

Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Química e Ingeniería Química



TRABAJO DE DIPLOMA

**Título: Evaluación de riesgos en la empresa
Comercializadora de Combustible de Matanzas.**

Autor: German Fernando Gueimonde Santos

Tutores: Dr.C Santiago Díaz Suarez

Ing. Elina Pérez Moré

Junio, 2016

Pensamiento:

Pensamiento:

“Mañana será demasiado tarde para hacer lo que debimos haber hecho hace mucho tiempo”.

Fidel Castro Ruz.

Dedicatoria:

Dedicatoria:

A mi familia, en especial a mi mamá y mi papá.

Agradecimientos:

Agradecimientos:

A mi papá, mi mamá, mi abuela, mi abuelo, a toda mi familia por su apoyo incondicional.

A mi tutora Elina, por sus conocimientos y su dedicación.

A mi tutor Santiago por brindarme toda su experiencia y paciencia en todo momento.

A todos mis profesores, por contribuir con mi formación.

A todos mis amigos que siempre me han apoyado.

A Yanela por ayudarme en estos últimos meses de trabajo.

A todos los que han hecho posible el sueño de graduarme.

Declaración de Autoridad.

Declaración de Autoridad.

Yo, German Fernando Gueimonde Santos, declaro que soy el único autor del presente Trabajo de Diploma que lleva por título: " Evaluación de riesgos en la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas". Por lo que, según las facultades que me son otorgadas, autorizo a la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas y a la Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos" a hacer uso del mismo, tanto en sus instalaciones como en cualquier otra institución del país, con la finalidad que estime pertinente.

German F. Gueimonde Santos.

Resumen:

Resumen:

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo realizar un análisis de riesgo por el método de HAZOP en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas con el objetivo de profundizar en el plan de producción de riesgos para garantizar el desarrollo de las aplicaciones de manera segura y eficientes, así como que se autorice un presupuesto para tomar medidas preventivas o comprar equipos en caso que estos presenten problemas que puedan afectar el proceso. Se realiza un estudio crítico de los contenidos científico-técnicos, se tendrán en cuenta las experiencias acumuladas, con el fin de tener un buen basamento teórico de la investigación. Se muestran los pasos a seguir para llevar a cabo la investigación, que se espera tenga como principal resultado un mayor conocimiento de los problemas que se pueden presentar en el proceso productivo.

Abstract:

Abstract:

This research project has as its main objective to carry out a risk analysis through the HAZOP method in the Commercial Enterprise of Matanzas Oil and Gas Company. This research also aims to achieve a budget so as to develop preventive strategies to avoid technological failures, accidents as well as to buy useful equipment just in case the previous ones could free shortcomings during the development of the process. A critical study was carried out on the scientifically-technical contents. The accumulated experience will also be taken into account so as to reach an adequate theoretic background in the research. The steps to follow this research were shown. We expect a good result to be obtained in this research and a good knowledge on the problems that might come out in the productive process.

Indice.

Indice

	Páginas
Introducción.	1
Capítulo 1. Análisis Bibliográfico.	6
1.1. Definiciones y conceptos generales.	7
1.2. Peligro.	7
1.3. Riesgo.	7
1.3.1. Clasificación de los riesgos industriales.	8
1.3.2. Clasificación de los riesgos en las actividades industriales.	8
1.3.3. Riesgos químicos.	9
1.3.4. Riesgos según las propiedades físico – químicas.	9
1.3.5. Riesgos para la salud humana.	10
1.3.6. Riesgo biológico.	11
1.4. Accidentes.	11
1.4.1. Accidente químico.	11
1.4.2. Definición de emergencia y accidentes.	12
1.5. Definición de incendio, explosiones y nubes tóxicas.	12
1.6. Técnicas de evaluación de riesgo. Conceptos generales.	15
1.6.1. Caracterización de riesgos.	16
1.6.2. Análisis de riesgos. Técnicas de análisis más usadas en la industria.	17
1.6.3. Evaluación de riesgos.	20

1.7. Análisis de peligros y operabilidad.	20
1.7.1. Metodología de análisis.	21
1.7.2. Organización del estudio.	21
1.7.3. Requisitos y limitaciones.	22
1.7.4. Resultados y aplicabilidad.	22
Capítulo 2. Materiales y métodos.	24
2.1 Caracterización de la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas.	25
2.2 Estructura organizativa de la Empresa.	25
2.3 Descripción del proceso tecnológico.	26
2.3.1 Base de Crudo y Suministro.	27
2.4. Caracterización de los equipos.	30
2.4.1. Característica de los tanques.	30
2.4.2. Característica de los intercambiadores de color.	33
2.4.3. Característica de los filtros.	33
2.4.4. Características del área de calderas.	34
2.5. Inventario del estado de la instrumentación del proceso y su importancia en la prevención de accidentes.	36
2.6. Descripción del método empleado para la caracterizar las sustancias tóxicas.	36
2.6.1. Identificación del producto.	37
2.6.2. Datos físicos.	37
2.6.3. Formas de control y mitigación en caso de desastres.	37
2.6.4. Peligros para la salud.	38
2.6.5. Datos de reactividad.	38

2.6.6. Condiciones de almacenamiento y manipulación.	38
2.6.7. Condiciones para su uso en el proceso.	39
2.7. Descripción técnica empleada para la evaluación de riesgos.	39
2.7.1. Descripción y objetivo.	40
2.7.2. Metodología de análisis.	40
2.7.3. Organización del estudio.	41
2.7.4. Requisitos y limitaciones	42
2.7.5. Resultados y aplicabilidad.	42
Capítulo 3. Evaluación de riesgo.	44
3.1. Caracterización de las sustancias involucradas en el proceso.	45
3.1.1. Caracterización del petróleo crudo.	46
3.1.2. Caracterización del sulfuro de hidrógeno	50
3.1.3. Caracterización del formaldehído.	55
3.1.4. Caracterización del Bycosin.	58
3.2. Evaluación de riesgos por HAZOP.	59
3.2.1. Análisis de HAZOP en los tanques de almacenamiento de crudo.	59
3.2.2. Análisis de HAZOP en las bombas.	61
3.2.3. Análisis de HAZOP en los intercambiadores de calor.	63
3.2.4. Análisis de HAZOP en el generador de vapor.	65
3.3. Evaluación del estado de la instrumentación del proceso y su importancia en la prevención de accidentes.	69
Conclusiones.	72
Recomendaciones.	74

Bibliografía.

76

Anexos.

80

Introducción.

Introducción.

Los accidentes solo pueden ser prevenidos anticipándose a la forma en que estos pueden ocurrir. Cualquier operación industrial en la que se utilice energía, maquinarias, productos químicos, etc., es potencialmente riesgosa y los accidentes en el ámbito laboral, tales como caídas, electrocución, contacto con partes de equipos, etc., son comunes a la mayoría de las industrias. Todo activo físico se concibe para que realice una función y se espera que ésta sea realizada con alta disponibilidad y confiabilidad.

Los estudios de evaluación de la seguridad arrojan problemas que no son más que indicativos de debilidades de las barreras que existieron o de aquellas que deben estar presentes en una instalación. Estas barreras pueden ser de carácter técnico u organizativo y están relacionadas con todos los frentes y todas las etapas de vida de una instalación. Mientras mayor sea el número y más confiables sean estas barreras menor será el número de paros innecesarios y más alejada estará la probabilidad de un accidente con consecuencias para el hombre, la propia instalación y el medio ambiente.

La necesidad humana de seguridad es primaria, intuitiva, intensa y sustancialmente psicológica. En la búsqueda de la seguridad el hombre ha actuado siempre de acuerdo a su situación cultural, a su entorno social y a los niveles alcanzados por su propio desarrollo. Al iniciarse los primeros movimientos por la seguridad e higiene del trabajo, no se observó interés alguno por mejorar las condiciones de trabajo.

El desarrollo industrial trajo consigo el incremento de los accidentes, lo que obliga a aumentar las medidas de seguridad, las cuales se cristalizan con el advenimiento de las conquistas laborales. En el transcurso de los años el desarrollo tecnológico no solo trajo aparejado el incremento de los accidentes de trabajo, sino que han surgido una serie de riesgos en la actividad productiva que en ocasiones ha provocado un deterioro de la salud no justificado, por lo que la parte ocupacional es la responsable de velar por

el control y la prevención de las enfermedades, los accidentes y las desviaciones de la salud de los trabajadores, así como la promoción de los mismos.

Los riesgos presentes en la actividad laboral son muy variados, frutos de la diversidad de operaciones, máquinas, útiles y herramientas necesarios para ejecutar todas las fases del proceso productivo.

El factor humano es esencial en cualquier sistema de trabajo que se quiera desarrollar, el conocimiento que tengan los trabajadores sobre los riesgos producidos por las condiciones laborales es un factor determinante, por lo que se hace necesario identificarlos, evaluarlos y tomar acciones correctivas para disminuirlos o eliminarlos, tanto como sea posible. La Seguridad y Salud en el Trabajo tiene el propósito de crear las condiciones para que el trabajador pueda desarrollar su labor eficientemente y sin riesgos, evitando sucesos y daños que puedan afectar su salud e integridad, el patrimonio de la entidad y el medio ambiente, propiciando así la elevación de la calidad de vida del trabajador, su familia y la estabilidad social.

Es de gran importancia para la empresa realizar la identificación, evaluación y control de los riesgos, aunque los accidentes hayan ido disminuyendo de forma considerable en los últimos cinco años.

A lo largo de la historia los conceptos relacionados con la salud y la seguridad de los trabajadores han ido evolucionando a través de definiciones conceptuales, como higiene industrial, salud ocupacional, seguridad industrial o ergonomía.

Es por tanto que la seguridad y salud en el trabajo es la actividad orientada a crear condiciones, capacidades y cultura para que el trabajador y su organización puedan desarrollar la actividad laboral eficientemente, evitando sucesos que puedan originar daños derivados del trabajo. Todos los años, en el mundo, ocurren accidentes de trabajo, algunos son mortales, otros provocan diferentes tipos de lesiones cuyos efectos pueden durar desde pocos días hasta dejar secuelas de por vida, las cuales pueden ser incapacitantes parcial o totalmente.

En nuestro país la prevención de desastres siempre ha sido de vital importancia y en todas las empresas existen manuales de prevención de accidentes para disminuir la ocurrencia de los mismos. En Matanzas, en la Empresa Comercializadora de Combustible se distribuye y comercializa petróleo crudo y sus derivados, para esto cuenta con muelles y oleoductos que trasladan el combustible a los consumidores que así lo requieran. Entre los procesos que tienen lugar en la empresa se encuentra la recepción, almacenamiento y entrega de crudo, el cual tiene lugar en la Base de Crudo de esta Empresa, en las áreas 1.1, 2.1, 3 y 4. En este proceso se encuentran presentes sustancias de riesgo como el petróleo crudo, el sulfuro de hidrógeno, el formaldehído y el Bycosín, que son altamente peligrosas. Esto convierte a la Base de Crudo en una de las áreas más peligrosas de la entidad, por lo que es de suma importancia prestar gran interés a la evaluación de los riesgos en la misma.

Es por ello que el problema científico del presente trabajo investigativo es:

Problema científico:

No se dispone de una evaluación de los riesgos en la Base de Crudo de la Empresa Comercializadora de Combustibles de la provincia de Matanzas que permita perfeccionar el plan de prevención de riesgo de la empresa.

Para dar solución a dicho problema, se plantea la siguiente hipótesis:

Hipótesis:

Es posible, mediante la técnica del análisis HAZOP, realizar la evaluación de los riesgos en la Base de Crudo de la Empresa Comercializadora de Combustibles de la provincia de Matanzas, donde tiene lugar la recepción , almacenamiento y entrega del crudo.

Se propone como objetivo general:

Objetivo General:

Evaluar los riesgos mediante la técnica de análisis HAZOP, en la Base de Crudo de la Empresa Comercializadora de Combustibles de la provincia de Matanzas, donde tiene lugar la recepción, almacenamiento y entrega del crudo.

Para dar cumplimiento al objetivo general propuesto, se trazan los siguientes objetivos específicos:

Objetivos Específicos:

1. Realizar la caracterización tecnológica del proceso.
2. Caracterizar las sustancias involucradas en el proceso.
3. Realizar un inventario del estado de la instrumentación del proceso y su importancia en la prevención de accidentes. Realizar el análisis HAZOP en los principales equipos que intervienen en el proceso.

Capítulo 1: Análisis bibliográfico.

Capítulo 1: Análisis bibliográfico.

En este capítulo se realiza una revisión de los principales aspectos vinculados a la temática investigada. Se aborda un estudio sobre los principales términos como: riesgo, peligro y accidentes, así como los principales riesgos en el proceso de generación de vapor, el riesgo en las áreas de Base de Crudo y Suministro que cuenta con las áreas de trabajo, 1.1, 2.1, 3 y 4

1.1. Definiciones y conceptos generales.

Se han propuesto diversas definiciones del riesgo: “situación que puede conducir a una consecuencia negativa no deseada en un acontecimiento”, o bien “probabilidad de que suceda un determinado peligro potencial” (entendiendo por peligro una situación física que puede provocar daños a la vida, a los equipos o al medio), o aún, “consecuencias no deseadas de una actividad dada, en relación con la probabilidad de que ocurra”. (Ceballos López, Cesar. 2003).

1.2. Peligro:

Es la posibilidad de que se produzca un daño, generalmente significando la calidad y cuantía del daño probable. Por ejemplo, peligro de muerte por electrocución. El peligro es "real" cuando existe aquí y ahora, y "potencial" cuando el peligro no existe, pero

sabemos que puede existir a corto, mediano, o largo plazo, dependiendo de la naturaleza de las causas que crean peligro. (Zagal, J. 1996, colectivo de autores.1999)

1.3. Riesgo:

El riesgo industrial está asociado a la explotación sistemática de las fuerzas y los fenómenos del mundo físico, cuyas leyes son bien conocidas y cuyos efectos se pueden predecir con notoria precisión. La precisión absoluta es inalcanzable, pues el comportamiento de los materiales ante sollicitaciones exigentes, o las reacciones de los seres humanos que manejan máquinas o controlan procesos, no puede garantizarse con total fiabilidad. Por tanto, las averías de equipos y los fallos humanos son causa fundamental de contenido aleatorio, que también afectan a las actividades industriales. La diferencia respecto de los otros riesgos, es que en el ámbito industrial se puede aplicar una sistemática que reduce los efectos de estos riesgos hasta niveles incomparablemente menores. (Zagal, J. 1996).

1.3.1. Clasificación de los riesgos industriales.

Los riesgos de forma general se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Riesgos de categoría A: Son los inevitables y aceptados, sin compensación (por ejemplo, morir fulminado por un rayo).
- Riesgos de categoría B: Evitables en principio, pero que hay que considerar inevitables si uno quiere integrarse plenamente en la sociedad moderna (ejemplo: morir de accidente viajando en avión).
- Riesgos de categoría C: Totalmente evitables, voluntarios y con compensación (ejemplo: practicar un deporte peligroso).(Vílchez, 2001)

1.3.2. Clasificación de los riesgos en las actividades industriales:

- Riesgos convencionales: Relacionados con la actividad y equipo existentes en cualquier sector (electrocución, caídas).
- Riesgos específicos: Asociados a la utilización de productos que por su naturaleza pueden ocasionar daños (productos tóxicos, radioactivos).
- Riesgos potenciales: Relacionados con accidentes y situaciones excepcionales. Sus consecuencias pueden presentar una especial gravedad, puesto que la rápida expulsión de productos peligrosos o de energía es capaz de afectar a áreas considerables (escape de gases, explosiones). (Rodríguez, T.2004)

De estos tres tipos de riesgo, los dos primeros corresponden al tratamiento clásico de la seguridad e higiene en el trabajo, y por su forma de actuar son en general, relativamente fáciles de prever. En cambio, las especiales características de los riesgos potenciales los convierten probablemente en la contingencia más temible.

Actuando con una severidad a veces extrema, estos accidentes pueden presentar una característica importantísima: la de rebasar los límites de la instalación, incidiendo sobre la población externa y sobre el medio ambiente. Son estas características de los riesgos potenciales las que han contribuido esencialmente a conferir a la industria química una imagen de peligro, desarrollando un cierto sentimiento de rechazo en la sociedad. A ellas se debe también que gran parte de los esfuerzos realizados actualmente se dirijan hacia la prevención de los riesgos potenciales, denominados también riesgos de "Accidentes Graves". La reducción de estos riesgos es el objetivo principal del denominado "Análisis de Riesgos".

1.3.3. Riesgos químicos:

Riesgo químico es aquel susceptible de ser producido por una exposición no controlada a agentes químicos, la cual puede producir efectos agudos o crónicos y la aparición de enfermedades. Los productos químicos tóxicos pueden provocar consecuencias locales y sistémicas según la naturaleza del producto y la vía de exposición. Además pueden ser de muchos tipos; pueden generar desde incendios, explosiones e intoxicaciones agudas hasta daños irreversibles para la salud a mediano o largo plazo.

Los mecanismos de desencadenamiento de los riesgos son también muy variados, según se trate de la provocación de incendios o explosiones, contactos con la piel, generación de gases y vapores, polvos en el ambiente, ingestión por vía oral, etc. (Grau, M; Moreno, D. 2015).

1.3.4. Riesgos según las propiedades físico-químicas:

Explosivos: Aquellos que en estado sólido, líquido, gelatinoso o pastoso, pueden reaccionar de forma exotérmica, incluso en ausencia de oxígeno del aire, con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente o bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento parcial, explotan. Pueden clasificarse a su vez en riesgo (simple) de explosión y alto riesgo de explosión.

Extremadamente inflamables: Las sustancias y preparados líquidos con un punto de inflamación extremadamente bajo (inferior a 0°C) y un punto de ebullición bajo (menor o igual que 35°C), y las sustancias y preparados gaseosos, que a temperatura y presión normales, sean inflamables en el aire.

Inflamables: Cuando el punto de inflamación sea igual o superior a 21°C e inferior o igual a 55°C. En el caso de preparados que cumplan con esta condición, pero que en ningún caso pueda favorecer la combustión, y si además no existe ningún riesgo para quienes lo manipulen ni para otras personas, podrá no considerarse como inflamable (Grau, M; Moreno, D.2015).

1.3.5. Riesgos para la salud humana (toxicidad y otros efectos específicos) (Colectivo de autores, 1999):

Tóxicos:

Por las mismas vías de entrada, en pequeña cantidad, pueden provocar efectos agudos o crónicos, e incluso la muerte.

Muy tóxicos:

Son los que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, en muy pequeña cantidad, pueden provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.

Corrosivos:

En contacto con tejidos vivos, pueden ejercer una acción destructiva contra ellos.

Irritantes:

Los que no siendo corrosivos, por contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas pueden provocar una reacción inflamatoria.

Carcinogénicos:

También cancerígenos, cuando por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.

Mutagénicos:

Por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia.

1.3.6. Riesgo biológico:

El riesgo biológico o biorriesgo (llamado biohazard en inglés) consiste en la presencia de un organismo, o la sustancia derivada de un organismo, que plantea, sobre todo, una amenaza a la salud humana (una contaminación biológica). Esto puede incluir los residuos sanitarios, muestras de un microorganismo, virus o toxina de una fuente biológica que puede resultar patógena. Puede también incluir las sustancias dañinas a los animales y otros seres vivos. El término y su símbolo asociado se utilizan generalmente como advertencia, de modo que esas personas potencialmente expuestas a las sustancias lo sepan, para tomar precauciones.

1.4. Accidentes:

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. Si

la situación generada se puede calificar como de riesgo grave, catástrofe o calamidad pública -inmediata o diferida- para las personas, el medio ambiente y los bienes, se la denomina “accidente mayor” (Casal, 1991).

1.4.1. Accidente químico:

Se produce como resultado de una avería y crea una contaminación química del medio ambiente circundante, que produce la afectación de los trabajadores y la población del área, incluso la muerte de algunos de ellos, siempre que no exceda una cantidad a partir de la cual se considera un desastre. Por lo general produce daños materiales de consideración. Son posibles acontecimientos no deseados. Situación fortuita e incontrolable que ocurre en cualquier momento.

Poseen diversas categorías.

Categoría 1: Sólo dañan materiales en la instalación.

Categoría 2: Se prevén posibles víctimas y daños materiales, el efecto exterior es leve.

Categoría 3: Hay víctimas, daños materiales y al medio ambiente. Se afectan zonas externas.

Los accidentes de gran magnitud que pueden tener lugar en una industria están casi siempre asociados a la pérdida de contención de un producto tóxico o inflamable, generalmente un fluido. En función del estado del mismo y de sus características, puede producirse un incendio, una nube tóxica o inflamable (Grau. Moreno, 2015).

1.4.2. Definición de emergencia y desastre:

Emergencia: Según la Directriz Básica, en función de las necesidades de intervención derivada de las características del accidente y de sus consecuencias ya producidas o previsible, y de los medios de intervención disponibles, se establecen las siguientes situaciones de emergencia.

Desastre: Es un hecho natural o provocado por el ser humano que afecta negativamente a la vida, al sustento o a la industria y desemboca con frecuencia en

cambios permanentes en las sociedades humanas, en los ecosistemas y en el medio ambiente (Vílchez, 2001).

1.5. Definición de incendio, explosiones, escapes y nubes tóxicas:

- **Incendios:**

Un incendio es un proceso de combustión caracterizado por el calor, humo, llama o cualquier combinación de éstos. La causa principal del daño, a las personas y objetos es la radiación térmica que es la propagación de energía en la región infrarroja del espectro electromagnético (Wells, 1997).

Entre los diversos accidentes que pueden ocurrir en una industria, el incendio es el que, en términos generales, tiene un radio de acción menor. No obstante, sus efectos pueden ser temibles, ya que la radiación térmica puede afectar a otras partes de la planta y generar nuevos accidentes (explosiones o escapes). Por otra parte, el humo puede, además, complicar notablemente la actuación de los equipos de intervención y someterlos a un peligro adicional (falta de visibilidad o intoxicación) (Casal, 1991).

- **Explosiones:**

Se puede definir una explosión como una liberación repentina de energía, que genera una onda de presión que se desplaza alejándose de la fuente mientras va disipando energía. Esta liberación tiene que ser, no obstante, bastante rápida y concentrada para que la onda que se genera sea audible. No es necesario que se produzcan daños para poder considerar este fenómeno como explosión. La energía liberada puede haber sido almacenada inicialmente bajo una gran variedad de formas: nuclear, química, eléctrica o de presión.

Las explosiones pueden ser de dos tipos: deflagraciones y detonaciones. En una deflagración, la velocidad de la onda de sobrepresión en el medio sin reaccionar es subsónica; la onda de presión tiene una fase positiva y una fase negativa. En una detonación, la velocidad de la onda de sobrepresión en el medio sin reaccionar es

supersónica; la onda de sobrepresión muestra un incremento de la presión casi instantáneo hasta el pico de máxima presión, presenta también una fase positiva y otra negativa. Las detonaciones son siempre, para una determinada cantidad de energía, mucho más destructivas que las deflagraciones, ya que pueden llegar a tener picos de presión cercanos a los 20 bar, mientras que en las deflagraciones los valores máximos son de unos 8 bar.

Las explosiones de tipo Bola de Fuego (**BLEVE**) son uno de los peores accidentes que pueden ocurrir en la industria química o en el transporte de mercancías peligrosas. Desde un punto de vista riguroso, como se verá más adelante, estas explosiones no siempre tienen efectos térmicos. No obstante, en la mayoría de los casos reales la sustancia involucrada es combustible; esto provoca que la explosión sea seguida por la formación de una bola de fuego, de efectos muy graves. Esto es un accidente que involucra simultáneamente efectos térmicos y mecánicos.

El BLEVE, es un accidente que sucede con cierta periodicidad, las sustancias que lo pueden producir (butano, propano, cloruro de vinilo, cloro, etc.) son relativamente comunes en la industria, y abundan las instalaciones susceptibles de sufrirlo (depósitos, cisternas). Por otra parte, de vez en cuando sucede durante el transporte, ya sea por carretera o por tren, con las connotaciones especiales que esto conlleva. El origen puede ser diverso (reacción fuera de control, colisión, etc.), pero una de las causas más frecuentes es la acción del fuego sobre un recipiente (Casal, 1991).

- **Escapes:**

Los accidentes de gran magnitud que pueden tener lugar en una industria están casi siempre asociados a la pérdida de contención de un producto tóxico o inflamable, generalmente un fluido. En función del estado del mismo y de sus características, puede producirse un incendio, una nube tóxica o inflamable, etc.

Si el escape es de líquido se formará un charco, (en función de la disposición del terreno, existencia de cubetos, etc.), y habrá evaporación. Si el producto es combustible, puede tener lugar directamente un incendio del líquido vertido, o puede formarse una nube que podrá inflamarse si encuentra un punto de ignición, con la

consiguiente explosión-llamarada; ésta originará una onda de choque, la sobrepresión de la cual puede destruir otras instalaciones, provocando nuevos escapes (efecto "dominó"). Si el producto es tóxico, la nube formada puede simplemente dispersarse en la atmósfera (si es menos pesada que el aire o si las condiciones atmosféricas son favorables) o puede desplazarse a ras del suelo, con el consiguiente peligro para la población. Si el escape es una mezcla de líquido y vapor, como suele suceder en el caso de los gases licuados a presión, es probable la formación de una nube más pesada que el aire, con las mismas consecuencias que en el caso anterior.

En el escape de un gas o un vapor, la situación dependerá de la velocidad de salida. Si ésta es inferior a unos 20 m/s puede formarse también una nube o, si es un gas combustible, puede quemar como un soplete. Si la velocidad es superior a aproximadamente 20 m/s, la turbulencia originada, totalmente desarrollada, impide la formación de una nube de grandes dimensiones y el producto es dispersado en la atmósfera o, si es combustible, puede inflamarse formando un gigantesco soplete (dardo de fuego) capaz de destruir otras instalaciones (Vílchez, 2001).

- **Nubes tóxicas.**

Escenarios que determinan fenómenos peligrosos asociados a la concentración de una sustancia emitida al ambiente (de tipo térmico para sustancias inflamables y de tipo químico para sustancias tóxicas). Un escape de un producto tóxico o inflamable en forma gaseosa, o bien en forma líquida en condiciones de ser vaporizado, produce una nube de gas. Esta nube, según sea la velocidad de salida del producto, se comporta como (Vílchez, 2001):

- Un chorro gaseoso: en este caso, la dispersión del producto depende de la velocidad y de la presión de salida. Cuando el gas o vapor está suficientemente diluido y su velocidad es menor que la velocidad del viento, se dispersará a corta distancia en función de las condiciones meteorológicas;
- La dispersión atmosférica: la nube, en función de las condiciones meteorológicas, se extiende y se desplaza mientras se va diluyendo. Las áreas

de terreno que quedan bajo el efecto de esta nube sufrirán las consecuencias del producto contaminante, que en algunas ocasiones pueden ser muy graves.

1.6. Técnicas de Evaluación de riesgos. Conceptos generales.

Los términos riesgo y peligro se definieron anteriormente ahora la evaluación de riesgos se refiere a la técnica para determinar la naturaleza y magnitud del riesgo. El término análisis de riesgo se ha usado frecuentemente como un sinónimo de evaluación de riesgos. Debe de interpretarse que además de la evaluación, el análisis incluye los métodos para hacer un mejor uso de los resultados de la evaluación. En el manejo de los riesgos se diseña la respuesta de control, reducción o eliminación de riesgos utilizando la información producida por la evaluación y el análisis, en el contexto de los recursos técnicos, valores sociales, económicos y políticos. La diferencia entre evaluación y manejo de riesgos no es muy clara; la controversia se centra en el grado en el cual la evaluación se puede mantener libre de los juicios y valores que típicamente corresponden a las decisiones de manejo. Las percepciones de los riesgos son factores importantes que influyen tanto a la evaluación como al manejo. Los riesgos se perciben en forma diferente, dependiendo de quiénes son los afectados, qué tan probable es que los daños se produzcan, las características de los daños, tal cómo qué tan catastróficos son, qué tan acostumbrada está la población a ese tipo de daño, qué tan grande es la fracción de la población afectada, cómo se afecta a los individuos en forma personal y si éstos han aceptado en forma voluntaria enfrentar los riesgos. Las percepciones de los riesgos están influenciadas por los beneficios que se obtienen de enfrentar tales riesgos (Colectivo de autores.1999. Rodríguez, T.2004 y Zagal, J. 2006).

1.6.1. Caracterización de riesgos.

La caracterización de los riesgos a la salud en un sitio contaminado consiste en determinar si es tolerable el nivel de riesgo de que se produzcan daños asociados a la exposición a los tóxicos presentes en el sitio.

Para hacer lo anterior se evalúan las exposiciones que sufren los pobladores, lo cual, consiste en:

Hacer la selección de las poblaciones que se consideran en riesgo y de los tóxicos capaces de producir esos riesgos, identificando las condiciones de exposición, cuantificar las exposiciones que tienen lugar, estimando las dosis suministradas/absorbidas, calificar la calidad de los resultados del cómputo de las exposiciones.

Por otro lado se evalúa la peligrosidad de los tóxicos presentes, lo cual consiste en:

Obtener los índices de toxicidad, que estén basados en información confiable, para todos los tóxicos que se seleccionaron en la evaluación de la exposición, y sean aplicables a las condiciones presentes en el sitio

- Calificar la calidad de la información obtenida.

En la mayoría de los sitios contaminados, los individuos están expuestos a varios tóxicos al mismo tiempo y cada uno de los tóxicos puede llegar a hacer contacto con las poblaciones por más de una ruta.

En esta sección se revisará cómo se integran ambos conocimientos para la evaluación de riesgos por exposición a sustancias tóxicas, tanto si se trata de exposiciones a una sola sustancia por una ruta, como de exposiciones múltiples.

Los riesgos asociados a la exposición de sustancias no-cancerígenas, se evalúan por separado de los riesgos por exposición a cancerígenos. Las metodologías para evaluar estos dos modos de toxicidad química, son diferentes.

Para caracterizar efectos no-cancerígenos, las comparaciones se hacen entre las dosis de exposición estimadas para cada una de las sustancias y sus dosis de referencia y al cociente de estas dos cantidades (exposición /dosis de referencia), que se le conoce como Cociente de Peligro.

Los efectos cancerígenos, o sea, la probabilidad de que un individuo desarrolle cáncer por exposición vitalicia a una sustancia, se estima a partir de las dosis de exposición estimadas y la información sobre la probabilidad específica de desarrollar cáncer (riesgo de cáncer por unidad de dosis o factor dependiente), para la sustancia de

interés. Al producto del valor de la exposición por el factor dependiente se le llama: Riesgo de Cáncer.

Una evaluación de riesgos no se puede considerar completa, a menos que las estimaciones numéricas del riesgo se califiquen, a la luz de las suposiciones más importantes que se hicieron para llegar a los resultados obtenidos y el análisis de las incertidumbres que se introdujeron en los resultados como producto de esas suposiciones (Colectivo de autores.1999 y Rodríguez, T.2004).

1.6.2. Análisis de riesgos. Técnicas de análisis más usadas en la industria.

Nolan, (2011) define el análisis de riesgos como un término que es aplicado a técnicas analíticas que son usados para la evaluación de peligros. Técnicamente, el análisis de riesgos es una herramienta para la evaluación de la probabilidad de ocurrencia y las consecuencias de un incidente con implicación de peligro. Estas técnicas pueden ser tanto cuantitativas como cualitativas dependiendo del nivel de análisis requerido.

Kletz, (1986) señala que antiguamente el método más usado para la determinación de riesgos era poner en marcha la industria y esperar para ver que sucedía. Sobre lo cual Casal et al, (1999) plantea que es una metodología que se encuentra fuera de uso, debido a la rápida evolución tecnológica y el aumento paralelo de la cantidad de accidentes.

Para la identificación del peligro potencial de los procesos industriales, la tendencia de las últimas décadas ha sido desarrollar técnicas o métodos de análisis cada vez más racionales y sistemáticos (Casal et al, 2001).

Entre las técnicas de identificación de riesgos, se pueden agrupar los métodos de análisis en dos grandes grupos según establece Casal et al, (2001).

Métodos cualitativos: Auditoría de seguridad (Safety review), análisis histórico de accidentes, análisis preliminar de peligros (Preliminar Hazard Analysis, PHA), listados de control (Checklist) ¿qué pasa si.... (Whatif?), análisis de peligro y operatividad

(Hazard and Operability analysis, HAZOP) y análisis de modos de fallo y efectos (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA).

Métodos semicuantitativos: índice Dow, índice Mond, índice SHI y MHI (Substance Hazard Index i Material Hazard Index), árboles de fallos (Fault Tree, FT) y árboles de sucesos (Event Tree, ET).

Según Nolan, (2011) en los estudios de análisis de riesgos pueden usarse indiferentemente las técnicas de evaluación cualitativa y cuantitativa para considerar el riesgo asociado con una industria. El nivel y magnitud de estas revisiones deben ser correspondientes con el nivel de riesgo que la industria representa.

Vílchez, (2006) y Casal et al, (2001) coinciden en que para realizar un análisis exhaustivo de riesgos de tipo probabilístico como el árbol de fallos y el árbol de sucesos deben estudiarse en primer lugar los posibles accidentes internos a través de un análisis histórico. Además que pueden realizarse otros análisis de tipo determinísticos que complementarían ese análisis como el análisis HAZOP.

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, causas 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 (Hauptmanns, 1986; Ramos, 1990 y Piqué, 1994).

Según CCPS, (1992) y Casal et al, (2001) existen cinco limitaciones inherentes a todas las técnicas presentadas anteriormente:

- La exhaustividad del estudio.
- La reproducibilidad de los resultados.
- Lo inexplicable de las conclusiones.
- La importancia de la experiencia.

- El nivel de confianza generado por el estudio.

Es importante señalar que pese a estas limitaciones Casal et al, (2001) plantea que debe señalarse su versatilidad y su amplia utilización y que en realidad, la experiencia demuestra que en una gestión del riesgo adecuada, basada siempre en una identificación correcta, el número de accidentes tiende a disminuir paralelamente a la disminución de la magnitud de sus consecuencias.

1.6.2.1. Análisis de Riesgo. Técnicas. Fases.

El análisis de riesgos usa una serie de técnicas que se aplican cuando las respuestas no son obvias y la información es ambigua e incierta. Se utilizan las herramientas de la ciencia, la ingeniería y la estadística para analizar la información relacionada con los riesgos y para estimar y evaluar la probabilidad y magnitud del riesgo ambiental y de la salud.

El análisis de riesgos no proporciona una fórmula para tratar la problemática de riesgos, no resuelve las complicadas negociaciones políticas y sociales que se tienen que hacer en la toma de decisiones sobre riesgos; lo que sí mejora es la capacidad de los científicos y tomadores de decisiones en la identificación, evaluación, control y reducción de riesgos asociados con actividades del hombre.

El proceso de análisis de riesgos se puede pensar como formado de cuatro fases interrelacionadas, cada una con ciertos métodos y técnicas (Colectivo de autores.1999).

1.6.3. Evaluación de riesgos.

Esta fase tiene como meta estimar la severidad y probabilidad de que se produzca un daño para la salud humana y el ambiente por una actividad o exposición a una sustancia, que bajo circunstancias es probable que pueda causar daño a la salud humana o al ambiente. Se usan cuatro técnicas, aunque distintas, están muy relacionadas: evaluación de la fuente/mecanismo de emisión, evaluación de la exposición, evaluación de dosis/respuesta y caracterización del riesgo (Colectivo de autores.1999, Zagal, J. 1996).

1.7. Análisis de peligros y operabilidad (HAZOP).

El análisis de peligros y operatividad (Hazard and Operability) (Analysis, HAZOP), conocido también como análisis de riesgo y operabilidad, análisis funcional de operabilidad (AFO) o análisis operativo (AO), es un método que fue diseñado en Inglaterra en la década de los sesenta por Imperial Chemical Industries (ICI) para aplicarlo al diseño de plantas de fabricación de pesticidas (Casal, 1991).

El análisis HAZOP, 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. El análisis pretende, mediante un protocolo relativamente sencillo, estimular la creatividad de un equipo de expertos con diferente formación para encontrar los posibles problemas operativos.

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 sin importancia del proceso, hasta un accidente mayor de graves consecuencias.

1.7.1. 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 y de la información requerida; además debe estudiarse el sistema o proceso ya definido para conocer la información disponible, prepararla y organizar el equipo de estudio, y planear la secuencia de estudio y las sesiones de trabajo. Después del estudio previo se puede comenzar el análisis propiamente dicho. El primer paso es la selección de los elementos críticos que deben estudiarse (depósitos, reactores, separadores, etc.), a continuación, sobre cada nodo de estudio, que corresponde a cada línea de fluido de cada elemento seleccionado, y de forma secuencial y repetitiva, se aplican las palabras guía (no, más, menos, otro, parte de, etc.) a cada una de las condiciones de operación del proceso, las sustancias y las variables que intervienen (flujo, presión, temperatura nivel, tiempos, etc.).

Operando de esta manera se generan las desviaciones significativas de las condiciones normales de operación y se realiza un repaso exhaustivo de los posibles funcionamientos anómalos. El estudio de las desviaciones conduce a la identificación de sus posibles causas y consecuencias y, por lo tanto, del riesgo potencial y de los problemas derivados de un funcionamiento incorrecto; paralelamente, se buscan los medios protectores del sistema.

1.7.2. Organización del estudio.

Los análisis HAZOP son, en general, estudios multidisciplinarios. La ejecución del estudio HAZOP requiere un conocimiento detallado del sistema que se quiere auditar y del protocolo de análisis. Esta característica condiciona que el trabajo se realice en equipo, donde debe haber representantes de las distintas áreas de conocimiento implicadas en el proceso. Los miembros de los equipos de trabajo son de dos tipos: los técnicos y los analistas de riesgo. Los técnicos implicados en el estudio soportan el apartado técnico, los componentes deben ser especialistas en las áreas de conocimiento implicadas en el estudio; es aconsejable que sean verdaderos expertos. Los analistas de riesgo deben dar soporte logístico al estudio, es decir, dirigir, moderar y documentar el análisis, Los analistas deben ser especialistas en aplicar la metodología HAZOP. Como tareas previas al desarrollo del HAZOP, tienen que definir el objetivo y el alcance del estudio, seleccionar el equipo técnico y formarlo en el método de análisis; además, los analistas deben tener la formación necesaria para entender y controlar la discusión de forma satisfactoria.

1.7.3. Requisitos y limitaciones:

El método de análisis HAZOP presupone tres hipótesis:

- La instalación está bien diseñada, en relación con la experiencia, el conocimiento de los procesos implicados y la aplicación de las normas y códigos pertinentes.
- Los materiales de construcción han sido los adecuados y la construcción y el ensamblaje se han hecho correctamente.

- Los análisis son una “fotografía instantánea” donde se mezclan sucesos de efecto inmediato con sucesos de elevada inercia temporal.

Los análisis HAZOP requieren, para ser desarrollados, que por lo menos el diseño del proceso sea completo en las partes más esenciales y que, en instalaciones en funcionamiento, la información esté actualizada. El grado de detalle de la información disponible condiciona el grado de detalle y la corrección del análisis.

1.7.4. Resultados y aplicabilidad

El resultado principal de los análisis HAZOP, es un conjunto de situaciones peligrosas, problemas operativos y una serie de medidas orientadas a la reducción del riesgo existente o a la mitigación de las consecuencias de los problemas operativos. Estas medidas se dan en forma de cambios físicos en las instalaciones, modificaciones de protocolos de operación o recomendaciones de estudios posteriores para evaluar con más detalle los problemas identificados o la conveniencia de las modificaciones propuestas.

Capítulo 2: Materiales y Métodos.

Capítulo 2: Materiales y Métodos.

2.1. Caracterización de la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas.

La Empresa del Petróleo de Matanzas se creó inicialmente con el nombre de Empresa Distribuidora de Derivados del Petróleo de Matanzas desde el 13 de diciembre de 1976 a través de la Resolución 76-58 del Ministro de la Industria Química. Posteriormente, la Resolución 70 del 2 de julio 1992 del propio Ministro del Ministerio de la Industria Básica autorizó el cambio de nombre llamándose Empresa Comercializadora de Combustible Matanzas (ECCM). Pertenece en la actualidad al Ministerio de Energía y Minas (MEM) del sector Cuba petróleo (CUPET) en la rama petrolera y se encuentra ubicada en la Carretera Zona Industrial Km. 4 1/2 Versalles, municipio Matanzas, provincia Matanzas.

Misión: comercializar los combustibles de la unión CUPET, cumpliendo los requerimientos de los clientes, trabajando por alcanzar sus expectativas y contribuir al desarrollo de la gestión empresarial.

Visión: ser líderes en la calidad y eficacia de la comercialización de combustibles, logrando satisfacer las expectativas de los clientes externos e internos y contribuir al desarrollo sostenible del país.

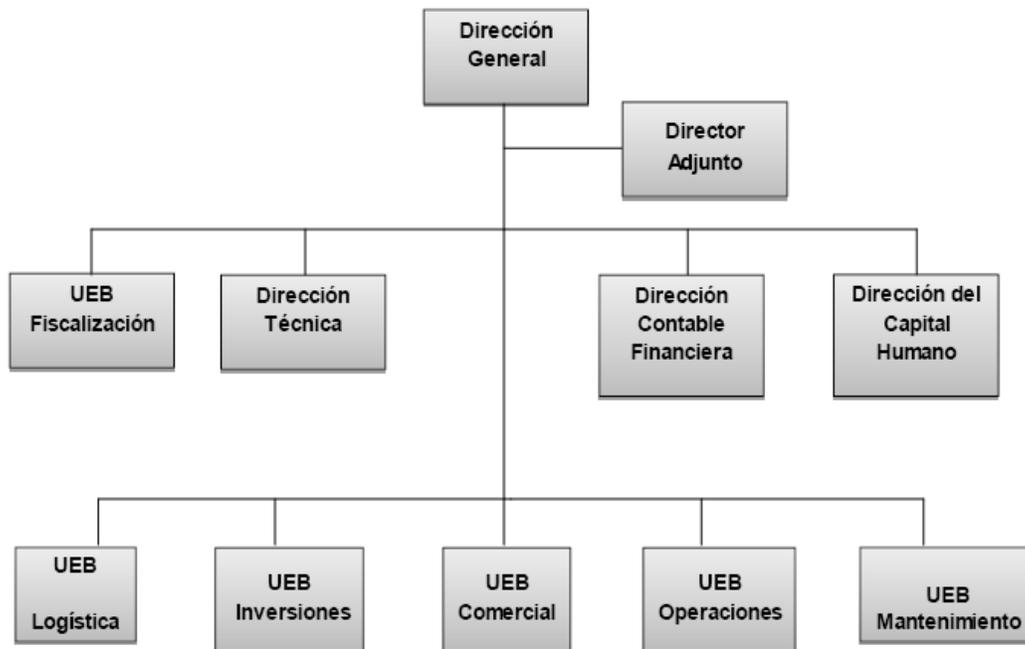
Objeto Empresarial:

Esta unidad tiene como función principal la de entregar y recibir los diferentes tipos de hidrocarburos por la vía marítima, oleoductos y transporte terrestre (camiones y tanques de ferrocarril) ya sean a usuarios de la provincia como del resto del país.

2.2. Estructura organizativa de la Empresa.

La estructura de la empresa se basa en principios de máxima flexibilidad, lo que le permite adaptarse rápidamente a las necesidades del proceso mediante una organización eficaz, buscando la satisfacción de las necesidades de los clientes. La ampliación de las funciones y los contenidos de trabajo de los puestos es objeto de un trabajo permanente, teniendo en cuenta los cambios que se introducen por la modernización de la tecnología, la automatización de la información, el perfeccionamiento de la organización y los métodos de dirección. Existen cuatro Direcciones y cinco Unidades Empresariales de Base presupuestadas (UEB). El organigrama de la Empresa se muestra en la figura 2.1.

Figura 2.1. Estructura organizativa de la Empresa:

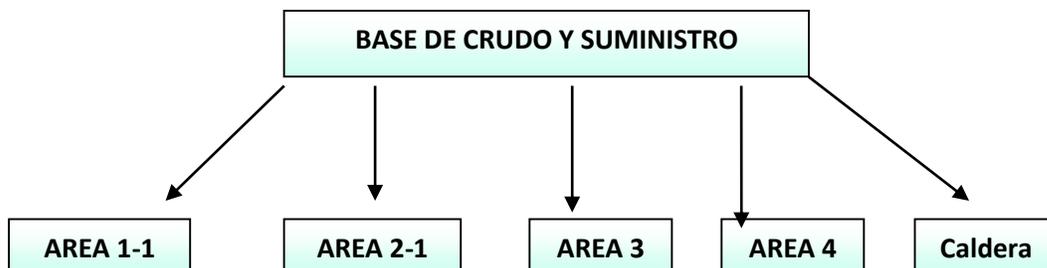


Fuente: Página Web Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas.

La UEB de operaciones está formada por tres áreas de trabajo que son la base en Tierra, la Terminal 320 y los muelles de aguas profundas.

2.3. Descripción del proceso tecnológico.

En el siguiente esquema se muestran las subdivisiones del área:



El objetivo de la Base es recibir, almacenar, y entregar productos (petróleo crudo nativo, nafta y fuel oil) .La recepción se realiza por oleoductos, pailas y buques tanques para el crudo y por buques tanques para la nafta y el fuel oil. Las entregas se realizan por buques tanques y oleoductos en el caso del petróleo crudo nativo, y el fuel oil y la nafta se trasiega hacia la Terminal 320 (otra área de la Empresa) desde donde se cargan camiones y se entrega el fuel oil a los grupos electrógenos de Planta Martí. También se cargan vagones de ferrocarril con petróleo crudo nativo desde la estación de bombas del área 1-1. A continuación se describen cada una de estas áreas.

2.3.1. Base de Crudo y Suministro.

La Base de Crudo y Suministro, cuenta con 4 áreas de trabajo, el Área 1-1, Área 2-1, Área 3 y Área 4.

El área 1-1 está compuesta por tres tanques receptores de crudo que son el 27, el 28 y el 29. El crudo se recibe de las productoras EPEP (Empresa Perforadora y Extractora de Petróleo) Centro y EPEP Occidente siendo enviado a esos tanques pasando previamente por un intercambiador de calor que puede ser el IE 117 o el IE 118. En estos intercambiadores se eleva la temperatura hasta 50 °C. Los tanques están provistos de serpentines de vapor para mantener la temperatura en 50 °C debido a que como no están aislados térmicamente, hay pérdidas de calor por intercambio con el medio ambiente. En estos momentos los serpentines están fuera de servicio por estar averiados, lo que constituye un problema para mantener la temperatura del producto.

En esta área se elaboran las mezclas de PCNm (petróleo crudo nativo mejorado) con viscosidades de 650, 1100 y 1400 cst a solicitud del cliente, para ser entregadas por buques a las diferentes termoeléctricas del país (Felton, Mariel, Santiago de Cuba, Nuevitas y Cienfuegos). Para la entrega por buques, el producto se hace pasar a través de dos filtros cestas situados antes de las bombas, con el objetivo de retener las impurezas que contenga el crudo. A la entrada de los filtros existe un punto de inyectar de nafta solvente, donde se adiciona la cantidad de nafta necesaria, para reducir la

viscosidad del crudo, al valor solicitado por el cliente. En este mismo punto se le añade un aditivo químico (Bycosín), que es un dispersante de asfaltenos, para evitar que estos precipiten y formen inquemados en las calderas. De los filtros va a las bombas, que son de 660 m³/h y están conectadas en paralelo (existen tres bombas, pero funcionan una o dos según los requerimientos del proceso). A la salida de las bombas se encuentran instalados dos intercambiadores de calor en serie, cuya función es incrementar la temperatura del producto, para lograr de esta forma, una temperatura final a la salida de la estación 1-1 de 60 °C. A continuación del intercambiador existen líneas que conducen el crudo hacia los diferentes muelles, donde atracan los barcos (PT1, PC2, PC3, Bayona y Frank País). Cuando el buque que se va a cargar para una exportación se añade formaldehído en el mismo punto de inyección para eliminar el azufre contenido en el crudo.

También en esta área se preparan mezclas de crudo PCNm de 450 cst para el bombeo a la CTE (Central Termoeléctrica Este Habana (Santa Cruz), de la misma forma que para la entrega a buques, pero después del intercambiador se alinea hacia los tanques de bombeo a la CTE situados en el área 4.

Otra operación que se hace, es la carga de vagones de ferrocarril, la cual se realiza alineando el sistema de la misma forma que para el resto de las entregas, pero después de los intercambiadores se pasa el producto hacia la línea de 20 pulgadas de diámetro, que lo conduce hasta el cargadero de ferrocarril, situado en la terminal 320. Esta operación se controla por la terminal 320 para evitar derrames de crudo.

Las áreas 3 y 4 tienen como función la recepción de los oleoductos y el almacenamiento de productos para suministro de las CTE Antonio Guiteras y Este Habana (Santa Cruz). Este producto es bombeado a las termoeléctricas en la estación 2-1 que tiene para cada CTE, dos filtros 4 bombas y un intercambiador de calor, que garantizan el bombeo continuo para mantener la cobertura necesaria en las termoeléctricas.

El área de calderas es donde se genera el vapor que es utilizado por los diferentes consumidores de la Empresa, garantizando de esta forma el calentamiento del crudo,

tanto en el interior de los tanques, como en los intercambiadores de calor. En esta área también existe un sistema de tratamiento de agua para procesar el agua cruda que se recibe en la Empresa, con el objetivo de que sea utilizada en la caldera de vapor.

El agua cruda es bombeada desde una cisterna hasta los suavizadores (uno en funcionamiento y el otro de reserva), en estos suavizadores ocurre el proceso de tratamiento de agua mediante intercambio iónico, pues cada suavizador contiene una resina de intercambio de Na, el agua cruda intercambia con la resina los iones Ca y Mg por el catión Na. Cuando la resina se agota, es necesario regenerarla haciéndole pasar una corriente de NaCl. El agua que sale del suavizador tiene una dureza de 0 ppm y es almacenada en un tanque de agua tratada, mediante una bomba con control automático se envía el agua a un tanque de alimentación que suministra el agua directamente a la caldera, junto con esa agua se adicionan dos productos químicos (VAPEN 220 y 300) cuya función es regular los parámetros del agua de la caldera. Existe a su vez otro sistema de suministro de petróleo a la caldera, que consiste en un intercambiador de calor, por el cual pasa el petróleo procedente de los tanques de almacenamiento de la Terminal-320, donde en este intercambiador se eleva la temperatura del combustible hasta 70 °C, el cual se almacena en un tanque cilíndrico horizontal, de ahí se bombea directamente a la caldera, pasando por un precalentador que eleva la temperatura del combustible de 110°C a 120°C. En el interior de la caldera la energía química contenida en el combustible se convierte en energía calorífica, se transmite a través de las paredes del hogar de la caldera hasta el agua. Mediante la adición de esta energía calorífica la temperatura del agua aumenta y cuando alcanza el punto de saturación hierve, generándose entonces, el vapor. El vapor es utilizado por los distintos consumidores de la empresa y retorna el condensado a un tanque colector, que alimenta al tanque de alimentación interna de la caldera. Durante todo este proceso se controlan varios parámetros que influyen en la calidad de la generación de vapor como: el pH de condensado, la alcalinidad total, índice de consumo de agua (IC agua), índice de consumo de combustibles (IC combustible), entre otras.

En la siguiente tabla se relacionan los fenómenos que ocurren en todo el proceso:

Tabla 2.1. Relación equipo – fenómeno.

Tanques	Almacenamiento	
Intercambiadores	Calentamiento Unitario. Transferencia de calor	Operación
Filtros	Eliminación de impurezas unitaria. Filtración	Operación
Líneas	Conducción y mezclado	
Bombas	Movimiento del fluido. Bombeo de líquidos viscosos.	Operación unitaria.

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Caracterización de los equipos.

2.4.1. Características de los tanques:

Todos los tanques, excepto los que están en la Base en Tierra, tienen techo fijo cónico y están fabricados en su totalidad de acero CT-3, además los tanques 27, 28, 29,33, 34, 35, 36 y 37 tienen serpentines por los que circula el vapor para el calentamiento del petróleo.

En el techo del tanque también se encuentran otros accesorios como son:

- Registros de inspección.
- Escotillas de montaje y medición.
- Receptor de pluviales.
- Dispositivos para la eliminación de los gases producto de la evaporación
- Tubos guías para mantener la forma horizontal del techo.

A continuación se muestran las características de los equipos en las diferentes áreas.

Tabla 2.2. Tanques en el área 1.1

Tanques	27	28	29
Altura de referencia (mm)	12 910	12 781	12 570
Altura operacional (mm)	10 800	10 750	10 800

Alt. mínimo de vaciado (mm)	3 000	3 000	1 500
Altura de avería (mm)	11 100	11 100	11 100
Área efectiva (m ³ /mm)	2.901	1.627	4.321

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.3. Tanques en el área 2.1

Tanques	30	38	39
Altura de referencia (mm)	13 060	12 980	9 307
Altura operacional (mm)	10 800	10 800	7 800
Alt. mínimo de vaciado (mm)	750	850	720
Altura de avería (mm)	11 100	11 100	8 100
Área efectiva (m ³ /mm)	0.916	0.918	0.1188

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.4. Tanques en el área 3

Tanques	41	42
Altura de referencia (mm)	12 277	8 709
Altura operacional (mm)	10 800	7 600
Alt. mínimo de vaciado (mm)	370	370
Altura de avería (mm)	11 100	7 900
Área efectiva (m ³ /mm)	0.409	0.4681

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.5. Tanques en el área 4.

Tanques	33	34	35	36	37
Altura de referencia (mm)	12 470	12 530	12 393	12 469	18 750
Altura operacional (mm)	10 800	10 800	10 800	10 800	16 000
Altura mínimo de vaciado (mm)	1 220	1 180	1 190	1 180	1 000
Altura de avería (mm)	11 100	11 100	11 100	11 100	17 000
Área efectiva (m ³ /mm)	0.918	0.919	0.919	0.918	2.901

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.6. Tanques en la Base de recepción de Crudo.

Tanques	71	72
Altura de referencia (mm)	7 740	7 780
Altura operacional (mm)	6 700	6 700
Alt. mínimo de vaciado (mm)	600	600
Altura de avería (mm)	6 940	6 940
Área efectiva (m ³ /mm)	0.0573	0.0573

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.7. Características de las bombas.

Bombas	Caudal (m³/h)	Presión (kg/cm²)	Temp. (°C)	Amperaje (A)	Voltaje (V)	rpm	Área
1P-201	660	10	50-65	40	6 000	1 191	1.1
Nikisson	60	2.5	80	41.5	440	3 600	1.1

Bycosin	230	-	-	-	440	1 180	1.1
1P103 AM y BM	45	60	75-85	40	6000	1200	2-1
1P102A y D	120	60	75-80	45	6000	1200	2-1
1P103 A y B	90	10	75-85	40	6000	1200	2-1

Fuente: Elaboración propia.

2.4.2. Características de los intercambiadores de calor.

Tipo carcasa, de tubos y coraza. Tiene 370 horquillas, de diámetros $\frac{3}{4}$ pulgadas, con longitudes de 2 000 mm, de un solo paso. Tiene un área de transferencia de 84.5 m². Esta construido de acero ACTM-A516.

$$Q = 600\ 000 \text{ Kcal./h}$$

$$\text{Diámetro} = 660 \text{ mm}$$

$$L = 3\ 180 \text{ mm}$$

$$P = 5.75 / 4.25 \text{ Kg./cm}^2$$

$$T = 85 / 250 \text{ oC}$$

$$\text{Peso} = 2\ 800 \text{ Kg.}$$

2.4.3. Características de los filtros.

Tipo cesta, con un diámetro de cesta de 0.2 mm.

$$Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Diámetro} = 415 \text{ mm}$$

$$H = 850 \text{ mm}$$

$$P = 5.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$T = 100 \text{ oC}$$

$$\text{Peso} = 140 \text{ Kg.}$$

Los materiales que componen los filtros son los siguientes:

Tapa y envolvente: acero

Cesto: acero inoxidable

Tejido filtrante: acero inoxidable

2.4.4. Características del área de calderas.

2.4.4.1. Cisterna de agua cruda: Tanque de concreto de forma rectangular con una capacidad de 1800 m³. Tiene un instrumento de medición para medir el nivel de agua en el interior del tanque. Está conectado mediante tuberías a la línea que recibe el agua del acueducto y cuenta con una línea de salida hacia la estación de bombas, desde donde se entrega el agua a los diferentes consumidores de la Empresa, entre ellos la caldera de vapor.

2.4.4.2. Suavizadores: Son dos tanques cilíndricos verticales construidos de acero al carbono, de 1200 mm de diámetro y 1730 mm de altura con una capacidad de 2 m³; uno de ellos de resina de intercambio iónico (S-100 Lewatit). Están conectados a la línea de agua procedente de la cisterna de agua cruda. Poseen líneas de entrada y salida que permiten realizar las operaciones de regeneración de la resina y suavizamiento del agua.

2.4.4.3. Tanque de almacenamiento de agua tratada: Tanque cilíndrico horizontal de acero al carbono con una capacidad de 50m³, su función es almacenar el agua tratada para suministrarla a la caldera de forma continua. Está conectado a dos bombas centrífugas.

2.4.4.4. Intercambiador de calor: Intercambiador de tubo y coraza de geometría cilíndrica, destinado a calentar el petróleo procedente de la Terminal 320. El crudo fluye por la coraza y el vapor por los tubos a contracorriente. Tiene un diferencial de temperatura de 20⁰C, con un área de transferencia de 15,3 m² y una presión interna de 5 Kg./cm². En este intercambiador, la temperatura del crudo se eleva a 70 ⁰C.

2.4.4.5. Tanque de almacenamiento de crudo: Tanque cilíndrico vertical de acero al carbono con una capacidad 50m³. Está destinado a almacenar el crudo procedente de

la Terminal 320. Las líneas de salida están conectadas a las bombas de crudo que entregan el crudo al tanque interior de la caldera. Diámetro de 3,2m y largo 6,7m.

2.4.4.6. Tanque de alimentación de agua: Tanque cilíndrico horizontal de acero al carbono con una capacidad 15m³. Está destinado a almacenar el agua que alimenta directamente a la caldera. En este tanque se recibe el agua procedente del tanque exterior y a su vez el condensado que retorna de los equipos que consumen vapor. Diámetro de 2.0 m y largo 5.9 m.

2.4.4.7. Tanque nodriza: Tanque cilíndrico horizontal de m³ de capacidad cuya función es almacenar el petróleo caliente para ser suministrado a la caldera. Tiene un serpentín que mantiene el crudo a una temperatura de 80°C.

2.4.4.8. Precalentador: Intercambiador de tubo y coraza de geometría cilíndrica destinado a calentar el petróleo procedente de la Terminal 320. Tiene un diferencial de temperatura de 20°C y un área de transferencia de 7,47 m². El crudo fluye por la coraza y el vapor por los tubos a contracorriente. En este intercambiador la temperatura del crudo se eleva a 120 °C.

2.4.4.9. Caldera de vapor: Caldera pirotubular, de 16 t/h de capacidad de producción de vapor. Consiste en un casco metálico de forma cilíndrica, en cuyos extremos se han colocado para su cierre, placas conocidas como espejos. Colocados dentro del cilindro y yendo de espejo a espejo están los tubos, los cuales se fijan mediante mandrilado o soldadura; por dentro de estos tubos circulan los gases calientes. Tiene un quemador de petróleo que permite la combustión del petróleo crudo, dando origen a los gases de combustión que al circular a través de los tubos suministran el calor necesario para ser absorbidos por el agua y producir el vapor. Por la chimenea se expulsan los gases de combustión y el vapor va a los diferentes consumidores, retornando como condensado a los tanques de recuperación de condensado, desde los cuales se alimenta a la caldera. Tiene un sistema de purgas continuas y extracciones de fondo que permiten drenar el agua a una piscina natural en los casos en que los parámetros de la caldera están altos, como por ejemplo, la alcalinidad y la conductividad. Cuenta también con una bomba dosificadora, para la adición de los aditivos químicos.

2.4.4.10. Bombas de agua: Bombas centrífugas hechas de acero al carbono, situadas a la salida del suavizador, cuya función es suministrar agua al tanque de alimentación de la caldera, cuando el nivel de este tanque está por debajo del valor permisible. Pueden funcionar de forma automática o manual. Su función es garantizar un nivel estable de agua en la caldera. El flujo máximo de operación es de 22 m³/h y tienen una carga de 136m.Potencia 17.3 KW, marca SIEMENS, velocidad de rotación 2900 rpm.

2.4.4.11. Bombas de crudo: Bombas de engrane cuyo material de construcción es hierro fundido y bronce. Tipo P-82(bomba de aceite para baja presión). Presión 10 Kg./cm².Están situadas a la salida del tanque de crudo y su función es suministrar crudo al tanque que alimenta a la caldera, cuando el nivel de este tanque está por debajo del valor permisible. Pueden funcionar de forma automática o manual. Su función es garantizar un suministro estable de crudo en el quemador de la caldera. El flujo máximo de operación es de 61 l/min. y tienen una carga de 100m.Potencia de 15 KW.

2.5. Inventario del estado de la instrumentación del proceso y su importancia en la prevención de accidentes.

El estado de instrumentación de un proceso tecnológico es de vital importancia para la prevención de accidentes. Constantemente se deben estar controlando los parámetros de operación del proceso y se necesita que los equipos encargados de efectuar tales mediciones se encuentren en el mejor estado técnico posible, para garantizar resultados confiables, puesto que una desviación de dichos parámetros de operación, puede traer graves consecuencias, desde la obtención del producto sin la calidad requerida, hasta casos de desastre, principalmente por 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 del tipo BLEVE). El conocimiento de las posibles condiciones de operaciones normales y anómalas, permite considerar y eliminar diferentes sustancias como susceptibles de provocar un accidente mayor (Casal, 1991).

2.6. Descripción del método empleado para caracterizar las sustancias tóxicas.

El primer paso para una identificación correcta del peligro potencial de una instalación industrial es la identificación y caracterización de las 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).

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

2.6.1. Identificación del producto.

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

2.6.2. 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

2.6.3. 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)

2.6.4. 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).

Sust.	Toxicidad							
	Toxi. Agu- da	Irrita- ción	Sensibili- za- ción	Tox. por dosis repetida	Mutage - nicidad	Carcinoge - nicidad	Corro - sión	Tox. para la repro- duc- ción

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

2.6.5. Datos de reactividad.

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

2.6.6. 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 sustancias.
- 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.

2.6.7. 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.

2.7. Descripción de la técnica empleada para la evaluación de riesgos.

Para la evaluación de los riesgos se emplea la técnica del análisis HAZOP, también conocido como análisis de riesgo y operabilidad (Casal, 1991).

2.7.1. Descripción y objetivo.

El análisis de peligros y operatividad (Hazard and Operability) (Analysis, HAZOP), análisis funcional de operatividad (AFO) o análisis operativo (AO), es un método que fue diseñado en Inglaterra en la década de los sesenta por Imperial Chemical Industries (ICI) para aplicarlo al diseño de plantas de fabricación de pesticidas. El análisis HAZOP, 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. El análisis pretende, mediante un protocolo relativamente sencillo, estimular la creatividad de un equipo de expertos con diferente formación para encontrar los posibles problemas operativos. 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 sin importancia del proceso, hasta un accidente mayor de graves consecuencias.

2.7.2. Metodología del 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 y de la información requerida. Además, debe estudiarse el sistema o proceso ya definido,

para conocer la información disponible, prepararla y organizar el equipo de estudio, planear la secuencia de estudio y las sesiones de trabajo. Después del estudio previo se puede comenzar el análisis propiamente dicho. El primer paso es la selección de los elementos críticos que deben estudiarse (depósitos, reactores, separadores, etc.).

A continuación, sobre cada nodo de estudio, que corresponde a cada línea de fluido de cada elemento seleccionado, y de forma secuencial y repetitiva, se aplican las palabras guía (no, más, menos, otro, parte de, etc.) a cada una de las condiciones de operación del proceso, las sustancias y las variables que intervienen (flujo, presión, temperatura nivel, tiempos, etc.). Operando de esta manera se generan las desviaciones significativas de las condiciones normales de operación y se realiza un repaso exhaustivo de los posibles funcionamientos anómalos.

El estudio de las desviaciones conduce a la identificación de sus posibles causas y consecuencias y, por lo tanto, del riesgo potencial y de los problemas derivados de un funcionamiento incorrecto; paralelamente, se buscan los medios protectores del sistema. Toda la información del análisis es documentada ordenadamente en forma de tabla, hecho que permite la evaluación cualitativa de las medidas de control y seguridad. A partir de esta información es relativamente sencillo, implementar nuevas medidas para la mejora de la seguridad y fiabilidad del sistema.

2.7.3. Organización del estudio.

Los análisis HAZOP son, en general, estudios multidisciplinarios. La ejecución del estudio HAZOP requiere un conocimiento detallado del sistema que se quiere auditar y del protocolo de análisis. Esta característica condiciona que el trabajo se realice en equipo, donde debe haber representantes de las distintas áreas de conocimiento implicadas en el proceso. Los miembros de los equipos de trabajo son de dos tipos: los técnicos y los analistas de riesgo. Los técnicos implicados en el estudio soportan el apartado técnico. Los componentes deben ser especialistas en las áreas de conocimiento implicadas en el estudio; es aconsejable que sean verdaderos expertos. Las áreas de conocimiento implicadas en cada estudio pueden variar substancialmente en función del objeto del mismo (refinerías, plantas químicas, centrales eléctricas,

centrales nucleares, parques de almacenamiento de combustible, etc.) y del objetivo del estudio que se quiere desarrollar: diseño de nuevas instalaciones, revisión de instalaciones en funcionamiento, modificaciones, etc. Los analistas de riesgo deben dar soporte logístico al estudio, es decir, dirigir, moderar y documentar el análisis. Los analistas deben ser especialistas en aplicar la metodología HAZOP.

Como tareas previas al desarrollo del HAZOP, tienen que definir el objetivo y el alcance del estudio, seleccionar el equipo técnico y formarlo en el método de análisis. Además, los analistas deben tener la formación necesaria para entender y controlar la discusión de forma satisfactoria. El estudio se realiza en diversas sesiones de trabajo, de una duración no superior a dos o tres horas, donde la carga de trabajo tiene que ser racional para motivar y estimular la creatividad y la imaginación (brainstorming) del equipo de estudio y garantizar así, la utilidad de los resultados obtenidos.

2.7.4. Requisitos y limitaciones.

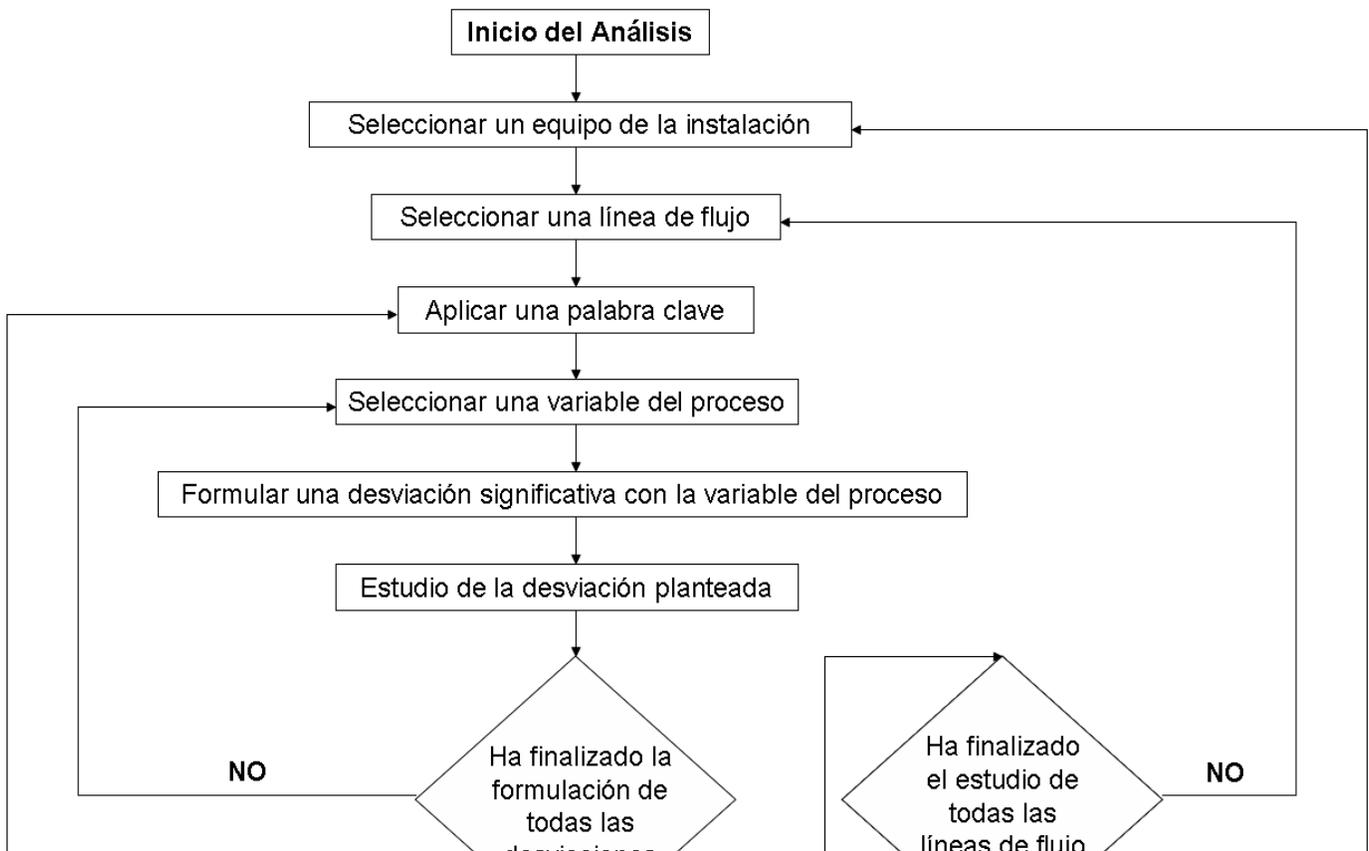
El método de análisis HAZOP presupone tres hipótesis:

- La instalación está bien diseñada, en relación con la experiencia, el conocimiento de los procesos implicados y la aplicación de las normas y códigos pertinentes.
- Los materiales de construcción han sido los adecuados y la construcción y el ensamblaje se han hecho correctamente.
- Los análisis son una “fotografía instantánea” donde se mezclan sucesos de efecto inmediato, con sucesos de elevada inercia temporal.
- Los análisis HAZOP requieren, para ser desarrollados, que por lo menos el diseño del proceso sea completo en las partes más esenciales y que, en instalaciones en funcionamiento, la información esté actualizada. El grado de detalle de la información disponible condiciona el grado de detalle y la corrección del análisis.

2.7.5. Resultados y aplicabilidad.

El resultado principal de los análisis HAZOP es un conjunto de situaciones peligrosas y problemas operativos y una serie de medidas orientadas a la reducción del riesgo existente o a la mitigación de las consecuencias de los problemas operativos. Estas medidas se dan en forma de cambios físicos en las instalaciones, modificaciones de protocolos de operación o recomendaciones de estudios posteriores, para evaluar con más detalle los problemas identificados o la conveniencia de las modificaciones propuestas. El análisis HAZOP, es un instrumento de estudio muy indicado para procesos en fase de diseño y construcción, donde la documentación está totalmente actualizada y las recomendaciones del análisis no suponen modificaciones costosas ni paros en la planta.

El análisis HAZOP se lleva a cabo en las diferentes áreas de la Empresa donde tienen lugar el proceso de mezcla, el de calentamiento y el de recepción almacenamiento y entrega, realizándose un estudio de los riesgos para cada equipo del proceso (tanques de almacenamiento de crudo, bombas, intercambiadores de calor, filtro y generador de vapor). Dicho análisis se realiza teniendo como punto de partida la metodología planteada anteriormente y siguiendo el diagrama lógico de ejecución que a continuación se muestra:



Capítulo 3. Evaluación de los riesgos.

Capítulo 3. Evaluación de los riesgos.

3.1. Caracterización de las sustancias involucradas en el proceso.

En el proceso tecnológico de la Base de Crudo y Suministro existen cuatro productos involucrados: el petróleo crudo, el sulfuro de hidrógeno que acompaña al petróleo crudo, el Bycosín y el formaldehído, que constituyen las materias primas fundamentales.

En la tabla siguiente se muestran las especificaciones de calidad del petróleo crudo nativo mejorado (PCNm)

Tabla 3.1. Especificaciones del petróleo crudo.

			Valor especificado	
Índices de calidad	U/M	PCNM-1400	PCNM-1100	LIM

Viscosidad a 50 °C	mm ² /s	1400	1100	Máx.
Azufre total	% m/m	8.0	8.0	Máx.
Temp. de Inflamación	°C	ambiente	ambiente	
Temp. de fluidez	°C	+ 15	+ 15	Máx.
Carbón conradson	% m/m	15	15	Máx.
Densidad a 15 °C	g/cm ³	0.9994	0.9959	Máx.
Gravedad a 15 °C	“API	10	10.5	Min.
Valor calórico neto	Kcal./Kg.	9000	9000	Min.
Agua por destilación	% v/v	2.0	2.0	Máx.
Sedimentos por extracción	% m/m	0.15	0.15	Máx.
Cenizas	% m/m	0.10	0.10	Máx.
Asfáltenos	% m/m	18	18	Máx.
Vanadio	Ppm	150	150	Máx.
Sodio	Ppm	280	280	Máx.
Aluminio + Silicio	Ppm	80	80	Máx.

Fuente: catálogos de especificaciones de materias primas y productos.

3.1.1. Caracterización del petróleo crudo.

3.1.1.1 Identificación del producto.

Nombre del producto: Petróleo crudo

Etiquetado de peligro (frases R y S):

R2/R3/R5/R7/R16/R18/R22/R25/R36/R37/R38/R42/R43/R44/R45/R52/R54/R55/R56

S1/S2/S3/S7/S9/S14/S16/S17/S21/S23/S24/S25/S28/S29/S40/S41/S43/S46/S50

El significado de las frases R y S aparece en los anexos 9 y 10.

3.1.1.2. Datos físicos.

Composición: Por su composición, el petróleo representa una mezcla compleja de hidrocarburos (alcanos, ciclo alcanos, arenos) y de compuestos que, además de carbono e hidrógeno, contienen heteroátomos, oxígeno, azufre y nitrógeno.

Apariencia: Por su aspecto exterior el petróleo es un líquido oleoso fluorescente a la luz. El color del petróleo depende del contenido y de la estructura de las sustancias resinosas que incluye; se conocen petróleos oscuros (pardos, casi negros), petróleos claros e, incluso, incoloros.

Densidad: 0.78 a 0.97 g/ml

Viscosidad: 40°C: 9634,78 cSt .La viscosidad de este se determina por su composición, y en todos los casos es mucho más alta que la del agua.

Temperatura de ebullición: Varía en dependencia de la composición desde valores cercanos a la temperatura ambiente, hasta temperaturas superiores a los 300oC.

Calor de combustión: El petróleo es un material combustible, su calor de combustión supera el de los minerales combustibles sólidos, (carbón, esquistos, turba).

3.1.1.3. Peligros para la salud.

Ingestión: La ingestión de hidrocarburos puede afectar tres sistemas orgánicos fundamentales: pulmón, aparato gastrointestinal y sistema nervioso. Los síntomas respiratorios son: tos, ahogo, sibilancias y ronqueras.

Generalmente son irritantes de boca, faringe e intestino. Se han observado vómitos espontáneos hasta en el 40% de los pacientes. Muchos presentan náuseas, malestar intestinal, distensión abdominal, eructos y flatulencia.

Aspiración: El pulmón es el principal órgano diana de la toxicidad por hidrocarburos. La toxicidad pulmonar aparece fundamentalmente por aspiración. La toxicidad pulmonar del hidrocarburo aspirado, es el resultado de la inhibición de la actividad surfactante y de la lesión directa de los capilares y el tejido pulmonar. El riesgo de aspiración depende de las propiedades de viscosidad, volatilidad, y tensión superficial del hidrocarburo. El mayor riesgo de aspiración corresponde a un producto de baja viscosidad, baja tensión superficial y gran volatilidad.

Contacto: Dermatitis de contacto, produce irritación de la piel y picores, la piel en este estado facilita la absorción de los componentes del crudo. Se ha asociado un aumento del riesgo de cáncer de piel con la presencia de hidrocarburos poliaromáticos. Irritación de los ojos por contacto con gotas de crudo. Algunos componentes pueden ser absorbidos a través de la córnea.

Tabla 3.2. Modelo para la clasificación toxicológica del petróleo crudo.

Sust.	Toxicidad							
Petró- leo crudo	Toxi. Agu- da	Irrita- ción	Sensibiliza- ción	Tox. por dosis repetida	Mutage- Nicidad	Carcinoge- nicidad	Corro- sión	Tox. para la repro- ducción

	X	X O,P,R	X			X	X	
--	---	------------	---	--	--	---	---	--

Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.4. Daños ambientales.

Efectos del vertido de crudo en la naturaleza y economía:

- Alteración física y química de los hábitats naturales (las especies más resistentes toman los espacios dejados por otras especies desaparecidas).
- Efectos físicos en la flora y fauna, que pueden llegar a ser letales.
- La fauna puede verse afectada por varios factores: la persistencia de una mancha de crudo limita el paso de la luz y por tanto reduce la actividad fotosintética de muchas plantas, si la mancha las cubre dificulta también su función reproductora y la fijación.
- Cambios de mayor o menor importancia, según el vertido, en las comunidades y organismos del área afectada.
- Cambios en los hábitos de poblaciones migratorias (aves o peces).
- Contaminación en especies de la cadena alimenticia humana, peces, moluscos... (aunque sobrevivan pueden estar contaminados y por tanto ser perjudicial su consumo).
- Pérdida de zonas pesqueras o marisqueras.
- La transparencia que queda al limpiar las áreas marinas contaminadas se debe a la inexistencia de fauna y fitoplancton.
- Pérdida de parajes con valor natural, recreativo o vacacional.
- Mala imagen para los sectores dependientes de la costa y el mar.
- Suspensión temporal de las actividades industriales o de ocio que en sus procesos requieran agua de mar limpia (piscifactorías, acuarios...).
- Problemas para la navegación, afectando a sistemas de refrigeración de los motores.

3.1.1.5. Datos de reactividad.

El petróleo es un material combustible. Su principal reacción es la combustión, generando gases contaminantes como son el monóxido de carbono, el dióxido de carbono y el dióxido de azufre.

3.1.1.6. Condiciones de almacenamiento y manipulación en el área de proceso.

El petróleo crudo en el área 4 donde tiene lugar el proceso, se almacena a 50°C y presión atmosférica en los tanques # 33, 34,35 y 36 de capacidad 10 000 m³, el tanque 37 de 50000 m³ y los tanque 71 y 72 de 384 m³ cada uno. Son tanques cilíndricos verticales con techo fijo cónico y están fabricados de acero CT-3. Tienen serpentines por los que circula el vapor para el calentamiento del producto. Para su protección, los tanques cuentan con un sistema de protección contra incendios, anillo de enfriamiento, cámara de espuma, hidrantes con mangueras, sistemas de soporte para el techo. En el techo se sitúan válvulas de presión y vacío que regulan la presión en el tanque. Cada recipiente se encuentra situado dentro de un cubeto de cemento o muro de contención para garantizar que en caso de averías en el tanque el producto se quede retenido. El tipo de avería que tiene lugar en estos recipientes son los derrames de producto. Pueden ocurrir incendios y explosiones.

3.1.1.7. Condiciones para su uso en el proceso.

El petróleo crudo constituye la materia prima fundamental para la entrega a buques tanques y el bombeo a las termoeléctricas. La tubería que conduce esta sustancia desde los tanques de almacenamiento hasta los distintos destinos es de 14 pulgadas, para la preparación de los tanques de las termoeléctricas y para la entrega a buque es de 24 pulgadas y están construidas de acero al carbono al igual que los accesorios que la conforman (codos de 90° y 45°, válvulas de cheque y de compuerta). El producto es conducido por esta tubería a 50°C por gravedad. El sistema de tuberías cuenta con expansiones térmicas para evitar roturas por dilatación y aislamiento térmico, sin embargo, no tiene protección catódica contra la corrosión. Los principales fallos ocurridos en los equipos del proceso son: derrames en los tanques, roturas de las bombas, averías de los techos, salideros.

3.1.2. Caracterización del sulfuro de hidrógeno.

3.1.2.1. Identificación del producto.

Nombre del producto: Sulfuro de hidrógeno

Familia química: Hidruro no metálico

Nombre químico: Sulfuro de hidrógeno

Fórmula: H₂S

Apariencia: El sulfuro de hidrógeno es un gas tóxico, inflamable, incoloro, con olor a huevo podrido y de sabor dulce. Este gas es más denso que el aire y arde con llama azul pálida. Es considerado muy tóxico, sin embargo su olor tan desagradable permite que sea percibido a muy bajas concentraciones.

Sinónimos: Monosulfuro de dihidrógeno, sulfuro de dihidrógeno, sulfuro de hidrógeno, dihidruro de azufre.

3.1.2.2. Datos físicos.

Densidad gaseosa a 21°C y 1 atm: 1.46 kg/m³

Densidad líquida en el punto de ebullición: 915 kg/m³

Punto de ebullición: - 60°C

Punto de fusión: - 86°C

Punto de congelación: - 82.8°C

Presión de vapor: 18,1 bar a 20°C, 36,5 bar a 50°C

Temperatura de auto ignición: 260°C

Límites de inflamabilidad (en aire por volumen, %):

Inferior (LEL): 4.3% Superior (UEL): 45.5%

Límites de explosividad: 4,3-45,5 % v

Umbral de olor: 0,01 ppm

Solvólisis: en agua: 4,0 g/l a 20°C

3.1.2.3. Daños para la salud.

Inhalación: Los primeros síntomas de intoxicación, de manera general, son: náusea, vómito, diarrea, irritación de la piel, lagrimeo, falta de olfato, fotofobia y visión nublada. Los síntomas de una intoxicación aguda son: taquicardia o bradicardia, hipotensión, cianosis, palpitaciones, arritmia cardíaca. Además, puede presentarse respiración corta y rápida, edema bronquial o pulmonar, depresión pulmonar y parálisis respiratoria. Los efectos neurológicos en estos casos son irritabilidad, vértigo, cansancio, confusión, delirio, amnesia, dolor de cabeza y sudoración. Se presentan también calambres musculares, temblores, salivación excesiva, tos, convulsiones y coma.

Contacto con los ojos: Se produce irritación de la conjuntiva, provocando fotofobia, queratoconjuntivitis y vesiculación del epitelio de la córnea, aún a concentraciones de 20 ppm o más bajas, por algunas horas. Si la exposición es repetida se presentan adicionalmente, lagrimeo, dolor y visión nublada. Un envenenamiento crónico provoca hinchazón de la conjuntiva y los párpados. Las personas que manipulen este producto, no deberían usar lentes de contacto.

Efectos crónicos: Las exposiciones severas que no resultan en muerte, pueden causar síntomas a largo plazo, tales como, pérdida de la memoria, parálisis de músculos faciales, o daño del tejido fino del nervio. La sobre-exposición crónico puede causar daño de ojo permanente.

Carcinogenicidad: El sulfuro de hidrógeno está listado por la NTP, OSHA, o IARC.

Tabla 3.3. Modelo para la clasificación toxicológica del sulfuro de hidrógeno.

Sust.	Toxicidad							
sulfuro	Toxi.	Irrita- ción	Sensibiliza -	Tox. por dosis	Mutage -	Carcinoge-	Corro-	Tox. para la

de hidrógeno	aguda		ción	repetida	nicidad	nicidad	sión	repro- ducción
	X	X O,R	X			X		

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2.4. Comportamiento en el medio ambiente

3.1.2.4.1. Agua:

El sulfuro de hidrógeno es soluble en agua. El aire que flota sobre estas soluciones, puede llegar a explotar. Cuando el sulfuro de hidrógeno se infiltra en las capas freáticas (filtración desde las orillas), ésta se vuelve inapta para el consumo humano, también es dañino para los peces.

3.1.2.4.2. Aire:

Al expandirse, este gas forma rápidamente gran cantidad de neblina fría y mezclas explosivas extraordinariamente tóxicas. Esta neblina es más densa que el aire, se arrastra a ras del suelo y en caso de ignición, puede producir una lengua de fuego que llega a gran distancia.

3.2.4.3. Suelo:

La presencia de sulfuro de hidrógeno en el suelo no se debe tanto a la aplicación de abonos sulfurados como al laboreo inadecuado del campo. En condiciones anaeróbicas, por ejemplo, por saturación y compactación del suelo en presencia de materia orgánica (rastros) en rápida descomposición por acción microbiana, puede formarse sulfuro de hidrógeno como resultado de la reducción de sulfatos y de la mineralización de compuestos sulfurados orgánicos.

3.1.2.5. Evaluaciones y observaciones

La presencia de sulfuro de hidrógeno se detecta inmediatamente por su típico olor a huevo podrido, pero aun así a menudo se dan cuadros por exposición crónica

(enfermedad laboral). Por este motivo debe monitorearse en forma continua el aire en el lugar de trabajo.

Debido a que toda agua que entra en contacto con sulfuro de hidrógeno deja de ser potable, debe mantenerse a esta sustancia lejos de cuerpos de agua. También debe evitarse cualquier emisión de sulfuro de hidrógeno a la atmósfera.

3.1.2.6. Datos de reactividad.

Productos de descomposición: Agua y dióxido de azufre.

El sulfuro de hidrógeno puede explotar o entrar en combustión en un amplio rango de mezcla en el aire. Comienza a ser un peligroso reactivo cuando se mezcla con ácido nítrico concentrado u otros fuertes agentes oxidantes, tales como ácido sulfúrico. Los vapores pueden combustionar espontáneamente, cuando se mezclan con vapores de cloro, difloruro de oxígeno, o trifloruro de nitrógeno.

3.1.2.7. Medidas de protección.

3.1.2.7.1. Medidas de primeros auxilios:

En cualquier caso de sobre exposición al sulfuro de hidrógeno, es obligatoria una rápida atención médica, el personal de rescate debe estar equipado con equipos de respiración autónoma y estar informado de los peligros de incendio, explosión y de fatiga olfatoria debido a la sobreexposición (Galán, 2002).

3.1.2.8. Medidas contra incendio.

3.1.2.8.1. Medios de extinción: Rocío de agua, polvo químico seco y dióxido de carbono.

3.1.2.8.2. Elementos de protección: Los socorristas o personal de rescate, deben contar como mínimo con un aparato de respiración auto-contenido y protección personal completa, a prueba de fuego (equipo para línea de fuego).

3.1.2.8.3. Procedimiento en caso de incendio: Evacuar a todo el personal de la zona peligrosa. En lo posible, detener la fuga cerrando la válvula, ya que, esta alimenta el

fuego. Los cilindros expuestos al fuego deben ser enfriados, rociándolos con agua desde un lugar seguro y retirado del área posteriormente (Galán, 2002).

3.1.2.8.4. Medidas contra escape accidental: Evacuar a todo el personal de la zona afectada hacia un lugar contrario a la dirección del viento. En lo posible, cerrar la válvula del suministro de sulfuro de hidrógeno. Prevenir la entrada de producto en las alcantarillas, sótanos, fosos de trabajo o cualquier otro lugar donde la acumulación pudiera ser peligrosa. Usar agua en forma de rocío para controlar los vapores (Galán, 2002).

Precauciones a tomar en el área afectada: Remover toda fuente de calor, ignición y si es posible, separar todo material combustible del área del escape.

3.1.2.8.5. Métodos de limpieza: Ventilar el área encerrada o mover el cilindro a un área ventilada.

3.1.2.9. Controles de exposición / protección personal:

3.1.2.9.1. Ventilación: Se recomienda usar exhaustiva ventilación local, para prevenir la acumulación de sulfuro de hidrógeno en el lugar de trabajo. Es apropiado instalar un equipo de monitoreo automático para detectar los niveles de sulfuro de hidrógeno y oxígeno; éste se debe instalar en el área en donde se utiliza o se almacena el sulfuro de hidrógeno (Galán, 2002).

3.1.2.9.2. Equipos de detección: Utilice sistemas de detección de gases diseñados de acuerdo a sus necesidades. Para mayor seguridad se sugiere seleccionar una escala que contemple valores superiores al TLV (Valor umbral limeta).

3.1.2.9.3. Equipo de protección personal:

Usar protección respiratoria como equipo de auto-contenido (SCBA) o máscaras con mangueras de aire y de presión directa, cuando se presenten escapes de este gas o durante las emergencias. Los purificadores de aire no proveen suficiente protección. Para el manejo de cilindros es recomendable usar guantes de neopreno, polietileno o PVC, verificando que estos estén libres de aceite y grasa; gafas ajustables de

seguridad y botas con puntera de acero.

3.1.3. Caracterización del formaldehído.

3.1.3.1. Identificación del producto:

Nombre del producto: formaldehído o metanal.

Fórmula: $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$

3.1.3.2. Datos físicos:

Apariencia: Incoloro

Masa molecular relativa: 30,03 g

Densidad: 0,8153 g/cm³ (líquido a -20°C)

Densidad relativa del gas: 1,04

Punto de fusión: -92,0 -118,0°C

Punto de ebullición: -19,2°C (sustancia pura)

Punto de inflamación: 32-61°C (solución acuosa)

Temperatura de ignición: 300-430°C (solución acuosa)

Límites de explosividad: 7-73 % V

Solvólisis: En agua se disuelve por completo; fácilmente soluble en éter, alcohol y otros solventes polares.

Factores de conversión: 1 mg/m³ = 0,80 ppm

1 ppm = 1,25 mg/m³

3.1.3.3. Peligros para la salud.

Seres humanos/mamíferos: El formaldehído irrita intensamente las mucosas, la conjuntiva, la piel y las vías respiratorias superiores, tanto en su forma gaseosa como

de vapor o en aerosol. Disuelto en agua, es un tóxico protoplasmático con efecto cáustico y desnaturalizador de la albúmina. En contacto con la piel produce necrosis de coagulación superficial con formación de costras, piel apergaminada e insensibilidad. Cuando se ingieren o inhalan cantidades mayores, se originan lesiones en el esófago o en la tráquea, dolores en el tracto gastrointestinal, vómitos, pérdida del conocimiento y colapso. 60 ml de líquido o 650 ml de vapor por m³ pueden resultar mortales al cabo de pocos minutos. Aún se discute si el formaldehído tiene efectos cancerígenos, pero éstos probablemente se confirmen. No se conocen hasta el presente lesiones tardías ni acumulativas.

Tabla 3.4. Modelo para la clasificación toxicológica del Formaldehído.

Sust.	Toxicidad							
	Toxi. aguda	Irritación	Sensibilización	Tox. por dosis repetida	Mutagenicidad	Carcinogenicidad	Corrosión	Tox. para la reproducción
Formaldehído	X	X O,R,P	X	X			X	X

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3.4. Comportamiento en el medio ambiente:

3.1.3.4.1. Agua:

Debido a su gran solubilidad, alrededor del 99 % de todo el formaldehído que es liberado al medio ambiente se encuentra en el agua (BMJFG, 1984).

3.1.3.4.2. Aire:

Alrededor del 1% del formaldehído emitido al medio ambiente llega a la atmósfera pero es rápidamente arrastrado a tierra por las precipitaciones. Debido al tiempo de persistencia relativamente corto, no es transportado a grandes distancias. Cuando el formaldehído bajo presión se expande, forma nieblas frías. Estas nieblas son más

densas que el aire, se evaporan fácilmente y forman con el aire mezclas agresivas y explosivas (incluso sobre los espejos de agua).

3.1.3.4.3.Suelo:

Se desconocen los efectos del formaldehído en el suelo y hasta el presente no se ha constatado bioacumulación. La infiltración en los cuerpos de agua subterráneos es de menor importancia porque el formaldehído tiende a evaporarse del suelo.

3.1.3.5. Evaluaciones y observaciones.

El formaldehído no sólo ingresa al cuerpo humano por exposición en el lugar de trabajo; su uso como adhesivo para la fabricación de placas de madera aglomerada y su mezcla con urea (carbamida) para producir espumas aislantes de colocación en obra, han sido reglamentados tanto en Alemania como en otros países. Cuando se utilizan estos materiales en la construcción, se generan emanaciones que traspasan las paredes hacia el interior de las viviendas.

3.1.3.6. Datos de reactividad.

Al entrar en contacto con ácidos y álcalis, el formaldehído se polimeriza espontáneamente. Reacciona con agua formando polimetilenos. Con HCl forma bis (clorometil) éter, que es altamente carcinógeno y cataliza aminas secundarias, formando compuestos N-nitrosos/ nitrosaminas que también son carcinógenos. El formaldehído sufre violentas reacciones de condensación con el amoníaco o con las aminas y se desproporciona con sustancias alcalinas formando metanol y ácido fórmico.

3.1.3.7. Medidas de protección.

Para prevenir la exposición al formaldehído es necesario reducir al mínimo posible su presencia en el puesto de trabajo, proteger al trabajador frente a salpicaduras y contactos directos con la piel y establecer un plan de formación e información del personal que lo maneja. Se debe evitar la existencia de fuentes de contaminación innecesarias, como recipientes abiertos y eliminar rápidamente los derrames. Deben observarse procedimientos de trabajo adecuados, evitando la evaporación y la

formación de aerosoles y manteniendo los recipientes cerrados. La utilización de vitrinas con encerramiento y aspiración forzada, reduce la presencia de formaldehído, siendo preferible a la utilización de extracciones localizadas móviles, que también son recomendables en casos concretos. Por otra parte, una adecuada renovación general del aire colabora a la minimización de las concentraciones residuales.

Existen también unidades portátiles de extracción que aspiran el aire a través de unos filtros impregnados con permanganato de potasio, que fija químicamente al formaldehído. Estas unidades son especialmente útiles para eliminar el aldehído en salas de almacenaje de piezas pequeñas, fijadas con formaldehído.

Los Equipos de Protección Individual recomendados generalmente para trabajar con formaldehído, son los que protegen de contacto dérmico y de salpicaduras, como guantes, delantales, gafas y máscara facial. Si se pretende evitar completamente la inhalación de vapores, debe recurrirse a la utilización de equipos de protección respiratoria incluyendo filtros químicos del tipo BP3. Consultar siempre su adecuación al fabricante y leer detenidamente el folleto explicativo.

3.1.4. Caracterización del Bycosín.

Descripción: líquido oleoso de color pardo oscuro – rojizo, mezcla de productos orgánicos, que tiene un porcentaje elevado de hierro.

Peligrosidad: es tóxico y dañino al medio ambiente, a las aguas subterráneas en caso de derrame.

Tabla 3.5. Modelo para la clasificación toxicológica del Bycosín.

Sust.	Toxicidad
--------------	------------------

Bycosín	Toxi. aguda	Irrita- ción	Sensibiliza - ción	Tox. por dosis repetida	Mutage - nicidad	Carcinoge- nicidad	Corro- sión	Tox. para la repro- ducción
		X O,P		X		X		

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Evaluación de los riesgos por HAZOP.

3.2.1. Análisis HAZOP en los tanques de almacenamiento de crudo.

3.2.1.1 Caracterización de los tanques.

En los tanques de almacenamiento una de las principales variables que se controlan es el **nivel de crudo**. El operador debe estar alerta porque si el tanque no se está descargando por un descuido a la hora de regular la válvula de salida, o si no cierran la válvula de alimentación, el nivel en el mismo podría sobrepasar el límite establecido y ocurriría un derrame del producto lo que traería como consecuencia la generación de graves daños.

La temperatura del crudo es otra variable que se controla en los tanques de almacenamiento. esta debe ser de 50°C para que el crudo no sea tan viscoso y se pueda garantizar gran facilidad en el trasiego del crudo durante el proceso y cumplir los requerimientos de calidad establecidos. Para mantener esta temperatura en el tanque se emplean serpentines, con un flujo de vapor predeterminado.

Otra variable que también se controla en los tanques de almacenamiento es la **composición del crudo**. Este presenta en menor medida agua (2 %), pero en caso de tener más que la permitida, se hace necesario el drenado del tanque para garantizar que el producto cuente con la calidad requerida. Este drenado debe efectuarse por las mañanas fundamentalmente, antes de comenzar las operaciones.

La tabla que se presenta a continuación muestra el análisis HAZOP en los tanques de almacenamiento de crudo.

Tabla 3.6. Análisis HAZOP en los tanques de almacenamiento de crudo.

Palabra guía	Variable	Desviación	Causas posibles	Consecuencias posibles	Medidas correctoras
menos	nivel	-Nivel del tanque por debajo del establecido	-El consumo es mayor que el suministro	-Cavitación de la bomba. -Demora en la entrega a los buques.	-Parar el bombeo -Cambiar de tanque
menos	temperatura	-Baja temperatura del producto	- Los serpentines no están funcionando o funcionan pero de forma incorrecta - No llega suficiente flujo de vapor - El producto proveniente del oleoducto centro no llega a la temperatura requerida -Mal funcionamiento del	- Aumento de la viscosidad del producto - Demora en la descarga del producto - Violación del tiempo pactado para la entrega y penalización a la Empresa	- Controlar el buen funcionamiento de los serpentines - Garantizar que el producto proveniente del oleoducto centro llegue a la temperatura requerida -Reparar o sustituir el

			Intercambiador de calor		intercambiador de calor
más	nivel	-Nivel del tanque por encima del establecido	-Descuido de los operadores al seguir recibiendo sin observar el nivel del tanque o no abrir la válvula de salida	-Desbordamiento del tanque y derrame del producto con los consecuentes daños y pérdida del mismo.	Parar la alimentación al tanque
otro	composición	-Presencia de agua en el crudo	-Descuido de no drenar el tanque antes de comenzar la operación	- Incumplimiento de la calidad del producto - Parada de la entrega	-Drenar el tanque por las mañanas

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 3.6. podemos concluir que aunque todas las variables son importantes, la que puede ocasionar un riesgo mayor es el nivel de producto de los tanques, por las consecuencias que ocasiona un alto o bajo nivel, como son los impactos al medio ambiente al ocurrir derrames cuando se sobrepasa la altura operacional y rotura de equipos (bombas) por bajo nivel.

3.2.2. Análisis HAZOP en las bombas.

En el área también se tienen bombas para garantizar la distribución del producto, en éstas siempre se debe estar controlando la presión de descarga para que sea más eficiente el bombeo, además del caudal de salida. A continuación se presenta una tabla que muestra las características de las bombas.

La tabla que se presenta a continuación muestra el análisis HAZOP en las bombas

Tabla 3.7. Análisis HAZOP en las bombas.

Palabra guía	Variable	Desviación	Causas posibles	Consecuencias Posibles	Medidas correctoras
menos	presión	Disminución presión de descarga de la bomba	<ul style="list-style-type: none"> -La viscosidad del producto es menor. -La bomba casi no aspira producto. -Existe fuga en la línea. -Error de la alineación del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Demora en el bombeo - Afectaciones en la bomba 	<ul style="list-style-type: none"> - Parar el bombeo - Sustituir la bomba en caso necesario
menos	caudal	Menos caudal del establecido	<ul style="list-style-type: none"> -Problemas mecánicos de la bomba 	<ul style="list-style-type: none"> -demora en la operación. 	<ul style="list-style-type: none"> -Revisar la bomba parte del personal de mantenimiento
más	presión	Presión excesiva de la bomba	<ul style="list-style-type: none"> - Existe alguna válvula cerrada en la línea de operación - El producto está 	<ul style="list-style-type: none"> - Rotura en la línea en que se efectúa la operación - Pérdida del 	<ul style="list-style-type: none"> -Verificar los accesorios en las líneas de operación

			frío en la línea de operación	producto	
--	--	--	----------------------------------	----------	--

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de las bombas, todas las variables analizadas son fundamentales por las consecuencias que puede traer para el equipo y el medio ambiente, una variación de presión o de caudal, como se refleja en el análisis Hazop

3.2.3. Análisis HAZOP en los intercambiadores de calor.

Los intercambiadores de calor son de gran utilidad en el proceso pues su buen funcionamiento contribuye a alcanzar la temperatura requerida que garantiza que el petróleo fluya con mayor facilidad hacia los muelles u otras áreas y no se penalice a la Empresa por demora en la entrega a buques.

Para ello se debe controlar la temperatura de trabajo, regular los flujos de vapor y de crudo, para que se consuma solo el vapor necesario y lograr la temperatura necesaria en cada uno de los intercambiadores para que no ocurra pérdidas económicas en la Empresa.

A continuación se presenta una tabla que muestra el análisis HAZOP en el intercambiador de calor.

Tabla 3.8. Análisis HAZOP en los intercambiadores de calor.

Palabra guía	Variable	Desviación	Causas posibles	Consecuencias posibles	Medidas correctoras
menos	temperatura	-Baja temperatura del producto a la salida del intercambiador	<ul style="list-style-type: none"> - Mala operación del sistema de condensado - Fallas en las trampas de vapor - Insuficiente suministro de vapor por parte de la caldera - Incrustaciones en el equipo - Variación en los parámetros de operación de los fluidos 	<ul style="list-style-type: none"> - No se logra la temperatura requerida para el producto final - Aumento de la viscosidad del fluido 	<ul style="list-style-type: none"> - Suministrar la cantidad de vapor requerida - Realizar la limpieza y mantenimiento del equipo en el tiempo requerido. - Manipular adecuadamente las trampas de vapor - Correcta regulación de los fluidos caliente y frío
menos	caudal	-Poco flujo de vapor a la entrada del intercambiador	-Insuficiente suministro de vapor por parte de	-Aumento de la viscosidad del producto	-cerrar el suministro de vapor a algunos consumidores

		dor	la caldera.	-No se logra la temperatura requerida para el producto final.	que no son imprescindibles
menos	caudal	Poco flujo de crudo a la entrada del intercambiador	-Deficiencia en el bombeo -alta viscosidad del producto	-Sobrecalentamiento del producto por encima de los valores establecidos.	-Sustituir la bomba que está en servicio -Cambiar de tanque
Menos	presión	Baja presión de vapor a la entrada del intercambiador	-Insuficiente suministro de vapor	-Embotellamiento del condensado en el interior del condensado	-Regular correctamente el suministro de vapor
Más	temperatura	- Aumento de la temperatura a la salida del intercambiador	- Bajo caudal de crudo. - Aumento del flujo de vapor	- Mayor consumo de vapor - Daños materiales de los equipos - Disminución de la viscosidad del fluido	- Correcta regulación de los parámetros de los fluidos caliente y frío - Controlar la alimentación de crudo y vapor

Fuente: Elaboración propia.

Entre las variables analizadas en el intercambiador de calor la que genera mayor riesgo, es la temperatura de salida del producto inferior a la establecida, porque esta situación dificulta el desplazamiento del crudo por las tuberías, causando demoras que repercuten en el desarrollo de las operaciones y causan sobreestadías

3.2.4. Análisis HAZOP en el generador de vapor.

El proceso de calentamiento de crudo, tiene entre sus equipos fundamentales el generador de vapor, que es el encargado de producir el vapor que se usa como medio de calentamiento en la Empresa a partir del agua tratada y es un equipo imprescindible para poder realizar las operaciones de recepción almacenamiento y entrega, pues sin el calentamiento no es posible manipular el crudo. Se realiza el análisis al generador de vapor, porque es el equipo más riesgoso del proceso de calentamiento.

A continuación se muestra el análisis de HAZOP en el generador de vapor.

Tabla 3.9. Análisis HAZOP en el generador de vapor.

Palabra guía	Variable	Desviación	Causas posibles	Consecuencias Posibles.	Medidas correctoras
más	Presión	-Presión superior al valor establecido	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la Temperatura. • Válvula de seguridad defectuosa. • Aumento brusco del flujo de entrada de agua de alimentación por fallo del autómata de control de suministro de agua. • Bloqueada o restringida la válvula de salida del vapor. • Fallo en el sistema de control de presión (fallo del preostato). • Error humano durante las operaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explosión. • Deformación del cuerpo o estructura de la caldera. • Escape de vapor por las tuberías de salida, válvulas y juntas. • Daños al personal. • Daños a la instalación. <p>Suministro de agua hacia los tanques (consumidores).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Parar la caldera • Revisión de los instrumentos involucrados y los sistemas de controles automáticos

			<ul style="list-style-type: none"> • Bajo nivel de agua en la caldera. 		
más	Temperatura de los gases	Aumento de temperatura en la salida de los gases por encima de los 250 °C.	<ul style="list-style-type: none"> • Rotura de la pared de ladrillos refractarios. • Pérdida de espesor de la placa. • Error operacional. • Termómetro mal calibrado 	<ul style="list-style-type: none"> • Rotura o deformación de la placa. • Deformación de las estructuras internas de la caldera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parar la caldera • Reparación de la obra refractaria • Verificar el espesor de la placa y sustituirla si fuera necesario • Revisar las operaciones realizadas. • Verificar el termómetro
menos	Nivel de agua	Nivel de agua en la caldera inferior a los límites permisibles	<ul style="list-style-type: none"> • Error operacional. • Disminución del caudal de bombeo. • Se queda sin agua el tanque de alimentación. • No funcionamiento del sensor de bajo nivel. • Pérdida de contención en la tubería de alimentación de agua (salidero.) • Fallo en el suministro de agua. • Error humano. • Válvula de drenaje abierta. • Pérdida de contención de la caldera. • Fallo eléctrico. • Fallo de la 	<ul style="list-style-type: none"> • Explosión caldera por aumento de la presión. • Daño estructural a la caldera. • Deformación de los tubos de la caldera. • Daños al personal. • Daños a la instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parar la caldera • Cambiar la bomba de agua • Revisar las operaciones realizadas. • Revisar los sensores de nivel. • Reparar salideros

			motobomba.		
menos	temperatura	Baja temperatura del combustible a la entrada a los quemadores	<ul style="list-style-type: none"> • Fallo en el sistema de calentamiento (eléctrico y de vapor). • Falta de mantenimiento. • Mal funcionamiento del intercambiador 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la viscosidad del combustible, aumentando la presión en la línea de fuel-oil y posible rotura de la misma. • Derrame de combustible fuera y dentro de la caldera. • Incendio en caso de fuente de ignición. 	
Otros	Espesor de los tubos interiores al establecido	Rotura de los tubos durante las operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Alto nivel de corrosión por deficiente control del régimen químico. • Largo tiempo de uso. • Incumplimiento de los mantenimientos planificados 	<ul style="list-style-type: none"> • Explosión. • Salida de servicio de la caldera. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tener un estricto control de régimen químico, tomando las medidas pertinentes en caso de desviaciones. • Sustituir los tubos que no cumplan con el espesor requerido. • Cumplir con el programa de mantenimiento anual de las calderas.
Otros	Calidad del agua tratada	Incumplimiento de los parámetros establecidos en la carta régimen químico	<ul style="list-style-type: none"> • Dosificación incorrecta de los aditivos químicos. • Incorrecta regulación de las extracciones de fondo y la purga continua. • Regeneración incorrecta de los suavizadores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incrustaciones. • Corrosión en las tuberías. • Roturas de tubos del generador de vapor. • Pérdidas de eficiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Controlar la cantidad de aditivos químicos del tratamiento interno de agua de calderas. • Regular las extracciones de fondo y la purga continua según los resultados del

					laboratorio. <ul style="list-style-type: none"> • Capacitar a los operadores con el proceso de tratamiento de agua.
No	Caudal	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel del tanque de alimentación inferior al establecido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mal funcionamiento del sensor de bajo nivel del Tk de alimentación • Medidor de nivel visual descalibrado. • Error operacional (error humano). • Rotura) del Tk- de alimentación 	<ul style="list-style-type: none"> • Apagado de la Caldera. • Derrame de combustible. • Incendio en caso de fuente de ignición. • Pérdida de producto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento del Plan de Calibración y Verificación de los equipos y sensores de medición. • Capacitación periódica al personal de operación. • Cumplimiento del plan de mantenimiento. según lo previsto.
No	Caudal de alimentación de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel del tanque de alimentación inferior al establecido. • Salideros en la línea 	<ul style="list-style-type: none"> • Error operacional. • Disminución del caudal de bombeo. • Bajo nivel del tanque de alimentación. • Pérdida de contención en la tubería de alimentación de agua (salidero.) • Error humano. • Válvula de drenaje abierta. • Fallo eléctrico. • Fallo de la motobomba. 	<ul style="list-style-type: none"> • Explosión caldera por aumento de la presión. • Daño estructural a la caldera. • Deformación de los tubos de la caldera. • Daños al personal. • Daños a la instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parada de la caldera • Revisar las alineaciones. • Revisar las bombas de alimentación . • Reparar salideros . • Capacitar a los operadores.

Fuente: Elaboración propia.

En el generador de vapor (Calderas), todas las variables analizadas son fundamentales para una explotación segura y eficiente del equipo y entre estas las que ocasionan riesgos de más envergadura, son el nivel de agua de la caldera, la presión y la calidad del agua tratada, porque la violación de estos parámetros pueden traer como consecuencia daños irreversibles a la instalación y al personal.

3.3. Evaluación del estado de la instrumentación del proceso y su importancia en la prevención de accidentes.

Para la evaluación del estado de la instrumentación del proceso, se coordinó con el departamento de instrumentación y se realizó un recorrido por las diferentes instalaciones en compañía de los especialistas, detectándose dificultades para la medición correcta de los parámetros.

A continuación se muestra una tabla que resume la información acerca del estado de instrumentación del proceso.

Tabla 3.10. Estado de instrumentación del proceso.

Etapas del proceso	Parámetro que se controla	Instrumento de medición	Tipo de medición	Punto de control	Frecuencia
Almacenamiento del producto (Tanques)	- Nivel - Temperatura	-Lienza con plomada -Termoprobet -Por radar (fuera de servicio)	Directa	Registro de medición del tanque	Cada vez que culmina una operación
Filtración (Filtro)	Caída de presión	- Manómetro - Diferencial de presión	- Directa -Automática	Entrada y salida del filtro	Cada 2 h

Bombeo (bombas)	Presión de descarga	Manómetro	Directa Automática (fuera de servicio)	Salida de la bomba	Cada 2 h
Calentamiento del producto (Intercambiadores de calor)	- Temperatura de entrada y salida Presión de entrada y salida	- Termómetro - Manómetros	Directa	Entrada y salida del intercambiador de calor	Cada 2 h

Fuente: Elaboración propia.

La información que brinda la tabla anterior permite valorar que el estado de instrumentación del proceso en cuestión, no es la mejor, fundamentalmente, porque no se cuenta con tecnología automatizada de punta, y los medios de medición por radar en estos momentos, se encuentran fuera de servicio por problemas con los abastecimientos de piezas de repuesto. Además, gran parte los instrumentos de medición situados en el área se encuentran en malas condiciones. En cuanto al proceso de preparación de mezclas, no funciona el viscosímetro en línea, que es el que regula la viscosidad de la mezcla de manera automática y el lazo de control para la adición de solvente, está fuera de servicio, por lo que la regulación es de forma manual, lo que ocasiona sobreconsumos de nafta en la preparación de las mezclas y por tanto el incumplimiento de los índices de consumo de solvente, que es uno de los indicadores de calidad del proceso de mezclas.

El generador de vapor, también tiene dificultades con la instrumentación, por roturas de algunos flujómetros que impiden el cálculo exacto de las cantidades de vapor producido.

Conclusiones.

Conclusiones.

1. Al emplear la técnica del análisis HAZOP se logró realizar la evaluación de los riesgos en la Base de Crudo de la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas y perfeccionar su plan de prevención de riesgo
2. Entre las sustancias de riesgo y afectación para la salud, la de mayor peligro es la del sulfuro de hidrógeno, contenido en el petróleo crudo nativo.
3. La instrumentación del proceso técnico existente, actualmente, no tiene garantizado el respaldo de una tecnología automatizada de punta y no están funcionando los medios de medición por radar.

Recomendaciones.

Recomendaciones.

1. Iniciar el perfeccionamiento del plan de prevención de riesgo de la Empresa en base a los resultados obtenidos.
2. Realizar un estudio que permita determinar las áreas de atmósferas peligrosas que se forman por accidentes químicos.
3. Completar el estudio de riesgos desde el punto de vista biológico.

Bibliografía.

Bibliografía.

1. Acosta, G. (2008). Evaluación de riesgos en la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro. Tesis en opción al título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba.
2. Carpeta tecnológica de Base de Crudo y Suministro.
3. Casal, J. (1991). Análisis del Riesgo en instalaciones industriales, Alfa omega S.A., Bogotá (Colombia).

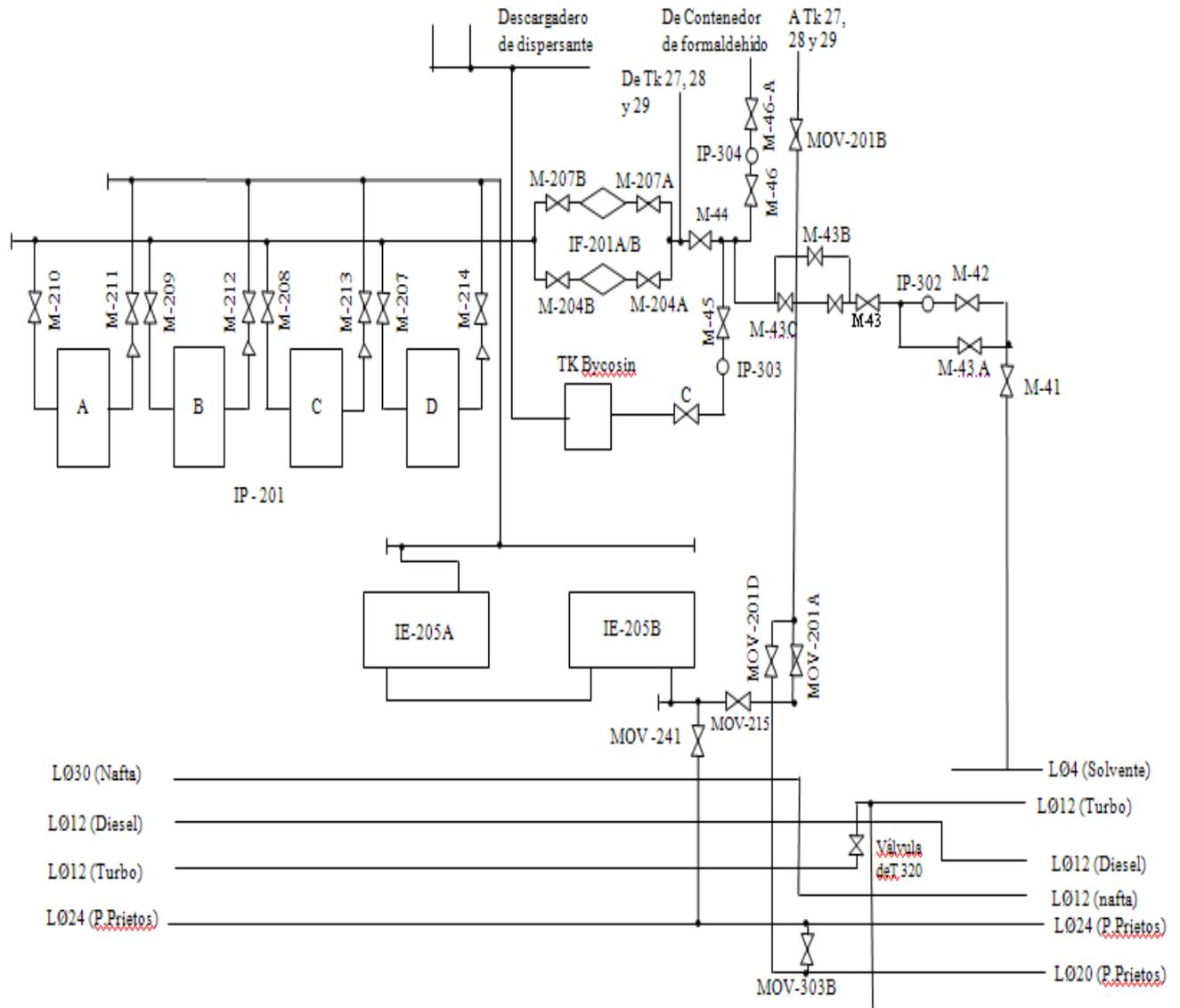
4. CM-SI/P 0210. Procedimiento para la Salud Ocupacional, Organización de los Servicios Médicos
5. CM-SI/P 0210. Transportación de sustancias peligrosas.
6. *Colectivo de autores. (1999). Evaluación de riesgos químicos. PNUMA/IPCS. ONU.*
7. Cutiñas, N (2008) Catálogo de especificaciones de productos Rama Combustibles .La Habana.
8. Galán, (2002). Manual del sistema de prevención de riesgos laborales.
9. Ganma. Estudio de riesgos tecnológicos en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas.
10. Gestión de Riesgos Industriales .Disponible en www.cepip.org.ar/notas/nmys002.htm
11. *Grau, M; Moreno, D. (2005).Prevención de Riesgos por Agentes Químicos.*
12. Irving, N. 2003, Dangerous properties of industrial materials.
13. IUPAC. (1993) Glossary for chemists of terms used in toxicology.
14. J. Montiel y H. Planas. (2001), Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales, Alfa omega S.A., Bogotá (Colombia).
15. Klaassen, C.D. (1996). Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons.
16. León. N (2000). Manual de Operaciones de calderas.
17. Martínez, N. (2009). Análisis de los riesgos industriales en la Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas. *Tesis en opción al título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba.*
18. Morales, Y. C (2004). Manual de procedimientos de Seguridad Industrial. Protección a las instalaciones., La Habana.
19. NC 19-02-33 Calderas de Vapor y Agua Caliente, Requisitos para los indicadores del nivel de agua.2007.
20. NC 19-03-20 Calderas, Requisitos de seguridad para la explotación y el mantenimiento,2015
21. NC 19-16 Calderas de Vapor y Agua Caliente, Requisitos para la construcción.2007

22. NC-96-02-18: Sistema de Normas de Protección contra Incendios Bases de Almacenamiento de Petróleo y sus Derivados Requisitos Generales .2015
23. NEIB 004 Norma de proceso de Base de Crudo y Suministro (2010).
24. Orozco, J. (2007). Guía para la caracterización de las sustancias. *Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba.*
25. Página Web Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas.
26. R.H., P. 1997, Perry's Chemical Engineers Handbook, McGraw-Hill, Inc., New York (USA).
27. Riesgos en el uso de productos químicos . Disponible en [www.paritarios .cl/especial uso productos químicos.htm](http://www.paritarios.cl/especial_uso_productos_quimicos.htm). Consultado 15-5-2016
28. Riesgos y protección en la industria - Monografias.com. Disponible en [www.monografias .com](http://www.monografias.com). Consultado 15/4/2016
29. Ruíz, C. (2000) Manual de operaciones de Base de Crudo y Suministro.
30. Vilchez, J. (2001). Análisis de riesgos ambientales y aplicación al diseño de instalaciones industriales. Trámites, Informes y Proyectos, S.L. Barcelona.
31. Wells, G. (1997). Major Hazards and their Management. Houston. U.S.A.

Anexos.

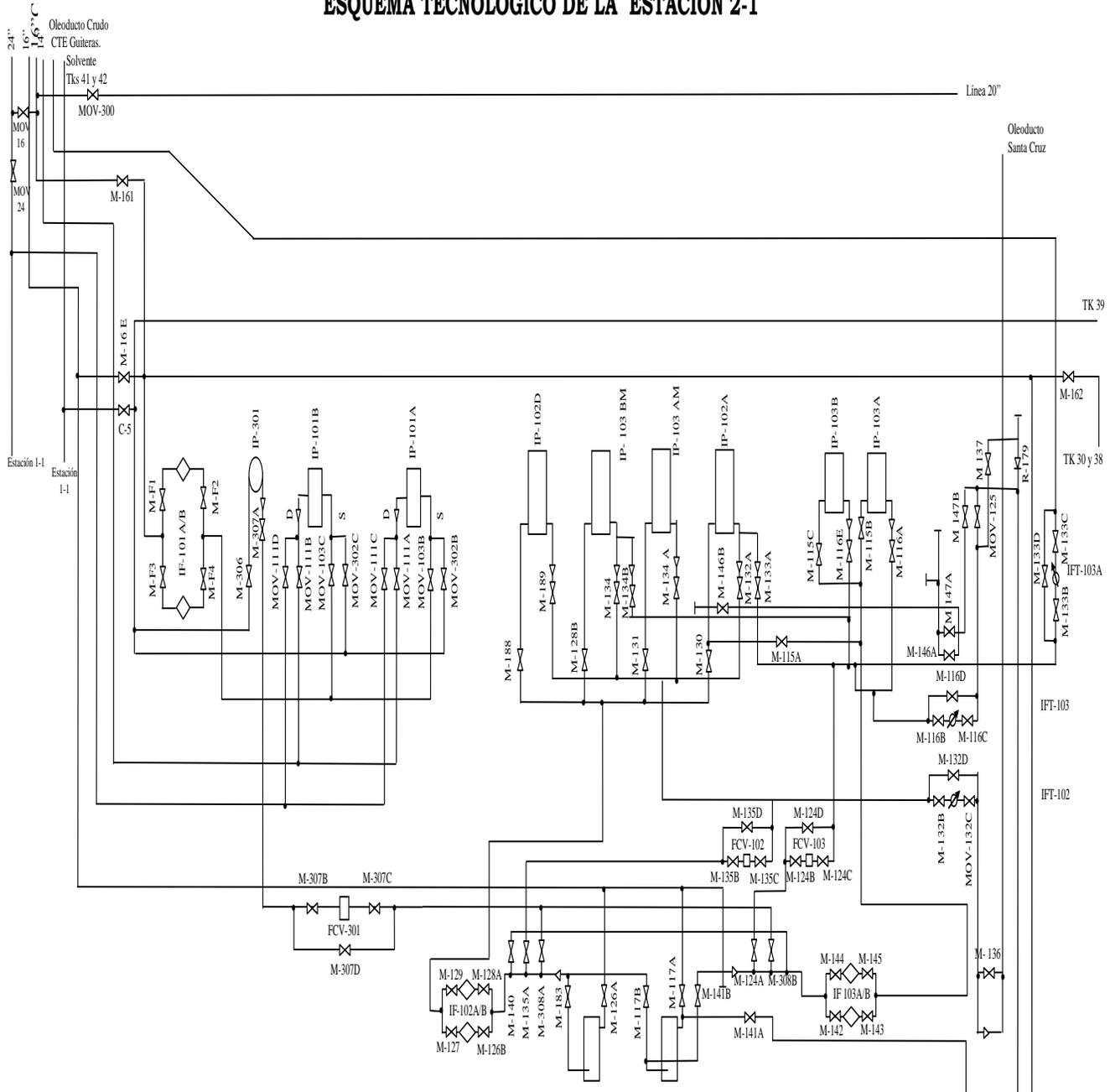
Anexos.

Anexo 1. Esquema del área de bombas de la Base de crudo (estación 1-1).

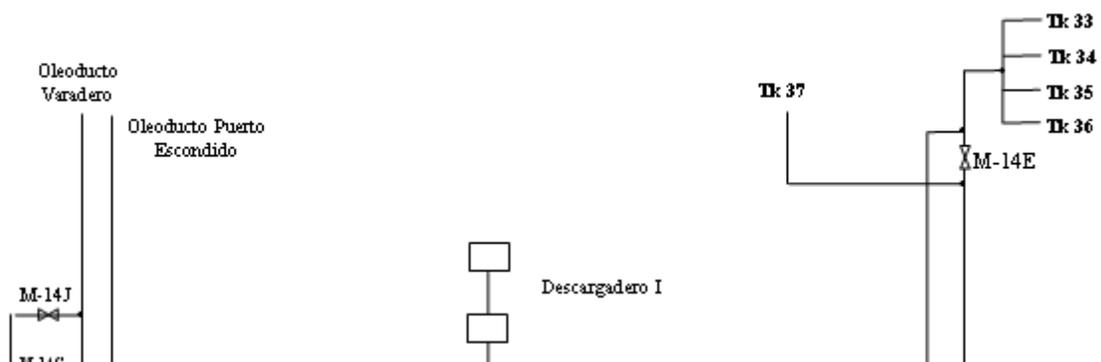


Anexo 2. Esquema del área de estación de cabecera de los oleoductos a las C.T.E Santa Cruz y Antonio Guiteras (área 2-1).

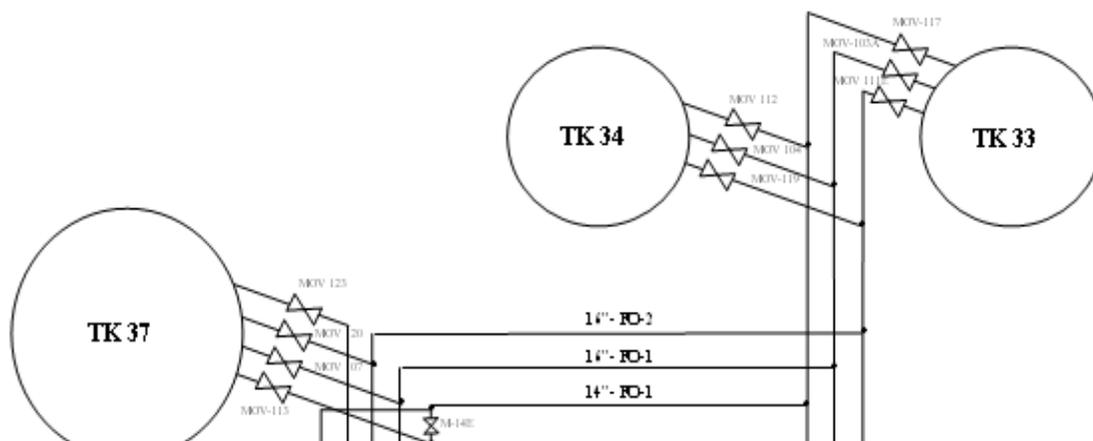
ESQUEMA TECNOLÓGICO DE LA ESTACION 2-1



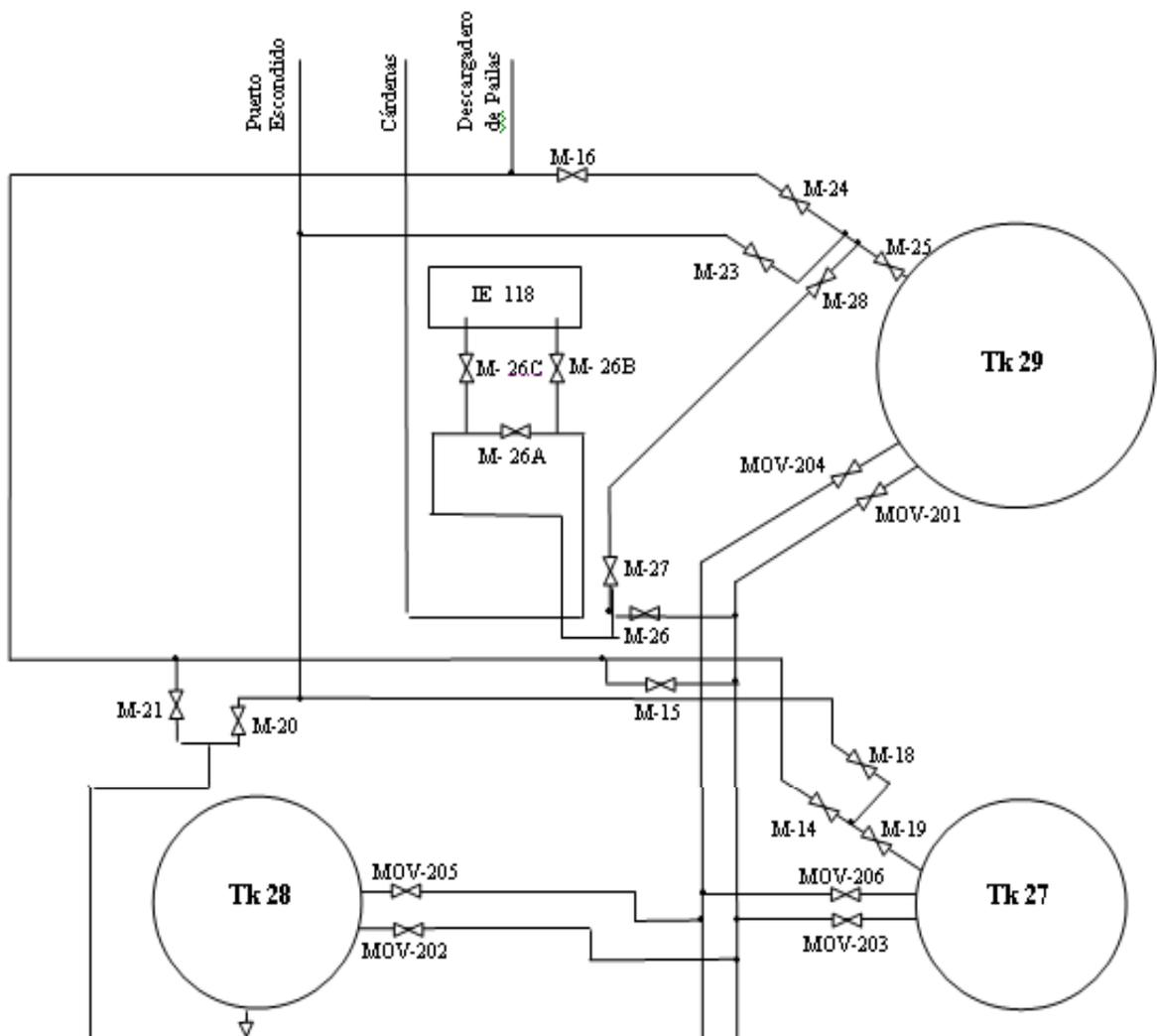
Anexo 3. Esquema de la Base de recepción de crudo (área 3).



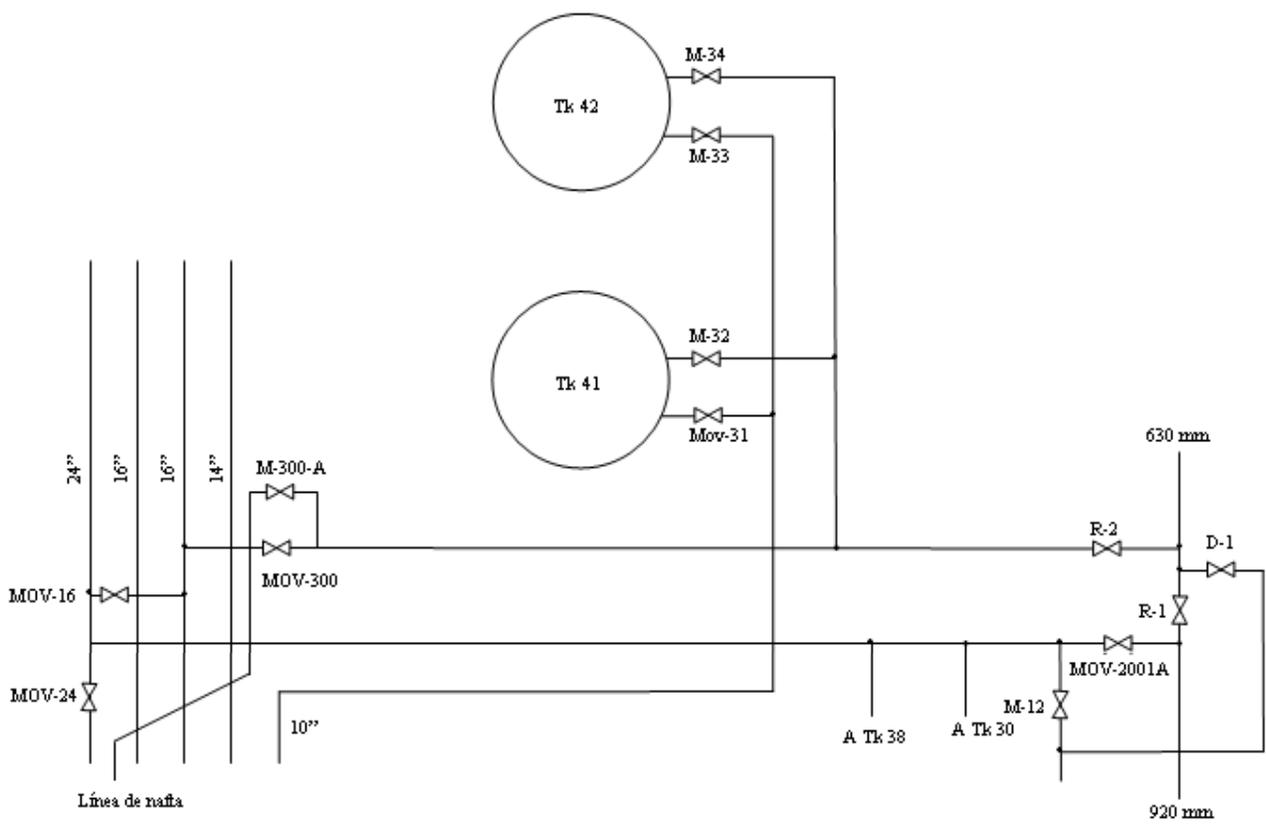
Anexo 4.. Esquema del área de tanques de la Base de suministro a las Centrales Termoeléctricas (área 4).



Anexo 5. Esquema del área de tanques receptores de crudo de la Base de crudo



Anexo 6. Esquema del área de tanques de la Base de suministro a las Centrales Termoeléctricas (área 2-2).



Anexo 7. Pictogramas e indicaciones de peligro.

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

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

Anexo 8. Lineamientos generales para determinar las categorías de peligro toxicológico (según la directiva EC 93/21/EEC).

Peligro	Clasificación de las sustancias con números de riesgo
ESPECIAL	Carcinógeno, mutagénico, tóxico para la reproducción, R45, R46, R49, R60, R61. Sensibilizadores para la respiración, R42.
ALTO	Muy tóxico; R2, R27, R28. Tóxico; R23, R24, R25, R48. Sensibilizadores de la piel; R43. Corrosivo; R34, R35.
MEDIO	Dañino; R20, R21, R22, R48.
BAJO	Sustancias examinadas pero que no satisfacen los criterios de las demás categorías de peligro

Anexo 9. Riesgos específicos de las sustancias y preparados peligrosos (Frasas R).

R 1 Explosivo en estado seco.

R 2 Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.

R 3 Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.

R 4 Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.

R 5 Peligro de explosión en caso de calentamiento.

R 6 Peligro de explosión, en contacto o sin contacto con el aire.

R 7 Puede provocar incendios.

R 8 Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.

R 9 Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.

R 10 Inflamable.

R 11 Fácilmente inflamable.

R 12 Extremadamente inflamable.

R 14 Reacciona violentamente con el agua.

R 15 Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables.

R 16 Puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes.

R 17 Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.

- R 18** Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas / inflamables.
- R 19** Puede formar peróxidos explosivos.
- R 20** Nocivo por inhalación.
- R 21** Nocivo en contacto con la piel.
- R 22** Nocivo por ingestión.
- R 23** Tóxico por inhalación.
- R 24** Tóxico en contacto con la piel.
- R 25** Tóxico por ingestión.
- R 26** Muy tóxico por inhalación.
- R 27** Muy tóxico en contacto con la piel.
- R 28** Muy tóxico por ingestión.
- R 29** En contacto con agua libera gases tóxicos.
- R 30** Puede inflamarse fácilmente al usarlo.
- R 31** En contacto con ácidos libera gases tóxicos.
- R 32** En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.
- R 33** Peligro de efectos acumulativos.
- R 34** Provoca quemaduras.
- R 35** Provoca quemaduras graves.
- R 36** Irrita los ojos.
- R 37** Irrita las vías respiratorias.
- R 38** Irrita la piel.
- R 39** Peligro de efectos irreversibles muy graves.
- R 40** Posibilidad de efectos irreversibles.
- R 41** Riesgo de lesiones oculares graves.

- R 42 Posibilidad de sensibilización por inhalación.
- R 43 Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
- R 44 Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado.
- R 45 Puede causar cáncer.
- R 46 Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.
- R 48 Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición. prolongada
- R 49 Puede causar cáncer por inhalación.
- R 50 Muy tóxico para los organismos acuáticos.
- R 51 Tóxico para los organismos acuáticos.
- R 52 Nocivo para los organismos acuáticos.
- R 53 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
- R 54 Tóxico para la flora.
- R 55 Tóxico para la fauna.
- R 56 Tóxico para los organismos del suelo.
- R 57 Tóxico para las abejas.
- R 58 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.
- R 59 Peligroso para la capa de ozono.
- R 60 Puede perjudicar la fertilidad.
- R 61 Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
- R 62 Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.
- R 63 Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
- R 64 Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.
- R 65 Nocivo: si se ingiere puede causar daño pulmonar.
- R 66 La exposición repetida puede provocar sequedad o agrietamiento de la piel.

R 67 La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y mareo.

Combinación de riesgos específicos.

R14/15 Reacciona violentamente en contacto con el agua y libera gases sumamente inflamables.

R15/29 En contacto con el agua, libera gas tóxico, sumamente inflamable.

R20/21 Dañina al ser inhalada y en contacto con la piel.

R20/21/22 Dañina al ser inhalada, en contacto con la piel y al ser ingerida.

R20/22 Dañina al ser inhalada e ingerida.

R21/22 Dañina en contacto con la piel y al ser ingerida.

R23/24 Tóxica al ser inhalada y en contacto con la piel.

R23/24/25 Tóxica al ser inhalada, en contacto con la piel y al ser ingerida.

R23/25 Tóxica al ser inhalada e ingerida.

R24/25 Tóxica en contacto con la piel y al ser ingerida.

R26/27 Muy tóxica al ser inhalada y en contacto con la piel.

R26/27/28 Muy tóxica al ser inhalada, en contacto con la piel y al ser ingerida.

R26/28 Muy tóxica al ser inhalada e ingerida.

R27/28 Muy tóxica en contacto con la piel y al ser ingerida.

R36/37 Irrita los ojos y el aparato respiratorio.

R36/37/38 Irrita los ojos, el sistema respiratorio y la piel.

R36/38 Irrita los ojos y la piel.

R37/38 Irrita el sistema respiratorio y la piel.

R39/23 Tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves al ser inhalada.

R39/23/24 Tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves al ser inhalada y en contacto con la piel.

R39/23/24/25 Tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves al ser inhalada, en contacto con la piel y al ser ingerida.

R39/23/25 Tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves al ser inhalada e ingerida.

R39/24 Tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves en contacto con la piel.

R39/24/25 Tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves en contacto con la piel y al ser ingerida.

R39/25 Tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves al ser ingerida.

R39/26 Muy tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves al ser inhalada.

R39/26/27 Muy tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves al ser inhalada y en contacto con la piel.

R39/26/27/28 Muy tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves al ser inhalada, en contacto con la piel y al ser ingerida.

R39/26/28 Muy tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves al ser inhalada e ingerida.

R39/27 Muy tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves en contacto con la piel.

R39/27/28 Muy tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves en contacto con la piel y al ser ingerida.

R39/28 Muy tóxica: peligro de efectos irreversibles muy graves al ser ingerida.

R40/20 Dañina: posible riesgo de efectos irreversibles al ser inhalada.

R40/20/21 Dañina: posible riesgo de efectos irreversibles al ser inhalada y en contacto con la piel.

R40/20/21/22 Dañina: posible riesgo de efectos irreversibles al ser inhalada, en contacto con la piel y al ser ingerida.

R40/20/22 Dañina: posible riesgo de efectos irreversibles al ser inhalada e ingerida.

R40/22 Dañina: posible riesgo de efectos irreversibles al ser ingerida.

R40/21 Dañina: posible riesgo de efectos irreversibles en contacto con la piel.

R40/21/22 Dañina: posible riesgo de efectos irreversibles en contacto con la piel y al ser ingerida.

R42/43 Puede causar sensibilización al ser inhalada y en contacto con la piel.

R48/20 Dañina: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada por inhalación.

R48/20/21 Dañina: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada por inhalación o contacto con la piel.

R48/20/21/22 Dañina: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel y por ingestión.

R48/20/22 Dañina: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada por inhalación y por ingestión

R48/21 Dañina: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada por contacto con la piel.

R48/21/22 Dañina: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada por contacto con la piel y por ingestión.

R48/22 Dañina: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada y por ingestión.

R48/23 Tóxica: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada por inhalación.

R48/23/24 Tóxica: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada por inhalación y en contacto con la piel.

R48/23/24/25 Tóxica: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel y por ingestión.

R48/23/25 Tóxica: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada por inhalación y por ingestión.

R48/24 Tóxica: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada por contacto con la piel.

R48/24/25 Tóxica: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada por contacto con la piel y por ingestión.

R48/25 Tóxica: peligro de grave daño para la salud si hay exposición prolongada y por ingestión.

R50/53 Muy tóxica para organismos acuáticos, puede causar efectos adversos de largo plazo en el ambiente acuático.

R51/53 Tóxica para organismos acuáticos, puede causar efectos adversos de largo plazo en el ambiente acuático.

R52/53 Dañina para organismos acuáticos, puede causar efectos adversos de largo plazo en el ambiente acuático.

Anexo 10. Consejos de prudencia relativos a las sustancias y preparados peligrosos (Frasas S).

S1 Consérvese bajo llave.

S2 Manténgase fuera del alcance de los niños.

S3 Consérvese en lugar fresco.

S4 Manténgase lejos de locales habitados.

S5 Consérvese en ... (líquido apropiado a especificar por el fabricante).

S6 Consérvese en ... (gas a especificar por el fabricante).

S7 Manténgase el recipiente bien cerrado.

S8 Manténgase el recipiente en lugar seco.

S9 Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.

S12 No cerrar el recipiente herméticamente.

S13 Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.

S14 Consérvese lejos de ... (materiales incompatibles a especificar por el fabricante).

S15 Conservar alejado del calor.

S16 Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.

S17 Manténgase lejos de materias combustibles.

- S18** Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia.
- S20** No comer ni beber durante su utilización.
- S21** No fumar durante su utilización.
- S22** No respirar el polvo.
- S23** No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante].
- S24** Evítese el contacto con la piel.
- S25** Evítese el contacto con los ojos.
- S26** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
- S27** Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada.
- S28** En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con (productos a especificar por el fabricante).
- S29** No tirar los residuos por el desagüe.
- S30** No echar jamás agua a este producto.
- S33** Evítese la acumulación de cargas electrostáticas.
- S35** Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.
- S36** Úsese indumentaria protectora adecuada.
- S37** Úsense guantes adecuados.
- S38** En caso de ventilación insuficientes, úsese quipo respiratorio adecuado
- S39** Úsese protección para los ojos/la cara.
- S40** Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese (a especificar por el fabricante).
- S41** En caso de incendio y/o de explosión no respire los humos.

S42 Durante las fumigaciones/pulverizaciones, úsese equipo respiratorio adecuado [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante].

S43 En caso de incendio, utilizar ... (los medios de extinción los debe especificar el fabricante).(Si el agua aumenta el riesgo, se deberá añadir: "No usar nunca agua").

S45 En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).

S46 En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.

S47 Consérvese a una temperatura no superior a ...0C (a especificar por el fabricante).

S48 Consérvese húmedo con ... (medio apropiado a especificar por el fabricante).

S49 Consérvese únicamente en el recipiente de origen.

S50 No mezclar con ... (a especificar por el fabricante).

S51 Úsese únicamente en lugares bien ventilados.

S52 No usar sobre grandes superficies en locales habitados.

S53 Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.

S56 Elimínese esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos.

S57 Utilícese en envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.

S59 Remitirse al fabricante o proveedor para obtener información sobre su recuperación/reciclado.

S60 Elimínese el producto y su recipiente como residuos peligrosos.

S61 Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

S62 En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta o el envase.

S63 En caso de accidente por inhalación, transporte a la persona

afectada al aire libre y manténgala en reposo.

S64 En caso de ingestión, enjuáguese la boca con agua (sólo si la persona está consciente).

Precauciones de seguridad combinadas.

S1/2 Manténgase cerrado y fuera del alcance de los niños.

S3/9/14 Manténgase en un lugar fresco, bien ventilado, lejos de ... (materiales incompatibles que deben ser indicados por el fabricante).

S3/9/14/49 Manténgase únicamente en el envase original en un lugar fresco, bien ventilado, lejos de ... (materiales incompatibles que deben ser indicados por el fabricante).

S3/9/49 Manténgase únicamente en el envase original en un lugar fresco, bien ventilado.

S3/14 Manténgase en un lugar fresco, lejos de ... (materiales incompatibles que deben ser indicados por el fabricante).

S3/7 Manténgase el envase herméticamente cerrado y en un lugar fresco.

S7/8 Manténgase el envase herméticamente cerrado y seco.

S7/9 Manténgase el envase herméticamente cerrado y en un lugar bien ventilado.

S7/47 Manténgase el envase herméticamente cerrado y a una temperatura no mayor que ... °C (debe ser especificada por el fabricante).

S20/21 No comer, beber ni fumar cuando se esté usando.

S24/25 Evítese el contacto con la piel y los ojos.

S29/56 No descargar en desagües, desechar este material y su envase en un punto de recolección de residuos peligrosos o especiales.

S36/37 Úsese ropa protectora y guantes apropiados.

S36/37/39 Úsese ropa protectora apropiada, guantes y protéjanse ojos y cara.

S36/39 Úsese ropa protectora apropiada y protéjanse ojos y cara.

S37/39 Úsense guantes y protección apropiada de ojos y cara.

S47/49 Manténgase solo en el envase original a una temperatura no mayor que ... °C
(debe ser especificada por el fabricante).

Anexo 11. Señalización de seguridad relacionada con los riesgos por agentes químicos.

