

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
POSTGRADO EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO
ESPECIALIZACIÓN



PROPUESTA DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO PARA
LOS SELLOS DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS G-4515 A/B,
PLANTA HIDROTRATAMIENTO DE LA REFINERÍA PUERTO
LA CRUZ

Ing: Luz del Mar Ortega

Trabajo Especial de Grado Presentado Como Requisito Parcial Para
Optar al Título de Especialista en Ingeniería de Mantenimiento

JULIO 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
POSTGRADO EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO
ESPECIALIZACIÓN



PROPUESTA DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO PARA
LOS SELLOS DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS G-4515 A/B,
PLANTA HIDROTRATAMIENTO DE LA REFINERÍA PUERTO
LA CRUZ

APROBADO EN NOMBRE DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE POR
EL SIGUIENTE JURADO EXAMINADOR

Prof. Henry Espinoza Bejarano

Tutor Académico

Prof. Diógenes Suárez

Jurado Principal

Prof. Carmen Martínez.

Jurado Principal

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Los Trabajos de Grado son exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo quien lo participará al Consejo Universitario”

DEDICATORIA

Este trabajo de especialización que representa un esfuerzo por superarme tanto en mi vida profesional como en la personal, se lo dedico:

A mi Señor, Jesús, quien me dio la fortaleza, la salud y la confianza para terminar este trabajo.

A mi esposo, Jesús Oliveros, quien me brindó su amor, su cariño, su estímulo y su apoyo constante. Su cariño, comprensión y paciencia son evidencia de su gran amor. ¡Gracias!

A mis adorados hijos Jesús Eduardo y Aracelys Ysabel, quienes me prestaron el tiempo que le pertenecía para realizar esta segunda fase de mis estudios, esperándome siempre con gestos de amor.

A mis padres, Isabel, y Andrés, de quienes aprendí que hay que luchar para alcanzar las metas.

A mi querida hermana, Candida quien me ha enseñado con su ejemplo a rebasar todas las barreras, a querer ser mejor cada día, a entender que no hay nada imposible y que sólo hay que esmerarse y poner empeño, para lograr las metas que nos planteamos.

A mi segunda Madre, Aracelis quien cuidaba junto con mi esposo a mis hijos mientras realizaba mis estudios, ¡Gracias! Sin usted no hubiese podido hacer realidad este sueño.

A los que nunca dudaron que lograría este nuevo escalón: mis hermanas Blanca, Isabel, Andrea y Belkys, mis hermanos Vianney, Andrés, Alberto y Gollo (Q.E.P.D.), a pesar que no estas con nosotros ahora, se que tu alma si lo esta, y a mí cuñado Glency.

A mis sobrinas y sobrinos, quisiera nómbralos a cada uno de ustedes pero son muchos, esto no quiere decir que no los tenga presente, a todos los quiero mucho.

A mis amigos y compañeros de estudio Hechdi Marcano y Luís Gómez, con quien pase momentos inolvidables de estudio, nerviosismo, esfuerzos, bromas, siempre estarán presente en mi mente y corazón.

AGRADECIMIENTOS

Por ser mi eterno protector

A mi Padre Celestial.

Por recibirme y formarme una vez más
Oriente.

A la Universidad de

Por su especial ayuda

Al Ing. Henry Espinoza (tutor)

Por su apoyo y compartir sus conocimientos A los profesores Diógenes
Suárez, Miriam Requena y Carmen Martínez.

A TODOS MUCHAS GRACIAS.....

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto es proponer alternativas de mantenimiento para asegurar disponibilidad y confiabilidad de las bombas tipo barril, del sistema de recuperación de aminas en la unidad 45 de Hidroprocesos de la Refinería Puerto la Cruz, al mismo tiempo que garantizar los niveles de calidad, seguridad y medioambiente requeridos, la metodología utilizada para lograr tal efecto es el Análisis Causa Raíz (ACR), la cual es una de las herramientas de análisis de fallas de mayor importancia, debido a su efectividad en la resolución de problemas recurrentes de manera segura y económica. La aplicación de esta metodología está definida por un procedimiento de trabajo de cinco fases que son las siguientes: 1. Conformación del equipo natural de trabajo. 2. Recopilación de información. 3. Esquematizar la información (planteamiento del problema) y formulación de hipótesis. 4. Verificar Hipótesis y 5. Identificar las soluciones y generar las acciones. Luego de un análisis de todos los datos recopilados durante la investigación se llegó a la conclusión que las fallas presentadas en los sellos mecánicos se produjeron por contaminación de la amina que circula en el proceso, la misma tiene un alto contenido de hidrocarburo (diesel), el cual incidía directamente sobre el material de los Oring. Estos resultados permitieron finalmente proponer una serie de acciones que minimizarán las causas raíces que están generando la aparición del modo de falla determinado.

INTRODUCCIÓN

Dentro de la gran cantidad y diversidad de actividades que se llevan a cabo en la industria petrolera nacional PDVSA, está la refinación de crudos, la cual se ejecuta para obtener los derivados, tales como combustibles; gasolinas, nafta, Jet A1 y diesel o los lubricantes y otros productos.

La Refinería Puerto La Cruz, desde el comienzo de sus operaciones, ha contado con las estructuras necesarias para realizar las actividades asociadas con los trabajos de refinación y manejo de hidrocarburos; Actualmente se están llevando a cabo una serie de mejoras dentro de sus instalaciones, como son: mejorar los niveles de eficiencia, efectividad y productividad en los distintos procesos que realizan. Uno de estos procesos es eliminar los contaminantes, como nitrógeno, azufre, metales e hidrocarburos insaturados (olefinas) de las fracciones de petróleo líquidas, en la planta Hidrotratamiento de Diesel (HDT). Este proceso de absorción ocurre en la torre D-4509 y se envía la amina desde el tambor D-4525 mediante las bombas centrifugas G-4515 A/B.

Las bombas centrifugas G-4515 A/B, presentan últimamente problemas de funcionamiento, específicamente en los sellos mecánicos, es por ello que se propone realizar un análisis para buscar la resolución del problema. Una vez realizado el análisis se realizarán propuesta de acciones de mantenimiento para garantizar un funcionamiento continuo de las bombas centrifugas G-4515 A/B, mediante la aplicación de metodologías reactivas de investigación y análisis para mejorar la confiabilidad y disponibilidad operacional del sistema, acción que a la larga se debe traducir en ahorros en costos de seguridad, producción y penalización.

CONTENIDO

RESOLUCIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	viii
CONTENIDO	ix
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS	xiii
CAPITULO 1. CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4.1. OBJETIVOS GENERAL	16
1.4.2. OBJETIVO ESPECIFICOS	17
CAPITULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	18
2.1. Metodología de Análisis causa Raíz.....	18
2.2. Definición del problema	18
2.2.1. ¿Qué?	19
2.2.2. ¿Cuándo?	19
2.2.3. ¿Dónde?	19
2.2.4. Importancia	20
2.3. Técnicas y Herramientas del Análisis Causa Raíz	20
2.3.1. Análisis de Cambios ^[10]	20
2.3.2. Análisis de Barreras ^[10]	21
2.3.3. Diagrama Causa/Efecto	22
2.3.4. Análisis de Tareas ^[10]	24
2.4. Árbol de Falla [10]	24
2.5. Análisis Causa Raíz (ACR)	25

2.5.1. Importancia del Análisis Causa Raíz (ACR).....	26
2.5.2. Donde y cuando aplicar un ACR.....	26
2.5.3. Beneficios Generados por el ACR.....	27
2.6. Bombas Centrifugas Tipo Barril.....	27
2.7. Sellos Mecánicos	29
2.8. Hidrotratamiento ^[8]	30
CAPITULO 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EN ESTUDIO.....	32
3.1. Descripción el Sistema de Circulación de Aminas en las Unidades HDT/Ambientales.	32
3.2. Propósito de la unidad	34
3.3. Descripción del flujo del proceso	37
3.4. Características de los equipos involucrados en proceso	40
CAPÍTULO 4. MARCO METODOLÓGICO.....	42
4.1. Metodología.....	42
4.1.1. Equipo Natural de Trabajo (ENT).	42
4.1.2. Recopilación de la información.....	43
4.1.3. Esquematización de la Información.....	44
4.1.4. Verificación de Hipótesis.	45
4.1.5. Identificar Soluciones.	45
CAPÍTULO 5. DESARROLLO	46
5.1. Fase I. Conformación del Equipo Natural de Trabajo (ENT)	46
5.2. Fase II. Recopilación de Información.....	46
5.2.1. Personas	47
5.2.2. Información bibliográfica:	48
5.2.3. Estudios y análisis técnicos	48
5.2.4. Análisis del sistema donde se encuentra el equipo:.....	48
5.2.5. Análisis de procedimientos y paradigmas:	49
5.3. Fase III. Esquematización de la Información.	49

5.3.1. Planteamiento del Problema	49
5.3.2. Revisión Histórica de Eventos Presentados en el Sistema	49
5.3.3. Análisis causa y Efecto	56
5.3.4. Definición del Evento Principal	56
5.4. Análisis De Las Hipótesis.....	61
5.4.1. Instalación Del Sello Mecánico (A):	61
5.4.2. El Sello No Es El Adecuado (B):	62
5.4.3. Perturbaciones en el Proceso (C):.....	65
5.4.4. Arranque del Equipo (D)	66
5.4.5. Baja Presión de Nitrógeno (E):.....	67
5.4. Análisis de los Resultados Obtenidos.....	73
5.4.1. Tablas Resumen de los Análisis De Los Resultados Obtenidos	76
CAPÍTULO 6. ACCIONES CORRECTIVAS, CONCLUSIONES Y RECOMENDADAS	82
ACCIONES CORRECTIVAS	84
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXO A	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO B.....	88
ANEXO C.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO D	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO E.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO F	¡Error! Marcador no definido.
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO ..	87

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Los cuatro pasos para la resolución de problemas.	18
Fig. 2. Pasos a seguir durante el Análisis de Cambios.	21
Fuente: Guía del Facilitador Carlos Parra, Curso de ACR, año 1999. INTEVEP PDVSA	21
Fig. 3. Pasos a seguir durante el Análisis de Barreras.	21
Fig. 4. Pasos a seguir en el Diagrama Causa/Efecto.....	22
Fig. 5. Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado, Causa Efecto Ishikawa).	24
Figura N° 6. Ejemplo de ACR.	26
Figura N° 7. Corte Medio de la Bomba Centrífuga Tipo Barril	29
Figura N 8. Ciclo de la Amina en el proceso de Recuperación y Regeneración.....	33
FIGURA N 10. Diagrama De Árbol Lógico De Falla De Las Bombas G- 4515 A/B (Instalación del Sello) Fuente: diseño propio.....	58
FIGURA N 11. Diagrama De Árbol Lógico De Falla De Las Bombas G- 4515 A/B (El sello no es el adecuado). Fuente: diseño propio	58
FIGURA N 12. Diagrama De Árbol Lógico De Falla De Las Bombas G- 4515 A/B (Perturbaciones en el Proceso). Fuente: diseño propio	59
FIGURA N 13. Diagrama de Árbol Lógico de Falla de las Bombas G-4515 A/B (Arranque del equipo). Fuente: diseño propio.....	59
FIGURA N 14. Diagrama de Árbol Lógico de Falla de Las Bombas G-4515 A/B (BAJA PRESION DE N ₂). Fuente: diseño propio	60

LISTA DE TABLAS

TABLA N 1. Equipos que integran la unidad de recuperación de amina Und-45:.....	40
TABLA N 2. Especificaciones de Bomba G-4515 A/B de la Unidad 45: ..	41
TABLA N° 3. Ejemplo de tabla resumen con resultados obtenidos a través de la metodología de ACR.	45
TABLA N 5. Registro de Fallas de la Bomba G-4515 (A) en el Periodo 2007 -2008	51
TABLA N 6. Registro de Fallas de la Bomba G-4515 (B) en el Periodo 2007 -2008	52
TABLA N 7. Evaluación Realizada a Las Partes Internas Del Sello Mecánico De La Bomba G-4515 A	62
TABLA N 8. Evaluación Realizada a Las Partes Internas Del Sello Mecánico De La Bomba G-4515 B.....	63
TABLA N° 9. Verificación de Hipótesis, Instalación del Sello Mecánico..	76
TABLA N° 10. Verificación de Hipótesis, el Sello Mecánico no es el Adecuado.	77
TABLA N° 11. Verificación de Hipótesis, Perturbaciones en el Proceso...	78
TABLA N° 12. Verificación de Hipótesis, Arranque del Equipo	79
TABLA N° 13. Verificación de Hipótesis, Baja Presión de N2.....	80
TABLA N° 14. Causa Raíz de las Fallas en los Sellos Mecánicos de las Bombas G-4515 A/B.....	81

CAPITULO 1.

EL PROBLEMA.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La planta Hidrotratamiento de Diesel (HDT), utiliza el hidrotratamiento para eliminar alrededor del 90 % de los contaminantes, como nitrógeno, azufre, metales e hidrocarburos insaturados (olefinas), de las fracciones de petróleo líquidas. En este proceso es importante controlar el ácido sulfhídrico que contiene la carga para mantenerlo en un nivel mínimo con el objeto de reducir la corrosión; para esto utiliza la amina pobre (bajo contenido de azufre), ya que esta tiene la propiedad de absorber los contaminantes presentes en el gas ácido y en las corrientes de hidrocarburos. Este proceso de absorción ocurre en la torre D-4509 y se envía la amina desde el tambor D-4525 mediante las bombas centrifugas G-4515 A/B.

Las bombas centrifugas G-4515 A/B son las encargadas de manejar la amina pobre, las cuales son de gran importancia en el proceso ya que sin ellas, las especificaciones del producto no serían alcanzadas, impactando a corto plazo en el medio ambiente y a largo plazo en el deterioro de los equipos debido a la corrosión. Cabe considerar que el último año estas bombas han venido presentando fallas recurrentes, específicamente pérdidas de nivel del fluido barrera (Aceite) y de Nitrógeno (N_2) por fuga a través de los sellos mecánicos, lo que ha ocasionado intervenciones frecuentes de mantenimiento correctivo en las bombas. Estas intervenciones de mantenimiento correctivo han acarreado una serie de costos tales como: el reemplazo y la reparación continua de ambos sellos mecánico, es decir sello lado motriz y lado libre; el aumento de la horas-hombre destinadas a tal reparación y el excesivo consumo de fluido barrera (aceite) y Nitrógeno (N_2).

En atención a lo expuesto, es necesario identificar las causas que originan dichas fallas, para ello se aplicó la metodología de análisis causa raíz (ACR), en donde se utiliza la lógica sistemática, el árbol de falla, la deducción y las pruebas de los hechos.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Con la finalidad de mitigar la cantidad de azufre presente en los gases de refinería, se utiliza la amina, la cual bajo ciertas condiciones de operación tiene la propiedad de absorber casi todo el H_2S contenido en el gas. Esta amina es impulsada hasta el punto de inyección en la torre absorbidora (D-4509) por las bombas G-4515 A/B. Estas bombas han venido presentando fuga recurrente por los sellos mecánicos en los últimos meses, que ocasionan su reemplazo en corto tiempo, incrementando los costos operacionales, costo de producción y a la vez afectando la confiabilidad del sistema. Las bombas G-4515 A/B manejan un producto altamente corrosivo, el cual es vital para el proceso, aunado a esto tiene el potencial de parar las operaciones y/o causar daños al ambiente, por lo que se requiere saber el origen de dichas fallas; para así disminuir las consecuencias de cada una dentro del contexto operacional del sistema de recuperación de aminas en la unidad 45 de Hidroprocesos de la Refinería Puerto la Cruz.

Ante una falla potencial por fuga considerable a través de los sellos de ambas bombas de manera simultánea, es decir, al fallar la bomba de respaldo estando el principal fuera de servicio por mantenimiento, afectará las operaciones de la planta ocasionando un paro total en la producción; adicionalmente el impacto negativo en el ambiente pues la fuga de producto conlleva a una contaminación por Sulfuro de Hidrogeno (H_2S), que es altamente tóxico; un posible contacto o inhalación del gas ácido puede producir daños irreversibles a la salud o ultimo caso la muerte inmediata. Por lo anteriormente indicado se presenta la necesidad para conocer el origen de las fallas presentadas por estos equipos. Un

Análisis Causa Raíz se presenta como una alternativa para conocer las causas de las fallas frecuentes en los sellos, pues es una metodología que da respuesta para establecer la confiabilidad de los equipos y mejora los tiempos operacionales de los subsistemas estudiados, garantizándose la seguridad y salud de los trabajadores.

1.3. ALCANCE

El proyecto de investigación estará limitado solo al estudio del sistema de Carga Bombas G-4515 (A/B), sistema incluido en la unidad de aminas, que forma parte del proceso de recuperación de aminas del área de hidrot ratamiento de diesel de la Refinería Puerto la Cruz, compuesto principalmente por:

El sistema de Carga: Bombas G-4515A Ppal y G-4515 B(respaldo)

Torre almacenadora de amina D-4525

Torre Despojadora D-4509

Instrumentación Asociada

De los equipos mencionados anteriormente se tomó como objeto de estudio el subsistema de Carga, que está compuesto por dos bombas centrífugas modelo BARRIL 2BP-126 NIIGATA WORTINGTHON (según norma API 610), estos equipos fueron estudiados debido a la alta frecuencia de fallas presentadas en los sellos mecánicos.

En esta investigación la muestra de estudio se tomaron de los registros de fallas desde 01 de enero 2007 hasta diciembre 2008 obtenido en laboratorio. Donde se especifican el porcentaje de pureza del ácido, el porcentaje de agua y ASO presentes en el mismo.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVOS GENERAL

Proponer alternativas de mantenimiento para reducir las fallas recurrentes en los sellos mecánicos de las bombas tipo barril G-4515A (principal) y G-4515B

(respaldo), asociadas al sistema de circulación de aminas ubicadas dentro de las unidades HDT/AMBIENTALES, de la Refinería Puerto La cruz, mediante la aplicación de un Análisis Causa Raíz en La Refinería Puerto. La Cruz.

1.4.2. OBJETIVO ESPECIFICOS

- 1 Identificar las fallas más frecuentes del análisis de eventos o historial de fallas de los sellos mecánicos de las bombas tipo barril G-4515A (Principal) y G-4515B (Respaldo), asociadas al sistema de circulación de aminas ubicadas dentro de las unidades HDT/AMBIENTALES.
- 2 Analizar mediante la metodología Análisis Causa Raíz (ACR) las fallas más frecuentes ocurridas en los sellos mecánicos de las bombas centrifugas tipo barril.
- 3 Determinar las acciones que permitan el funcionamiento continuo de las bombas G-4515A/B, a través de propuestas de mantenimiento para los sellos mecánico de estas bombas.

CAPITULO 2.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Metodología de Análisis causa Raíz

Es una metodología disciplinada que permite identificar las causas físicas, humanas y latentes de cualquier tipo de falla o incidente que ocurren una o varias veces permitiendo adoptar las acciones correctivas que reducen los costos del ciclo de vida útil del proceso, mejora la seguridad y la confiabilidad del negocio. Antes de abordar la descripción metodológica, es necesario hacerse la siguiente pregunta: ¿y cómo pueden resolverse los problemas efectivamente?. Para ello deben tomarse cuatro pasos consecutivos tal como se muestran en la Fig. 1: Definición del problema, análisis del problema, identificación de soluciones e implementación de las mismas.

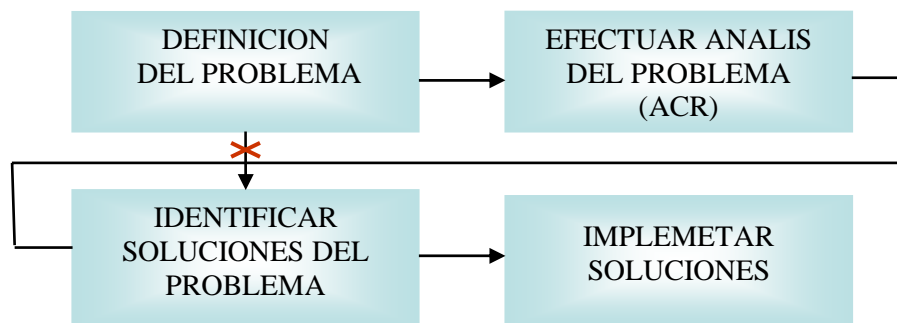


Fig. 1. Los cuatro pasos para la resolución de problemas.

Fuente: Guía del Facilitador Carlos Parra, Curso de ACR, año

1999.INTEVEP PDVSA

2.2. Definición del problema

Un problema es cualquier situación indeseable en un proceso o en su resultado. Resolver problemas es un método sistemático para definir una situación indeseable y después identificar y minimizar la causa o causas raíz.

Para definir apropiadamente un problema se debe responder cuatro preguntas básicamente:

- **¿Qué?:** ¿Qué fue lo que ocurrió?
- **¿Cuándo?:** ¿Cuándo ocurrió?
- **¿Dónde?:** ¿Dónde ocurrió el problema?
- **¿Importancia?:** Lo que representa el problema en impacto al ambiente, personas, daños económicos, etc.

2.2.1. ¿Qué?

El “qué” es el efecto primario, es lo que quiere evitarse o controlarse. Durante la primera sesión para resolver un problema se discutirá para definir el problema y diferentes puntos de vistas relucirán como consecuencia. No hay que detenerse a elegir cuál de todos los problemas planteados es el correcto, cuándo se empieza a “armar el rompecabezas”, generalmente se encuentra cuál de los efectos es realmente el primario.

Cabe resaltar que puede haber más de un efecto primario y es en este punto dónde hay que hacerse la pregunta ¿por qué? para correlacionarlos. El efecto primario es el punto de partida y es dónde se comienza a preguntar ¿por qué?.

2.2.2. ¿Cuándo?

En este punto hay que establecer la fecha y el tiempo y la exactitud de dicha información. A veces es importante el control preciso del tiempo como en plantas y sistemas automatizados.

2.2.3. ¿Dónde?

Precisa la ubicación del problema. En este segmento hay que ser específico para prevenir confusiones. Ejemplo de “dónde”: Estado Zulia>División Occidente>Lago de Maracaibo>Plantas Compresoras de Gas>Planta TJ1>Sistema de Compresión>Cadena A>Bomba DC1.

2.2.4. Importancia

El rubro de Importancia dentro de la definición debe responder la pregunta: ¿por qué estamos trabajando en este problema?. El segmento de importancia ayuda a priorizar los incidentes. Es también posible que un incidente pequeño por si solo tenga poco impacto. Sin embargo, si su frecuencia es alta la historia es otra. En esta sección deben incluirse los objetivos de la organización y del negocio, debe ser medible.

2.3. Técnicas y Herramientas del Análisis Causa Raíz

A continuación se muestra las diversas herramientas que pueden ser utilizadas en el proceso de análisis una vez que los problemas hayan sido debidamente definidos. Las herramientas se aplican en diversos pasos del proceso y no necesariamente existe una en particular que garantice cubrir todo el análisis.

2.3.1. Análisis de Cambios ^[10]

El “Análisis de Cambios” es la comparación entre dos situaciones una deseada y otra con consecuencias indeseables. Vale hacerse la siguiente pregunta: ¿Qué es diferente ahora que ocasiona que algo anteriormente exitoso ocurra mal?. La Fig. 2, muestra un esquema para efectuar el Análisis de Cambios para responder la pregunta anterior y se resume en los siguientes pasos:

- 1) Evento con consecuencias indeseables
- 2) Evento sin consecuencias indeseables
- 3) Comparación entre eventos
- 4) Identificación de diferencias
- 5) Análisis de diferencias
- 6) Determinación del factor causal

Entre las ventajas y desventajas de esta técnica se encontraron las siguientes:

- En los comienzos de una investigación, los factores causales pueden ser difíciles de identificar. El Análisis de Cambios ayuda al analista de problemas

a comenzar a recolectar información.

- El Análisis de Cambios resalta diferencias entre escenarios con y sin error, además que es adecuada para condiciones relativamente simples. Es importante resaltar que esta técnica pudiera no identificar cambios que ocurren en períodos de tiempo largo (como el desgaste de un rodamiento).

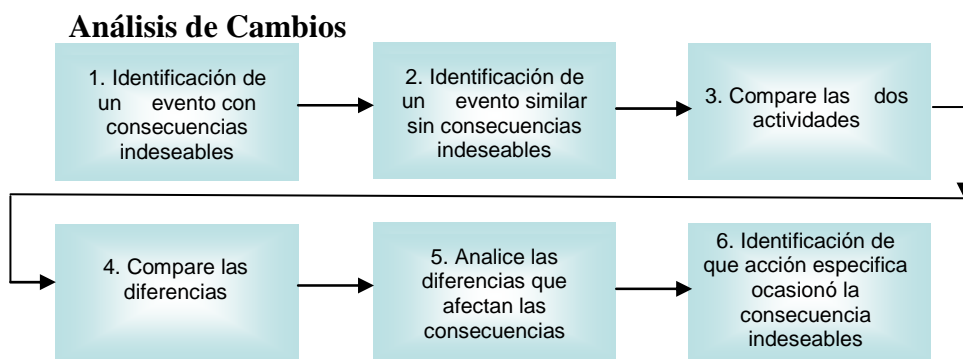


Fig. 2. Pasos a seguir durante el Análisis de Cambios.

Fuente: Guía del Facilitador Carlos Parra, Curso de ACR, año 1999. INTEVEP PDVSA

2.3.2. Análisis de Barreras ^[10]

- Esta herramienta se refiere a la identificación de barreras inexistentes o a aquellas que han sido violadas lo que permite que exista un peligro o la amenaza de que ocurra un accidente a aquello que desea protegerse. En general, Análisis de Barreras evalúa peligros que pueden causar daños, personas u objetos que son vulnerables a peligros, ausencia de barreras y controles entre otros.

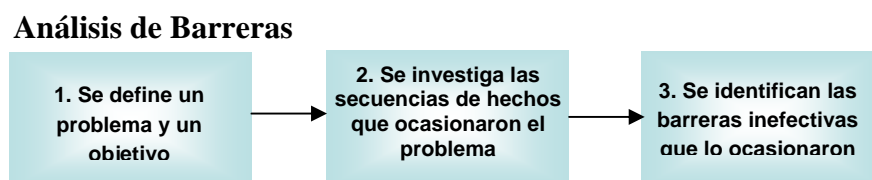


Fig. 3. Pasos a seguir durante el Análisis de Barreras.

Fuente: Guía del Facilitador Carlos Parra, Curso de ACR, año 1999.

INTEVEP PDVSA

El análisis de barreras es particularmente de utilidad para fallas que no son frecuentes pero tiene la desventaja que si la persona que efectúa el análisis no reconoce todas las barreras, peligros y/o sujetos el análisis estaría incompleto (existen muchas barreras implícitas en diseño que son difíciles de identificar).

En muchos casos una barrera que falle no es necesariamente una causa raíz, el analista debe ir más allá de la barrera para determinar las razones (causas) de la falla.

2.3.3. Diagrama Causa/Efecto

El diagrama Causa-Efecto es una técnica que ayuda a graficar las causas de problemas en estudio y analizarlas, provee una representación de todas las causas que supuestamente pueden contribuir a un determinado efecto.

El principio del diagrama se basa en ordenar, de forma muy concentrada donde se van colocando cada una de las causas o razones que a entender originan un problema. La Fig. 4 muestra como se construye un Diagrama Causa/Efecto.

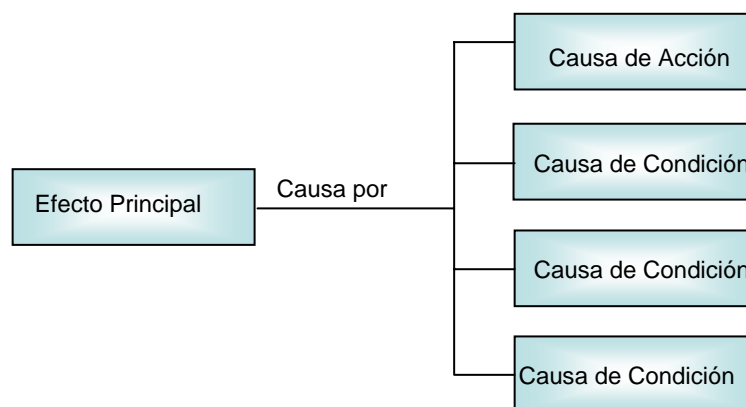


Fig. 4. Pasos a seguir en el Diagrama Causa/Efecto.
Fuente: Guía del Facilitador Carlos Parra, Curso de ACR, año 1999.

INTEVEP PDVSA

Pasos a seguir para la aplicación de la técnica:

- Se define un problema y se ubica un efecto primario. Puede existir más de un efecto primario, sin embargo como se verá en un ejemplo, la dinámica de la herramienta ayuda a establecer cuál es el más general.
- Al efecto primario se le hace la pregunta ¿por qué? y se listan todas las causas posibles (aún aquellas que parezcan obvias). Existen dos tipos de causas: acción y condición.
- Se utilizan pasos pequeños entre causas. En general, mientras más complejo sea el problema, se requiere de un nivel de detalle mayor.

La aplicación de esta técnica requiere de la utilización de evidencias para soportar cada causa. Esto no implica que durante la elaboración del diagrama no se puedan utilizar suposiciones, sino que deben ser comprobadas con instrumentos que permitan su medición y verificación. La utilización de suposiciones puede llevar a soluciones inefectivas con lo que el análisis estaría incompleto. En estos casos se recomienda utilizar la intuición pero creando mecanismos que en el futuro permitan medir para corroborar los supuestos.

Espinas de Pescado (Diagrama de Ishikawa Causa Efecto) ^[10, 11, 12]

Es importante la clasificación de causas en categorías, esto conlleva a un efecto principal, que en definitiva es lo que se desea mejorar o controlar.

1. Se escribe el efecto a un extremo de la espina principal.
2. Después se escriben las espinas secundarias (categorías) que pudieran estar causando el efecto principal. Generalmente, se recomienda que todas las posibles causas sean agrupadas en categorías, como por ejemplo: materiales, herramientas, inspección, individuos, etc. También se habla de las cinco “M” (Máquina, Mano de obra, Medio Ambiente, Método y Materia prima) ^[12].
3. En cada una de las ramas secundarias, se escriben los factores detallados que se consideren causas. En este punto se pueden generar sub categorías (ramas terciarias, etc.).

El diagrama se efectúa siguiendo los pasos indicados en la figura 5:

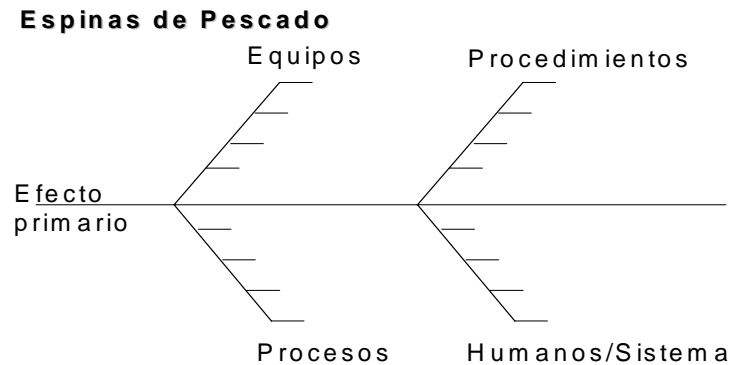


Fig. 5. Diagrama de Ishikawa (Espina de Pescado, Causa Efecto Ishikawa).
Fuente: Guía del Facilitador Carlos Parra, Curso de ACR, año 1999.

INTEVEP PDVSA

2.3.4. Análisis de Tareas ^[10]

Esta técnica es utilizada para asistir al analista en el aprendizaje acerca de procesos en el trabajo relacionados con el desempeño de las personas. El analista aprende cómo las tareas (procedimientos) son efectuadas y como debían haber sido ejecutadas. El objetivo es seguir y analizar los pasos de un procedimiento.

2.4. Árbol de Falla [10]

Es una herramienta utilizada en el proceso del ACR para ordenar gráficamente el análisis de manera secuencial, desde el Evento y a través de los diferentes Modos de Falla, relacionando las causas y efectos, hasta llegar a las causas raíces de dicho Evento. Las verdaderas causas raíces son descubiertas permitiendo que las evidencias físicas conduzcan a encontrar los factores que intervinieron para que éstas se produjeran. En muchos casos esta técnica es utilizada en forma proactiva para dirigir al analista a modos de falla potenciales previamente identificados y conocidos para un sistema. Una ventaja de esta técnica es que no se necesita experticia, ya que las preguntas han sido generadas previas a la investigación. Sin embargo, es conducida por eventos lo cual hace que el análisis se extienda.

La técnica se parece a la Espina de Pescado, pero incluye conectores lógicos del algebra Booleana “Y” (“and”) y “O” (“or”). El árbol está compuesto de eventos identificados como dentro y afuera (“inputs” y “outputs”). El evento principal se ubica en el tope y es el punto de partida para el análisis. Se usa el árbol y sigue una ruta definida tan lejos como la información disponible lo permita, es en este punto donde el analista se hace la pregunta de por qué no puede avanzar en el árbol. El analista trabaja hasta encontrar los últimos eventos y a partir de ellos determina la(s) causa(s) raíz (ces).

Reglas asociadas con el desarrollo de Árboles de Falla:

1. Todos los eventos deben estar conectados por “puertas”.
2. No se permiten conexiones entre puertas
3. Debe existir un mínimo de 2 “inputs” por cada “output”.

Adicionalmente, existen cuatro pasos usando Árbol de Fallas:

1. El analista debe enfocarse en una falla en particular
2. Se deben determinar todos los posibles escenarios de falla
3. Las probabilidades de falla de cada escenario deben investigarse
4. Debe determinarse el camino crítico que conduce a la falla

El Árbol de Falla permite identificar causas relacionadas con equipos, errores humanos o procesos. Así mismo, es de utilidad para buscar múltiples mecanismos de falla para un mismo evento.

2.5. Análisis Causa Raíz (ACR)

Es una herramienta utilizada para identificar las causas que originan las fallas o problemas, las cuales al ser corregidas evitarán la ocurrencia de los mismos. Es una técnica de identificación de causas fundamentales que conducen a fallas recurrentes. Las fallas identificadas son causas lógicas y su efecto relacionado, es importante mencionar que es un análisis deductivo, el cual

identifica la relación casual que conduce al sistema, equipo o componente a una falla. Se utiliza una gran variedad de técnicas y su selección depende del tipo de problema, disponibilidad de la data y conocimiento de las técnicas análisis causa-efecto, árbol de falla, diagrama espina de pescado, análisis de cambio, análisis de barreras y eventos y por ultimo el análisis de factores causales.^[1]

2.5.1. Importancia del Análisis Causa Raíz (ACR)

Su importancia radica en que normalmente cuando ocurre una falla, esta es percibida porque genera ciertas manifestaciones o fenómenos de fácil localización (síntomas), no así las causas de la misma (causa raíz), que mientras más complicado sea el sistema mayor será la dificultad de localizar el origen de las fallas, pudiendo atacar las manifestaciones del fallo pero no su origen, lo que se traduce en potencialidad de ocurrencia de fallas que se harán recurrentes. A continuación en la Figura N° 6 se muestra un ejemplo de ACR.

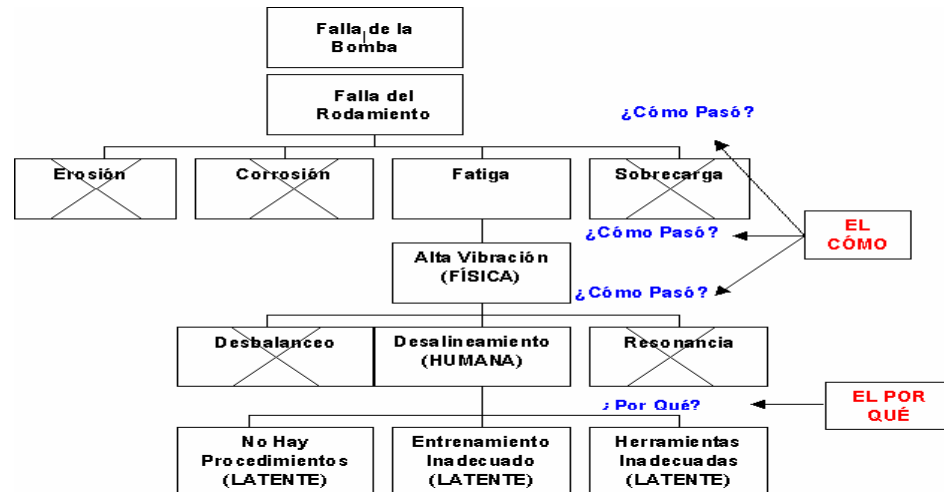


Figura N° 6. Ejemplo de ACR.

Fuente: Guía del Facilitador Carlos Parra, Curso de ACR, año 1999.

INTEVEP PDVSA

2.5.2. Donde y cuando aplicar un ACR

- En forma proactiva para evitar fallas recurrentes de alto impacto en costos de operación y mantenimiento.
- En forma reactiva para resolver problemas complejos que afectan la

organización.

- Equipos/sistemas con un alto costo de mantenimiento correctivo.
- Análisis de fallas repetitivas de equipos o procesos críticos.
- Análisis de errores humanos en el proceso de diseño y aplicación de procedimientos y supervisión.

2.5.3. Beneficios Generados por el ACR

- Reducción del número de incidentes, fallas y desperdicios.
- Reducción de gastos y de la producción diferida, asociada a las fallas.
- Mejoramiento de la Confiabilidad, la seguridad y la protección ambiental.
- Mejoramiento de la eficiencia, rentabilidad y productividad de los procesos.^[1]

2.6. Bombas Centrifugas Tipo Barril

El funcionamiento en si de la bomba es el de un convertidor de energía, o sea, transformará la energía mecánica en energía cinética, generando presión y velocidad en el fluido.

Existen muchos tipos de bombas para diferentes aplicaciones. Los factores más importantes que permiten escoger un sistema de bombeo adecuado son: presión de descarga, presión de proceso, velocidad de bombeo, tipo de gases a bombear (la eficiencia de cada bomba varía según el tipo de gas).

Las bombas se clasifican en tres tipos principales:

1. De émbolo alternativo
2. De émbolo rotativo
3. Centrifugas.

Los dos primeros operan sobre el principio de desplazamiento positivo y el tercer tipo debe su nombre a un elemento rotativo, llamado rodete, que comunica velocidad al líquido y genera presión, estas son de desplazamiento no positivo. Se dice que una bomba es de desplazamiento positivo, cuando su órgano propulsor

contiene elementos móviles de modo tal que por cada revolución se genera de manera positiva un volumen dado o cilindrada, independientemente de la contrapresión a la salida. En este tipo de bombas la energía mecánica recibida se transforma directamente en energía de presión que se transmite hidrostáticamente en el sistema hidráulico.

En las bombas de desplazamiento positivo siempre debe permanecer la descarga abierta, pues a medida que la misma se obstruya, aumenta la presión en el circuito hasta alcanzar valores que pueden ocasionar la rotura de la bomba; por tal causal siempre se debe colocar inmediatamente a la salida de la bomba una válvula de alivio o de seguridad. Con una descarga a tanque y con registro de presión.

Estas bombas transforman la energía mecánica recibida en energía hidrocínética imprimiendo a las partículas cambios en la proyección de sus trayectorias y en la dirección de sus velocidades. Es muy importante en este tipo de bombas que la descarga de las mismas no tenga contrapresión pues si la hubiera, dado que la misma regula la descarga, en el caso límite que la descarga de la bomba estuviera totalmente cerrada, la misma seguiría en movimiento no generando caudal alguno trabajando no obstante a plena carga con el máximo consumo de fuerza matriz.

Las bombas centrífugas, también denominadas rotativas, tienen un motor de paletas giratorio sumergido en el líquido. El líquido entra en la bomba cerca del eje del motor, y las paletas lo arrastran hacia sus extremos a alta presión. El motor también proporciona al líquido una velocidad relativamente alta, que puede transformarse en presión en una parte estacionaria de la bomba, conocida como difusor. En bombas de alta presión pueden emplearse varios motores en serie, y los difusores posteriores a cada motor pueden contener aletas de guía para reducir poco a poco la velocidad del líquido.

Las bombas de múltiples fases o tipo barril alcanzan su altura manométrica o

carga con dos o más impulsores, actuando en serie en una misma carcasa y un único eje, es por esto que las bombas de múltiples fases son utilizadas en cargas manométricas muy altas. En la figura N° 7 se puede observar los elementos internos de la Bomba Centrífuga Tipo Barril.

Las ventajas primordiales de una bomba centrífuga son la simplicidad, el bajo costo inicial, el flujo uniforme (sin pulsaciones), el pequeño espacio necesario para su instalación, los costos bajos de mantenimiento, el funcionamiento silencioso y su capacidad de adaptación para su uso con impulsos por motor o turbina. Además tiene gran capacidad por el poco rendimiento a bajo flujo, y por eso su empleo está limitado a las grandes plantas. No exigen gran espacio, y para líquidos no viscosos los rendimientos son comparables a los de otros tipos para mayores capacidades. [7]

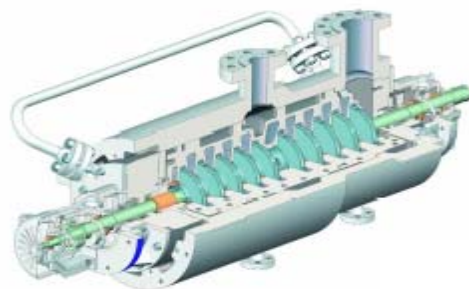


Figura N° 7. Corte Medio de la Bomba Centrífuga Tipo Barril

2.7. Sellos Mecánicos

El sello mecánico puede ser definido técnicamente como un dispositivo mecánico que previene el escape de fluido de un recipiente, el cual atraviesa una flecha rotativa; realizándose el sellado por el contacto axial de sus caras, que se encuentran perpendiculares a la flecha y en movimiento relativo una a otra.

Clasificación de los sellos mecánicos

Por características del diseño: Estos son los sellos balanceados y no

balanceados, son balanceados cuando los diámetros de cara en contacto han sido reducidos en relación al diámetro del movimiento relativo, de modo que la carga en la cara sea menor que la presión hidráulica del fluido en operación.

Por arreglo posicional: Sellos sencillos: es el mayor número de aplicaciones de sellos mecánicos que consiste la cabeza rotativa del sello que puede montarse en el interior del equipo y circundada por el líquido en operación, o bien a su exterior.

Sellos dobles: consisten en dos sellos sencillos, montados en sentido opuestos en la misma caja de sellado. Su objetivo es proporcionar una zona neutral en la que recircula un líquido secundario, limpio y con poder lubricante y a mayor presión que la que presenta el fluido en operación. De este modo se logra que la película interfacial sea proporcionada por el líquido secundario si se mantiene en todo momento el diferencial de presión.

Sellos tandem: son un arreglo de dos sellos sencillos montados en la misma dirección. El líquido secundario crea una zona de amortiguamiento (buffer) entre el fluido en operación y el medio exterior. Este arreglo es usado cuando el fluido en operación se convierte en abrasivo al cristalizar en contacto atmosférico, o en el sellado de fluidos tóxicos o inflamables por medidas de seguridad. ^[3]

2.8. Hidrotratamiento ^[8]

Los procesos de Hidrotratamiento difieren en función de las cargas y los catalizadores. La hidrosulfuración elimina el azufre del queroseno, reduce los aromáticos y las características que favorecen la formación de gomas, y satura cualquier olefinas. La hidroformación es un proceso de deshidrogenación que se utiliza para recuperar el exceso de hidrógeno y producir gasolina de alto índice de octano. Los productos hidrotratados se mezclan o se utilizan como material de carga para la reforma catalítica.

En la hidrodesulfuración catalítica, la carga se desairea, se mezcla con hidrógeno, se precalienta y se hace pasar a alta presión por un reactor catalítico de lecho fijo. El hidrógeno se separa y recicla y el producto se estabiliza en una columna de destilación primaria donde se eliminan los residuos ligeros. Durante este proceso, los compuestos de azufre y nitrógeno que hay en la carga se convierten en ácido sulfhídrico (H_2S) y amoníaco (NH_3). El ácido sulfhídrico y el amoníaco residuales se eliminan por separación al vapor, mediante un separador combinado de alta y baja presión o por medio de un lavado con aminas que recupera el ácido sulfhídrico en una corriente altamente concentrada, apta para conversión en azufre elemental.

En el Hidrotratamiento debe controlarse el ácido sulfhídrico que contiene la carga para mantenerlo en un nivel mínimo con objeto de reducir la corrosión en este proceso se eliminan alrededor del 90 % de los contaminantes, como nitrógeno, azufre, metales e hidrocarburos insaturados (olefinas), de las fracciones de petróleo líquidas, como la gasolina de destilación directa. A veces se forma cloruro de hidrógeno y se condensa en forma de ácido clorhídrico en las secciones de baja temperatura de la unidad. En las unidades de alta presión y temperatura se forma bisulfuro amónico. En caso de fuga se produce exposición a vapores de naftas aromáticas que contienen benceno, ácido sulfhídrico o hidrógeno gaseoso, o a amoníaco si se origina una fuga o derrame de agua amarga. También puede haber fenol si se procesan cargas con alto punto de ebullición. Un tiempo de contacto y/o una temperatura excesivos provocarán coquización en la unidad. Se han de tomar precauciones al descargar el catalizador coquizado de la unidad para prevenir incendios por sulfuro de hierro. El catalizador coquizado deberá enfriarse hasta una temperatura inferior a $49\text{ }^{\circ}C$ antes de extraerlo, o vaciarse en recipientes inertizados con nitrógeno donde pueda enfriarse antes de su ulterior manipulación. Para prevenir el envenenamiento del catalizador por arrastre de silicona en la carga del coquificador se emplean aditivos antiespumantes especiales.

CAPITULO 3.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EN ESTUDIO

3.1. Descripción el Sistema de Circulación de Aminas en las Unidades HDT/Ambientales.

El Hidrotratamiento se utiliza para eliminar alrededor del 90 % de los contaminantes, como Nitrógeno, Azufre, metales e hidrocarburos insaturados (olefinas), de las fracciones de petróleo líquidas, como la gasolina de destilación directa.

En este proceso de Hidrotratamiento, la carga se desairea, se mezcla con hidrógeno, se precalienta y se hace pasar a alta presión por un reactor catalítico de lecho fijo. El hidrógeno se separa y recicla y el producto se estabiliza en una columna de destilación primaria donde se eliminan los residuos ligeros. Durante este proceso, los compuestos de azufre y nitrógeno que hay en la carga se convierten en ácido sulfhídrico (H_2S) y amoníaco (NH_3). El ácido sulfhídrico y el amoníaco residuales se eliminan por separación al vapor, mediante un separador combinado de alta y baja presión o por medio de un lavado con aminas que recupera el ácido sulfhídrico en una corriente altamente concentrada, apta para conversión en azufre elemental.

En el Hidrotratamiento debe controlarse el Ácido Sulfhídrico que contiene la carga para mantenerlo en un nivel mínimo con objeto de reducir la corrosión. A veces se forma cloruro de Hidrógeno y se condensa en forma de Ácido clorhídrico en las secciones de baja temperatura de la unidad. En las unidades de alta presión y temperatura se forma bisulfuro amónico. En caso de fuga se produce exposición a vapores de naftas aromáticas que contienen benceno, Ácido sulfhídrico o Hidrógeno gaseoso, o Amoníaco si se origina una fuga o derrame de agua amarga. El catalizador coquizado deberá enfriarse hasta una temperatura inferior a $49\text{ }^{\circ}C$ antes de extraerlo, o vaciarse en recipientes inertizados con Nitrógeno donde pueda enfriarse antes de su ulterior manipulación. Para prevenir envenenamiento

del catalizador por arrastre de sílica en la carga del coquificador se emplean aditivos antiespumantes especiales.

El gas Ácido (gas combustible derivado de procesos como el craqueo catalítico y el Hidrotratamiento, que contiene Ácido Sulfhídrico y dióxido de Carbono) debe tratarse para poder usarlo como combustible en la Refinería. Las plantas de aminas eliminan los contaminantes Ácidos del gas Ácido y de las corrientes de hidrocarburos. En dichas plantas, las corrientes de hidrocarburos líquidos y gaseosos que contienen dióxido de Carbono y/o Ácido Sulfhídrico se cargan en una torre de absorción de gas o en un contactor de líquidos, donde los contaminantes Ácidos son absorbidos por disoluciones de aminas que circulan a contracorriente llamado DIETANOLAMINA (DEA).

En la siguiente figura N° 8, se demuestra el proceso de hidrotratamiento de diesel y el proceso de absorción de la amina

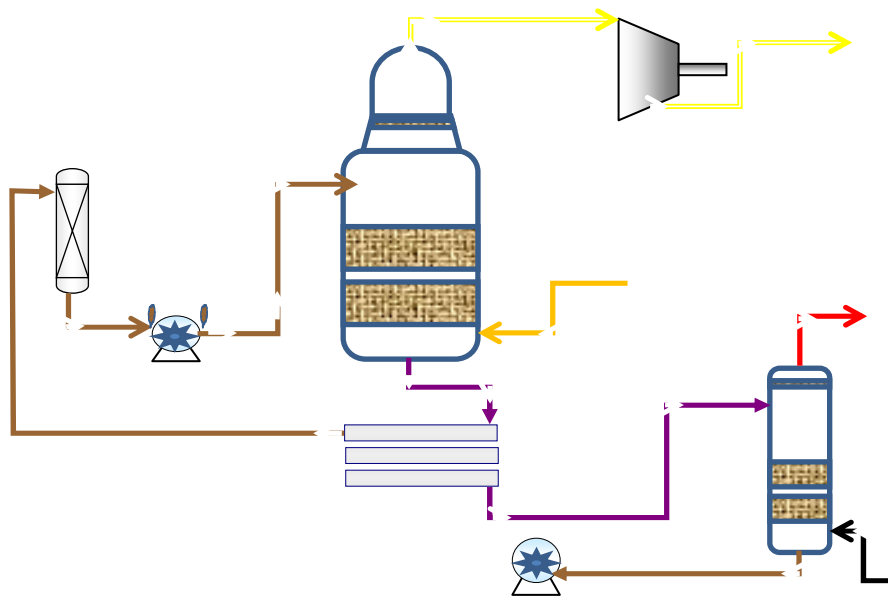


Figura N 8. Ciclo de la Amina en el proceso de Recuperación y Regeneración.
Fuente diseño propio

El gas o el líquido separados se eliminan por la parte superior, y la amina se envía a un regenerador, donde los componentes ácidos se separan mediante calor y rehervido, y se evacuan, en tanto que la amina se recicla. A fin de minimizar la corrosión, deben establecerse métodos de operación adecuados y controlarse las temperaturas del fondo del regenerador y del rehervidor. Es necesario impedir que entre Oxígeno en el sistema para prevenir la oxidación de la amina. Hay riesgo de exposición a compuestos de aminas (es decir, DEA), Ácido Sulfhídrico y dióxido de Carbono.

El sistema de Recuperación de Aminas de la Unidad 45 (HDT) de la RPLC tiene como objetivo reducir al mínimo la concentración de los gases de proceso los cuales contienen contaminantes como (H_2S , minerales, N_2 , ácidos), provenientes de las torres regeneradoras, logrando así un gas más limpio, sin contaminantes, reduciendo el impacto humano, el efecto negativo en la metalurgia de las unidades de la Refinería Puerto la Cruz (corrosión) y en la mala calidad del producto (Diesel Liviano).

3.2. Propósito de la unidad

Entre los subproductos del proceso de regeneración de aminas se encuentran el H_2S y minerales, los cuales deben ser tratados para evitar la corrosión estructural, contaminación del medio ambiente y mejorar la calidad del producto. La unidad está diseñada para remover sulfuro de hidrógeno (H_2S) de los efluentes de hidrocarburos gaseosos en donde se emplea tres etapas de tratamiento:

- ✓ Sistema de mezcla de los gases de proceso.
- ✓ Entrada de gases y amina a la Torre de Lavado
- ✓ Expulsión de residuos en la Torre.

La unidad de amina (Unidad 47) toma la amina rica de todos los depuradores de amina de la Unidad 45, regenera la amina y regresa la amina regenerada a estos depuradores como amina pobre. El gas ácido que se retira en el regenerador de amina se envía a la unidad de recuperación de azufre (Unidad 48).

La remoción de H₂S de los efluentes de hidrocarburos gaseosos se logra en los depuradores: Depurador de amina de alta presión D-4509 (que incluye un lavado con agua del efluente de gas) y Depurador de amina de baja presión D-4527, usando una solución absorbidora llamada dietanolamina (DEA) de 20% peso.

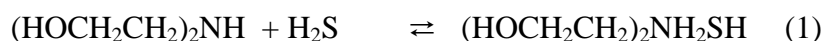
El gas de alimentación que recibe el D-4509 es gas agrio de recicló proveniente del separador frío de alta presión D-4510. El gas de alimentación que recibe el D-4527 es una mezcla de gas despojado proveniente del E-4511 y gas de descarga de la Unidad 19 (Hidrotratamiento de naphtha, NHT).

La unidad de Amina tiene una capacidad de 813 gpm como amina rica al regenerador. El consumo anual estimado de DEA pura es de 50000 lbs.

	Temperatura °F	Presión psig
Cargas		
Amina rica desde la Unidad 45	149	140
Productos		
Amina pobre (caliente) a la Unidad 45	140	190
Amina pobre (fría) a la Unidad 45	120	190
Agua agria a la Unidad 46	120	30
Gas ácido de amina a la Unidad 48	120	10

El sulfuro de hidrógeno, H₂S o HSH, es un ácido débil que se ioniza en el agua y forma iones de hidrógeno e iones de sulfuro. Puesto que se trata de un ácido bastante débil, sólo se ioniza una fracción del H₂S.

Las variables de operación se ajustan para favorecer la reacción progresiva de la ecuación (1) en el paso de absorción del proceso, y viceversa, se ajustan para favorecer la reacción inversa en el paso de regeneración de amina del proceso. La reversibilidad de esta reacción permite la regeneración de la solución y la extracción continua de H₂S mediante tratamiento con amina.



Las variables del proceso son:

- A. Temperatura
- B. Carga de gas ácido
- C. Concentración de amina
- D. Presión parcial de H₂S en la corriente de alimentación
- E. Contacto

Estas variables producen un efecto en el rendimiento de la unidad donde cada una es independiente y es considerada por separado. En la práctica general, los dos últimos elementos no son variables de operación, puesto que se han fijado a partir de los criterios de diseño para la unidad y la selección de equipo. Sin embargo, vale la pena mencionar que la absorción de H₂S en la solución de amina se ve favorecida por una elevada presión parcial de H₂S en la corriente de alimentación y por un eficaz contacto.

A. Temperatura: Mientras menor sea la temperatura de la solución de amina pobre, mejor será la remoción de H₂S. Sin embargo, cuando se trata un gas de hidrocarburo, la temperatura de la amina pobre se ve limitada por la temperatura del gas que esté tratándose. Debe mantenerse la temperatura de la amina pobre entre 10 y 24°F por encima de la temperatura de la corriente de alimentación de gas, a fin de evitar la posible condensación de estos vapores de hidrocarburo. Cada depurador se diseña con la siguiente diferencia de temperatura:

- Depurador de alta presión D-4509: 11°F
- Depurador de baja presión D-4527: 20°F

B. Carga de gas ácido: La alta eficiencia de eliminación de gas ácido depende de la buena regeneración de la solución de amina. Sin embargo, también depende de la restricción de la carga de H₂S en la amina rica, a fin de favorecer la dirección progresiva de la reacción que se describe en la ecuación (1). La carga de H₂S de la solución de amina se controla mediante el ajuste del flujo de circulación

de amina. En la mayoría de los casos, salvo que se hayan empleado consideraciones de diseño especiales, la carga de gas ácido (H_2S) en la amina rica no debe superar entre 0,4 y 0,5 moles de gas ácido total por mol de amina presente. El flujo de circulación de amina se basa en una relación entre la carga de ácido total y la amina de 0,4 mol/mol.

C. Concentración de amina: La concentración de amina no combinada se ve favorecida por la elevada concentración de amina en la solución de amina, la buena regeneración y la condición libre de ácidos fuertes. Consideraciones prácticas y económicas, confirmadas por la experiencia en el campo, han demostrado por lo general que la concentración de amina óptima para esta unidad es de DEA de 20% peso. Este valor se basa en el menor requerimiento de calor para lograr la extracción de H_2S deseada, las menores pérdidas de químicos y los menores problemas operativos.

La concentración de amina disponible en la amina pobre se ve afectada principalmente por la eficiencia y el control de la regeneración de amina. Mientras menor sea el contenido de sulfuro de la amina pobre, mayor será la concentración de amina disponible para remover el H_2S .

3.3. Descripción del flujo del proceso

El D-4509 recibe el vapor del separador frío D-4510. Este vapor se desvía parcialmente del D-4509 para ajustar el contenido de H_2S en el gas de reciclaje a 1% volumen. El D-4527 recibe el gas despojado, previamente enfriado en el E-4511, y también vapor de la unidad de hidrotreatmento de nafta (Unidad 19), después de la remoción del líquido arrastrado en el tambor de disposición de líquidos de gas ácido de baja presión (KO drum) D-4526. El gas de tope tratado con amina proveniente del D-4527 se envía al tambor de mezcla de gas combustible D-7202 a través de la PV-45803A.

La amina rica del D-4509 es enviada a la sección de fondo del D-4527 bajo

el control de nivel LIC-45508 en el D-4509, a fin de absorber los hidrocarburos disueltos en el depurador de alta presión.

La amina rica total proveniente del fondo del D-4527 se envía al D-4703 bajo el control de nivel LIC-45511 en el D-4527, donde se remueve a baja presión el gas disuelto y se separan los hidrocarburos de la solución de amina por decantación. El controlador de presión PIC-47207 controla la presión de operación del D-4703. El gas disuelto que se remueve en el D-4703 se envía al cabezal del mechurrio de gas ácido a través de la PV-47207. Luego, la amina rica del D-4703 es bombeada con G-4706A/B y precalentada con el fondo del regenerador en el E-4701A/B, y entra al regenerador D-4704 bajo el control de nivel LIC-47204 en el D-4703. El hidrocarburo separado en el D-4703 se envía al tambor de sumidero de DEA D-4707 con la operación de válvulas manuales.

El vapor de tope del D-4704 se condensa parcialmente en el enfriador con aire E-4702. El gas de descarga que fue separado en el tambor de reflujo D-4705 se envía a la unidad de recuperación de azufre (Unidad 48) como un gas ácido de amina. Parte del agua condensada es enviada de vuelta a la columna como reflujo bajo el control de flujo FIC-47302, y el excedente de agua se envía a la unidad de despojamiento de agua agria (Unidad 46) bajo el control de nivel LIC-47302 en el D-4705.

La temperatura de tope de la columna es controlada por el flujo de vapor al rehervidor (FIC-47303), ajustada mediante el controlador de temperatura de tope (TIC-47309). La presión del gas ácido oscila a la presión de operación en el D-4801 en la Unidad 48. Cuando la presión del gas ácido que va a la Unidad 48 aumenta o cuando la Unidad 48 está fuera de servicio, el gas ácido puede enviarse directamente al mechurrio de gas ácido a través de la PV-47307.

El rehervidor del regenerador es el E-4703. Se trata de un rehervidor de tipo de termosifón que genera vapor de despojamiento con vapor de media presión

proveniente del recalentador M-4704. El flujo del vapor de media presión hacia el M-4704 es manipulado por el controlador de flujo FIC-47303, ajustado con TIC-47309. El agua tratada que se emplea para recalentar el vapor de media presión es manejada con el controlador de temperatura TIC-47307. El condensado de vapor del E-4703 se recolecta en el D-4709 y luego se envía al cabezal de condensado bajo el control de nivel LIC-47304. Se han tomado previsiones para suministrar el vapor de media presión de recalentado a la Unidad 48 como vapor especial de baja presión (SLX) de respaldo, bifurcándose aguas abajo del M-4704.

La amina pobre del fondo del D-4704 se enfría en el intercambiador de alimentación/fondo E-4701 y es bombeada con G-4702A/B. Su temperatura se ajusta en el enfriador con aire E-4704 antes de ser enviada nuevamente a los depuradores. La temperatura de la amina pobre que va hacia el depurador de alta presión D-4509 es controlada por TDIC-45504/TDV-45504. La temperatura de la amina pobre que va hacia el depurador de baja presión D-4527 también es controlada por TDIC-45509/TDV-45509.

La corriente de amina pobre que va hacia el depurador de alta presión es dirigida al tambor de compensación D-4525 bajo el control de nivel LIC-45509 en el D-4525, y luego es bombeada con G-4515A/B y entra al D-4509 bajo el control de flujo FIC-45508A. La corriente de amina pobre hacia el depurador de baja presión es enviada directamente de la Unidad 47 bajo el control de flujo FIC-45511.

En la sección de tope del depurador de alta presión, el gas de las bandejas depuradoras de amina se lava con el agua circulada por la G-4506, a fin de extraer la amina arrastrada. La reposición del agua de lavado hacia la sección de agua de lavado del D-4509 es suministrada con la G-4507A/B, y el agua agria es retirada del D-4509 y enviada al D-4527 bajo el control de nivel LIC-45507.

Una parte de la corriente de amina pobre del enfriador con aire E-4704 fluye

a través de tres filtros instalados en serie M-4701/4702/4703 bajo el control de flujo FIC-47205. Luego, es reciclada hacia la succión de la bomba G-4702.

El ejector de reposición de DEA, J-4701, que se encuentra aguas arriba del tanque de almacenamiento de amina D-4706, se usa para preparar la solución de DEA de 20% peso que se usará para la operación inicial y luego durante la operación. Para agregar amina pobre al sistema durante la operación se usa la bomba de reposición de amina G-4703, la cual bombea la solución que está en el tambor de sumidero de DEA D-4707.

La unidad no dispone de ninguna instalación dosificadora de antiespumante. Sin embargo, se ha instalado en la succión de G-4702A/B una boquilla de conexión con válvula para la inyección.

Equipos Estáticos	Equipos Rotativos
D – 4525 Torre de Lavado de gases	✓ G-4702A/B
D – 4510 Tanque de cáustico	✓ G-4515A/B
D – 4509 Tanque de agua	
D – 4527 Enfriador de cáustico	

3.4. Características de los equipos involucrados en proceso

TABLA N 1. Equipos que integran la unidad de recuperación de amina Und-45:

TANQUES	BOMBAS	FAN-COOLER	INSTRUMENTACION	
D-4509			LIC-45511	FIC-45511
D-4510	G-4515		LIC-45507	PV45803 A
D-4527	A/B	E-4511	TDIC-45504	TDV-45509
D-4526	G-4506		TDIC-45509	TDV-45504
D-4525			FIC-455058 A	

TABLA N 2. Especificaciones de Bomba G-4515 A/B de la Unidad 45:

Bombas Horizontales Tipo Barril		
FABRICANTE:	NIIGATA WORTHINGTON	
VELOCIDAD:	3565 RPM	
TIPO DE BOMBA:	HORIZONTAL BARRIL 2BP-126	
CAPACIDAD:	250 GPM	
ACOPLE:	THOMAS COUPLING, SERIE 71	
EFICIENCIA:	50%	
SUCCION:	3"- 900 PSI	
DESCARGA:	2" -900 PSI	
PRESIÓN DESCARGA	1342 PSI	
PRESIÓN SUCCIÓN:	145 PSI	
SELLO MECÁNICO	LADO MOTRIZ:	LADO NO MOTRIZ
	API 610, PLAN 11/53/61	API 610, PLAN 11/53/61
	API BDTIN	API BDTIN
	MODELO:	MODELO
	H75VK/110- FTA3	H75VK/110- FTA4
PRESION DE N2 AL POTE SELLO	220 PSI	
FLUIDO DE BARRERA DEL SELLO	ACEITE TURBULUB ISO 32	

CAPÍTULO 4.

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Metodología

La metodología aplicada corresponde al Análisis de Causa Raíz, la cual permite identificar las causas raíces que originan eventos no deseados, adicionalmente permite adoptar acciones de mitigación con el fin de evitar la ocurrencia de estos eventos. De esta manera se mejora la confiabilidad operacional y reducción del riesgo por impacto global en el negocio.

La metodología esta conformada por cinco fases:

1. Fase I: Conformación del equipo natural de trabajo.
2. Fase II: Recopilación de información
3. fase III: Esquematizar la información (planteamiento del problema) y formulación de hipótesis
4. Fase IV: Verificar Hipótesis
5. Fase V: Identificar las soluciones y generar las acciones

4.1.1. Equipo Natural de Trabajo (ENT).

Para la conformación del equipo natural de trabajo es necesario contar con personas de las diferentes disciplinas, de manera de facilitar el estudio del problema y agilizar el avance en la búsqueda de soluciones, siguiendo esta premisa se solicito apoyo a personas de los diferentes especialidades: Ingeniería de proceso, Ingeniería de Confiabilidad Operaciones y Mantenimiento, conjuntamente con la coordinación de un asesor académico acreditado de la metodología de ACR.

4.1.2. Recopilación de la información.

Técnicas de Recolección de Datos.

La información recopilada y manejada durante el análisis fue obtenida de las cinco fuentes recomendadas por la metodología de ACR:

- **Personas:**

En función del activo más importante que poseen las empresas, se realizaron actividades orientadas a extraer la información valiosa de esta fuente, tales como:

- Tomar en cuenta quien ejecuta qué tarea.
- Entrevistas informales.
- Opiniones de experto.
- Consultas específicas.
- Conjeturas.
- Suposiciones.

- **Información bibliográfica:**

Revisión documental, iniciándose con la revisión del estado actual del sistema a través de todos los documentos escritos relacionados con los equipos en estudio (las Bombas G-4515 -A/B), incluyendo planos, diseño, operación y mantenimiento.

- **Estudios y análisis técnicos:**

Para alcanzar este punto se tomaron en cuenta:

- Inspección visual.
- Estudio de muestras físicas.
- Análisis de fluidos.
- Participación de especialistas.

- **Análisis del sistema donde se encuentra el equipo:**

Para ello se utilizaron planos, visitas a la planta, para así tener una visión clara de los procesos. Enmarcando el sistema y la situación planteada.

- Análisis de procedimientos y paradigmas:

En el análisis de procedimientos y paradigmas se fue al régimen informal de actividades, que obedece a la forma de hacer las cosas diariamente, por parte de los responsables, es por ello que:

- Se observó el comportamiento durante la faena.
- Comprobó la existencia de procedimientos formales.
- Se realizó medición nivel de conocimiento sobre procedimientos.
- Comparación de Ejecución vs. Procedimiento.

4.1.3. Esquematización de la Información.

Con los antecedentes y los datos recolectados en la fase de la recopilación de la información se pudo lograr:

- Planteamiento del problema.
- Redactar los eventos no deseados.
- Análisis de Causa y efecto
- Establecer y jerarquizar los modos de falla.
- Construir la caja superior del árbol lógico.

Utilizando el árbol lógico como herramienta del ACR para ordenar gráficamente el análisis de manera secuencial, desde el Evento y a través de los diferentes Modos de Falla, relacionando las causas y efectos, hasta llegar a las causas raíces de dicho Evento. Se utiliza el razonamiento deductivo ya que empiezan con un evento general o un evento de resultado y elaboran por las ramas a los eventos específicos, teniéndose la siguiente secuencia:

- A.1. Evento General.
- A.2. Evidencia Física
- A.3. Nivel 1 (Hipótesis/ Falla Física).
- A.4. Nivel 2 (Hipótesis/Falla Humana).
- A.5. Nivel 3 (Hipótesis/ Falla Latente).

4.1.4. Verificación de Hipótesis.

Al ser verificada una Hipótesis, se convierte en una causa. Para la validación se utilizaron diversas técnicas según se presentó el caso. A continuación se mencionan las utilizadas:

- ✓ Pruebas de campo
- ✓ Verificación de tendencias
- ✓ Análisis de laboratorio
- ✓ Análisis de fallas por expertos

4.1.5. Identificar Soluciones.

Una vez identificada la solución, se genera la ejecución de una tarea o series de tareas orientadas a resolver la causa identificada en la investigación del problema. Al finalizar el análisis y encontrar la causa raíz del problema hay que realizar un reporte con las características similares presentadas en la Tabla N° 3

TABLA N° 3. Ejemplo de tabla resumen con resultados obtenidos a través de la metodología de ACR.

SECUENCIA DE SUCESOS	ACCIONES ESPECÍFICAS	RESPONSABLE DE LA ACCIÓN	FECHA DE LA ACCIÓN	BENEFICIOS POTENCIALES DE LA ACCIÓN
Se deben relatar los hechos, partiendo de las fallas latentes, pasando por las fallas humanas, luego por las fallas físicas, después por las evidencias físicas hasta llegar al evento principal.	En esta columna se deben describir el conjunto de actividades que se deben llevar a cabo para prevenir la(s) causa(s) raíz(ces) que generan el evento principal	Se debe mencionar a las personas responsables que velarán por que se lleven a cabo las acciones específicas que buscan prevenir la ocurrencia de la(s) causa(s) raíz(ces) que generan el evento principal	En esta columna se debe mostrar cuándo se llevarán a cabo las acciones específicas que buscan prevenir la ocurrencia de la(s) causa(s) raíz(ces) que generan el evento principal	En esta columna se debe mostrar el beneficio que generará cada una de las acciones específicas que buscan prevenir la ocurrencia de la(s) causa(s) raíz(ces) que generan el evento principal

CAPÍTULO 5.

DESARROLLO

5.1. Fase I. Conformación del Equipo Natural de Trabajo (ENT)

El equipo natural de trabajo esta conformado por personal de los diferentes departamentos del Ingeniería de proceso (1 Ingeniero de Procesos); Operaciones (3), Mantenimiento (Sup. de Secc. y mantenedor de taller central), Ingeniería de Confiabilidad (1 Inspector de equipos rotativos y 1 Inspector. de equipos estáticos); conjuntamente con la coordinación de un asesor académico y el estudiante de post grado.

5.2. Fase II. Recopilación de Información

La presente investigación, está referida a la unidad de aminas, esta unidad forma parte del proceso de recuperación de aminas del área de Hidrotratamiento de diesel de la refinería Puerto la Cruz, compuesto principalmente por:

El sistema de Carga: Bombas G-4515-A Principal y G-4515-B Respaldo
Torre almacenadora de amina D-4525
Torre Despojadora D-4509

De los equipos descritos anteriormente se tomó como objeto de estudio el subsistema de Carga, que está compuesto por dos bombas centrífugas modelo BARRIL 2BP-126 NIIGATA WORTINGTHON (según norma API 610), dos motores eléctricos TOSHIBA, y demás elementos de control, tuberías cercanas así como toda la instrumentación asociada. Fueron estudiados debido a la gran importancia para el proceso de circulación de amina., de allí la necesidad del estudio de la alta frecuencia de fallas presentadas en su sellos mecánicos durante 01 de enero 2007 hasta diciembre 2008 en base a los registros de fallas y los análisis de laboratorio de la amina donde se especifican el porcentaje de pureza de la amina, la cantidad en ppm de azufre y la cantidad en ppm de H₂S presentes en

el mismo.

La información recopilada y manejada durante el análisis fue obtenida de las cinco fuentes recomendadas por la metodología de ACR:

5.2.1. Personas

Activo más importante que posee la empresa, se realizaron actividades orientadas a extraer la información valiosa de esta fuente, tales como:

- Tomar en cuenta quien ejecuta qué tarea.
- Entrevistas informales.
- Opiniones de experto.
- Consultas específicas.
- Conjeturas.
- Suposiciones.

Dirigidas al personal relacionado con el proceso de las Plantas Ambientales, y sobretodo con la operación del sistema de recuperación de aminas en la unidad 45 de la planta Hidroprocesos, así como también personal del laboratorio, taller central, mantenedores, planificadores de mantenimiento, especialistas, entre otros. Toda la información recabada a través de las personas da a este proyecto un aporte muy importante, ya que estos conocimientos son adquiridos a través de vivencias, experiencias, información muy importante para complementar y validar con la bibliografía.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron encuestas que sirvieron de apoyo al momento de obtener los datos e información del personal involucrado al sistema (personal de los departamentos de confiabilidad, equipos rotativos y estáticos, operaciones, procesos, instrumentistas, mantenimiento mecánico y eléctrico). De esta forma conocer cuales son las causas que están afectando a los sellos mecánicos de las Bombas Centrifuga Tipo Barril del Sistema de Circulación de aminas además de conocer sus rangos operacionales y las fallas

que han presentado.

El personal se estableció como un equipo multidisciplinario de trabajo, pues se requiere la participación de personal de diversas áreas al momento de tener una visión objetiva de las fallas, posibles causas y sus consecuencias, además de las soluciones y beneficios que se pueden obtener.

5.2.2. Información bibliográfica:

La recopilación de información bibliográfica, se inicia con los documentos existente en la Gerencia de Operaciones, entre ellos el manual de operaciones de la unidad de hidrotreatmento de diesel, Procedimientos de trabajo, Manual de las Bombas centrífugas G-4515, Informes, Recomendaciones Técnicas, Especificaciones Técnicas, Memos, Comunicados, Correos Electrónicos, Registros (de mantenimiento mecánicos, de operadores), Folletos, Guías de Adiestramiento, Información por Internet, Tesis, entre otros.

5.2.3. Estudios y análisis técnicos

Como en toda investigación, la evidencia física juega un papel concluyente al momento de verificar las hipótesis, por tal motivo cada parte involucrada debió ser sometida a procesos de validación:

- Inspección visual.
- Estudio de muestras físicas.
- Análisis de fluidos.
- Participación de especialistas.

Estudios de Laboratorio

Se efectuaron estudios de laboratorios tales como: Análisis de sólidos suspendidos totales y sólidos suspendidos volátiles, con el fin de determinar las características de la AMINA que allí se manejan y establecer diferencias con respecto a las características de diseño.

5.2.4. Análisis del sistema donde se encuentra el equipo:

Con la definición del contexto operacional se obtiene una idea clara de la

importancia que este sistema tiene para todo el complejo de Hidroprocesos y los procesos asociados:

- Ubicación del sistema en la planta.
- Rol del sistema dentro del proceso.
- Fechas de ocurrencia de las fallas.

Una de las técnicas utilizadas fue la Observación Directa, para obtener información directa del proceso del sistema de Circulación de amina, así como detectar las condiciones operacionales del mismo.

5.2.5. Análisis de procedimientos y paradigmas:

La empresa cuenta con procedimientos formales que rigen las actividades diarias, sin embargo existe un régimen informal de actividades que obedece a la forma de hacer las cosas diariamente por parte de los responsables, por lo que es importante:

- Observar el comportamiento durante la faena.
- Comprobar la existencia de procedimientos formales.
- Medir nivel de conocimiento sobre procedimientos.
- Comparar ejecución vs. Procedimiento.

5.3. Fase III. Esquematización de la Información.

5.3.1. Planteamiento del Problema

Fallas recurrentes en los sellos mecánicos de las bombas G-4515 A/B sistema de recuperación de aminas en la unidad 45 de la planta Hidroprocesos.

5.3.2. Revisión Histórica de Eventos Presentados en el Sistema

Por medio de la consulta de estos registros, constituidos por los reportes de mantenedores y operadores, registro de laboratorio, RTI, se estableció un orden cronológico de los eventos presentados por el sistema desde enero del 2007 hasta

diciembre de 2008. A continuación se indican algunas referencias de algunos eventos:

Fecha: 15/02/07. “Se realizó seguimiento al funcionamiento del sello mecánico del lado motriz de la bomba G-4515A perteneciente a la Unidad 45, Hidrotratamiento de Diesel. Durante este seguimiento se observó constante disminución de la presión interna del pote de sello del plan API 53 de este sello mecánico, en intervalos de tiempo inferiores a tres (3) horas de operación.

Por lo anteriormente descrito se evidencia la existencia de daños en los elementos internos del sello secundario, por lo que se recomienda reemplazar sello mecánico del lado motriz de la bomba.”

Fecha: 08/08/07. “Se realizó seguimiento al funcionamiento del sello mecánico del lado motriz de la bomba G-4515B perteneciente a la Unidad 45, Hidrotratamiento de Diesel. Durante este seguimiento se observó constante disminución de la presión interna del pote de sello del plan API 53 de este sello mecánico, el personal de mantenimiento suministro aceite al pote a fin de incrementar la presión interna y se observó fuga de aceite entre la camisa y el eje, lo que indica daños en los elementos sellantes primarios del sello. Por las observaciones anteriormente expuestas, se recomienda planificar los recursos necesarios para realizar la siguiente actividad de mantenimiento correctivo reemplazo del sello mecánico del lado motor de la bomba,”

Fecha: 18/02/08. “Se realizó seguimiento al sistema de lubricación de la bomba G-4515-A, Se pudo notar que los niveles de aceite se encuentran por debajo de su operación, esto se debe a que internamente falta una pieza que gradúa e indica el nivel del aceite de lubricación (araña). En el almacén de Bariven se encuentran los envases nuevos. Bajo el código SAP:354680

Por lo antes mencionado recomendamos lo siguiente.

1. Reemplazo de los envases reponedor de aceite.
2. Cambio del aceite de las cajas de rodamientos.”

Fecha: 03/04/08. “Se atendió solicitud del personal de operaciones para la inspección de la bomba G4515B, ante la observación de la constante caída de presión del Plan API en el sello mecánico de lado motriz. Durante la inspección se evidenció la disminución de la presión del plan por paso del aceite de barrera hacia el producto a través del sello secundario. Esta fuga se debe a daño o desgaste entre la cara rotativa y el asiento estacionario del sello primario; a través del o-ring del asiento, haciéndose necesario el reemplazo y reparación de este sello mecánico.”

Fecha: 18/06/08. “Se realizó inspección al sistema de lubricación de la bomba G-4515-B. Se pudo notar que los niveles de aceite se encuentran por debajo de su operación, igualmente se observó disminución de la presión interna del pote de sello mecánico, el personal de mantenimiento suministro aceite En el almacén de Bariven se encuentran los envases nuevos. Bajo el código SAP:354680

Por lo antes mencionado recomendamos lo siguiente.

1. Reemplazo de los envases reponedor de aceite.
2. Cambio del aceite de las cajas de rodamientos.”

En las tablas N° 5 y 6, se presenta un resumen cronológico de las fallas presentadas en las bombas G-4515 A y B, representando el registro en los períodos de enero del 2007 hasta diciembre de 2008, fallas presentadas y nota técnica. Así mismo se representan gráficas donde se muestra los reportes de cambio de aceite y nitrógeno, como también sustitución de sellos mecánicos, ocurrido en el periodo de estudio.

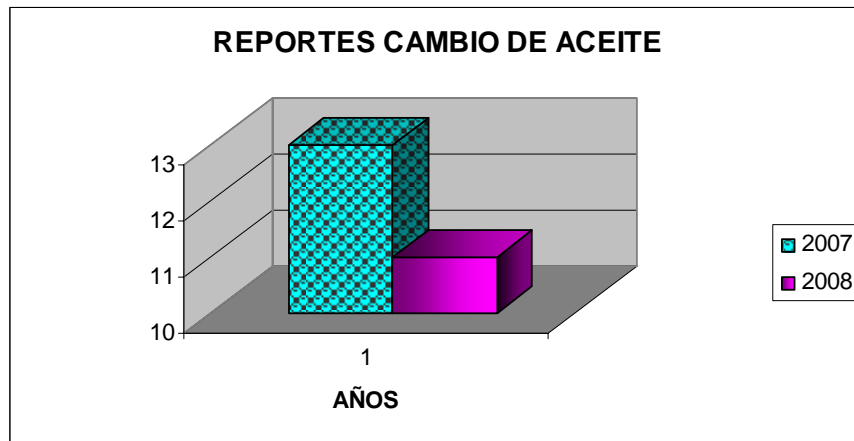
TABLA N 5. Registro de Fallas de la Bomba G-4515 (A) en el Periodo 2007 -2008

EQUIPO	FALLA PRESENTADA	FECHA	NOTA TECNICA
G-4515 A	1. REPOSICION DE FLUIDO DE BARRERA (ACEITE TURBULUB-ISO 32)	01/01/2007 AL 31/12/2007	ER-2007-066
		13 REPORTES	
		01/01/2008 AL 31/12/2008	ER-2008-075
		11 REPORTES	
	2. REEMPLAZO DEL SELLO MECANICO	15/02/2007	ER-2007-G-4515 A, LADO MOTRIZ
		20/05/2007	ER-2007-G-4515 A, LADO NO MOTRIZ
		19/09/2008	ER-2008-045
	3) REPOSICION DE NITROGENO (N2)	01/01/2007 AL 31/12/2007	ER-2007-098
		8 REPORTES	
		01/01/2008 AL 31/12/2008	ER-2008-300
10 REPORTES			

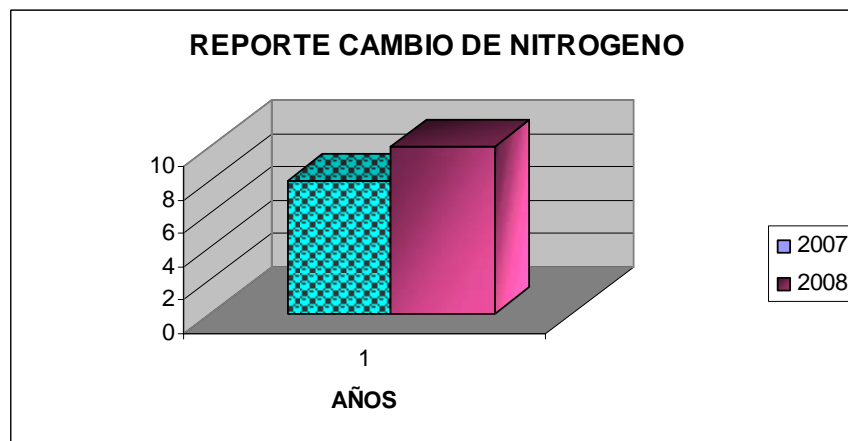
TABLA N 6. Registro de Fallas de la Bomba G-4515 (B) en el Periodo 2007 -2008

EQUIPO	FALLA PRESENTADA	FECHA	NOTA TECNICA
G-4515 B	1. REPOSICION DE FLUIDO DE BARRERA (ACEITE TURBULUB-ISO 32)	01/01/2007 AL 31/12/2007 14 REPORTES	ER-2007-103
		01/01/2008 AL 31/12/2008 13 REPORTES	ER-2008-050
	2. REEMPLAZO DEL SELLO MECANICO	08/08/2007	ER-2008-G-4515 B-108, LADO MOTRIZ
		25/11/2007	ER-2007 G-4515 B - 182, LADO NO MOTRIZ
		06/12/2007	ER-2007 G-4515 B - 210, LADO NO MOTRIZ
		15/01/2008	ER-2007 G-4515 B - 280, LADO MOTRIZ
		20/03/2008	ER-2007 G-4515 B - 320, LADO NO MOTRIZ
	3. REPOSICION DE NITROGENO (N2)	01/01/2008 AL 31/12/2008 15 REPORTES	ER-2008-070
		01/01/2007 AL 31/12/2007 10 REPORTES	ER-2007-098

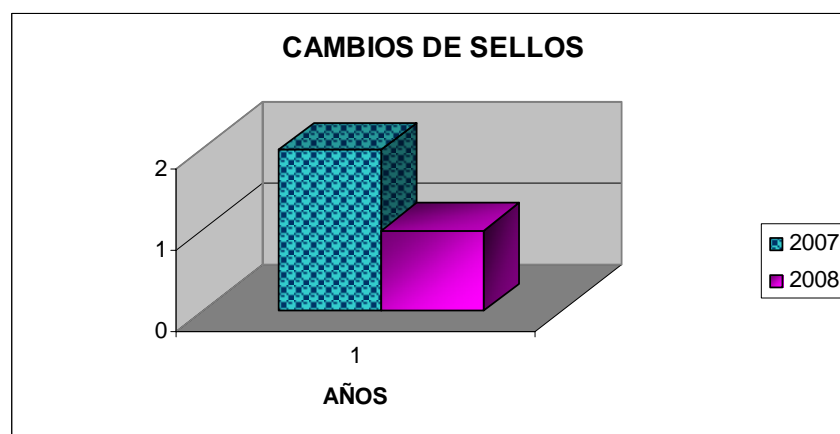
Grafica N 1. **Bomba G-4515A.** (a) Reporte Suministro de Aceite en los sellos. (b). Reporte Suministro de N2 en los sellos. (c) Reemplazo de los sellos.



(a)

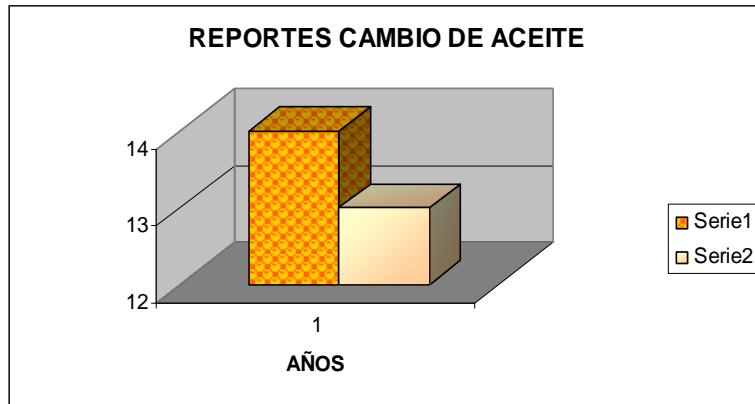


(b)

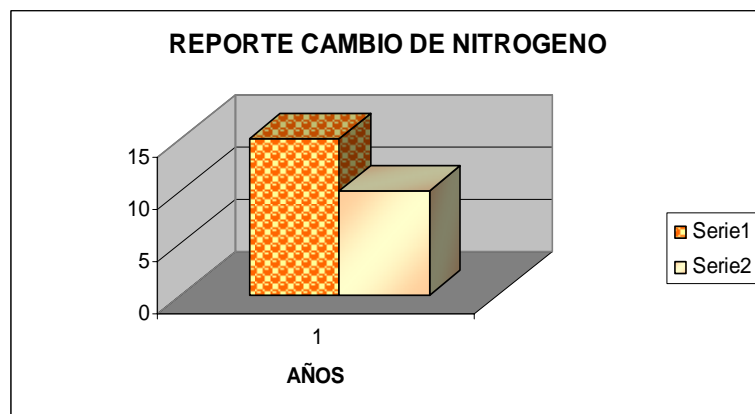


(c)

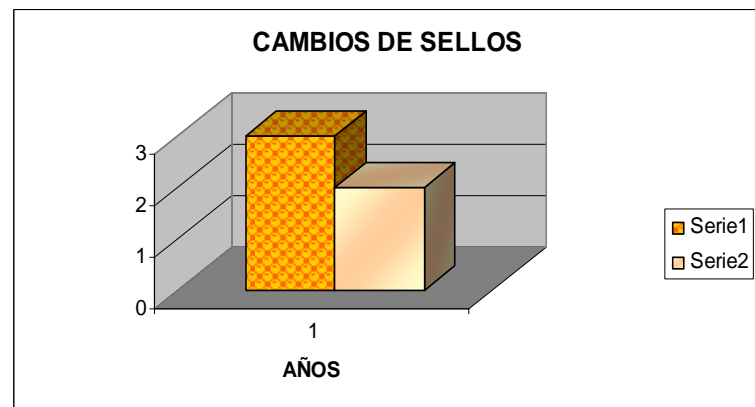
Grafica N 2. **Bomba G-4515B.** (a) Reporte Suministro de Aceite en los sellos. (b) Reporte Suministro de N2 en los sellos. (c) Reemplazo de los sellos.



(a)



(b)



(c)

5.3.3. Análisis causa y Efecto

Esta herramienta es usada en la metodología Análisis Causa Raíz para ordenar gráficamente el análisis de manera secuencial, desde el evento o problema y a través de los diferentes modos de fallas, encontrando la relación de causas y efectos hasta llegar a las causas raíces del evento o problema. En la grafica N. 3 se muestra la construcción del Diagrama Causa/Efecto, para el problema planteado.

La aplicación de la metodología Análisis Causa Raíz permitió determinar las causas que originaron las fallas de los sellos mecánicos de las Bombas centrífugas G-4515 A/B que conforman el Sistemas de Bombeo asociados a la Unidad de Amina del Área de Hidrotratamiento de Diesel.

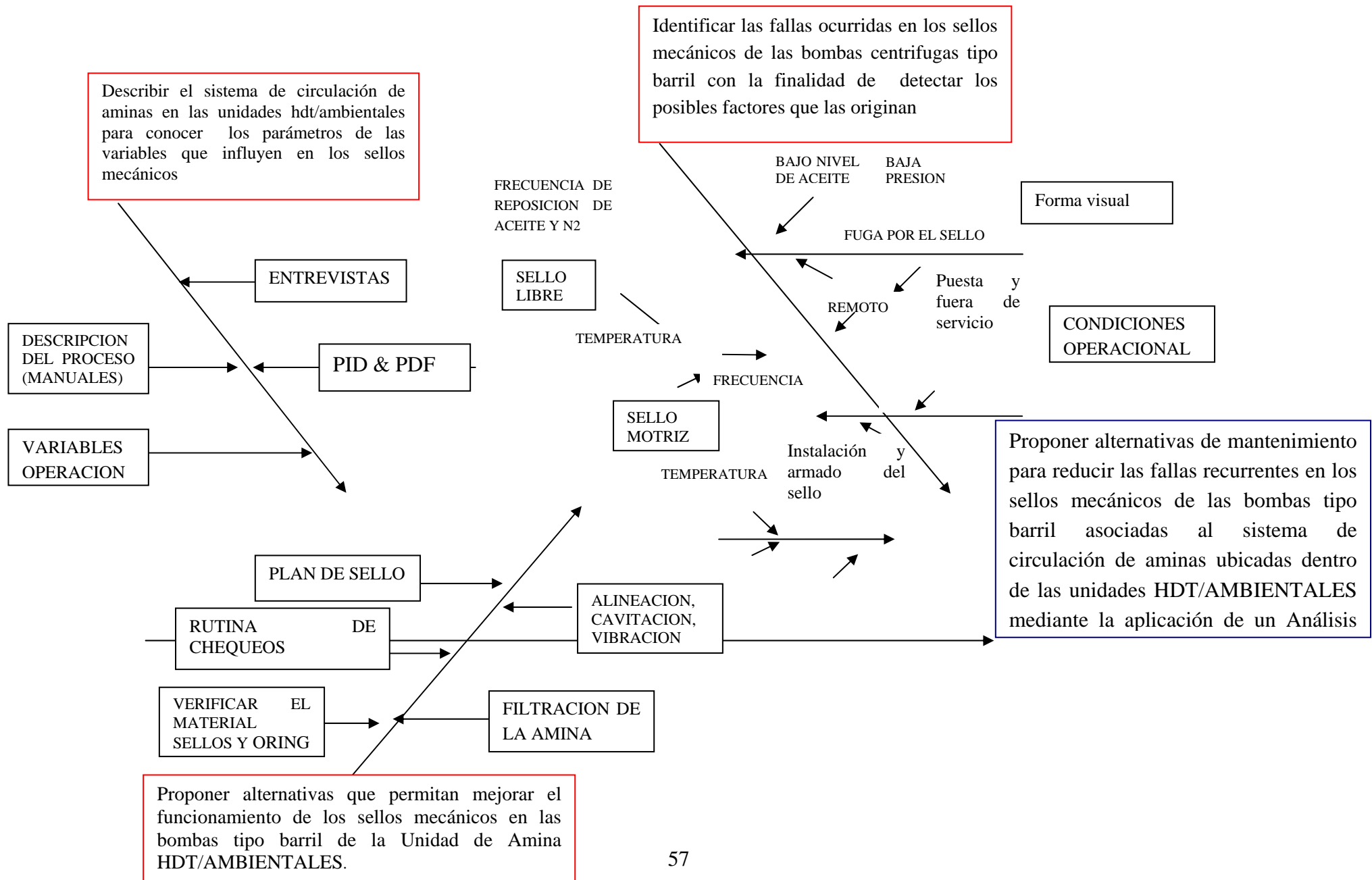
5.3.4. Definición del Evento Principal

El análisis se fundamentó en el desarrollo de un árbol lógico de eventos que evolucionó de forma descendente desde lo más general, la situación no deseada, desglosando todos los aspectos envueltos en el problema, hasta llegar a los elementos más detallados que se ubicaron como origen, causas raíces de dicha situación.

Como se describe en el contexto operacional, el sistema consta de 2 equipos de bombeo de los cuales uno debe permanecer en operación para satisfacer los requerimientos del proceso, el segundo hace las veces de respaldo.

Si se presenta la falla de un equipo operativo, se arranca el respaldo y el impacto de esta falla no incluiría la consecuencia operacional sobre el proceso, pero, si la falla de los equipos de bombeo se hace frecuente, aumentaría la probabilidad de tener los equipos fuera de servicio de forma simultánea, aumentando dramáticamente el impacto total sobre el negocio de la empresa.

GRAFICA N 3. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO PARA EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS



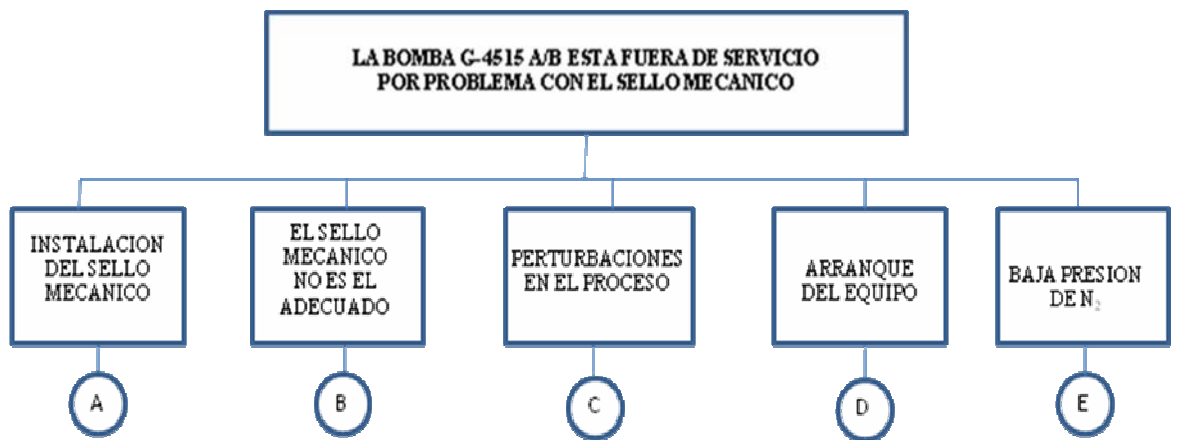


FIGURA N 10. Diagrama De Árbol Lógico De Falla De Las Bombas G-4515 A/B (Instalación del Sello) Fuente: diseño propio

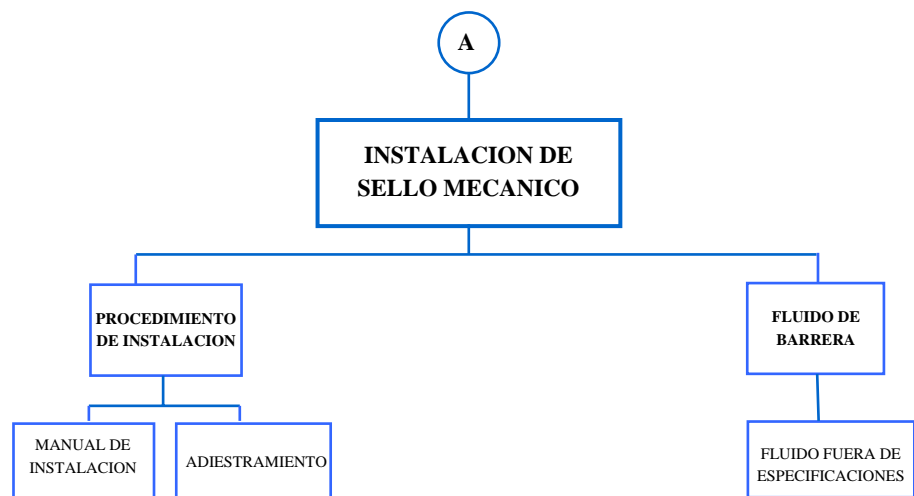


FIGURA N 11. Diagrama De Árbol Lógico De Falla De Las Bombas G-4515 A/B (El sello no es el adecuado). Fuente: diseño propio

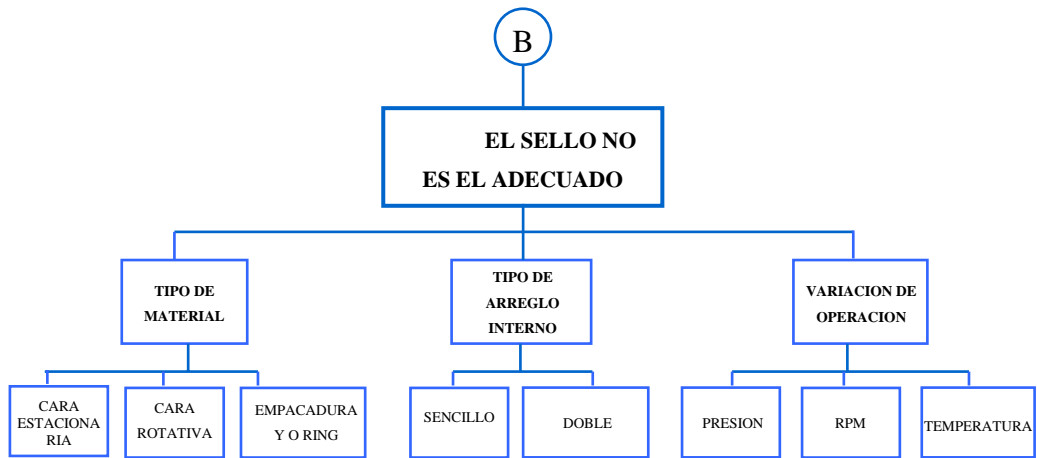


FIGURA N 12. Diagrama De Árbol Lógico De Falla De Las Bombas G-4515 A/B (Perturbaciones en el Proceso). Fuente: diseño propio

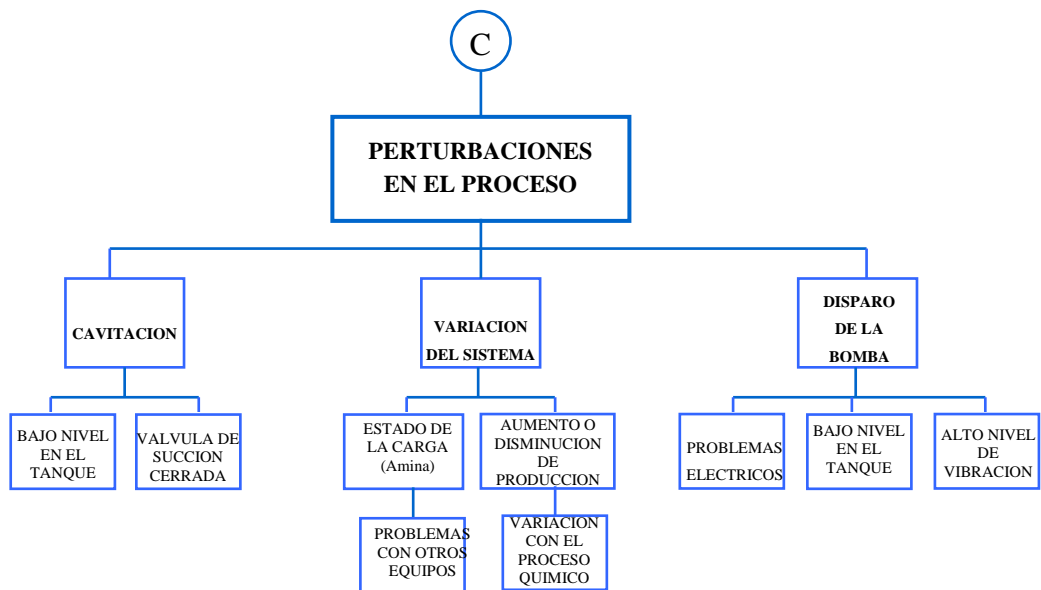


FIGURA N 13. Diagrama de Árbol Lógico de Falla de las Bombas G-4515 A/B (Arranque del equipo). Fuente: diseño propio

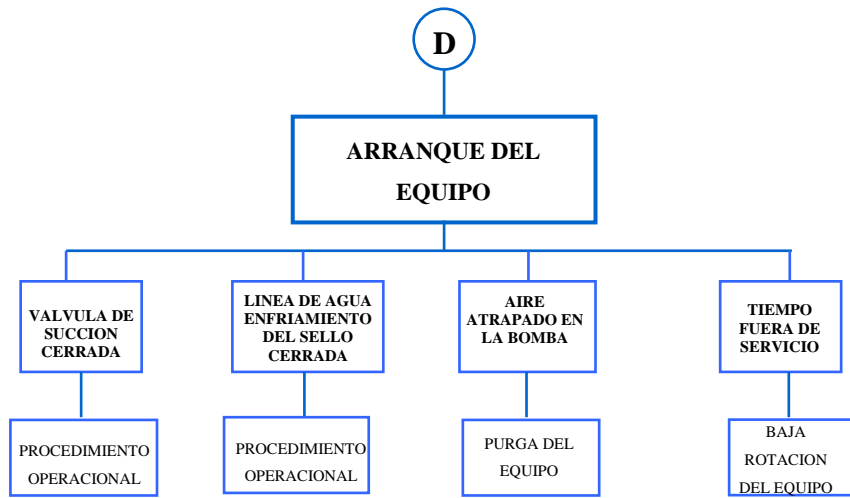
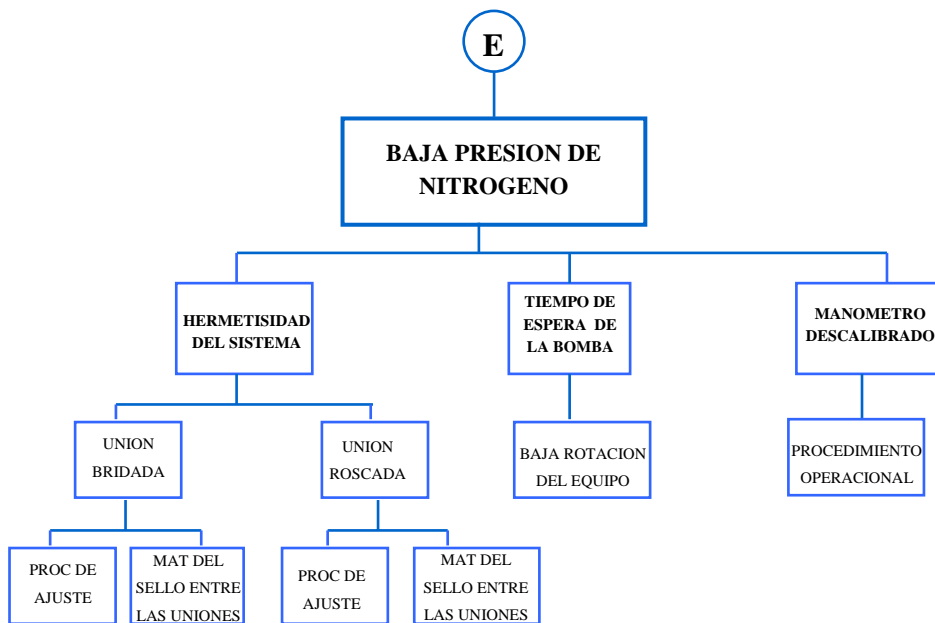


FIGURA N 14. Diagrama de Árbol Lógico de Falla de Las Bombas G-4515 A/B (BAJA PRESION DE N₂). Fuente: diseño propio



5.4. Análisis De Las Hipótesis

Al analizar las posibles causas que conllevan a que las bombas G-4515 A/B estén fuera de servicio se puede decir lo siguiente:

5.4.1. Instalación Del Sello Mecánico (A):

En esta hipótesis se pudo verificar

5.4.1.1. El procedimiento de instalación de los sellos se llevan a cabalidad según lo establece las normas internas de la empresa, N° PI-12-04-01 SELLOS MECANICOS PARA EQUIPOS ROTATIVOS, de última revisión en Enero de 2006.

5.4.1.2. El adiestramiento del personal se realiza anualmente en las instalaciones del Centro de formación CIED el cual se realiza la programación de todo el personal de Mantenimiento Mecánico Rotativo para el curso de Sello Mecánico, en donde se evalúan, certifican y se lleva un registro del personal asistente, los supervisores son informado sobre los resultados de las prueba de evaluación y certificación.

5.4.1.3. El fluido de barrera utilizado en el sello es el TURBULUB ISO32, el cual según las normas API-682 es el correcto ya que se realizó prueba de laboratorio y se confirmo dicho análisis.

5.4.1.4. El almacenamiento del aceite se verificó que dentro del patio de almacenaje de BARIVEN se utiliza el procedimiento adecuado.

5.4.1.5. La presión de N₂ al momento de realizar la instalación del sello se verifica que el sello tenga una presión de 220 psi, esto tomando en consideración la norma API-682.

5.4.2. El Sello No Es El Adecuado (B):

5.4.2.1. La norma API 610 establece las características que debe tener el sello mecánico dependiendo de las variables de trabajo como los son el fluido, la temperatura, la presión, etc. La Data Sheet de las Bombas G-4515 A/B se describe el código del sello mecánico, el cual es API BDTIN y al verificar el código de la norma se pudo observar que el sello es el adecuado, sin embargo al desarmar los sellos de las bombas, se determinó que existe problema con el material del O ring que esta ubicado en la camisa del sello, en la tabla N° 7 y 8, se hace la descripción de las partes del sello mecánico de la bomba G-4515 A/B y comentarios de lo observado en cada parte.

TABLA N 7. Evaluación Realizada a Las Partes Internas Del Sello Mecánico De La Bomba G-4515 A

Descripción	Evaluación
Cara Rotativa #1 (BUKO03+1.4462)	El inserto de la cara rotativa no presento desgaste en la pista deslizante. Ausencia de astillamientos o golpes. No hay picaduras al centro de la cara.
Cara Rotativa #2 BUKO03+1.4462	El inserto de la cara rotativa presenta desgaste por normal funcionamiento perdiendo la tolerancia. No se observaron evidencias de calentamiento excesivo en las caras. Ausencia de astillamientos o golpes. No hay picaduras al centro de la cara.
Caras Estacionarias BUKA22	Las caras no presentaron desgastes en la pista deslizante. Ausencia de astillamientos o golpes. No hay picaduras al centro de las caras.

Sellos secundarios (o-rings) K	Presentaron deformación normal por funcionamiento. No se evidencia ataque químico, daños térmicos ni extrusión de los elastómeros.
Prisioneros. A4-70	Alta presencia de suciedad. Leve deformación del extremo que ajusta.
Throttle Ring. T12	Presentan desgaste por normal funcionamiento y además se pueden observar astilladuras en los bordes.
Spiral Sealing. Spiraltherm + 1.4571.	Presentan desgaste y además se pueden observar que se encuentra deformada desprendiéndose el grafito.
“O” ring G	Se encontró que el “O” ring interno de la camisa del sello presenta notable estado de deterioro.

TABLA N 8. Evaluación Realizada a Las Partes Internas Del Sello Mecánico De La Bomba G-4515 B

Descripción	Evaluación
Cara Rotativa #1 BUKO03+1.4462	El inserto de la cara rotativa sufrió desgaste, perdiendo por completo la tolerancia. No se observaron evidencias de calentamiento excesivo en las caras. Ausencia de astillamientos o golpes. No hay picaduras al centro de la cara.
Cara Rotativa #2 BUKO03+1.4462	El inserto de la cara rotativa presento astillamiento en los bordes además de perder totalmente la tolerancia.
Cara Estacionaria #1 BUKA22	La cara no presenta desgaste en la pista deslizante. Ausencia de astillamientos o golpes. No hay picaduras al centro de la cara.
Cara Estacionaria #2 BUKA22	La cara no presenta desgaste en la pista deslizante, cumple con las tolerancias de diseño. Ausencia de astillamientos o golpes. No hay picaduras al centro de la cara.

Sellos secundarios (o-rings) K	Presentaron deformación normal por funcionamiento. No se evidencia ataque químico, daños térmicos ni extrusión de los elastómeros.
Prisioneros. A4-70	Alta presencia de suciedad. Leve deformación del extremo que ajusta.
Throttle Ring. T12	Se encuentra en notable estado de suciedad. Presentan desgaste y además se pueden observar astilladuras en los bordes.
Spiral Sealing. Spiraltherm + 1.4571	Se encuentra en notable estado de suciedad. Presentan desgaste y además se pueden observar que se encuentra deformada desprendiéndose el grafito.
“O” ring G	Se encontró que el “O” ring interno de la camisa del sello presenta notable estado de deterioro.

5.4.2.2. Tipo De Arreglo interno del Sello, según el La Data Sheet de las Bombas G-4515 A/B y manual de operaciones el tipo de arreglo interno es doble, ya que la bomba maneja un producto de alta peligrosidad. Esta información se pudo corroborar en los informe del archivo del Departamento De ingeniería e instalación de la Refinería Pto la Cruz.

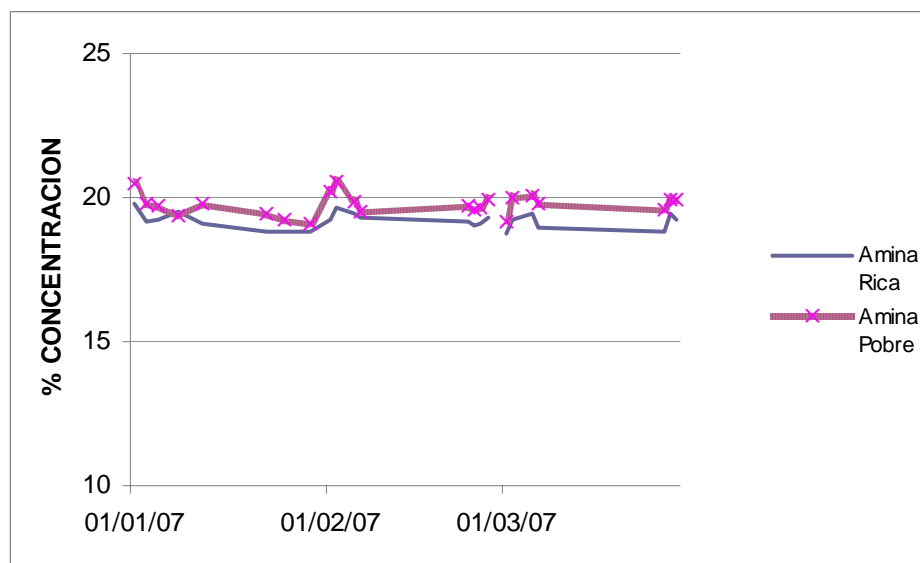
5.4.2.3. La variación de Operación: la presión en el proceso se registra en el Sistema de Control (DCS) en donde el sistema esta automatizado y este al ver cualquier tipo de variación automáticamente toma las medidas para corregirlas, manteniendo así el sistema dentro de los parámetros operacionales. Se verificaron los registros y se observó que hasta el momento existen perturbaciones en el proceso, sin embargo los valores operacionales se han mantenido dentro de los rangos permisibles y aceptables.

5.4.3. Perturbaciones en el Proceso (C):

5.4.3.1. La cavitación se produce por bajo nivel de amina en el tanque D-4527, esto se verifica por una alarma que se observa en el panel de control dándole al operador el tiempo necesario para mejorar el nivel y/o tomar la decisión de parar la bomba, por otro lado la alarma cuenta con sistema de parada de emergencia que envía una señal al motor y automáticamente para el equipo. En este caso no hay registro de este evento.

5.4.3.2. Variación en el proceso: Para verificar el proceso se analizaron datos existentes en el laboratorio para el periodo en estudio, estas tablas se encuentran disponible en el anexo C, presentándose las siguientes graficas las cuales reflejan la concentración de amina del fluido manejado. En el anexo D, se observa el comportamiento de la concentración de amina según análisis diario realizado por laboratorio de la empresa el periodo de estudio, años 2007-2008.

Grafica N 4. Concentración de Amina (Dea), (A) Ene-Feb-Mar. 2007
(B) Oct-Nov-Dic.2008. Fuente: Diseño Propio



(A)



(B)

5.4.3.3. El disparo de la bomba se ha registrado en 4 oportunidades debido a que la planta de hidropcesos se alimenta en su totalidad por fuente de energía proveniente del Sistema Eléctrico Nacional y por los turbogeneradores # 7 y # 8 que están ubicados dentro la empresa. Estos eventos se catalogaron como apagones a nivel general que se presentaron en el año 2007 y 2008 debido a fallas en el suministro eléctrico por parte de la represa hidrológica GURI, lo que afecto toda la Refinería de Puerto La Cruz. Sin embargo las Bombas G-4515 A/B no fueron afectadas debido a que el Sistema De Tratamiento De Gas quedo fuera de servicio.

5.4.4. Arranque del Equipo (D)

5.4.4.1 El procedimiento Operacional de la Unidad 45 # VAL45-P00-MN-451E, establece paso a paso la colocación y puesta en servicio de las Bombas G-4515 A/B. Se pudo observar que unos de sus puntos describe claramente abrir completamente (100 %) la válvula de succión de la Bomba y además específica la revisión y apertura de las válvulas de agua enfriamiento de los cojinetes de la Bomba y de los Sellos mecánicos lado

Motriz y lado No motriz, este procedimiento operacional se cumple a cabalidad.

5.4.4.2 El procedimiento Operacional de la Unidad 45 # VAL45-P00-MN-451E, establece la revisión y apertura de la líneas de purgas de la Bomba con la finalidad de desalojar el aire atrapado dentro del equipo y las líneas de succión y descarga.

5.4.4.3 Existen dos espacios donde se considera que el equipo esta fuera de servicio. El primero depende de un programa de rotación de las bombas de proceso mensual, donde se debe tomar en cuenta que el equipo principal opere durante 3 semanas continuas y el equipo de respaldo una semana al mes. El equipo principal operará un total de 36 semanas en el año que representa un 70%, y el equipo de respaldo operará un total de 16 semanas que representa un 30%. Se verificó que este programa de rotación se esta cumpliendo. De igual forma se considera que el equipo esta fuera de servicio si la bomba que se encuentra en funcionamiento presenta algún desperfecto, entrando en marcha la bomba de respaldo, para ambos casos se establecen los procedimientos operacionales para sacar al equipo fuera de servicio y posteriormente en marcha.

5.4.4.4 La alineación del equipo se realiza mediante el procedimiento de montaje de la bomba el cual lo establece la norma PDVSDA N° PI-12-14-01 BOMBAS CENTRIFUGAS DE EJE HORIZONTAL.

5.4.5. Baja Presión de Nitrógeno (E):

5.4.5.1. La hermeticidad del sistema se pudo constatar por medio de agua y jabón en las uniones roscadas, evidenciándose que no existe ninguna fuga, se observó que el material utilizado en las uniones bridadas es flexitallic de diámetro ¾"- 300 psi de aro espirometalica con grafito, tal

como lo establece las normas API 686. Se observó que el tiempo para la instalación de los accesorios corresponde a lo que establece el procedimiento de montaje de la bomba PDVSDA N° PI-12-14-01 BOMBAS CENTRIFUGAS DE EJE HORIZONTAL y en el horario establecido en la permisología de trabajo entre Operaciones y Mantenimiento.

5.4.5.2. Bomba fuera de servicio; La frecuencia de rotación de equipo es analizada por la Sección de Confiabilidad perteneciente al Departamento De ingeniería e instalación de la Refinería Pto la Cruz mediante la recomendación “Mejoras de confiabilidad operacional en los sistemas de bombeo de RPLC basado en el cambio de la filosofía operacional actual RTICP-043-2008”, la cual establece un programa de rotación de las bombas de proceso mensual, el equipo principal opere durante 3 semanas continuas y el equipo de respaldo una semana al mes. Se verificó que este programa de rotación se esta cumpliendo

5.4.5.3. La presión de N2 es chequeada diariamente por los operadores de la planta, la presión del manómetro debe indicar 220 psi, tomando en consideración la norma API-682. De acuerdo con las inspecciones y revisiones realizadas a los instrumento de medición se corroboró que los mismo se encuentran en buen estado.

(C) Perturbaciones en el Proceso (C-2):

En la evaluación del proceso bajo un escalón para analizar problema con la carga (Amina). Para ello se tomo una muestra en los filtros M-4701 del sistema de regeneración de amina, tal como se puede apreciar en las fotos presentadas, observándose lo siguiente:

- Al desmontar la tapa del filtro M-7401, se observó que en la superficie del elemento filtrante se encontraba partículas de corrosión.



- Al tomar la muestra de amina del elemento filtrante se observó partículas en suspensión y bastante sólido acumulados al fondo.



- La muestra de amina (800 ml) se llevó a una botella, dejándose reposar (30 min. aprox.), se observó que en la muestra de amina se presentaron dos fases, Fase A (no se conoce) y Fase B (amina)



- Se procedió a separar las dos fases para determinar el tipo de producto, de la fase A donde se obtuvo la cantidad de 80 ml



- Se procedió a filtrar el contenido de la fase A por medio de un papel de filtrado, no presento muchas impurezas



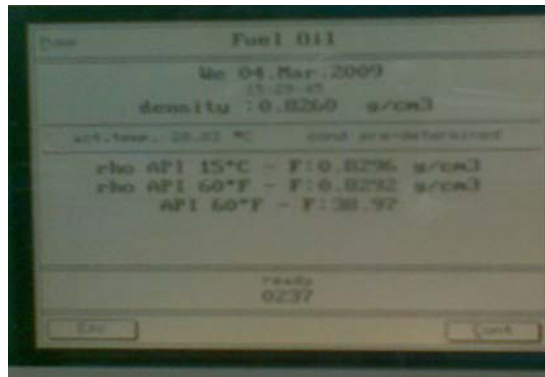
- Se procedió a mezclar una muestra de la Fase A (3), con la gasolina (botella 1), diesel (la botella 2), por medio de diferencia de densidades, se determino la Fase A.



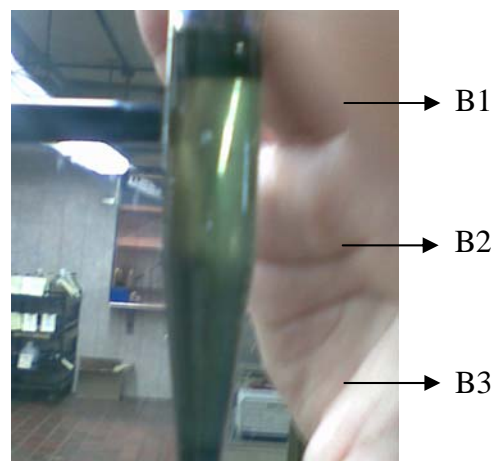
- La muestra de la Fase A se mezcló sin problema, determinándose que la misma es Hidrocarburo, posteriormente se colocó una muestra de la Fase A, en el equipo medidor de gravedad (API) para determinar el tipo de Hidrocarburo durante unos 05 min.



- Al terminar el análisis del equipo, se observó que el valor es de 36.97 ° grado API, según la norma API establece que el hidrocarburo en un rango de 35 – 38 ° API es **DIESEL LIVIANO** y de 39 – 41° API QUEROSENE. Entonces se pudo determinar que la Fase A es DIESEL LIVIANO.



- Posteriormente se colocó una muestra en una pipeta de 12 ml para ser colocado en la maquina centrifugadora por 15 min, para determinar la presencia de varios productos en la muestra. Al sacar la muestra de la maquina centrifugadora se observó que la pipeta presenta 3 fases: la Fase B.1 en 15 % = 1.8 ml (Hidrocarburo, Diesel Liviano), Fase B.2 en 82 % = 9.84 ml de Amina y por ultimo la Fase B.3 en un 3 % = 0.36 ml de sólidos Sedimentados



- El resto de la muestra de amina fue filtrada para verificar los sólidos contenidos en ella.



- Posteriormente al verificar que los filtros estaban secos, se procedió a remover el sólido de cada uno de ellos. Determinándose visual y por medio del tacto que el sólido (hollín) contenido en los filtros era **CARBÓN Ó COQUE**

5.4. Análisis de los Resultados Obtenidos

Al terminar con el análisis de las hipótesis planteadas en el árbol lógico de fallas se puede decir lo siguiente:

5.4.1. Al realizar el despiece de los sellos mecánicos, se pudo detectar que (O-RING) de la camisa del sello, presenta daños bastante considerables, cosa que no se observó en las caras rotativas y estacionarias de los sellos mecánicos.

5.4.2. Se tomó una muestra de amina, aproximadamente 1lts de amina pobre, en la entrada del filtro M-4701 que a su vez es la salida de la torre regeneradora D-4704, se determinó que en la muestra de amina había presencia de hidrocarburo, en este caso DIESEL LIVIANO (36.97° API). Al realizar la prueba de centrifugado a la amina, arrojó los siguientes elementos: 15% de hidrocarburo, 3% de sólidos y 82% de amina.

5.4.3. Posteriormente se realizó el análisis a la muestra de sólido que se encontró en el filtrado. Este análisis se realizó mediante el equipo AXIOS RXF (Espectrometro), al terminar dicho análisis (Cualitativo) se encontró que hay una buena porción de hierro (FE) y Azufre (S) en la muestra.

5.4.4. Las muestras de amina analizadas en el laboratorio arrojaron que contiene hidrocarburo, lo que llevo a realizar un seguimiento del proceso para determinar el punto de contaminación, el proceso es el siguiente: En la absolvedora de alta presión (D-4509), se produce un intercambio entre la solución de amina y el gas acido, en donde se absorbe los componentes ácidos del gas, esta amina sale por el fondo de la columna absolvedora y pasa absolvedora de baja presión (D-4527), aquí entra más amina pobre y un gas no tratado, esto sale por el fondo de esta torre y se dirige al tambor separador (D-4703), quien tiene la función de separar la amina del hidrocarburo por medio de diferencia de densidades, ya que es inevitable que se una en la corriente de amina alguna cantidad de hidrocarburo. Las Bombas (G-4706 A/B) succionan del D-4703 y envía la amina rica por los intercambiadores (E-4701A/B) (Amina Rica / Amina Pobre), al regenerador D-4704, en este punto se comprobó que no hay presencia de diesel en la amina rica ya que en el regenerador D-4704 no ha presentado problema operacional (variación de presión y temperatura), al salir de la torre regeneradora la amina pobre pasa por los intercambiadores, E-4701 A/B, y se conecta a la salida del filtro M-4703, entra a la succión de las bombas G-4702 A/B, el cual envía la amina al FAN-COOLER, E-4704 , y luego se dirige a la unidad 45, una parte llega al tanque D-4525 y la otra parte al D-4527. Las bombas G-4515 A/B succionan del tanque D-4525 y envía la amina pobre a la torre absolvedora al D-4509, donde se inicia nueva mente el ciclo de la amina.

Durante este ciclo de circulación de la amina, no se observó ningún tipo de problemas, sin embargo en el tanque D-4706 utilizado para preparar la amina y llevar la concentración en rango optimo de trabajo, se determino que en algún momento (desde que se inicio la operación de la planta hace 5 años), llego a éste

amina contaminada a través del tanque D-4707. El D-4707 es utilizado para recuperar amina y separar el hidrocarburo, luego la amina se envía hasta el tanque D-4706, el sumidero del D- 4707 se encuentra contaminado con alto contenido de hidrocarburo, esto ha llevado que al momento de reponer amina al sistema, ésta se encuentra contaminado, el tanque D-4706 no esta diseñado para manejar hidrocarburo, por lo tanto no hay forma de drenar el residuo de hidrocarburo que esta contenido dentro de él.

5.4.5. Al observar el ciclo que realiza la amina en el proceso, se observó producción de espuma, esto se debe al contenido de diesel liviano en la amina, esto se demuestra en los análisis de laboratorio, adicionalmente se comprueba los bajos valores de concentración de la amina. Esta situación (bajos valores de concentración en la amina) hace que se pierda la capacidad de absorción de los componentes ácidos del gas. El porcentaje de concentración óptimo va desde un 30% a un 17%.

5.4.6. El sistema de filtrado que involucra tanto el sistema de reposición, como el sistema de regeneración no esta haciendo su función, ya que la amina contiene un alto contenido de hidrocarburo (15%). El filtro M-4702 esta diseñado para extraer partículas de hidrocarburo, pero no esta haciendo eficiente debido a que no se ha remplazado el carbón activado desde que se inicio el arranque de la planta, sumado a esto el alto contenido de hidrocarburo presente en la amina hace imposible que el carbón activado pueda eliminar el residuo de hidrocarburo ya que el sistema está saturado.

5.4.7. Al verificar los niveles del tanque D-4706, se observó que hasta la fecha (05/04/09) el tanque presenta una altura de 48 cm de liquido, en donde existe una altura de 5 cm de hidrocarburo (Diesel Liviano) y 43 cm de amina pobre. Al realizar los cálculos se obtiene que para una altura de 5 cm, corresponde a 1.545 lts de Diesel y para 43 cm. 13.079 lts de amina pobre, es decir existe una relación aproximada de 1:8.

5.4.1. Tablas Resumen de los Análisis De Los Resultados Obtenidos

TABLA N° 9. Verificación de Hipótesis, Instalación del Sello Mecánico

HIPOTESIS PROPUESTA		TIPO DE PROCESO DE VERIFICACION	RESULTADO DE LA VERIFICACION
PROCEDIMIENTO DE INSTALACION	MANUAL DE INSTALACION DE BOMBAS	Revisión de las normas de montaje de los sellos mecánicos	El procedimiento de instalación de la bomba se realiza como lo indica la norma interna de PDVSA; N° PI-12-04-01. Esta hipótesis se DESCARTÓ.
	ADiestRAMIENT O DEL PERSONAL	Revisión del programa de adiestramiento	El adiestramiento se realiza en las instalaciones del CIED, en donde se evalúan, certifican y se lleva un registro del personal que aprueba el curso. Esta hipótesis se DESCARTÓ.
FLUIDO DE BARRERA	FUERA DE ESPECIFICACION ES	Revisión del fluido barrera (Aceite)	Con la Data Sheet del sello y por la norma API-682, se determinó que el aceite es Turbulub ISO-32, en sitio se verificó el almacenamiento del aceite. Esta hipótesis se DESCARTÓ.

TABLA N° 10. Verificación de Hipótesis, el Sello Mecánico no es el Adecuado.

HIPOTESIS	PROPUESTA	TIPO DE PROCESO DE VERIFICACION	RESULTADO DE LA VERIFICACION
TIPO DE MATERIAL	CARA ESTACIONARIA / ROTATIVA	Despiece del sello mecánico	El material de las caras rotatorias, caras estacionarias y los O-ring están acordes con el producto que manejan las bombas. Esta hipótesis se DESCARTÓ
TIPO DE ARREGLO INTERNO DEL SELLO	SENCILLO / DOBLE	Revisión de la Norma API-682	Se verifico el código del sello mecánico, N° API BDTIN, con la norma API- 682 y el tipo de arreglo (Tandem) es el adecuado. Esta hipótesis se DESCARTÓ
FLUIDO DE BARRERA	PRESION / RPM / TEMPERATURA	Revisión de los registros en el panel de control	El Sistema de Control (DCS) mantiene las variables de operación en un rango permisible. Hay registro de variaciones pero dentro de los límites aceptables. Esta hipótesis se DESCARTÓ .

TABLA N° 11. Verificación de Hipótesis, Perturbaciones en el Proceso

HIPOTESIS PROPUESTA		TIPO DE PROCESO DE VERIFICACION	RESULTADO DE LA VERIFICACION
CAVITACION	BAJO NIVEL EN EL TANQUE/ VALVULA DE SUCCION CERRADA	Revisión de los registros en el panel de control	En el panel de Control no hay registro de eventos por bajo nivel en el D-4527. De igual manera se cumple con la norma N° VAL45-P00-MN-451E, la apertura en 100 % de la válvula de succión. Esta hipótesis se DESCARTÓ.
VARIABLES DE OPERACIÓN	ESTADO DE LA CARGA	Análisis de laboratorio de la amina	El análisis de la amina reveló presencia de hidrocarburo, hierro (Fe) y de hollín. Esta hipótesis se ACEPTÒ
	AUMENTO O DISMINUCION DE PRODUCCION	Revisión de los registros en el panel de control	Hay registro de varios eventos de aumento o disminución de producción, debido a una falla en el sistema Eléctrico o paradas, pero la parada del equipo se realizo en forma segura. Esta hipótesis se DESCARTÓ.
DISPARO DE LA BOMBA	PROBLEMAS ELECTRIOS	Revisión de los registros en el panel de control	Hay registro de 4 eventos por parada del equipo debido a una falla en El Sistema Eléctrico Nacional, pero la parada del equipo se realizo en forma segura. Esta hipótesis se DESCARTÓ.
	BAJO NIVEL EN ELTANQUE	Revisión de los registros en el panel de control	En el panel de Control no hay registro de eventos por bajo nivel en el D-4527
	ALTO NIVEL DE VIBRACION	Revisión del procedimiento operacional	En el panel de Control no hay registro de altos nivel de vibración. Esta hipótesis se DESCARTÓ.

TABLA N° 12. Verificación de Hipótesis, Arranque del Equipo

HIPOTESIS PROPUESTA		TIPO DE PROCESO DE VERIFICACION	RESULTADO DE LA VERIFICACION
VALVULA DE SUCCION CERRADA	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL	Revisión del procedimiento operacional	El procedimiento de operación de las Bombas G-4515 A/B, N° VAL45-P00-MN-451E, la apertura en 100 % de la válvula de succión. Hipótesis DESCATADA.
LINEA DE AGUA ENFRIAMIENTO CERRADA	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL	Revisión del procedimiento operacional	El procedimiento de operación de las Bombas G-4515 A/B, N° VAL45-P00-MN-451E, establece la apertura de las válvulas de agua enfriamiento. Esta hipótesis se DESCARTÓ
AIRE ATRAPADO EN LA BOMBA	PURGA DEL EQUIPO	Revisión del procedimiento operacional	El procedimiento de operación de las Bombas G-4515 A/B, N° VAL45-P00-MN-451E, la apertura de la válvula de purga para el momento del arranque. Esta hipótesis se DESCARTÓ
TIEMPO FUERA DE SERVICIO	BAJA ROTACION DEL EQUIPO	Revisión del la filosofía operacional	La recomendación técnica N° RTICP-043-2008, esta establecido un programa de rotación de las Bombas G-4515 A/B. Esta hipótesis se DESCARTÓ

TABLA N° 13. Verificación de Hipótesis, Baja Presión de N2

HIPOTESIS PROPUESTA		TIPO DE PROCESO DE VERIFICACION	RESULTADO DE LA VERIFICACION
HERMETISIDAD DEL SISTEMA	UNION BRIDADA / ROSCADA	Revisión de la hermeticidad del sistema de sello mecánico	Se realizó revisión con una sustancia jabonosa y no se encontró punto de fuga en el sistema de Sello Mecánico. Hipótesis DESCARTADA.
TIEMPO DE ESPERA DE LA BOMBA	BAJA ROTACION DEL EQUIPO	Revisión del programa de rotación de equipo	La programación de rotación de equipo se cumple, según recomendación técnica N° RTICP-043-2008. Esta hipótesis se DESCARTÓ.
MANOMETRO DESCALIBRADO	PROCEDIMIENTO OPERACIONAL	Revisión del programa de Mantenimiento Preventivo	La presión del manómetro debe indicar 220 psi, tomando en consideración la norma API-682. De acuerdo con las inspecciones realizadas a los instrumento de medición se corroboró que los mismo se encuentran en buen estado. Esta hipótesis se DESCARTÓ

TABLA N° 14. Causa Raíz de las Fallas en los Sellos Mecánicos de las Bombas G-4515 A/B

PROBLEMA	CAUSAS			
	FISICA	HUMANA	LATENTE	RAIZ
LAS BOMBAS G-4515 (A/B) ESTAN FUERA DE SERVICIO POR PROBLEMAS CON LOS SELLOS MECANICOS	EL O RING DE LA CAMISA DEL SELLO PRESENTA DETERIORO	REPOSICION DE AMINA CONTAMINADA NO REPOSICION DE CARBON ACTIVADO DEL FILTRO M4701	FALTA DE SEGUIMIENTO SUPERVISORIO	ALTA CONCENTRACION DE HIDROCARBURO EN LA AMINA DE RECICLO. ESTE MEZCLA INCIDE EN EL O RING DE LOS SELLOS, PRODUCIENDO FUGA EN LOS SELLOS MECANICOS, DEJANDO LA BOMBA FUERA DE SERVICIO.

CAPÍTULO 6.

ACCIONES CORRECTIVAS, CONCLUSIONES Y RECOMENDADAS

Acciones Propuesta para Disminuir las Fallas Recurrentes de los Sellos de las Bombas G-4515 A/B.

Actualmente, el sistema de recuperación de aminas en la unidad 45 de hidroprocesos posee un programa de mantenimiento planificado, en donde planificadores y programadores aplican planes de mantenimiento preventivo, y correctivo, sin embargo se presentan propuestas para mejorar el plan existente, con la finalidad de tener mayor disponibilidad de las bombas G-4515 A/B de la Unidad 45 de Recuperación de Amina y la Unidad 47 de Regeneración de Amina de la planta de Hidroproceso de la Refinería Puerto la Cruz.

1. Elaborar hojas de rutina de mantenimiento preventivo con el fin de facilitar el control y registro de las actividades de mantenimiento del sistema de bombeo. Esta hoja debe contemplar: el registro de las actividades de cada operación del equipo y mantenimiento preventivo, incluyendo algunas actividades predictivas, una lista de chequeo para la ejecución de actividades de mantenimiento, registro de fecha, hora y nombre del ejecutor, con frecuencia de aplicación (semanal, mensual, semestral, etc.).
2. Llevar un registro de los resultados de los análisis realizados a la amina, de esta manera se podrá monitorear la cantidad de hidrocarburo en el sistema, este control ayudará a mantener al margen los posibles eventos fallas que se producen por el alto contenido de hidrocarburo en la amina.
3. Realizar el reemplazo del carbón activado en el plazo que establece el fabricante, ya que el principio de separación del hidrocarburo de la amina no se realiza por degradación continua del elemento filtrante.

4. Instalar un filtro en la línea de Amina Rica, debido que durante una contingencia en donde se presentan una sobre concentración de sólidos suspendidos totales en la amina, el filtro de amina pobre no es suficiente para retener los contaminantes, sin mencionar que este filtro se encuentra después de la torre regeneradora D-4704, el exceso de partículas que entran al regenerador genera espumación, esto conlleva a un arrastre de amina hacia el sistema de recuperación de azufre.
5. Monitorear y llevar un estricto control en la transferencia de amina del sumidero D-4707 al tanque D-4706 de Amina Fresca, ya que este proceso es de vital importancia para la reposición de amina en el sistema.
6. Para la próxima parada de planta se recomienda realizar una limpieza especial a la tanque D-4706, liberándola de contaminantes (hidrocarburo), reponiendo amina fresca al sistema.
7. Realizar un estudio exhaustivo, para determinar como se contamina la amina contenida en el tanque D-4707, proceder con los paliativos correspondientes, para así llevar el sistema a sus niveles óptimo de trabajo.

CONCLUSIONES

- 1.- Los daños observados en los Sellos Mecánicos de las bombas G 4515 A/B, se localizaron en el O Ring de la camisa, se puede concluir de acuerdo a los análisis obtenido en el laboratorio, que la falla que están presentando los sellos es un problema de resistencia de material debido a las condiciones del fluido que maneja la bomba, no hay evidencia que demuestren que la falla sea por problemas por sólidos o abrasivos.
- 2.- Los resultados del análisis realizado a la muestra de amina tomada en la entrada del filtro M-4701, arrojó presencia de hidrocarburo (Diesel Liviano), esta situación degenera el proceso del sistema, ya que se produce una degradación de la amina, afectando la regeneración y absorción de los ácidos contenidos en el gas.
- 3.- El alto contenido de hidrocarburo (diesel) en el sistema de amina esta incidiendo directamente sobre el material de los Oring de los sellos mecánicos, debido a que este material es a base de FFKM, diseñado para manejar amina y no para manejar una mezcla de amina con hidrocarburo.
- 4.- Se evidencia una mala operación en el sistema, ya que la amina utilizada para llevar la concentración al rango de trabajo, se encuentra contaminada con hidrocarburo, esto se comprobó a través de un análisis realizado a la amina tomada del filtro M-4701.
- 5.- El tanque D-4706 esta diseñado para contener amina, haciéndose difícil el drenaje de hidrocarburo presente en la amina. Es por ello que siempre habrá presencia de hidrocarburo en el sistema a medida que se reponga amina fresca para compensar los niveles.
- 6.- Se detectó que el filtro M-4702 (Carbón Activado), no esta realizando su función, debido a que no se ha realizado el reemplazo del carbón activado en el plazo que establece el fabricante.

RECOMENDACIONES

- 1.- Elaborar procedimientos e instructivos de gestión y control de las actividades de mantenimiento, indicando datos como: tolerancias, torque, material, ajustes, etc.
- 2.- Llevar un registro de los procedimientos de todas las reparaciones y/o fabricación de componentes y partes de los equipos, a efectuarse tanto en PDVSA o entes externos.
- 3.- Establecer vías de comunicación que aseguren el trabajo en equipo entre el personal de operaciones, mantenimiento y asesores.
- 4.- Implementar el sistema de documentación, respecto al mantenimiento de rutina y correctivo.
- 5.- Preparar y hacer cumplir un programa para inspeccionar y verificar el estado del sistema de bombeo. Estas acciones darán alerta evitándose o mitigándose la frecuencia de fallas.
- 6.- Difundir a todo el personal de planta, las condiciones de trabajo límites de funcionamiento de las bombas, a fin de delegarles la toma de decisiones oportunas y/o pro-activas que garanticen el buen funcionamiento del mismo.
- 7.- Verificar y validar los repuestos disponibles en taller, canalizar efectivamente los requerimientos de herramientas necesarias; así mismo realizar los requerimientos de materiales con suficiente antelación para evitar paradas por falta de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Amendiola, Luís (2006). Modelos mixtos de Confiabilidad [libro en línea]. Editorial UPV. Disponible [http: // www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com) . [Consulta: 2008, junio 01].
- 2) Arias, Fidias G. (2006). El proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 5^{ta} Edición. Caracas Editorial Episteme.
- 3) Grupo Profesional de Mejoramiento y Adiestramiento Técnico, C.A. Empaquetadura y Sellos Mecánicos. Caracas Colinas Alexis.
- 4) Hurtado de Barreras, Jacqueline (2007), El Proyecto de Investigación. Metodología de la investigación holística. 5^{ta} Edición. Ediciones Quirón.
- 5) Lombarda, Ricardo (2006). Mejoramiento de la Disponibilidad del Sistema de Bombeo de Carga de Azufre de la Refinería, Puerto la Cruz, Estado Anzoátegui.
- 6) Marín, Niorka (2006). Fallas Reciprocante en las Bombas P3101A y P3101B de la Unidad de Regeneración de Aminas de la Operadora Cerro Negro S.A., Complejo Industrial José Estado Anzoátegui.
- 7) Mataix, Claudio (1986), Mecánica de los Fluidos y Maquina hidráulicas. Segunda Edición.
- 8) P.D.V.S.A (2005). Refinería Puerto la Cruz [Documento en línea]. Disponible [http: //www.pdvsa.com](http://www.pdvsa.com) [Consulta: 2008, mayo 28] .
- 9) Prada, Alexander (2008). Proyecto de pasantías. Análisis De Fallas en las Bombas Tipo Barril Asociadas Al Sistema de Recuperación de Aminas. Unidad 45 HDT de la Refinería Puerto La Cruz.2007.
- 10) Guía del Facilitador Carlos Parra, Curso de ACR, año 1999. INTEVEP PDVSA
- 11) J.L. Riggs (1983), Productivity by Objectives, Prentice Hall, New Jersey.
- 12) C. Parra (1999) ACR: Análisis Causa Raíz - Eficaz Herramienta de Mantenimiento, Ingeniería de Mantenimiento, Universidad de los Andes (ULA).

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	“PROPUESTA DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO PARA LOS SELLOS DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS G-4515 A/B, PLANTA HIDROTRATAMIENTO DE LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ”
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
ORTEGA LUZ DEL M	CVLAC: 8340959 E MAIL: ortegal_d@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES:

BOMBAS CENTRIFUGAS

PLANTA HIDROTRATAMIENTO

REFINERÍA PUERTO LA CRUZ

MANTENIMIENTO

ANALISIS CAUSA RAIZ

SELLOS

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Coordinación General de Postgrado	Especialización en Ingeniería de Mantenimiento

RESUMEN (ABSTRACT):

El objetivo principal de este proyecto es proponer alternativas de mantenimiento para asegurar disponibilidad y confiabilidad de las bombas tipo barril, del sistema de recuperación de aminas en la unidad 45 de Hidroprocesos de la Refinería Puerto la Cruz, al mismo tiempo que garantizar los niveles de calidad, seguridad y medioambiente requeridos, la metodología utilizada para lograr tal efecto es el Análisis Causa Raíz (ACR), la cual es una de las herramientas de análisis de fallas de mayor importancia, debido a su efectividad en la resolución de problemas recurrentes de manera segura y económica. La aplicación de esta metodología está definida por un procedimiento de trabajo de cinco fases que son las siguientes: 1. Conformación del equipo natural de trabajo. 2. Recopilación de información. 3. Esquematizar la información (planteamiento del problema) y formulación de hipótesis. 4. Verificar Hipótesis y 5. Identificar las soluciones y generar las acciones. Luego de un análisis de todos los datos recopilados durante la investigación se llegó a la conclusión que las fallas presentadas en los sellos mecánicos se produjeron por contaminación de la amina que circula en el proceso, la misma tiene un alto contenido de hidrocarburo (diesel), el cual incidía directamente sobre el material de los Oring. Estos resultados permitieron finalmente proponer una serie de acciones que minimizarán las causas raíces que están generando la aparición del modo de falla determinado.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO**CONTRIBUIDORES:**

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
	ROL	CA	AS - X	TU	JU
Espinoza B., Henry J.	CVLAC:	4.363.950			
	E_MAIL	hespinozab@gmail.com			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Martínez, Carmen E.	ROL	CA	AS	TU	JU - X
	CVLAC:	4.902.045			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Suárez Diógenes	ROL	CA	AS	TU	JU - X
	CVLAC:	5.333.471			
	E_MAIL	diogenessuarezq@yahoo.es			
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2010	07	28
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis Propuesta de mantenimiento para las Bombas G-4515 A B . DOC	Aplicación/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K
L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6
7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Especialista en Ingeniería de Mantenimiento

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Post-Grado

ÁREA DE ESTUDIO:

Coordinación General de Postgrado

INSTITUCIÓN:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO ANZOÁTEGUI.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO**DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de trabajos de grado.

"Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización"

Ing: Luz del Mar Ortega

AUTOR

Ing. Diógenes Suárez

JURADO

Ing. Henry Espinoza

TUTOR

Carmen Martínez.

JURADO

Ing: Miriam Requena

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS