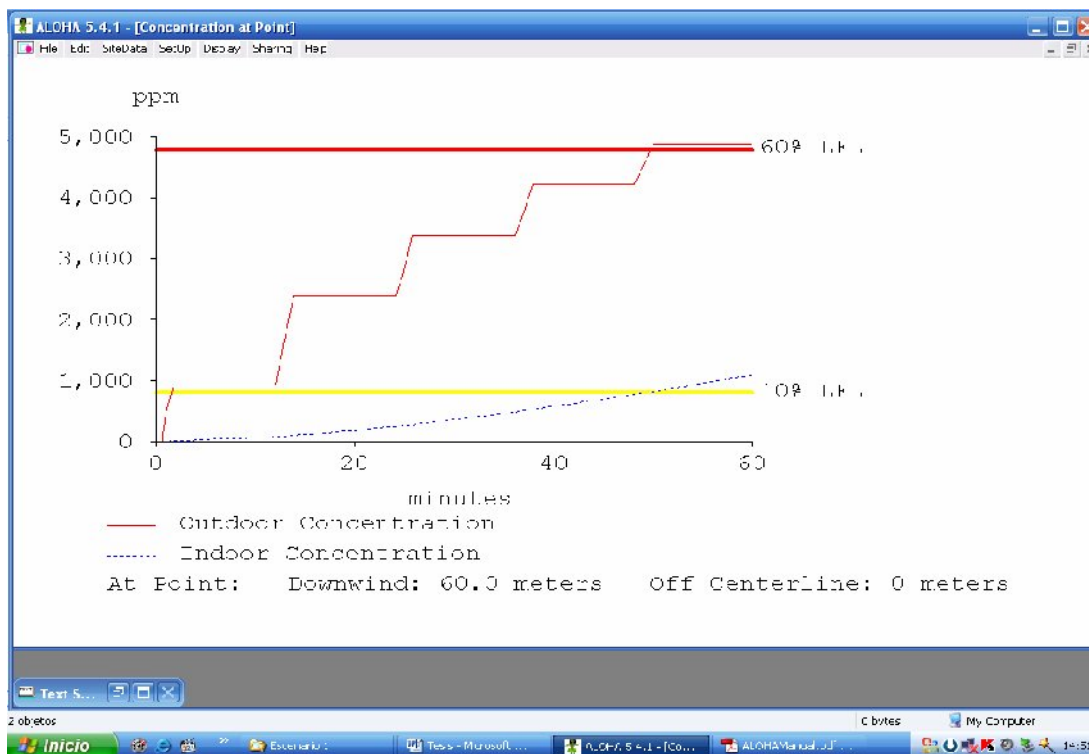
### Anexo 4: Gráfico general. Escenario 1. Peligro 2.



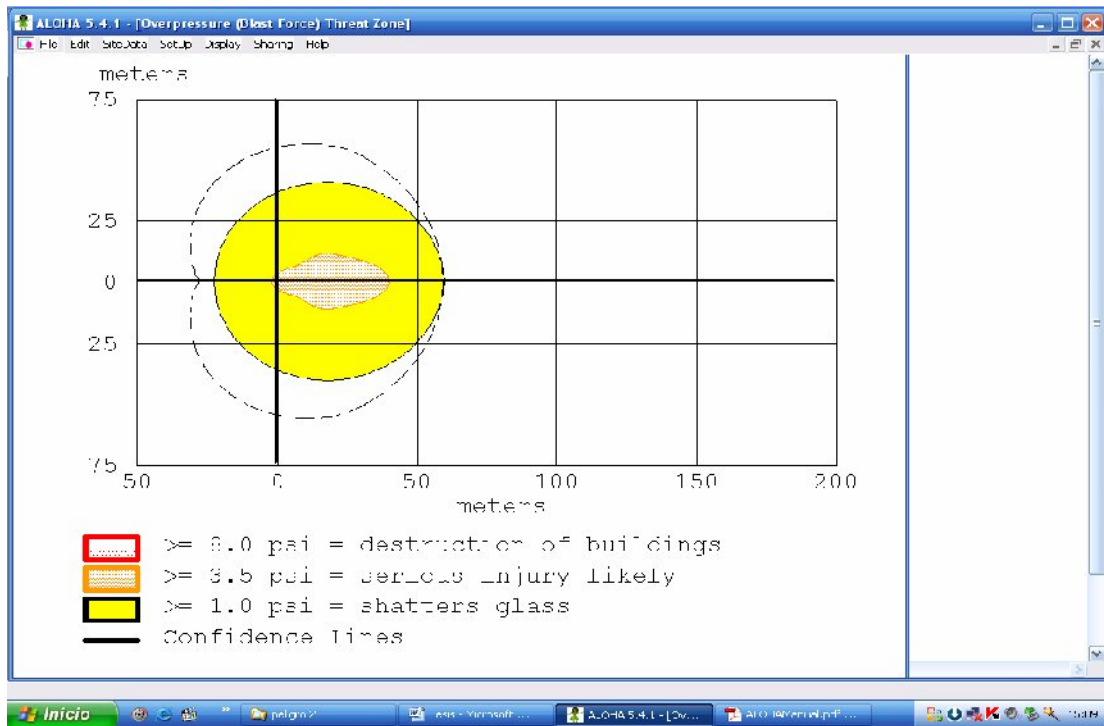
### Anexo 5: Gráfico obtenido a 50m del lugar averiado.



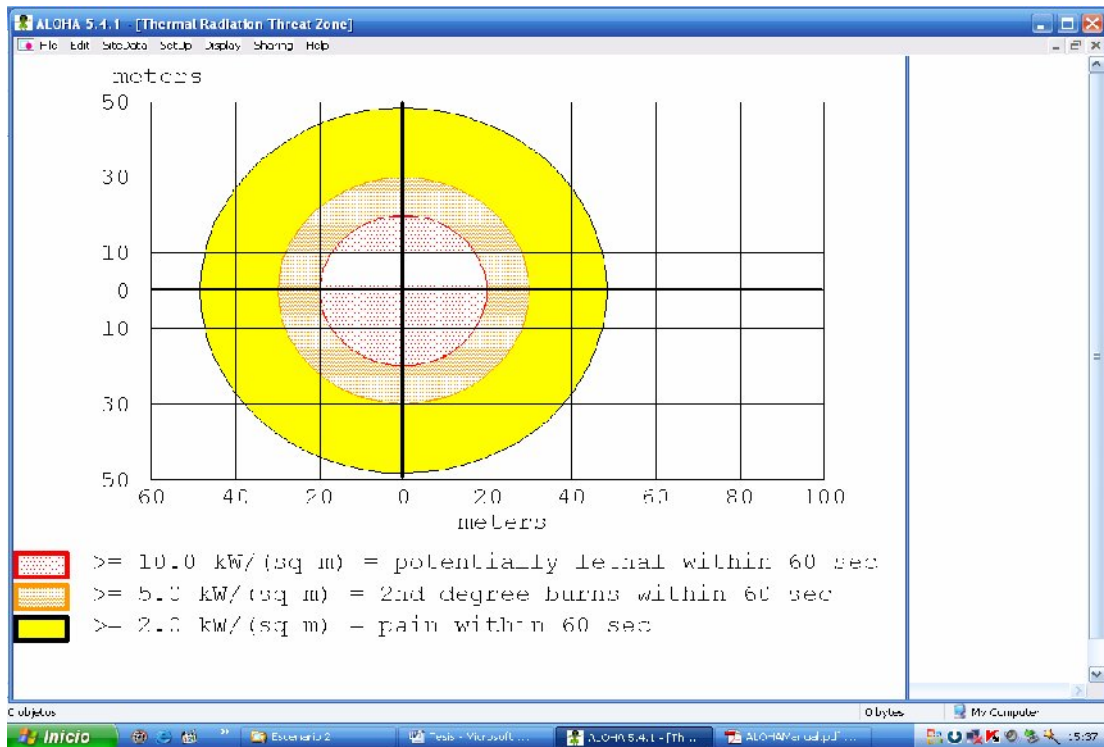
### Anexo 6: Gráfico obtenido a 60m del lugar averiado.



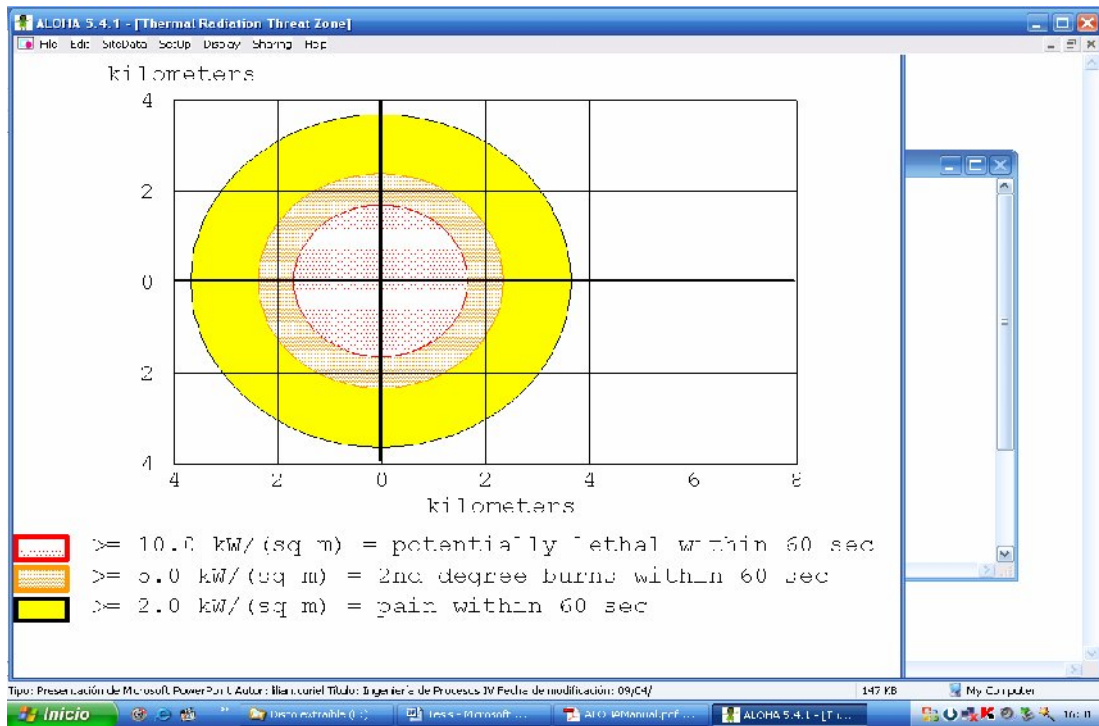
### Anexo 7: Gráfico general. Escenario 1. Peligro 3.



### Anexo 8: Gráfico general. Escenario 2.

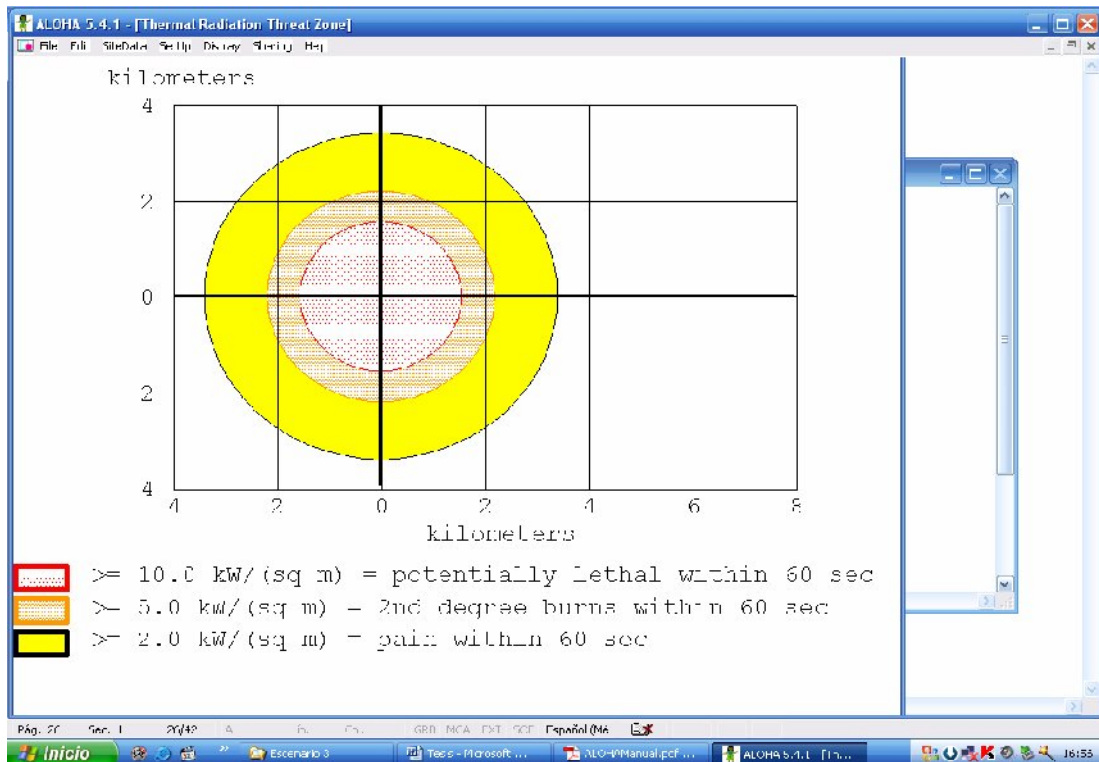


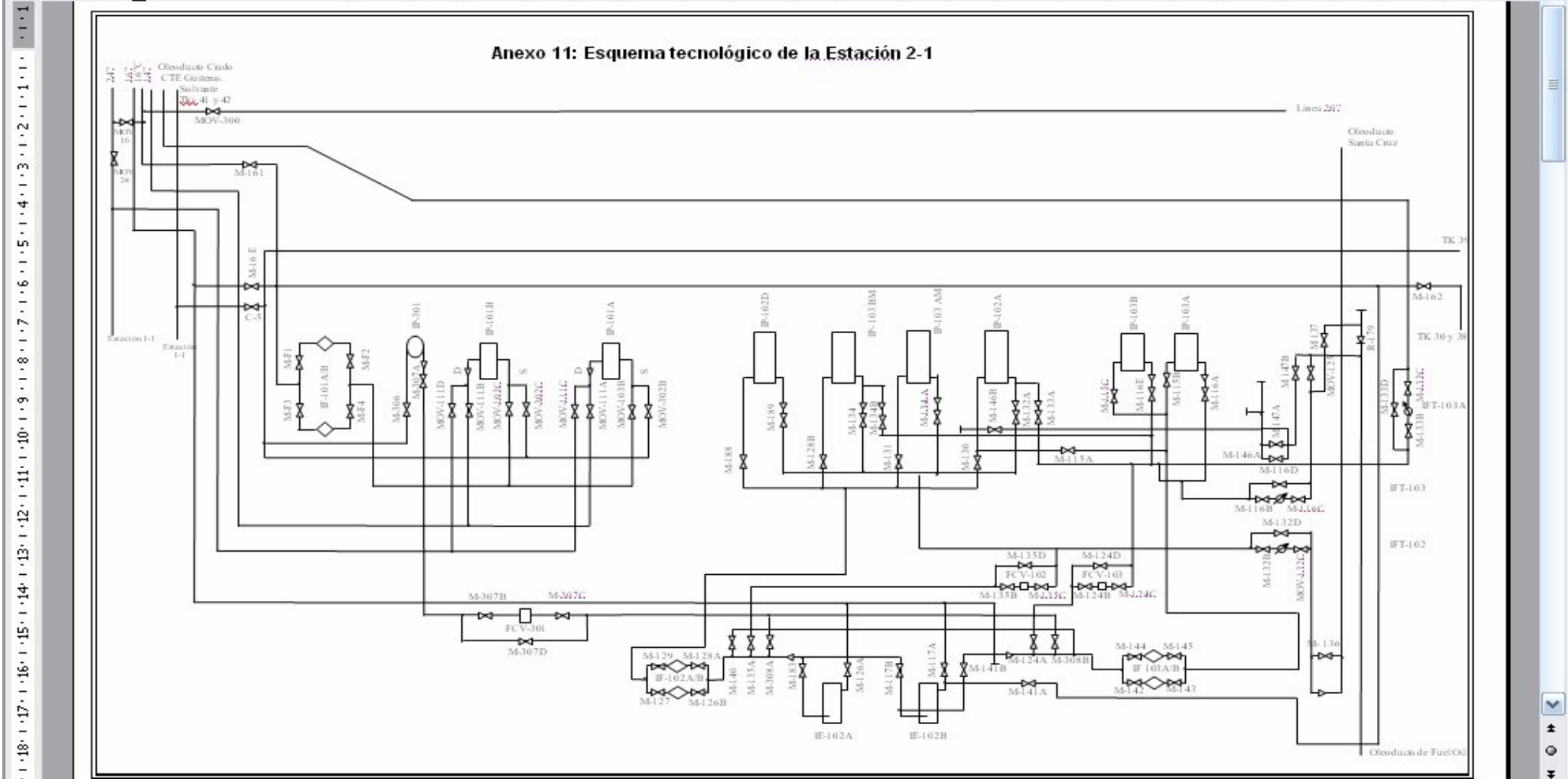
## Anexo 9: Gráfico General. Escenario 3.



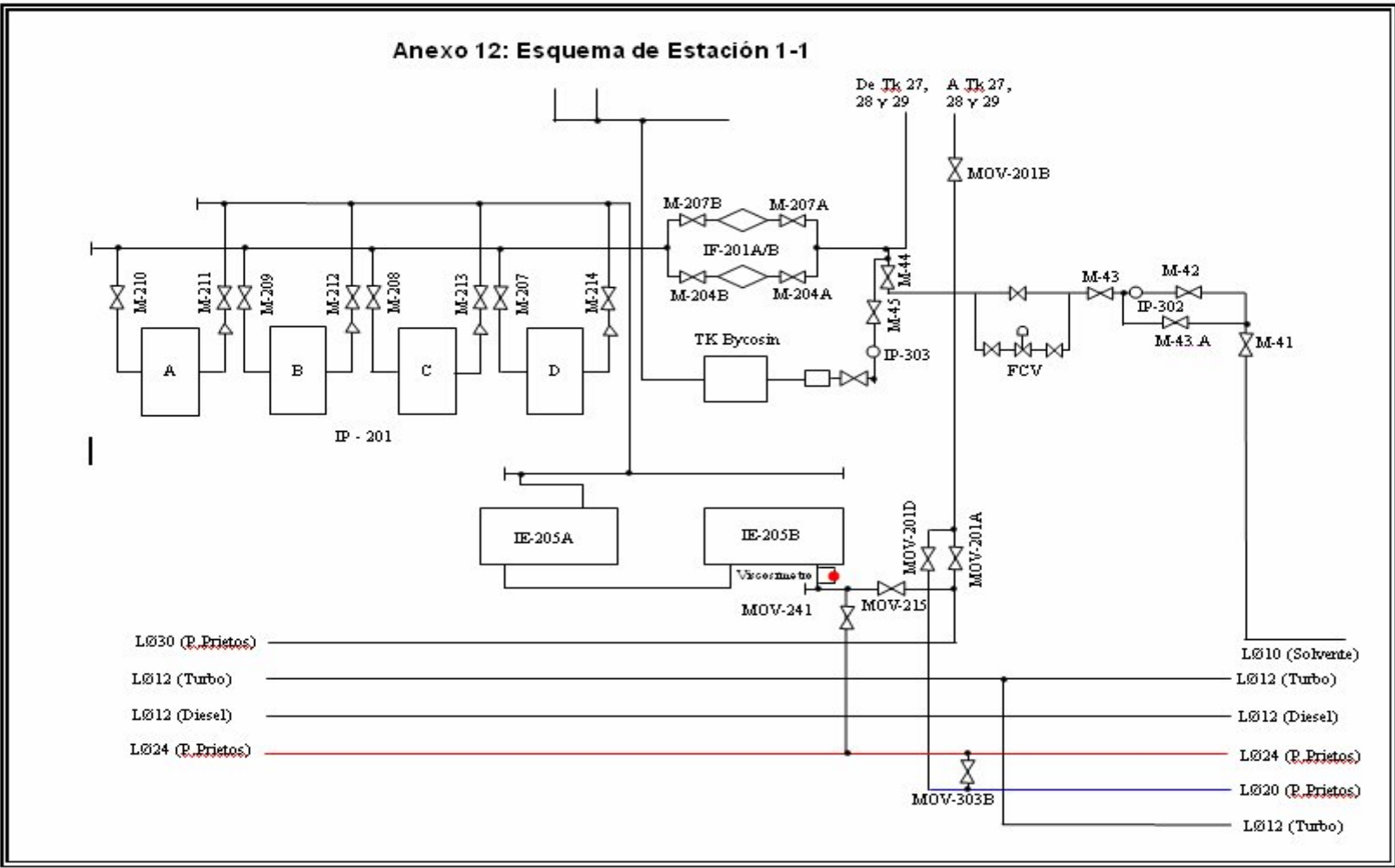
## Gráficos obtenidos mediante el software ALOHA (TK-42).

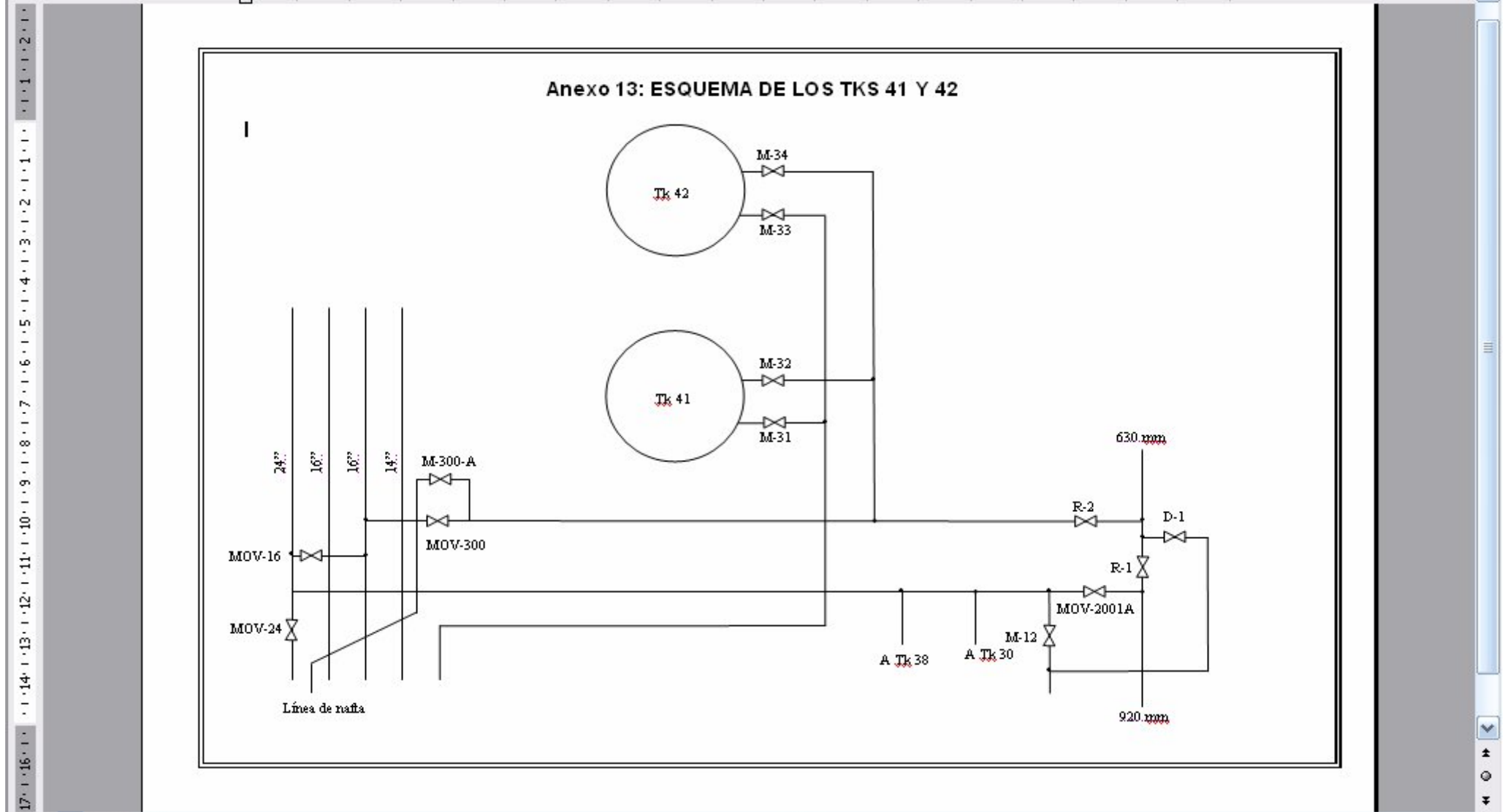
### Anexo 10: Gráfico General. Escenario 3.

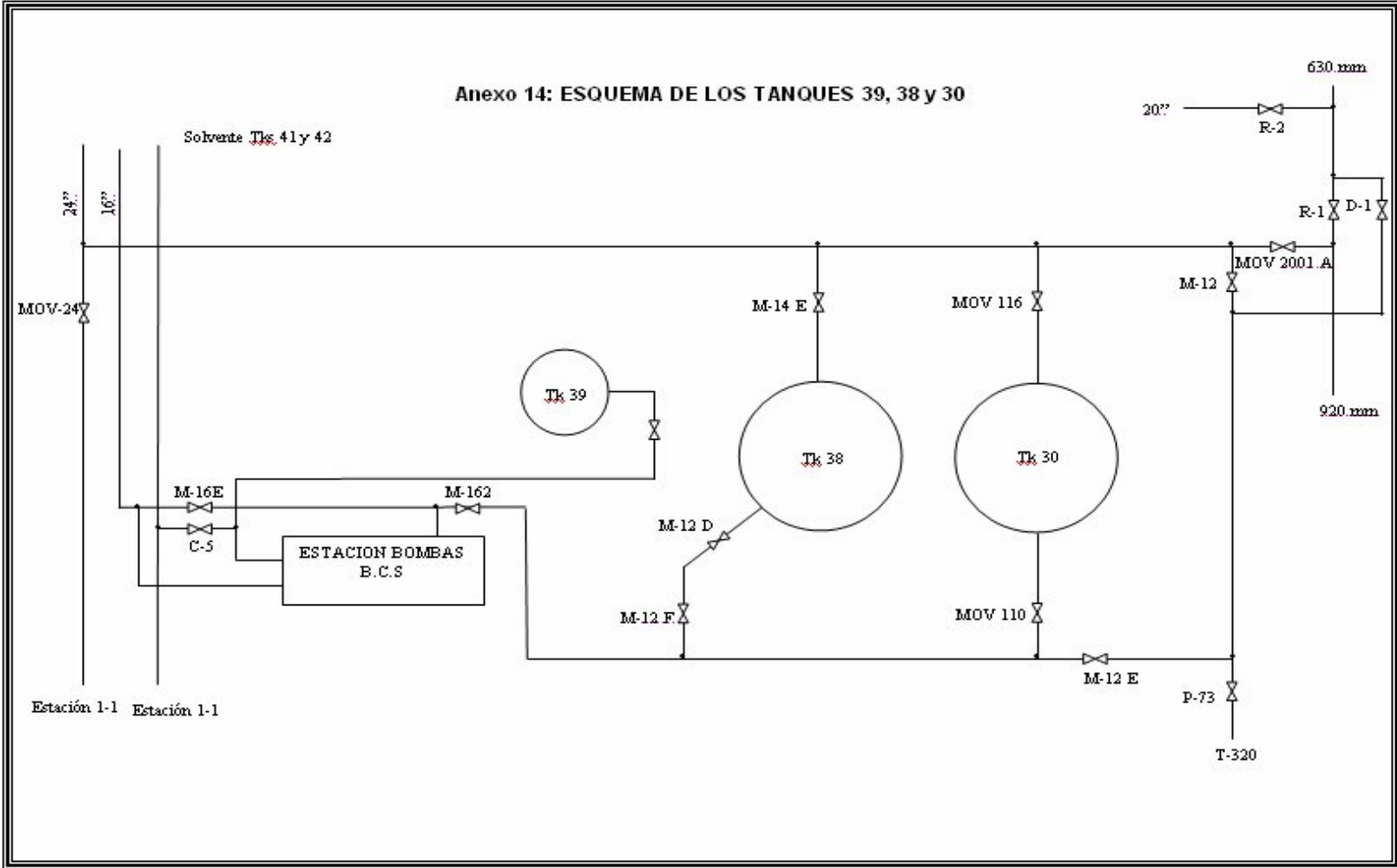




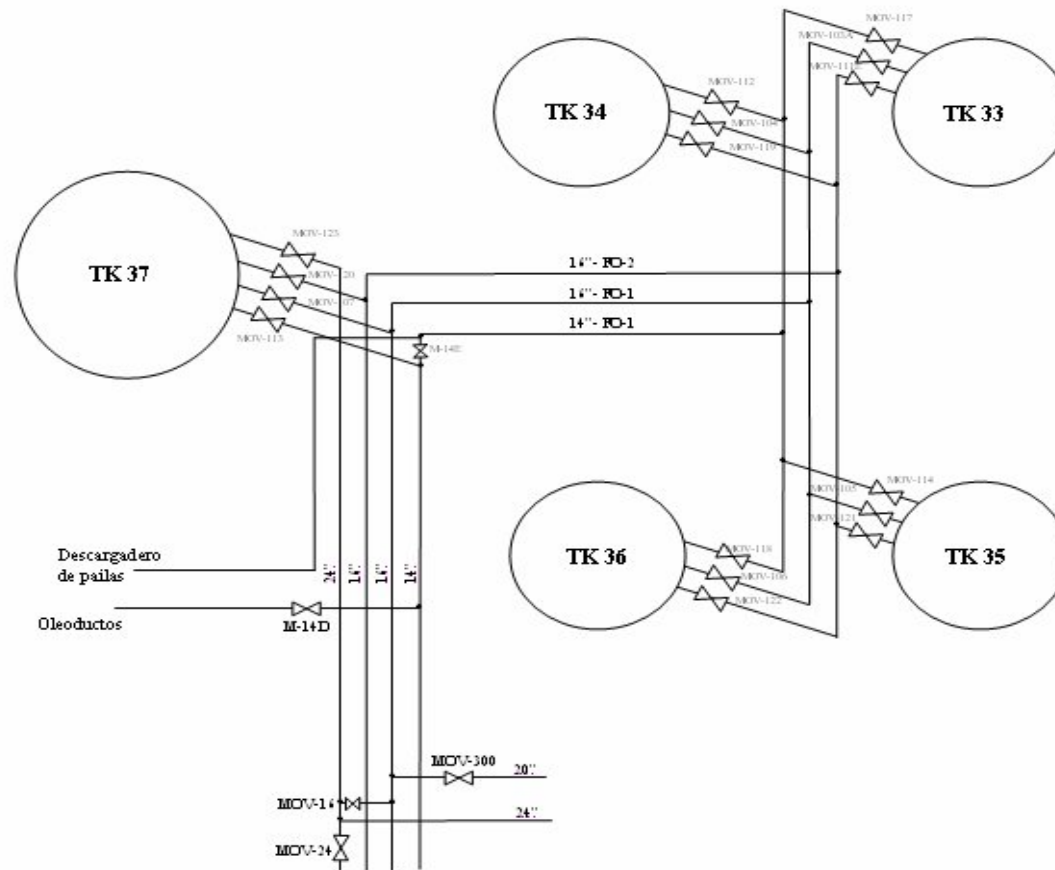








Anexo 15: ESQUEMA DEL AREA 4



## **Anexo 16: Caracterización de las sustancias involucradas en el proceso.**

### Identificación del producto

- Nombre del producto: Petróleo
- Fórmula Química: Es Un producto complejo, formado por varios compuestos. Se componen de hidrocarburos, aunque también suelen contener unos pocos compuestos de azufre y de oxígeno. El crudo presenta en su composición 84 - 87 % de C, 11 - 14 % de H<sub>2</sub>, 7.5 – 8 % de S, 2% de H<sub>2</sub>O, impurezas 1.5% e inertes 1.45 % en masa.
- Etiquetado de peligro (frases R y S) así como las que la identifican por otros efectos:  
R2/R3/R5/R7/R16/R18/R22/R25/R44/R54/R55  
S1/S2/S3/S7/S9/S14/S21/S43/S46/S50

### Datos Físicos

- Apariencia: Algunas variedades son extremadamente viscosas mientras que otras son bastante fluidas, sus colores varían del amarillo parduzco hasta el negro.
- Punto de ebullición: Los hidrocarburos dentro del crudo que tiene de 1 – 4 carbonos tiene un punto de ebullición > 30 °C. Los que tienen de 4 – 12 carbonos tiene su punto de ebullición de 30 - 200 °C, los que tienen de 12 – 15 carbonos tiene su punto de ebullición de 200 – 300 °C y por último los que tienen más de 25 carbonos alcanzan un punto de ebullición > 400 °C.
- Punto de fusión: Se funde entre – 183 a 37 °C, en dependencia de las cantidades de carbonos que presenten.
- Solubilidad: Insoluble
- Densidad: Entre 0.78 a 0.99 g/cm<sup>3</sup>
- Gravedad específica a 15 °C (°API): 10.5 – 15.0
- TLV - Límite superior de inflamabilidad: No se encuentra disponible.
- IPVS. Límite inferior de explosividad: No se encuentra disponible.
- Punto de congelación: No se encuentra disponible.
- Temperatura de autoignición: No se encuentra disponible.
- Coeficiente de expansión: No se encuentra disponible.

- Temperatura de inflamación: Ambiente.
- Biodegradabilidad: La biodegradación del petróleo está en función de las características y peso molecular de sus componentes, por lo cual la tasa de degradación debe estudiarse y referirse al tipo de petróleo producido.
- Corrosión: Si
- Capacidad calorífica: Esta en dependencia del porcentaje de de azufre.

*Formas de control y mitigación en casos de desastres:*

- Mantener de alta los sistemas de incendio de agua y espuma (motobombas, hidrantes, mangueras, boquillas, cajas formadoras de espuma, etc.)
- Mantener de alta y en los lugares necesarios los medios contra incendio portátiles (extintores, mangueras de agua a presión, etc.) y herramientas normadas.
- Mantener organizadas las Brigadas Contra Incendio (BCI) de cada área.
- Mantener preparados y entrenados a los miembros de BCI.
- Cumplir con las normas operacionales establecidas para el almacenamiento y movimiento de combustibles.
- Mantener de alta los sistemas de protección contra descargas eléctricas.
- Cumplir con los requisitos establecidos para la realización de trabajos peligrosos.
- No permitir la realización de trabajos peligrosos de mantenimientos en Buque tanques (B/T).
- No permitir en la reparación y mantenimiento el empleo de herramientas no adecuadas.
- Mantener libre de hierbas las áreas de los tanques, sistemas de tuberías, etc.
- Mantener de alta los sistemas técnicos de detección de incendio.
- Parquear la pipa de agua cargada y serviciada.
- No realizar trabajos con altas temperaturas en carros cisternas si no están desgasificados.

- Mantener en buen estado los anclajes a tierra de tanques, sistemas de tuberías y cargaderos.
- No permitir la entrada de vehículos automotores a los muelles.

En caso de buque tanques las medidas para prevenir incendios son:

- Mantener en buen estado el sistema contra incendio de diluvio, cañones de agua y espuma.
- Tener organizada la parada de emergencia.
- Capacitar, preparar y entrenar al personal para actuar en esta situación.

Medidas en caso de incendio en buque tanques:

Derrame en tierra:

- Activar los sistemas contra incendio de agua y espuma.
- Avisar al Despacho Central.
- Realizar parada de emergencia
- Retirar los cabos del buque.
- Sacar al buque tanque del muelle
- Prestar primeros auxilios a posibles afectados.
- Mantener de alta los medios de lucha contra derrames.
- Mantener en existencia platillos ciegos, zunchos, prenses, etc. Para acometer reparaciones en posibles tuberías fracturadas.
- Mantener actualizada la cooperación con los organismos que apoyan y participan en la lucha contra derrames en el mar.
- Construir canales para conducir derrames hacia lugares menos peligrosos.

Derrame en mar:

- Avisar al jefe de brigada y coordinar la detención del bombeo.
- Avisar al Despacho para activar el plan de aviso.
- Cerrar antes y después del lugar de derrame, situar spich de madera y/o zuncho o presilla con junta de goma, evacuar el tramo de ser posible.
- Incombustilizar el área afectada.

- Situar medios de extinción necesarios.
- Dar solución definitiva a la situación.
- Revisar el trabajo y determinar si continúa el bombeo.

### Peligros para la salud

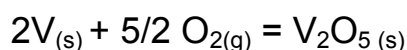
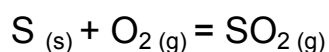
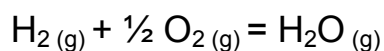
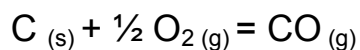
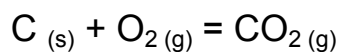
- Concentración permisible: No se encuentra disponible.
- Exposición permisible: No se encuentra disponible.
- Emergencias: Primeros auxilios en el lugar, traslado al hospital más cercano para recibir atención médica.
- Partes del cuerpo que afecta: Sistema respiratorio, ojos, piel.
- Forma de entrada al organismo: Vías respiratorias, por contacto.
- Toxicidad:

Sustancia	Toxicidad							
	Tox. aguda	Irritación	Sensibilización	T. por dosis repetida	Mutagenicidad	Carcinogenicidad	Corrosión	T. para la reproducción
Petróleo	x	R, O, P	x				x	

**Nota:** En el caso de la irritación debe aclararse si es a los ojos (O), piel (P), o respiratoria (R).

### Datos de reactividad

- Reacción principal y reacciones secundarias: Las reacciones principales y secundarias son las siguientes reacciones de combustión:



- Cinética de reacción: Son reacciones exotérmicas y de combustión incompleta.



- Contaminantes producidos: Los productos de las reacciones  $\text{SO}_2$  y  $\text{CO}$  son contaminantes los cuales tienen como concentración máxima permisible de la atmósfera 10 ppm y 100 ppm respectivamente.
- Reacciones de descomposición: No se encuentra disponible.

#### Condiciones de almacenamiento y manipulación

- Forma del recipiente: Son cilíndricos y están ubicados en posición vertical.
- Dimensiones del recipiente: Los tanques 27, 28, 29 y 37 tienen un diámetro de 60.7m, 45.6, 74m, 60.7m respectivamente, mientras que los demás tienen un diámetro de 34.2m. La altura de cada tanque es de 11.9m
- Material de construcción: Los tanques son de acero al carbono con un rango de espesor de 11 – 17 mm.
- Protección del recipiente (interior o exterior): la protección de ellos está basada por las normas ISO 12944-1, ISO 12944-3, ISO 12944-5 y la ISO 12944-8 de la cual se aplica un sistema de pintura para la protección del mismo.
- Existencia de accesorios en el recipiente y su localización: Las tuberías principalmente son de diámetro 24, 30, y 36 pulgadas y las conexiones entre bombas de 20, 16, y 12 pulgadas. Las válvulas son de cuñas, globo y cheque.
- Fecha de fabricación del recipiente: Desde el año 1986 hasta 1987.
- Condiciones de almacenamiento de la sustancia: Se almacena a presión atmosférica y a la temperatura que viene.
- Cantidad de sustancia almacenada: La cantidad de producto almacenado es igual a la capacidad de los tanques.
- Registro histórico de averías producidas en el recipiente. Tipo de averías producidas: Derrame producido el 14 de mayo del 2007, salideros ocurridos en años pasados.
- Características de los alrededores del recipiente: Libre de hierba, de materia inflamable, rodeado por cubetos, los cuales deben tener buen drenaje.

### Condiciones para su uso en el proceso

- Uso en el proceso: Para almacenar las mezclas y los productos provenientes de los oleoductos o carros cisternas, con el fin de abastecer las centrales termoeléctricas Santa Cruz y Antonio Guiteras y para comercialización por vía marítima.
- Condiciones en las que se usa la sustancia (presión, temperatura): Para buques debe tener una temperatura el producto de 58 °C y 10000 kPa de presión, mientras que para el oleoducto Santa Cruz debe tener 80 °C de temperatura y 20000 kPa de presión.
- Fallos ocurridos en estos equipos al operar con estas sustancias: Formación de floculaciones de asfaltenos en las zonas bajas de los tanques fundamentalmente.
- Material de construcción de los equipos donde es usada: Acero al carbono.
- Longitud de tubería que conduce la sustancia desde el punto de almacenamiento hasta el equipo donde es usada:
- 

Línea	Diámetro	Desde	Hasta	Longitud (m)
2	1220	Salida manifold tk-49	Entrada manifold tk-52	506.632
3	1220	Mov - 1	Tk-49 (incluyendo mov 196)	2027.781
5	920	Mov - 3	Mov - 2001 A (española)	1008.03
6	820	Salida manifold tk-49	Entrada manifold Tk-52	506.632
8	820	Mov - 2	Tk-49 (incluyendo mov 196)	2441.5
9	630	R - 3	Final BST	506.632
10	630	R - 1 (Rusa)	R - 3	348.891
11	30	Estación 1-1	Muelle Bayona	1490
12	24	Tk-37	+	508.67
13	24	R - 1	M - 24	323
14	24	Mov - 2001 A	M - 24	283
15	24	R - 1	Mov - 2001 A	40
16	24	Mov - 303 B	M - 24	594.423
17	24	Estación 1-1	Muelle Bayona	1490

18	20	Estación 1-1	Muelle PC-3	1481
21	20	Mov - 300	R - 2	283
22	16	Área 4	M - 16	579.7
23	16	Área 4 (16 ESQ)	Succión bomba Sta. Cruz	767.2
24	16	M - 16	M - 161	67.5
25	16	M-161, M-162, M-16E	Descarga bomba trasvase	95.0
26	16	M - 162	Succión bomba Guiteras	135.0
26	16	M - 162	M - 12 E	154.0
27	12	Línea 24	Descarga bomba trasvase	75.0
28	14	Área 4	Descarga bomba trasvase	853.5
29	12	M - 12 E	D2	135.0
32	10	Tk-42	Estación 1-1	786.376

- Protección del sistema de tuberías: Pintura según las normas y protección catódica.

### Identificación del producto

- Nombre del producto: Nafta.
- Fórmula Química:  $C_6H_{14}$ ,  $C_7H_{16}$ ,  $C_8H_{16}$  Esta formado por hidrocarburos, nafténicos y aromáticos, el cual se obtiene de la destilación primaria del producto.
- Etiquetado de peligro (frases R y S) así como las que la identifican por otros efectos:  
R2/R3/R5/R7/R10/R11/R18/R22/R25/R30/R44/R54/R55  
S1/S2/S3/S7/S9/S14/S21/S24/S25/S29/S43/S46/S50/S56

### Datos Físicos

- Apariencia: Líquido incoloro a ligeramente amarillo con olor a gasolina y queroseno.
- Punto de ebullición: 40 – 135 °C.
- Punto de fusión: 10 – 57 °C.
- Solubilidad: Insoluble.
- Densidad: 0.703 – 0.892 g/cm<sup>3</sup>.
- TLV - Límite superior de inflamabilidad: No se encuentra disponible.
- IPVS. Límite inferior de explosividad: No se encuentra disponible.
- Punto de congelación: No se encuentra disponible.
- Temperatura de autoignición: Alrededor de 450 °C.
- Coeficiente de expansión: No se encuentra disponible.
- Temperatura de inflamación: Ambiente
- Biodegradabilidad: No se encuentra disponible
- Corrosión: Con respecto a los derivados del petróleo, la acción corrosiva es ejercida, tanto por la humedad como por cualquier otro agente (impurezas) presente en el producto, capaces de reaccionar químicamente con los metales en contacto.
- Capacidad calorífica: Los gases de nafta catalítica que tiene un 9% de hidrocarburos tiene un valor calórico de 4250 – 4300 kcal/m<sup>3</sup>.

### Formas de control y mitigación en casos de desastres

- Mantener de alta los sistemas de incendio de agua y espuma (motobombas, hidrantes, mangueras, boquillas, cajas formadoras de espuma, etc.)
- Mantener de alta y en los lugares necesarios los medios contra incendio portátiles (extintores, mangueras de agua a presión, etc.) y herramientas normadas.
- Mantener organizadas las Brigadas Contra Incendio (BCI) de cada área.
- Mantener preparados y entrenados a los miembros de BCI.
- Cumplir con las normas operacionales establecidas para el almacenamiento y movimiento de combustibles.
- Mantener de alta los sistemas de protección contra descargas eléctricas.
- Cumplir con los requisitos establecidos para la realización de trabajos peligrosos.
- No permitir la realización de trabajos peligrosos de mantenimientos en Buque tanques (B/T).
- No permitir en la reparación y mantenimiento el empleo de herramientas no adecuadas.
- Mantener libre de hierbas las áreas de los tanques, sistemas de tuberías, etc.
- Mantener de alta los sistemas técnicos de detección de incendio.
- Parquear la pipa de agua cargada y serviciada.
- No realizar trabajos con altas temperaturas en carros cisternas si no están desgasificados.
- Mantener en buen estado los anclajes a tierra de tanques, sistemas de tuberías y cargaderos.
- No permitir la entrada de vehículos automotores a los muelles.

En caso de buque tanques las medidas para prevenir incendios son:

- Mantener en buen estado el sistema contra incendio de diluvio, cañones de agua y espuma.
- Tener organizada la parada de emergencia.

- Capacitar, preparar y entrenar al personal para actuar en esta situación.

Medidas en caso de incendio en buque tanques:

Derrame en tierra:

- Activar los sistemas contra incendio de agua y espuma.
- Avisar al Despacho Central.
- Realizar parada de emergencia
- Retirar los cabos del buque.
- Sacar al buque tanque del muelle
- Prestar primeros auxilios a posibles afectados.
- Mantener de alta los medios de lucha contra derrames.
- Mantener en existencia platillos ciegos, zunchos, prenses, etc. Para acometer reparaciones en posibles tuberías fracturadas.
- Mantener actualizada la cooperación con los organismos que apoyan y participan en la lucha contra derrames en el mar.
- Construir canales para conducir derrames hacia lugares menos peligrosos.

Derrame en mar:

- Avisar al jefe de brigada y coordinar la detención del bombeo.
- Avisar al Despacho para activar el plan de aviso.
- Cerrar antes y después del lugar de derrame, situar spich de madera y/o zuncho o presilla con junta de goma, evacuar el tramo de ser posible.
- Incombustilizar el área afectada.
- Situar medios de extinción necesarios.
- Dar solución definitiva a la situación.
- Revisar el trabajo y determinar si continúa el bombeo.

### Peligros para la salud

- Concentración permisible: 2000 mg/m<sup>3</sup>.
- Exposición permisible: 500 ppm.
- Emergencias: Primeros auxilios en el lugar, traslado al hospital más cercano para recibir atención médica.

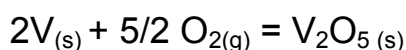
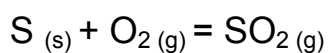
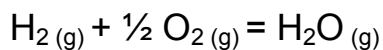
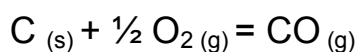
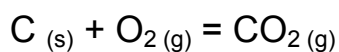
- Partes del cuerpo que afecta: Sistema respiratorio, ojos, piel y sistema nervioso central.
- Forma de entrada al organismo: Vías respiratorias, por contacto e ingestión.
- Toxicidad

Sustancia	Toxicidad							
	Tox. aguda	Irritación	Sensibilización	T. por dosis repetida	Mutagenicidad	Carcinogenicidad	Corrosión	T. para la reproducción
Nafta	x	R, O, P	x				x	

**Nota:** En el caso de la irritación debe aclararse si es a los ojos (O), piel (P), o respiratoria (R).

#### Datos de reactividad

- Reacción principal y reacciones secundarias: Las reacciones principales y secundarias son las siguientes reacciones de combustión:



- Cinética de reacción: Son reacciones exotérmicas y de combustión incompleta.
- Contaminantes producidos: Los productos de las reacciones  $SO_2$  y  $CO$  son contaminantes los cuales tienen como concentración máxima permisible de la atmósfera 10 ppm y 100 ppm respectivamente.
- Reacciones de descomposición: No se encuentra disponible.

#### Condiciones de almacenamiento y manipulación

- Forma del recipiente: Son cilíndricos y están ubicados en posición vertical.
- Dimensiones del recipiente: Los tanques 3, 16, 17, 41 y 42 son de diámetro de 0.59 m, 39.2 m. La altura de cada tanque es de 11.4 m.

- Material de construcción: Los tanques son de acero al carbono con un rango de espesor de 11 – 17 mm.
- Protección del recipiente (interior o exterior): la protección de ellos está basada por las normas ISO 12944-1, ISO 12944-3, ISO 12944-5 y la ISO 12944-8 de la cual se aplica un sistema de pintura para la protección del mismo.
- Existencia de accesorios en el recipiente y su localización: Las tuberías principalmente son de diámetro 24, 30, y 36 pulgadas y las conexiones entre bombas de 20, 16, y 12 pulgadas. Las válvulas son de cuñas, globo y cheque.
- Fecha de fabricación del recipiente: Desde el año 1986 hasta 1987.
- Condiciones de almacenamiento de la sustancia: Se almacena a presión atmosférica y a la temperatura que viene.
- Cantidad de sustancia almacenada: La cantidad de producto almacenado es igual a la capacidad de los tanques.
- Registro histórico de averías producidas en el recipiente. Tipo de averías producidas: Salideros ocurridos en años pasados.
- Características de los alrededores del recipiente: Libre de hierba, de materia inflamable, rodeado por cubetos, los cuales deben tener buen drenaje.

#### Condiciones para su uso en el proceso

- Uso en el proceso: Se utiliza como solvente para elaborar las mezclas de combustibles, específicamente para lograr una disminución de la viscosidad en dependencia de lo especificado por el cliente y para uso de limpieza en el laboratorio de ensayos físico – químico y mecánico de la empresa.
- Condiciones en las que se usa la sustancia: Ambiente
- Fallos ocurridos en estos equipos al operar con estas sustancias: Salideros por juntas
- Material de construcción de los equipos donde es usada: Acero al carbono.
- Longitud de tubería que conduce la sustancia desde el punto de almacenamiento hasta el equipo donde es usada: ver tabla anteriormente expuesta.



- Protección del sistema de tuberías: Pintura según las normas y protección catódica.
- Especificaciones de calidad:
  - Destilación: Temperatura inicial 40 – 94 °C y temperatura final 135 °C.
  - Presión de Vapor a 37.8 °C: 88.3 kPa (máx.).
  - Azufre total: 300 ppm (máx.).
  - Plomo: 0.02 (máx.).
  - Vanadio: 0.05 (máx.).
  - Sodio: 2.0 (máx.).

### Identificación del producto

- Nombre del producto: Sulfuro de Hidrógeno.
- Fórmula Química: H<sub>2</sub>S.
- Etiquetado de peligro (frases R y S)  
R20/R23/R24/R26/R33/R37/R39/R45/R54/R55  
S24/S25/S34/S38/S45

### Datos Físicos

- Apariencia: gas incoloro, de olor irritante y desagradable.
- Punto de ebullición: - 60.4 °C
- Punto de fusión: - 85.5 °C
- Solubilidad: 437(en agua 0 °C) (solubilidad en 100 partes)
- Densidad: 1.539 g/l
- TLV - Límite superior de inflamabilidad: 45.5 %
- IPVS. Límite inferior de explosividad: 4.3 %
- Punto de congelación: No se encuentra disponible.
- Temperatura de autoignición: 260 °C.
- Coeficiente de expansión: No se encuentra disponible.
- Temperatura de inflamación: No se encuentra disponible.
- Presión de vapor: 20 atm a 25.5 °C.
- Biodegradabilidad: No
- Corrosión: Si.

### Formas de control y mitigación en casos de desastres

Deben emplearse los medios de protección establecidos como máscaras con filtros y máscara con oxígeno, tener veletas para medir la dirección del viento.

### Peligros para la salud

- Concentración permisible: 100 ppm.
- Exposición permisible: 20 – 100 ppm
- Emergencias: Provoca la muerte con concentraciones máximas de 100 ppm por un tiempo de exposición de 30 minutos
- Partes del cuerpo que afecta: Ojos, piel, sistema respiratorio y sistema respiratorio cantral.

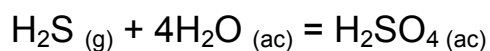
- Forma de entrada al organismo: Contacto con piel, ojos y por inhalación

Sustancia	Toxicidad							
	Tox. aguda	Irritación	Sensibilización	T. por dosis repetida	Mutagenicidad	Carcinogenicidad	Corrosión	T. para la reproducción
H <sub>2</sub> S	x	R, O, P	x	x		x	x	

**Nota:** En el caso de la irritación debe aclararse si es a los ojos (O), piel (P), o respiratoria (R).

#### Datos de reactividad

- Reacción principal y reacciones secundarias:



- Cinética de reacción: No se encuentra disponible.
- Contaminantes producidos: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Reacciones de descomposición: No se encuentra disponible.

#### Condiciones de almacenamiento y manipulación

No se almacena en este proceso, pero forma parte en la composición del combustible y por su punto de ebullición tan bajo aparece como nube de vapor.

Efectos del H<sub>2</sub>S por concentraciones:

1ppm	Se puede oler.
10 ppm	Limite máximo tolerable durante 8 horas continuas de trabajo o punto en el cual hay que colocarse la mascara de oxígeno.
20 ppm	Limite de exposición cero.
100 ppm	Se deja de oler de 2-15 minutos (puede arder la garganta, causar dolor de cabeza y nauseas).
200 ppm	Se deja de oler rápidamente (arde la garganta y los ojos).
500 ppm	Se pierde el razonamiento, equilibrio y coordinación. En 2-15 minutos aparecen problemas respiratorios y se necesita resucitación inmediata.
700 ppm	Inmediata pérdida del conocimiento, convulsiones, pérdida de control de esfínteres y vientre.
1000 ppm	Se interrumpe la respiración y se alcanza la muerte a menos que se practique resucitación inmediata.
+1000 ppm	Inmediata pérdida del conocimiento. Provoca la muerte o daño cerebral permanentemente a menos que se rescate inmediatamente.

Fuente: Obtenida a partir de la caracterización ofrecida por **Irving, N. S (2003)**

### Identificación del producto

- Nombre del producto: Aditivo Bicosyn DP-99001.
- Fórmula Química: Mezcla de productos orgánicos que tiene un % elevado de contenido de hierro.
- Etiquetado de peligro (frases R y S)  
R2/R3/R5/R7/R16/R18/R21/R22/R25/R44/R54/R55  
S26/S28/S37/S39

### Datos Físicos

- Apariencia: Líquido oleoso de color pardo oscuro – rojizo, de olor característico por su composición química.
- Punto de ebullición: >200 °C.
- Punto de fusión: No se encuentra disponible
- Solubilidad: Insoluble
- Densidad:
- TLV - Límite superior de inflamabilidad: No se encuentra disponible.
- IPVS. Límite inferior de explosividad: No se encuentra disponible.
- Punto de congelación: No se encuentra disponible.
- Temperatura de autoignición: >250 °C.
- Coeficiente de expansión: No se encuentra disponible.
- Temperatura de inflamación: >61 °C.
- Biodegradabilidad: No se encuentra disponible.
- Corrosión: Si.

### Formas de control y mitigación en casos de desastres

Consultar lo anteriormente expuesto.

### Peligros para la salud

- Concentración permisible: No se encuentra disponible.
- Exposición permisible: No se encuentra disponible
- Emergencias: Primeros auxilios en el lugar, traslado al hospital más cercano para recibir atención médica.
- Partes del cuerpo que afecta: Partes del cuerpo que afecta: Sistema respiratorio, ojos, piel.

- Forma de entrada al organismo: Vías respiratorias, por contacto.
- Toxicidad:

Sustancia	Toxicidad							
	Tox. aguda	Irritación	Sensibilización	T. por dosis repetida	Mutagenicidad	Carcinogenicidad	Corrosión	T. para la reproducción
DP-99001	x	R, O, P	x				x	

**Nota:** En el caso de la irritación debe aclararse si es a los ojos (O), piel (P), o respiratoria (R).

#### Datos de reactividad

- Reacción principal y reacciones secundarias: No se encuentra disponible
- Cinética de reacción: No se encuentra disponible.
- Contaminantes producidos: No se encuentra disponible.
- Reacciones de descomposición: No se encuentra disponible.

#### Condiciones de almacenamiento y manipulación

- Forma del recipiente: Cilíndrico.
- Dimensiones del recipiente: 200 L de capacidad.
- Material de construcción: Plástico
- Protección del recipiente: No tiene.
- Existencia de accesorios en el recipiente y su localización: No tiene.
- Fecha de fabricación del recipiente. 27 de abril de 1999.
- Condiciones de almacenamiento de la sustancia: Condiciones ambientales, local cerrado.
- Cantidad de sustancia almacenada: <200 L
- Registro histórico de averías producidas en el recipiente. Casos de derrames, salideros, etc.: No tiene.
- Tipo de averías producidas: No tiene
- Condiciones de almacenamiento: Almacenarse en lugar fresco, libre de fuentes de calentamiento.

- Características de los alrededores del recipiente: Local cerrado sin obstáculos para su manipulación, con puertas y ventanas para facilitar su ventilación en caso de posible derrame del producto.

#### Condiciones para su uso en el proceso















- Uso en el proceso: Para mejorar la estabilidad del crudo en cuanto su contenido de vanadio fundamentalmente y asfaltenos, logrando así un mejor almacenamiento y combustión en calderas.
- Condiciones en las que se usa la sustancia: Para buques debe tener una temperatura el producto de 58 °C y 10000 kPa de presión, mientras que para el oleoducto Santa Cruz debe tener 80 °C de temperatura y 20000 kPa de presión.
- Fallos ocurridos en estos equipos al operar con estas sustancias: No tiene
- Material de construcción de los equipos donde es usada: Acero al carbono.
- Longitud de tubería que conduce la sustancia desde el punto de almacenamiento hasta el equipo donde es usada: ver tabla anteriormente expuesta.
- Protección del sistema de tuberías: Pintura según las normas y protección catódica.

**Identificación de productos riesgosos que se forman producto de una combustión**

Dióxido de azufre	<p>Anhídrido sulfuroso. Gas incoloro, irritante para los ojos, las mucosas y las vías respiratorias. Es una sustancia con aplicaciones en la industria química, pero además es un contaminante que se produce en procesos industriales de combustión. En la atmósfera es capaz de oxidarse a SO<sub>3</sub> (tríóxido de azufre o anhídrido sulfúrico) que a su vez puede reaccionar con el agua para dar ácido sulfúrico (H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>), uno de los componentes de la lluvia ácida (Precipitaciones en las que el agua contiene ácidos disueltos, esta causa daños ambientales importantes en los bosques y en el suelo) Fórmula SO<sub>2</sub>. Proviene de la quema de combustibles que contienen azufre, principalmente combustóleo y en menor medida diesel. Es un irritante respiratorio muy soluble, que en altas concentraciones puede resultar perjudicial para los pulmones. Su factor de tolerancia, medido en microgramos por metro cúbico en 24 horas, es 340.</p>
Monóxido de carbono	<p>Gas incoloro, inodoro e insípido, producido en combustiones de sustancias orgánicas. Es una sustancia tóxica por su capacidad para unirse a la hemoglobina, el pigmento respiratorio de la sangre, impidiendo que capte y transporte el oxígeno. Fórmula CO. Es el compuesto de menor toxicidad por kilogramo. Factor de tolerancia: 11 300.</p>
Sulfuro de hidrógeno	<p>En solución ácido sulfhídrico. Es un gas tóxico de olor inconfundible a huevos podridos. Se origina en la descomposición bacteriana de la materia orgánica. Fórmula H<sub>2</sub>S. Gas emitido durante la descomposición orgánica y también como resultado del refinamiento y quema del petróleo; en concentraciones espesas pueden ocasionar enfermedades.</p>
Dióxido de carbono	<p>Anhídrido carbónico. Gas incoloro, incombustible sin olor, no venenoso en bajas concentraciones. Es un componente normal de la atmósfera (0.03%). Las plantas verdes utilizan el dióxido de carbono de la atmósfera en la fotosíntesis como fuente de carbono. Tanto plantas como animales y microorganismos lo liberan a la atmósfera como resultado de la respiración y las fermentaciones. Es también un contaminante atmosférico producido por las combustiones. Es uno de los gases responsables del efecto invernadero (Calentamiento de la atmósfera producido por la alteración del balance térmico debido al aumento de la concentración de gases que no transmiten en onda larga). Fórmula CO<sub>2</sub>. , aproximadamente 50 por ciento más pesado que el aire del cual es un componente menor. Se forma por procesos naturales y también es producido por la quema de combustibles fósiles. Es uno de los gases más importantes causantes del efecto de invernadero.</p>



## Anexo 17: Nomenclatura de peligrosidad de las sustancias.

Categoría de peligro	Símbolo	Indicación de peligro	Símbolo [fondo naranja]
<b>Fisicoquímica</b>			
Explosiva	E	Explosiva	
Combustible	O	Combustible	
Extremadamente inflamable	F+	Extremadamente inflamable	
Altamente inflamable	F	Altamente inflamable	
Inflamable	-	Inflamable	
<b>Salud</b>			
Muy tóxica	T+	Muy tóxica	
Tóxica	T	Tóxica	
Dañina	Xn	Dañina	
Corrosiva	C	Corrosiva	
Irritante	XI	Irritante	
Sensibilizadora	Xn	Dañina	
	XI	Irritante	
<b>Carcinógena</b>			
Categorías 1 y 2	T	Tóxica	
Categoría 3	Xn	Dañina	

Categoría de peligro	Símbolo	Indicación de peligro	Símbolo [fondo naranja]
<b>Mutagénica</b>			
Categorías 1 y 2	T	Tóxica	
Categoría 3	Xn	Dañina	
<b>Tóxica para la reproducción</b>			
Categorías 1 y 2	T	Tóxica	
Categoría 3	Xn	Dañina	

### Nomenclatura de frases R.

R2	Riesgo de explosión por choque eléctrico, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
R3	Riesgo extremo de explosión por choque eléctrico, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
R5	El calentamiento puede causar la explosión de la sustancia.
R7	Puede causar incendios.
R10	Inflamable.
R11	Sumamente inflamable.
R16	Explosiva al mezclarse con sustancias oxidantes.
R18	Al usarla puede formar una mezcla de aire-vapor inflamable-explosiva.
R20	Dañina al ser inhalada.
R21	Dañina en contacto con la piel.
R22	Dañina al ser ingerida.
R23	Tóxica al ser inhalada.
R24	Tóxica en contacto con la piel.
R25	Tóxica al ser ingerida.
R26	Muy tóxica al ser inhalada.
R30	Puede volverse sumamente inflamable al ser usada.
R32	Libera gas muy tóxico en contacto con ácidos.
R33	Peligro de efectos acumulativos.
R36	Irrita los ojos.
R37	Irrita el sistema respiratorio.
R39	Peligro de efectos irreversibles muy graves.
R44	Riesgo de explosión.
R45	Puede causar cáncer.
R48	Peligro de grave daño para la salud por exposición prolongada.
R54	Tóxica para la flora.
R55	Tóxica para la fauna.
R58	Puede causar efectos adversos de largo plazo en el ambiente.

**Anexo 18:** Palabras guías que se utilizan en la aplicación de las técnicas de HAZOP.

Palabra Guía	Significado	Ejemplo de desviación	Ejemplo de causas organizadoras
NO	Ausencia de la variable a la cual se aplica	No hay flujo en una línea	Bloqueo, fallo de bombeo, válvula cerrada o atascada, fuga, válvula abierta, fallo de control
MÁS	Aumento cuantitativo de una variable	Más flujo (más caudal)	Presión de descarga reducida, succión presurizada, controlador saturado, fuga, lectura errónea de instrumentos
		Más temperatura	Fuegos exteriores, bloqueo, puntos calientes, explosión en reactor, reacción descontrolada
MENOS	Disminución cuantitativa de una variable	Menos caudal	Fallo de bombeo, fuga, bloqueo parcial, sedimentos en línea, falta de carga, bloqueo de válvulas
		Menos temperatura	Pérdidas de calor, vaporización, venteo bloqueado, fallo de sellado
INVERSO	Analiza la inversión en el sentido de la variable. Se obtiene el efecto contrario al que se pretende	Flujo inverso	Fallo de bomba, sifón hacia atrás, inversión de bombeo, válvula de antirretorno que falla o está insertada en la tubería de forma incorrecta
ADEMÁS DE	Aumento cualitativo. Se obtiene algo más que las intenciones del diseño	Impurezas o una fase extraordinaria	Entrada de contaminantes del exterior como aire, agua o aceites, productos de corrosión, fallo de aislamiento, presencia de materiales por fugas interiores, fallos en la puesta en marcha
PARTE DE	Disminución cualitativa. Parte de lo que debería ocurrir sucede según lo previsto	Disminución de la composición en una mezcla	Concentración baja en la mezcla, reacciones adicionales, cambio en la alimentación
DIFERENTE DE	Actividades distintas respecto a la operación normal	Cualquier actividad	Puesta en marcha y parada, pruebas e inspecciones, muestreo, mantenimiento, activación del catalizador, eliminación de tapones, corrosión, fallo de energía, emisiones indeseadas, etc.

**Anexo 19: Resultados de las desviaciones que pueden ocurrir en los equipos del proceso, aplicando la técnica de HAZOP.**

Análisis de HAZOP en los tanques de almacenamiento de crudo.

<b>Palabra guía</b>	<b>Variable</b>	<b>Desviación</b>	<b>Causas posibles</b>	<b>Consecuencias posibles</b>	<b>Medidas correctoras</b>
No	Flujo de petróleo	No hay flujo de petróleo	Válvula cerrada o atascada	-Incremento de presión a la salida de la bomba. -Rotura de la bomba de alimentación	Parar la alimentación de producto hacia el tanque
Más	Nivel de petróleo	Aumento del nivel de petróleo por encima de la altura operacional	Descuido de los operadores al seguir recibiendo producto sin controlar el nivel del tanque	-Desbordamiento y derrame del producto. -Pérdida del producto. -Problemas con el bombeo a las CTE Sta. Cruz y Guiteras.	Parar la alimentación de producto hacia el tanque
Menos	Nivel de petróleo	Disminución del nivel de petróleo por debajo del establecido	Válvula abierta que alimenta para los oleoductos a CTE Sta. Cruz y Guiteras	Sobrecarga en tuberías de alimentación, pues aumenta el fenómeno de corrosión.	Parar el bombeo a a las CTE Sta. Cruz y Guiteras
	Temperatura	Disminución de la temperatura del producto	-Problemas en el intercambiador de calor. -Poca entrada de flujo de vapor por mala operación.	-Aumento de la viscosidad del producto. -Demora en la descarga del producto. -Violación del tiempo pactado para la entrega del producto.	Revisar el intercambiador de calor antes de comenzar la operación

Análisis de HAZOP en las bombas.

Palabra guía	Variable	Desviación	Causas posibles	Consecuencias posibles	Medidas correctoras
No	Caudal	No hay flujo hasta los tanques de petróleo	Válvula colocada antes de la bomba cerrada	-Roturas en las líneas de oleoductos. -Derrames.	Revisar las válvulas antes de comenzar
Más	Presión	Presión excesiva de la bomba	-Válvula cerrada en la línea de operación. -Que el producto esté por debajo de la temperatura de trabajo.	-Rotura en la línea que se efectúa la operación. -Pérdida del producto.	Verificar los accesorios en las líneas de operación
Menos	Caudal	Menos caudal del establecido	Depósitos en las tuberías por corrosión o por no filtrarse bien	Demora en el tiempo pactado para la carga	Revisar las tuberías por corrosión. -Revisar el proceso de filtración en la refinería
	Presión	Baja presión de la bomba	-Problemas mecánicos en la bomba por mala manipulación de los operadores	-Demora en el bombeo. -Ruptura de la bomba.	-Parar el bombeo. Sustituir la bomba en caso necesario

Análisis de HAZOP en los intercambiadores de calor.

Palabra guía	Variable	Desviación	Causas posibles	Consecuencias posibles	Medidas correctoras
No	Caudal	No hay flujo de petróleo en el intercambiador	Válvula de alimentación cerrada por descuido del operador	Explosión al abrir la válvula de alimentación mientras la operación del intercambiador está en marcha	Revisar las válvulas antes de comenzar la operación
Más	Temperatura	Aumento de la temperatura a la salida del calentador	-Disminución del caudal de flujo de combustible de entrada al intercambiador. -Aumento de la temperatura que debe tener el crudo. -Aumento del flujo de vapor.	-Mayor consumo de vapor. -Aumento del consumo de combustible en la caldera. -Averías en los tubos internos del intercambiador.	-Revisar los parámetros de alimentaciones de crudo al intercambiador. -Chequear válvulas y bomba de combustible.
Menos	temperatura	Baja temperatura a la salida del intercambiador	-Mala operación del sistema de condensado. -Fallas en las trampas de vapor. -Bajo suministro de vapor. -Incrustaciones en el equipo. -La temperatura que llega a la planta está por debajo de la que debe llegar.	Que no se logre la temperatura requerida para el producto final.	-Chequear suministro de vapor al intercambiador. -Limpiar el intercambiador cada determinado tiempo, para evitar incrustaciones. -Manipular adecuadamente las trampas de vapor.

Análisis de HAZOP en los filtros.

<b>Palabra Guía</b>	<b>Variable</b>	<b>Desviación</b>	<b>Causas posibles</b>	<b>Consecuencias posibles</b>	<b>Medidas correctivas</b>
Más	Presión	Presión excesiva	- Tupiciones en el filtro debido a las incrustaciones.	- Tupiciones en el filtro debido a las incrustaciones.	Más