

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO – SUR ANACO  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN  
CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS ESTÁTICOS DE LA  
ESTACIÓN DE DESCARGA GUARIO 1 (GED-1) DE PDVSA  
GAS PRODUCCIÓN ANACO**

**Realizado por:**

**Rodríguez S., Aníbal R.**

**Trabajo de grado presentado a la Universidad de Oriente como requisito parcial  
para optar al título de:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Anaco, Abril de 2017**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO – SUR ANACO**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN**  
**CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS ESTÁTICOS DE LA**  
**ESTACIÓN DE DESCARGA GUARIO 1 (GED-1) DE PDVSA**  
**GAS PRODUCCIÓN ANACO**

**Revisado por:**

**Ing. Alcántara, José**  
**Asesor Académico**

**Ing. Sequera, Dimas**  
**Asesor Industrial**

**Anaco, Abril de 2017**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE**  
**NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**  
**EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO – SUR ANACO**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN  
CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS ESTÁTICOS DE LA  
ESTACIÓN DE DESCARGA GUARIO 1 (GED-1) DE PDVSA  
GAS PRODUCCIÓN ANACO**

**Jurado Calificador:**

**El jurado hace constar que asignó a esta tesis la calificación de:**

**APROBADO**

**Ing. Alcántara, José**

**Asesor Académico**

**Ing. Córdova, David**

**Jurado Principal**

**Ing. Valderrama, Rita**

**Jurado Principal**

**Anaco, Abril de 2017**

## **RESOLUCIÓN**

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado (vigente a partir del II semestre 2009 según comunicación CU-034-209)

“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, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de grado, a Dios, por estar siempre a mi lado.

A mi Abuela Mercedes Guerra, por el apoyo moral y siempre apoyándome en todo momento, mil gracias abuela te quiero mucho, dios te de larga vida y a mi Abuelo Miguel Hernández, por darme la crianza y por sus buenos consejos dios lo tenga en su gloria larga vida y salud.

A toda mi familia, muy especialmente a mi madre Yoleida Tibisay Hernández, por darme la vida muchísimas gracias, a mi hermano Miguel Ángel por ser mi inspiración, a mi tías Mercedes Hernández y Rusela Hernández, por los consejos que me dieron día tras día para alcanzar mis metas propuestas y mis logros como un profesional.

A mi tío Junior Hernández por sus buenos deseos, consejos y palabras de aliento y de motivación que sirvieron de apoyo para la culminación de este trabajo de grado.

A mi hermano querido, compañero de estudio desde el bachillerato y compañero de universidad, Frank Zambrano amigo en los buenos y malos momentos que pasamos juntos en el trayecto de toda nuestra carrera universitaria gracias.

A todos ustedes va dedicado con todo mi corazón.

*Aníbal Rodríguez*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a dios por darme la bendición y la fuerza para siempre ir hacia adelante.

Para mí y mi familia ha sido una gran bendición, el haber llegado a culminar con una parte muy importante en mi vida, persiguiendo y anhelando un gran conocimiento para mi fortalecimiento académico, no lo hubiera podido lograr, claro está sin la ayuda de aquellos no lo hubiera podido lograr, que estuvieron a mi lado en constante esfuerzo para que todo me saliera lo mejor posible. Gracias

A mi tutor académico el profesor Ing. Melchor Ledezma, por su amistad, su orientación, su esfuerzo, y su empeño en guiarme siempre por el camino de la excelencia.

A mi tutora industrial la Ing. Yusvanny Sifontes por su valiosa colaboración y apoyo incondicional y siempre estar muy pendiente de mí.

A la empresa PDVSA GAS Anaco por haberme permitido tener esta experiencia de aprendizaje. A todo su personal por su inmensa colaboración mil gracias, en especial a José Medina, Félix Medina, Delfín Trillo y todos sus equipos de trabajo, por compartir conmigo en mis pasantías de grado, todos sus conocimientos y apoyarme en todo momento.

A la Universidad de Oriente por brindarme la oportunidad del conocimiento en las cátedras que resultan necesarias para la formación de una carrera profesional, a todos los profesores, personal administrativo y obrero que de alguna u otra forma estuvieron siempre compartiendo conmigo durante mi carrera universitaria.

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
EXTENSIÓN REGIÓN CENTRO – SUR ANACO  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN  
CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS ESTÁTICOS DE LA  
ESTACIÓN DE DESCARGA GUARIO 1 (GED-1) DE PDVSA  
GAS PRODUCCIÓN ANACO**

**Autor:** Rodríguez S., Aníbal R

**Tutor:** Ing. Alcántara, José

**Fecha:** Abril - 2017

**RESUMEN**

Esta investigación se realizó con la finalidad de proponer planes de mantenimiento para los equipos estáticos de la estación de descarga Guarío 1 (GED-1) de PDVSA Gas Producción Anaco. Su desarrollo estuvo basado en 5 etapas, en la etapa I se realizó una descripción del contexto operacional de las bombas reciprocantes de las plantas de inyección de agua salada. En la etapa II, se determinó el nivel de criticidad de cada uno de los equipos mediante la aplicación de la metodología D.S, de la cual resultaron críticos solo dos (2) equipos de un universo de doce (12), siendo necesario para la recopilación de información la realización de entrevistas no estructuradas al personal de la empresa y visitas a campo. En la etapa III, se analizaron las fallas presentes en las bombas reciprocantes mediante un análisis de modos y efectos de fallas arrojando como resultado 33 modos de fallas, posteriormente, En la etapa IV se empleó el Árbol Lógico de Decisiones dando como resultado 23 tareas a condición, 0 a reacondicionamiento cíclico, 11 sustitución cíclica; y finalmente en la etapa V se propusieron planes de mantenimiento preventivo a los equipos críticos de la estación de descarga Guarío 1 (GED-1) de PDVSA Gas Producción Anaco) con la finalidad de mejorar la gestión de mantenimiento.

**Descriptor:** Estación de descarga Guarío 1, Confiabilidad, Evaluación, Reciprocante, Operacional PDVSA Gas Producción Anaco

# ÍNDICE GENERAL

	Pp.
RESOLUCIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
RESUMEN.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
CAPÍTULO I.....	15
EL PROBLEMA .....	15
1.1 Planteamiento del Problema.....	15
1.2 Objetivos de la Investigación .....	19
1.2.1 Objetivo General .....	19
1.2.2 Objetivos Específicos.....	19
1.3 Identificación de la Empresa.....	20
1.3.1 Nombre de la Empresa .....	20
1.3.2 Ubicación Geográfica .....	20
1.3.3 Contexto Organizacional.....	21
1.3.4 Misión de la Empresa.....	22
1.3.5 Visión de la Empresa .....	22
1.3.6 Organigrama Estructural de la Empresa .....	23
1.3.7 Gerencia de Mantenimiento .....	23
1.4 Justificación de la Investigación .....	24
CAPÍTULO II .....	25
MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 Antecedentes de la Investigación .....	25
2.2 Bases Teóricas.....	29
2.2.1 Mantenimiento .....	29
2.2.2 Objetivo General del Mantenimiento.....	29
2.2.3 Objetivos del Mantenimiento.....	30
2.2.4 Funciones del Mantenimiento .....	30
2.2.5 Categorías de Mantenimiento .....	31
2.2.6 ISO 14224 .....	31
2.2.7 Mantenimiento Preventivo.....	31
2.2.8 Mantenimiento Predictivo.....	32
2.2.9 Mantenimiento Correctivo .....	33
2.2.10 Mantenimiento Mayor.....	33
2.2.11 Mantenimiento Ordinario.....	33

2.2.12	Confiabilidad.....	34
2.2.13	Equipo natural de Trabajo (ENT) .....	34
2.2.14	Confiabilidad Operacional (CO).....	34
2.2.15	Análisis de Criticidad (AC).....	36
2.2.16	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) .....	38
2.2.17	Análisis de Modo y Efecto de Fallas .....	40
2.2.18	Árbol Lógico de Decisión (ALD) .....	41
2.2.18.1	Selección de Tareas de Mantenimiento.....	41
2.2.18.2	Tareas y Estrategias de Mantenimiento a Considerar en el Árbol Lógico de Decisión (ALD) .....	42
2.2.19	Estación de Descarga .....	45
2.2.20	Sistemas de Producción .....	45
2.2.21	Múltiples de Producción .....	45
2.2.22	Separador .....	46
2.2.23	Tratadores Térmicos con Filtro Interno .....	47
2.2.24	Tanques de Almacenamiento .....	47
CAPÍTULO III .....		49
MARCO METODOLÓGICO .....		49
3.1	Tipo de Investigación .....	49
3.1.1	Nivel de la Investigación.....	49
3.1.2	Diseño de la Investigación .....	50
3.2	Técnicas de Investigación y Análisis de Datos .....	50
3.2.1	Análisis Documental .....	51
3.2.2	Observación Directa.....	51
3.2.3	Entrevistas .....	51
3.2.3.1	Entrevistas Estructuradas .....	51
3.2.3.2	Entrevistas no Estructuradas .....	52
3.2.4	La Encuesta .....	52
3.2.5	Estrategia de Recolección de Datos a Implementar en las Reuniones con el ENT .....	53
3.2.6	Análisis de Criticidad.....	53
3.2.7	El Análisis de Modo y Efecto de Falla .....	53
3.2.8	Árbol Lógico de Decisión (A.L.D) .....	54
3.2.9	Plan de Mantenimiento .....	54
3.3	Instrumento de Recolección y Análisis de Datos.....	54
3.3.1	Equipos.....	54
3.3.2	Materiales.....	55
3.3.3	Sustancias.....	55
3.4	Población y Muestra.....	56
3.4.1	Población.....	56
3.4.2	Muestra.....	56
3.5	Etapas de la Investigación.....	57
3.5.1	Revisión Bibliográfica .....	57

3.5.2 Descripción del Contexto Operacional de los Equipos Estáticos .....	57
3.5.3 Jerarquización de los Equipos Estáticos .....	57
3.5.4 Determinación de los Modos y Efectos de fallas (A.M.E.F) .....	59
3.5.5 Establecimiento de las Actividades de Mantenimiento Mediante el Árbol Lógico de Decisiones (ALD).....	60
3.5.6 Elaboración de Planes de Mantenimiento .....	61
3.5.7 Redacción del Trabajo de Grado.....	61
CAPÍTULO IV .....	62
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	62
4.1 Descripción el Contexto Operacional de los Equipos Estáticos de la Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1) .....	62
4.1.1 Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1).....	62
4.1.2 Descripción del Proceso Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1) .....	63
4.1.3 Equipos Existentes en la Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1).....	65
4.1.4 Personal Asignado a la Estación de Descarga Guarío 1 .....	68
4.2 Jerarquización de los Equipos Estáticos de la Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1) a Través de la Norma PDVSA MM-02-01-01 .....	68
4.3 Determinación de los Modos y Efectos de Falla (A.M.E.F) en los Equipos con Alta Criticidad de la Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1).....	73
4.3.1 Análisis de Falla a los Equipos con Alta Criticidad.....	73
4.4 Establecimiento de las Actividades de Mantenimiento Mediante el Árbol Lógico de Decisiones (ALD) .....	86
4.5 Elaboración de un Plan de Mantenimiento para los Equipos Críticos de la Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1) .....	99
CAPÍTULO V .....	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	121
5.1 Conclusiones .....	121
5.2 Recomendaciones.....	122
ANEXOS .....	124
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO .....	125

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pp.
Tabla 4.1 Equipos existentes en la Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1) .....	66
Tabla 4.2 Ficha del separador E-839.....	67
Tabla 4.3 Lista del personal que labora en la Estación de Descarga Guarío 1 .....	68
Tabla 4.4 Formato de evaluación de criticidad. ....	69
Tabla 4.5 Formato de la lista de índice de criticidad .....	71
Tabla 4.6 Análisis de modo y efecto de falla .....	75
Tabla 4.7 Análisis de Modos y Efectos de Fallas Funcionales a Separadores.....	77
Tabla 4.8 Análisis de Modos y Efectos de Fallas Funcionales a tanques de Almacenamiento de Crudo.....	82
Tabla 4.9 Análisis de Modo y Efecto Falla Secundarias de los tanques de Almacenamiento de crudo.....	84
Tabla 4.10 Hoja de Decisión del ALD Separador.....	88
Tabla 4.11 Hoja de Decisión del ALD.....	89
Tabla 4.12. Hoja de Decisión del ALD Separador. Componentes de Presión.....	90
Tabla 4.13 Hoja de Decisión del ALD Separador Componente de Temperatura. ....	91
Tabla 4.14 Hoja de Decisión del ALD Tanques Almacenamiento de Crudo. ....	92
Tabla 4.15 Hoja de Decisión del ALD Tanques Almacenamiento de Crudo. ....	93
Tabla 4.16 Hoja de Decisión del ALD Tanques Almacenamiento de Crudo. ....	94
Tabla 4.17. Hoja de Decisión del ALD Tanques Almacenamiento de Crudo. ....	95
Tabla 4.18. Hoja de Decisión del ALD Tanques Almacenamiento de Crudo. ....	96
Tabla 4.19. Hoja de Decisión del ALD Tanques Almacenamiento de Crudo. ....	97
Tabla 4.20 Fallas evidentes, fallas ocultas .....	98
Tabla 4.21 Cantidad de evaluaciones por consecuencia. ....	99
Tabla 4.22 Plan de Mantenimiento a los Separadores. ....	108
Tabla 4.23 Plan de Mantenimiento Preventivo a los Tanques aperrados.....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pp.
Figura 1.1 Ubicación Geográfica de Anaco.....	20
Figura 1.2 Ubicación Geográfica de PDVSA Gas Anaco.....	21
Figura 1.3 Organigrama PDVSA Gas.....	23
Figura 2.1 Variables de la Confiabilidad Operacional.....	35
Figura 2.2 Múltiples de Producción.....	46
Figura 2.3 Separadores.....	46
Figura 2.4 Tratadores.....	47
Figura 2.5 Tanques de Almacenamiento de Crudo.....	48
Figura 3.1 Determinación de Criticidad.....	59
Figura 4.1 Estación de Descarga Guarío 1.....	63
Figura 4.2 Diagrama de proceso de una estación de descarga típica.....	64
Figura 4.3 Equipos Críticos, Semi-Críticos y No Críticos.....	72
Figura 4.4 Porcentaje de criticidad.....	73
Figura 4.5 Distribución porcentual de las fallas evidentes y en los separadores críticos.....	98
Figura 4.6 Distribución porcentual de las fallas evidentes y en los Tanques críticos.....	98
Figura 4.7 Distribución porcentual de las fallas evidentes y en los Equipos críticos.....	99

## INTRODUCCIÓN

La industria petrolera venezolana PDVSA, es la principal empresa del estado, la cual se encarga de explorar, producir, almacenar, procesar, transportar, y comercializar petróleo, gas y otros derivados de los hidrocarburos, para ello cuenta varias áreas operacionales a lo largo del territorio nacional, siendo una de ellas el Área Mayor De Anaco, considerada además como el corazón gasífero del país, ya que dispone con reservas probadas superiores a 26 billones de pies cúbicos de gas en un área aproximada de 13.400 km<sup>2</sup>, el cual produce actualmente 1.600 millones de pies cúbicos normal diarios de gas (MMPCND).

Para llevar a cabo las operaciones cuenta los campos Santa Rosa, El Guarío, El Roble, San Joaquín, Santa Ana y El Toco, adicionalmente dispone de pozos dentro de campos petroleros en la cual se encuentran plantas compresoras estaciones recolectoras, y estaciones de descargas, conformada esta última por una serie de equipos que forman parte de los procesos de producción, entre ellos se encuentran líneas de flujo, múltiples de producción, separadores, tratadores, y plantas de inyección de agua salada que se encargan de manejar el agua proveniente del proceso de deshidratación del crudo y del gas, a través de bombas reciprocantes y motores de combustión interna, conduciendo este líquido a pozos inyectoras con la finalidad de incrementar los volúmenes de hidrocarburos desde el subsuelo hacia la superficie. Partiendo de lo anterior, la empresa PDVSA GAS, ha venido presentando problemas en el proceso de inyección de agua salada a pozos inyectoras debido a paradas inesperadas y a gran número de fallas presentadas por lo mismo, el propósito de este trabajo consistió en la Evaluación de las bombas reciprocantes de las plantas de inyección de agua salada del Área Mayor De Anaco de Pdvsa Gas anaco mediante la confiabilidad operacional.

El presente trabajo de investigación consta de seis (6) capítulos. En el capítulo 1 se presenta toda la información referente a la identificación de la empresa, el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y delimitación de la investigación. Posteriormente, en el capítulo 2 abarca los fundamentos teóricos inherentes a la investigación, la recopilación bibliográfica de trabajos previos realizados y conceptos relacionados con el tema de estudio que facilitó el desarrollo de la metodología presentada. En el capítulo 3, se describe el marco metodológico de la investigación, donde se incluye el tipo de investigación y el desarrollo de la misma. En el capítulo 4, se muestran los resultados de la investigación. En el capítulo 5 se presenta la propuesta de acciones de mantenimiento a los equipos críticos de las plantas de inyección de agua salada, y finalmente, en el capítulo 6, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente trabajo de grado.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del Problema

La empresa petróleos de Venezuela, Sociedad Anónima, PDVSA es la corporación estatal de la República Bolivariana de Venezuela que se encarga de la exploración, producción, manufactura, transporte y mercadeo de los hidrocarburos, de manera eficiente, rentable, segura transparente y comprometida con la producción nacional; con el fin último de motorizar el desarrollo armónico del país, afianzar el uso soberano de los recursos; PDVSA cumple con todas las actividades propias del negocio petrolero, constituyéndose en una corporación verticalmente integrada, que abarca todos los procesos desde la explotación hasta la comercialización.

En tanto la Superintendencia de Mantenimiento Mayor perteneciente a la Gerencia de Mantenimiento de PDVSA Producción Gas Anaco, tiene dentro de sus funciones la implementación de planes y programas de mantenimiento para garantizar la confiabilidad de los activos de la empresa; con la finalidad de mejorar su desempeño, disminuir los costos asociados por el mantenimiento, aumentando con ello su productividad.

En la jurisdicción de la Superintendencia de Mantenimiento Mayor se encuentra la Estación de Descarga Guarío 1 GED-1, la cual pertenece al Área Mayor de Anaco (AMA), del Distrito Gas Anaco. Dentro de la estación se encuentran los siguientes equipos: separadores verticales, tratadores verticales, tanques empernados, filtros (gas supply). La función de la estación es procesar el gas e hidrocarburo proveniente de los pozos, con distintos niveles de presión de 60lpc, 250lpc y 450lpc. La estación de descarga Guarío 1 GED-1 cuenta con diversos equipos estáticos entre

los cuales se encuentran: trece separadores (13) verticales, dos (02) separadores horizontales y cinco (05) tanques que contribuyen con el correcto funcionamiento de la misma.

Esta estación de descarga se encarga de la recolección, separación gas/líquidos y deshidratación del petróleo. El gas es enviado directamente a las plantas compresoras, que se encargan de elevar la presión y realizar su transferencia mediante tuberías a las plantas de extracción de líquidos del gas natural; así como, a los clientes internos para suministro de gas doméstico e industrial; mientras que el petróleo, una vez deshidratado es almacenado en tanques, para luego ser bombeado a las refinerías, para su consumo y exportación. Por otro lado, el agua salada es almacenada en tanques para ser re-inyectada a los pozos para deposición.

Actualmente los equipos estáticos de la estación de descarga Guarío 1 GED-1 están presentando una serie de problemas entre los cuales se pueden citar:

- Desajuste en extractores de neblina.
- Descalibración de manómetros.
- Ruptura de deflectores.
- Fallas asociadas al reemplazo de componentes de equipos estáticos entre los que se tiene: sellos, empacaduras y pernos.
- Manejo de alto porcentaje de H<sub>2</sub>S y CO<sub>2</sub>.
- Falta de mantenimiento a drenajes de sedimentos.
- Válvulas dañadas.
- Falta de lubricación y limpieza en equipos.
- Entre otras.
- Las fallas mencionadas anteriormente han traído como consecuencias:
- Espumaje.
- Retraso en la producción.

- Cierres por control de nivel bajo.
- Derrame de crudo por fisuras.
- Arrastre de líquidos.
- Acumulación de sedimentos.
- Daños al ambiente.
- Presencia de sólidos.
- Corrosión.
- Desgaste interno de los equipos.
- Incremento de los costos.
- Entre otras.

Lo anterior expuesto influye considerablemente en el desarrollo de las actividades que se llevan a cabo en la Estación de Descarga Guarío 1 GED-1 provocando paros no planificados, pérdidas de producción, incremento en las actividades de mantenimiento y daño al medio ambiente; por lo que se deben tomar acciones de mantenimiento que permitan un mayor desenvolvimiento en la capacidad productora, dando así cumplimiento a las políticas de calidad que se han establecido.

Igualmente cabe mencionar que los inconvenientes que presenta la estación de descarga Guarío 1 van de la mano con la falta de un plan de mantenimiento para equipos estáticos que permita tomar acciones en el tiempo con una frecuencia determinada, así como la distribución de forma óptima de los recursos humanos y materiales que contribuyan a mantener los equipos y que estos cumplan con la función para la cual fueron establecidos.

Cabe destacar que para este tipo de equipos estáticos a estudiar también es recomendable utilizar la herramienta de estudio de inspección basada en riesgo IBR pero por la falta de datos y recomendación de la superintendencia de mantenimiento

mayor se utilizará la herramienta de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad MCC por contar con los datos suficientes para realizar esta investigación y también se adapta al estudio del tipo de equipos que se estudiara.

Considerando la situación descrita se propondrá este trabajo tomando en cuenta la necesidad de ejecutar un mantenimiento eficaz, se realizará este trabajo de investigación donde se propone el diseño de planes de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para los Equipos Estáticos de la Estación de Descarga Guarío 1 GED-1.

Para establecer dicha propuesta se realizará la descripción del contexto operacional de los equipos estáticos en la estación de descarga, a fin de identificar su estado actual, y mediante la aplicación de la herramienta del mantenimiento centrado en confiabilidad (M.C.C), análisis de criticidad (AC), evaluar los modos y efecto de falla (A.M.E.F) y el árbol lógico de decisión (A.L.D), que permitirán aprovechar la vida útil de los equipos, minimizar la ocurrencia de falla, elaborar los planes de mantenimiento que correspondan a cada equipo, minimizando los costos por mantenimiento no programados.

La gerencia de mantenimiento de PDVSA GAS ANACO tiene la responsabilidad de velar por el buen funcionamiento de la estación de descarga guarío 1 (GED-1). Es por ello que se realizara este proyecto que se fundamenta en el diseño de planes de mantenimiento centrado en confiabilidad en la estación de descarga antes mencionada.

Se establecerán lineamientos que permitirán detectar y diagnosticar de manera continua para corregir los problemas en los equipos, logrando así el funcionamiento eficaz y eficiente del sistema que conduzca a minimizar los costos y las fallas, cumpliendo de esta forma con las necesidades y requerimiento de las mismas.

Mediante el presente proyecto se implementará por primera vez en el sistema de estudio, la metodología de mantenimiento de clase mundial MCC, lo que sustenta la originalidad del mismo.

Este proyecto además de servir de base para implantar los nuevos planes basados en la metodología MCC, servirá de guía para diseñar nuevos planes de mantenimiento para los equipos de las demás estaciones.

## **1.2 Objetivos de la Investigación**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos estáticos de la estación de descarga Guarío 1 (GED-1) de PDVSA producción Gas Anaco.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Describir el contexto operacional de los equipos estáticos de la estación de descarga Guarío 1 (GED-1)
- Jerarquizar los equipos estáticos de la estación de descarga a través xxxx Guarío 1(GED-1).
- Determinar los modos y efectos de fallas en los equipos estáticos con alta criticidad de la estación de descarga Guarío 1 (GED-1).
- Establecer las actividades de mantenimiento mediante el Árbol Lógico de Decisiones (ALD).
- Elaborar un plan de mantenimiento para los equipos estáticos de la estación de descarga Guarío 1 (GED-1).

### 1.3 Identificación de la Empresa

#### 1.3.1 Nombre de la Empresa

PDVSA Gas, Producción Gas Anaco, filial de Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima.

#### 1.3.2 Ubicación Geográfica

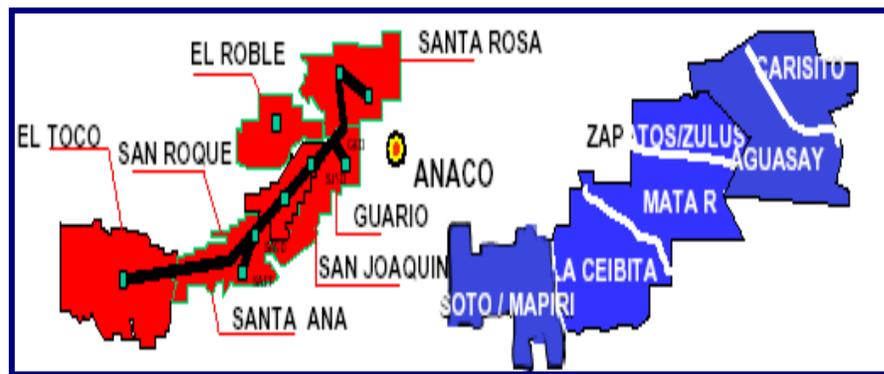
PDVSA Gas, Producción Gas Anaco, se encuentra ubicada en la parte central del Estado Anzoátegui, abarcando parte de los estados Guárico y Monagas, con un área aproximada de 13400 Km<sup>2</sup>. La Figura 1.1 indica la ubicación geográfica de la Ciudad de Anaco en un mapa representativo de los Estados Anzoátegui, Monagas, Nueva Esparta, Delta Amacuro y Sucre.



**Figura 1.1 Ubicación Geográfica de Anaco**  
**Fuente:** PDVSA Gas, Gerencia de Mantenimiento

### 1.3.3 Contexto Organizacional

PDVSA Gas, es una empresa comercial, cuyo accionista es el estado venezolano. Para ejecutar sus operaciones, cuenta con varios Distritos Operacionales a lo largo del territorio nacional, siendo uno de ellos el Distrito Gas Anaco, como se mencionó anteriormente, conformado por dos extensas áreas de explotación que son Área Mayor de Oficina (AMO) y Área Mayor de Anaco (AMA), las cuales se muestran representadas en extensiones geográficas en la Figura 1.2.



**Figura 1.2 Ubicación Geográfica de PDVSA Gas Anaco**

**Fuente:** PDVSA Gas, Gerencia de Mantenimiento

Área mayor de oficina (AMO): Se ubica en la parte sur de la zona central del Estado Anzoátegui con un área de 10240 Km<sup>2</sup>, conformada por los campos Aguasay, Zapato, Mata - R, La Ceibita y Soto - Mapiri, estas plantas manejan un promedio de 430 MMPCND de gas.

Área mayor de anaco (AMA): Se encuentra ubicada en la Cuenca Oriental de Venezuela, subcuenca de Maturín, ubicada en el área geográfica de los Municipios Freites y Aguasay, a 70 Km de la Ciudad de Anaco y 50 Km de la Ciudad de Cantaura, con una extensión superficial de aproximadamente 3160 Km<sup>2</sup>. Integrada por los campos de Santa Rosa, Guarío, San Joaquín, Santa Ana y El Toco.

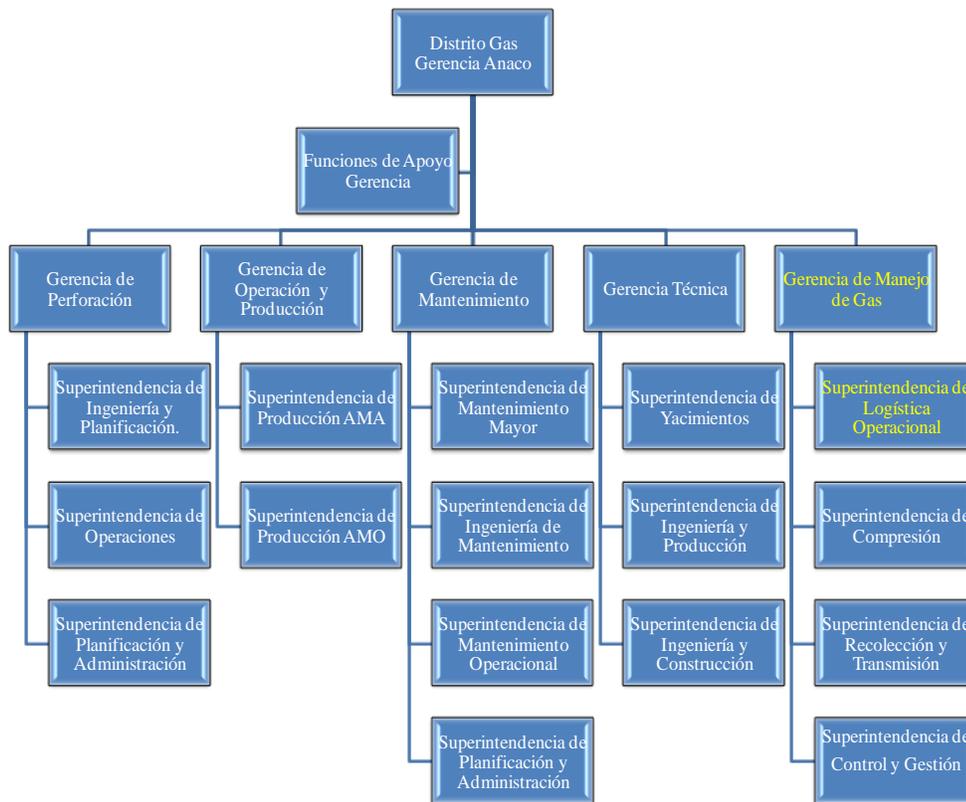
### **1.3.4 Misión de la Empresa**

“Explorar, producir, transportar, procesar, distribuir y comercializar Gas Natural y sus derivados, de manera rentable, segura y eficiente, con calidad en sus productos y servicios, en armonía con el ambiente y la sociedad; la empresa propicia un clima organizacional favorable para los trabajadores y promueve la incorporación del sector privado en el desarrollo de la Industria del Gas.”

### **1.3.5 Visión de la Empresa**

“Ser un conglomerado de empresas flexibles, dinámicas e innovadoras, de capital mixto, con socios de alta capacidad técnica y financiera, que participan en negocios de gas y conexos, que valorizan su base de recursos, comprometidas con la protección del ambiente, líderes y suplidoras preferidas en el mercado nacional y de exportación, ofreciendo productos y servicios de alta calidad, apoyados por tecnología de punta y un recurso humano altamente calificado y de elevadas convicciones éticas.”

### 1.3.6 Organigrama Estructural de la Empresa



**Figura 1.3 Organigrama PDVSA Gas**  
Fuente: PDVSA Gas, Gerencia de Mantenimiento

### 1.3.7 Gerencia de Mantenimiento

La Organización tiene como propósito satisfacer las necesidades de mantenimiento de las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos de PDVSA Producción Gas Anaco, brindando eficaz y oportuna respuesta a sus solicitudes, prestando servicios de Calidad que garanticen la continuidad operativa de las instalaciones, mediante el cumplimiento de especificaciones, normas aplicables, verificación de cada proceso en ejecución, capacitación del recurso humano y mejora continua de los procesos de la organización. Asegura el uso de proveedores calificados y están en armonía con el medio ambiente y social.

#### **1.4 Justificación de la Investigación**

El motivo principal para el desarrollo de este trabajo es conocer las condiciones de operación y las actividades de mantenimiento asociadas a los equipos estáticos en el nivel de criticidad que estas presentan, las recurrentes fallas que presentan los equipos estáticos y sus componentes asociados existentes en la estación de descarga Guario-1, por esta razón es de vital importancia realizar la evaluación de los equipos estáticos de la estación de descarga Guario-1 perteneciente al Área Mayor Anaco de PDVSA Gas Anaco mediante la confiabilidad operacional.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la Investigación

A continuación se presentará un resumen de los trabajos de investigación relacionados con el tema de este proyecto, que sirvió de apoyo, ya sea por su contenido o metodologías utilizadas, para el desarrollo de este trabajo de grado:

Según Arias F. (2002), “Se refiere a los estudios previos y tesis de grados relacionadas con el problema planteado, es decir, investigaciones efectuadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con el problema en estudio”. En tal sentido, estos trabajos se toman como antecedentes al proyecto, ya que mediante el desarrollo de este trabajo de grado incluyen diagnósticos de equipos, aplicación del método de jerarquización de activos, y desarrollo de planes de mantenimiento.

Según Arias F. (2002), “Se refiere a los estudios previos y tesis de grados relacionadas con el problema planteado, es decir, investigaciones efectuadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con el problema en estudio”. En tal sentido, estos trabajos se toman como antecedentes al proyecto, ya que mediante el desarrollo de este trabajo de grado incluyen diagnósticos de equipos, aplicación del método de jerarquización de activos, y desarrollo de planes de mantenimiento.

Siso R. (2013), “*Diseño de planes de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos estáticos de la estación de descarga San Joaquin-4 (CSJED-4) PDVSA Producción Gas Anaco*”. El objetivo principal de este trabajo consistió en diseño de planes de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para los equipos estático de la estación (SJED-4). El presente trabajo se caracteriza por ser

una investigación de tipo descriptiva ya que se estudió y analizó la problemática existente en SJED-4, además de contar con una fuente de información primaria y secundaria (de campo y documental). Para el desarrollo del mismo fue necesario cumplimentar cinco (5) etapas, la etapa I se diagnosticó el estado de funcionamiento de los equipos; en la etapa II se determinaron los equipos críticos y semi-críticos usando el manual de PDVSA INTEVEP MM-02-01-01, resultando críticos cinco (5) de los cuales son un (1) tratador, un (1) tanque apornado, un (1) tanque soldado y dos (2) separadores. Entre los semi-críticos están seis (6); en la etapa III se realizó un A.M.E.F a los equipos más críticos evaluando su funcionalidad, el modo de fallo, la causa de falla y efecto o consecuencia de falla desarrollando el A.L.D para la determinación de las tareas de mantenimiento; en la etapa IV se propuso el plan de mantenimiento preventivo para los equipos más críticos, realizando procedimientos de trabajos para la ejecución de los planes de mantenimiento preventivo propuesto y se elaboró un formato para llevar un registro de fallas; en la etapa V se calcularon los costos que se incurren en la implantación del plan de mantenimiento preventivo.

Este trabajo servirá de referencia en lo que respeta a la jerarquización de los equipos y además en todo lo que es la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad y creación de planes de mantenimiento.

Martínez V. (2012), *“diseño de planes de mantenimiento aplicando la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) para los equipos del sistema de desetanización del tren “A” de la planta de Extracción San Joaquín de PDVSA GAS”*. Realizado como requisito para optar por el título de ingeniero industrial de la universidad de oriente. En el siguiente trabajo se aplicó la metodología de mantenimiento de mantenimiento centrada en confiabilidad (MCC), para el diseño de un plan de mantenimiento para los equipos del sistema de desetanización “A” de la planta de extracción San Joaquín PDVSA Gas. Se describió el contexto operacional del sistema mediante la revisión y recolección de información

técnica y operacional en manuales y documentos técnicos además de la realización de entrevistas no estructuradas al personal de la plantas visitas al área operacional. Se realizó un análisis de criticidad para jerarquizar los equipos del sistema, resultando los equipos de bombeo los de más alta criticidad, por los que fueron elegidos para ser estudiados.

Este trabajo servirá como marco de referencia para aplicar la metodología centrada en confiabilidad, y los lineamientos o herramientas que se utilizan para ponerla en práctica en la estación de descarga Guarío 1 (GED-1).

Coa, M (2012), *“Diseño de estrategias de mantenimiento para los equipos estáticos y dinámicos de la estación de descarga Santa Ana III (SAED-3) perteneciente a PDVSA Producción Gas Anaco”*. Presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Industrial de la Universidad de Oriente. El objetivo principal de este trabajo de grado consiste en el diseño de estrategias de mantenimiento para los equipos estáticos y dinámicos de la estación de descarga Santa Ana III (SAED-3) pertenecientes a PDVSA Producción Gas Anaco. Su desarrollo estuvo basado en 4 etapas, en la etapa I se realizó una descripción del estado actual de los equipo estáticos y dinámicos de la estación de descarga; en la etapa II, se determinó nivel de criticidad de cada uno de los equipos mediante la aplicación de la metodología D.S, de la cual resultaron críticos solos tres (3) equipos de una población de once (11), siendo necesario para la recopilación de información la realización de entrevistas no estructuradas al personal de la empresa encargado del mantenimiento de los equipos. En la etapa III, se elaboraron planes de mantenimiento preventivo a los equipos que resultaron críticos en el análisis de criticidad, adicionalmente se le diseño un plan de mantenimiento preventivo a las instalaciones en general de la estación de descarga; finalmente en la etapa IV se diseña un manual de mantenimiento para los equipos estáticos y dinámicos de la estación de descarga (SAED-3) en el cual están contenidos cada uno de los procedimientos de

mantenimiento de los equipos estáticos y dinámicos que conforman la estación. De este trabajo se puede concluir, que los planes y manuales de mantenimiento generados están acorde a las políticas internas de la empresa PDVSA.

El aporte de esta tesis a la investigación es significativo debido a la creación de planes de mantenimiento y por contener información referente al desarrollo del Análisis de Modos y efectos de fallas que es de gran utilidad en el diseño de acciones de mantenimiento eficientes para la estación de flujo a estudiar.

Salazar, C (2.009), *“Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para sistemas de aire en plantas de extracción de líquidos de gas natural. Planta de Extracción San Joaquín. Buena Vista, Estado Anzoátegui”*. Realizado como requisito para optar por el título de Ingeniero Mecánico de la Universidad de Oriente. En el citado trabajo de investigación, se realizó el diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para sistemas de aire en plantas de extracción de líquido de gas natural, como caso específico la Planta de Extracción San Joaquín, con fines de mejorar la confiabilidad de los equipos, evitar la utilización excesiva de las horas extras de mantenimiento, las recurrentes alarmas, fallas y paradas en los equipos. En vista de no contar con historiales de mantenimiento, fue conveniente utilizar la metodología del Mantenimiento centrado en Confiabilidad, donde se realizó un diagnóstico de la situación actual del sistema, se determinó el contexto operacional del sistema y se aplicó un análisis de criticidad para enfatizar estudios y destinar recursos en los componentes de mayor relevancia, luego se realizó un Análisis de Modos y Efecto de Falla a los componentes críticos, asentándolos en la hoja de información para luego determinar el tipo de mantenimiento mediante el Árbol Lógico de Decisiones y registrarlas en la hoja de decisión, de allí se elaboró el plan de mantenimiento donde se generaron 83% de tareas preventivas, para una totalidad de 465 Horas Hombres, de las cuales 78% son atribuidas al departamento de Mecánica. Las tareas son variadas y con paridad de porcentajes, entre las cuales

figuran tareas a condición, reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y búsqueda de falla, donde el compresor generó la mayor cantidad de ellas.

La utilización de este trabajo permitirá servir como ejemplo para efectuar los análisis respectivos a los equipos críticos de la estación de flujo, ya que está fundamentado en mantenimiento centrado en confiabilidad.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Mantenimiento**

Según Suarez D, (2011) Es el conjunto de acciones que permite conservar o reestablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado. Ese un conjunto de acciones pueden ser técnicas y administrativas, las cuales pretenden mantener un equipo, sistema o instalación en condición operativa, de tal forma que cumpla con las funciones para las cuales fueron diseñadas o para restablecer dichas funciones.

### **2.2.2 Objetivo General del Mantenimiento**

Según La norma NORMA ISO 14224. (2006), el objetivo general del mantenimiento se basa en Prolongar el tiempo de vida útil de un equipo y así minimizar o eliminar las posibles paradas del mismo, por daños o paradas no programadas, y de esta manera disminuir el tiempo de indisponibilidad de sistemas ya que estos representan tiempos de improductividad.

### 2.2.3 Objetivos del Mantenimiento

- Mejorar continuamente los equipos hasta su más alto nivel operativo, mediante el incremento de la disponibilidad, efectividad y confiabilidad.
- Aprovechar al máximo los componentes de los equipos, para disminuir los costos de mantenimiento.
- Garantizar el buen funcionamiento de los equipos, para aumentar la producción.
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.
- Maximizar el beneficio global.
- Prolongar la vida útil de los equipos e instalaciones al máximo posible.

### 2.2.4 Funciones del Mantenimiento

Las funciones del mantenimiento se pueden dividir en dos tipos de funciones, funciones primarias y funciones secundarias. Algunas de las funciones primarias son:

- Mantener los activos en funcionamiento óptimo.
- Modificar, instalar, desincorporar equipos e instalaciones.
- Desarrollo de programas y planes de mantenimiento preventivos.
- Selección y entrenamiento de personal de mantenimiento.
- Entre las funciones secundarias se encuentran las siguientes:
- Asesorar la adquisición de nuevos equipos.
- Realizar pedidos de repuestos, herramientas y suministros generales para el funcionamiento de los equipos e instalaciones.
- Controlar y asegurar el inventario de repuestos y suministros.
- Cualquier otro servicio delegado por la administración de la organización.

### **2.2.5 Categorías de Mantenimiento**

Básicamente existen dos categorías de mantenimiento:

- **Mantenimiento Preventivo:** es el que se realiza antes de ocurrir una falla o avería. Se clasifica en: Mantenimiento predictivo o Monitoreo de Condición, Mantenimiento periódico o programado.
- **Mantenimiento Correctivo:** es el que se realiza después de ocurrir la falla.

### **2.2.6 ISO 14224**

Esta Norma internacional brinda una base para la recolección de datos de Confiabilidad y Mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación transporte de petróleo y gas natural, con criterios que pueden extenderse a otras actividades e industrias. Sus definiciones son tomadas del RCM.

Presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos que permitan Cuantificar la Confiabilidad de Equipos y compararla con la de otros de características similares.

### **2.2.7 Mantenimiento Preventivo**

Es aquel que consiste en un grupo de tareas planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los activos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional donde se ubican, alargar sus ciclos de vida y mejorar la eficiencia de los procesos.

Este mantenimiento también es denominado mantenimiento planificado, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería y se efectúa bajo condiciones controladas.

Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

### **2.2.8 Mantenimiento Predictivo**

Es un conjunto de acciones y tareas que tiene la finalidad de obtener información para el diagnóstico y detección de fallas potenciales que permitan tomar acción antes de la pérdida de la función del activo. Este tipo de mantenimiento se basa en el monitoreo de las variables indicadoras del deterioro de la condición del activo. También es conocido como mantenimiento preventivo basado en condición.

Con este tipo de mantenimiento se pretende determinar en todo instante la condición técnica (Mecánica y eléctrica) real del activo examinado, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicación de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo.

Algunas Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo son las siguientes:

- Analizadores de Fourier (Para análisis de vibraciones).
- Endoscopia (Para poder ver lugares ocultos).
- Ensayos no destructivos (A través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros).
- Termovisión (Detección de condiciones a través del calor desplegado).

- Medición de parámetros de operación (Viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.).

### **2.2.9 Mantenimiento Correctivo**

Es un conjunto de actividades que se llevan a cabo después de haber reconocido la existencia de una falla, con el fin de devolver al activo a una condición de funcionamiento en el que pueda ejecutar una(s) función(es) requerida(s) y de acuerdo con los estándares establecidos. Este mantenimiento también es denominado mantenimiento reactivo, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema, para corregir dicho error.

### **2.2.10 Mantenimiento Mayor**

Es el mantenimiento preventivo o correctivo que se ejecuta a una o varias instalaciones o sistemas, para restablecer y conservar sus condiciones operacionales que impliquen parada del equipo.

### **2.2.11 Mantenimiento Ordinario**

Es el conjunto de actividades del mantenimiento preventivo y correctivo (reemplazo parcial o mantenimiento menor), con el fin de mantener los activos en condiciones operacionales, durante el tiempo establecido para su depreciación ordinaria.

### **2.2.12 Confiabilidad**

Se define como la probabilidad de que un activo cumpla una función u opere sin falla por un período determinado de tiempo, bajo condiciones de operación previamente establecidas.

### **2.2.13 Equipo natural de Trabajo (ENT)**

Se define como el conjunto de personas de diferentes funciones de la organización, que trabajan en conjunto por un periodo de tiempo determinado para analizar problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo común.

### **2.2.14 Confiabilidad Operacional (CO)**

Se define como una serie de procesos de mejora continua, que involucran en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la planeación y gestión de la productividad de las empresas. Se basa en los análisis estadísticos y los análisis de condición, orientados a mantener la confiabilidad de los activos de una organización, con la activa participación del personal de la misma.

Uno de los fines del Análisis de Confiabilidad de los activos físicos es cambiar las actividades reactivas, correctivas, no programadas y altamente costosas, por acciones preventivas planeadas que dependan de análisis objetivos, situación actual, historial de equipos, que permitan además un adecuado control de costos.

Cuando se analiza la Confiabilidad Operacional de una organización es necesario considerar cuatro parámetros operacionales: Confiabilidad Humana,

Confiabilidad de los Procesos, Mantenibilidad y Confiabilidad de los equipos. Si estos parámetros varían en conjunto o en forma individual se afecta el comportamiento global de la confiabilidad operacional. En la figura 1 se muestran los cuatros parámetros.



**Figura 2.1 Variables de la Confiabilidad Operacional.**

**Fuente:** Publicación del club de Mantenimiento, Internet.

- Confiabilidad Humana: Se define como la probabilidad de desempeño eficiente y eficaz de todas las personas, en todos los procesos, sin cometer errores o fallas derivados del conocimiento y actuar humano, durante su competencia laboral, dentro de un entorno organizacional específico. Puede definirse también como la rama de la Ingeniería de Confiabilidad que permite identificar los efectos que las desviaciones de la acción humana; desde el punto de vista de seguridad, calidad, efectividad y eficiencia, tienen sobre los procesos productivos, con la finalidad de identificar las causas raíces que las producen y establecer las acciones que las eliminen o mitiguen sus consecuencias.
- Confiabilidad de los Procesos: Implica la operación de equipos entre parámetros o por debajo de la capacidad de diseño, es decir sin generar sobrecarga a los equipos y el correcto entendimiento de los procesos y procedimientos.
- Mantenibilidad (M): Es la probabilidad de que un activo pueda ser restaurado a condiciones normales de operación dentro de un período de tiempo dado, cuando su mantenimiento ha sido realizado de acuerdo a procedimientos preestablecidos.

También se define como la característica inherente de un activo, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio (Programada/ no programada) a partir de la ejecución de tareas de mantenimiento. En la práctica, se puede expresar en términos de factores de: frecuencia de mantenimiento, tiempo empleado en mantenimiento y costos de mantenimiento.

- Confiabilidad de los Equipos: Está determinada por las estrategias de mantenimiento y la efectividad del mantenimiento. Se puede medir a través del indicador TPEF (Tiempo Promedio Entre Fallas). Se orienta hacia la confiabilidad de los equipos desde su diseño y está relacionada con el tiempo promedio operativo (TPO).

#### **2.2.15 Análisis de Criticidad (AC)**

Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, en función a su criticidad, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basada en la realidad actual.

Para aplicar AC se deben: definir los alcances y propósitos del análisis; Establecer criterios de importancia y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección del sistema objeto del análisis.

Para este análisis se necesita de la formación de un Equipo Natural de Trabajo (ENT) que se define como el conjunto de personas de diferentes funciones de la organización, que trabajan juntas por un periodo de tiempo determinado para analizar problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo común.

Matemáticamente la criticidad de un sistema se denota como el producto de la consecuencia por la frecuencia, como se muestra:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

*Frecuencia:* peso ponderado debido al número de fallas por año.

*Consecuencia:* peso ponderado de a + b

a= Costo de Reparación + Impacto en la Seguridad e Higiene Personal + Impacto Ambiental.

b= Impacto a la Producción × Nivel de Producción × Tiempo Promedio para Reparar.

- Frecuencia de Fallas: Representa las veces que falla cualquier componente del sistema que produzca la pérdida de su función, es decir, que implique una parada, en un periodo dado.
- Costo de Reparación: Se refiere al costo promedio por falla requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento, incluye labor, materiales y transporte.
- Impacto en la Seguridad e Higiene Personal: Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones y en los cuales alguna persona pueda o no resultar lesionada.
- Nivel de Producción: Representa la producción aproximada por día de la instalación y sirve para valorar el grado de importancia de la instalación a nivel económico.
- Impacto Ambiental: Representa la posibilidad de que sucedan eventos no deseados que ocasionen daños a equipos e instalaciones produciendo la violación de cualquier regulación ambiental, además de ocasionar daños a otras instalaciones.

- **Impacto en la Producción:** Representa la producción aproximada porcentualmente que se deja de obtener (por día), debido a fallas ocurridas (diferimiento de la producción). Se define como la consecuencia inmediata de la ocurrencia de la falla, que puede representar un paro total o parcial de los equipos del sistema estudiado y al mismo tiempo el paro del proceso productivo de la unidad.
- **Tiempo de Afectación:** Es el tiempo que el activo permanece fuera de servicio en virtud de por causa de la falla, es decir para empleado para reparar dicha falla. Se considera desde que el activo pierde su función hasta que esté disponible para cumplirla nuevamente.

La información recolectada en el análisis de criticidad podrá ser utilizada para:

- Priorizar órdenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- Priorizar proyectos de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuestos y materiales.
- Dirigir las políticas de mantenimiento a las áreas o sistemas más críticos.

#### **2.2.16 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)**

Es una filosofía de gestión del mantenimiento en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimar la confiabilidad operacional de un sistema en su contexto operacional, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originaran los modos de fallas de estos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones.

El MCC procura determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación, analizando las funciones de los activos, sus posibles fallas, los modos de fallas o causas de fallas, sus efectos y sus consecuencias. A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinan las estrategias más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no sólo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables.

El MCC se aplica en áreas donde hay equipos que presenten las siguientes características:

- Que sean indispensables para la producción, y que al fallar generen un impacto considerable sobre la seguridad y el ambiente.
- Generan gran cantidad de costos por acciones de mantenimiento preventivo o correctivo.
- Sean genéricos con un alto coste colectivo de mantenimiento.

Cuando se aplica correctamente el M.C.C obtenemos los siguientes beneficios:

- Mayor protección y seguridad en el entorno.
- Se logran aumentar los rendimientos operativos.
- Optimización de los costos de mantenimiento.
- Se extiende el período de vida útil de los equipos.
- Se genera una amplia base de datos de mantenimiento.
- Mayor eficiencia en el trabajo de grupo.

Para evaluar los requisitos de mantenimiento, dentro del contexto operacional de cada uno de los elementos seleccionados, a través del MCC, se requiere que se realicen 7 preguntas, las cuales nos permiten consolidar los objetivos de esta filosofía (aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los activos por medio del empleo óptimo de recursos). Las preguntas son las siguientes:

- ¿Cuáles son las funciones?
- ¿De qué forma puede fallar?
- ¿Qué causa que fallen?
- ¿Qué sucede cuando falla?
- ¿Qué ocurre si falla?
- ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos?
- ¿Qué sucede si no puede prevenirse el fallo?

Para responder a estas preguntas se cuenta con técnicas de confiabilidad claves en la aplicación del MCC, como el Análisis de los Modos y Efectos de Fallas (AMEF) y el Árbol Lógico de Decisión (ALD). La primera ayuda a responder las cuatro primeras preguntas, determinando las consecuencias de los modos de falla de cada activo en su contexto operacional, mientras que la segunda es útil para responder las restantes, permitiendo decidir cuáles son las actividades de mantenimiento más óptimas. Otra herramienta que puede ser muy útil en el estudio de MCC es el diagrama de Entrada Proceso Salidas (EPS), puesto que esta permite plasmar la información de proceso como parte del contexto operacional del activo o sistema, identificando sus entradas y salidas, lo que ofrecerá una comprensión rápida del de los mismos y facilitará la tarea del establecimiento de las funciones.

### **2.2.17 Análisis de Modo y Efecto de Fallas**

El Análisis de los modos y efectos de Fallas (AMEF), constituye la herramienta principal del MCC, para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada. El AMEF es un método sistemático que permite identificar los problemas antes de que estos ocurran puedan afectar o impactar los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado.

Hay que tener presente que la realización del AMEF, constituye la parte mas importante del proceso de implantación del MCC, ya que a partir del análisis realizado por los grupos del trabajo MCC, a los distintos activos en su contexto

### **2.2.18 Árbol Lógico de Decisión (ALD)**

Es una herramienta que permite responder las tres últimas preguntas del MCC. Se trata de una herramienta de amplio valor, la cual permite ubicar las fallas según su consecuencia y determinar la tarea de mantenimiento a aplicar. Es importante su uso bajo una estricta rigurosidad, ya que su estructura permite al grupo de trabajo la toma de decisiones sin mayor contratiempo, aclarando las dudas bajo una simple estructura de diagrama de flujo.

#### **2.2.18.1 Selección de Tareas de Mantenimiento**

La selección de las tareas de mantenimiento está ligada a la utilización de la lógica de decisión establecida en la norma SAE JA 1012, en la cual se considera las implicaciones de las consecuencias de fallas y la posibilidad de asociar alguna estrategia de mantenimiento que permita establecer una serie de tareas técnicamente factibles y que efectivamente mitiguen los riesgos asociados al activo en su contexto operacional específico.

Para cumplir con esta fase serán utilizados, los diagramas de decisión establecidos en la norma SAE JA 1012. En este sentido existen tres pasos a seguir en la aplicación del diagrama de decisión:

- Determinación de las categorías de consecuencias que aplican al modo de falla en consideración.

- Evaluación de la factibilidad técnica de las posibles políticas de manejo de falla en cada categoría.
- Selección de la política de manejo de falla que satisfaga el criterio de factibilidad técnica y que ataque de manera efectiva las consecuencias asociadas al modo de falla considerado.

### **2.2.18.2 Tareas y Estrategias de Mantenimiento a Considerar en el Árbol Lógico de Decisión (ALD)**

#### *Tareas Basadas en Condición (Predictivas):*

Estas consisten en la supervisión regular de la condición mecánica y otros indicadores de la condición en que operan los equipos y sistemas del proceso, con la finalidad de detectar fallas potenciales en los mismos.

Las tareas de mantenimiento predictivo buscan proporcionar los datos necesarios para asegurar el intervalo máximo entre las reparaciones, también minimiza el número y los costos de paros no programados creados por las fallas de los equipos.

#### *Tareas Periódicas:*

Son tareas de mantenimiento preventivo que establecen el reemplazo de partes antes de llegar a la etapa de mortalidad por desgaste, como mecanismo de mitigación de riesgo y éste será establecido por el comportamiento de falla del equipo, puesto que la meta es evitar la falla, por lo que se debe realizar el reemplazo antes de que ésta aparezca. Este tipo de tareas se dividen en:

- Tareas de Restauración Programada o Reacondicionamiento Cíclico

Son tareas programadas que se aplican para restaurar o acondicionar la capacidad de un elemento en un intervalo específico, sin tener en cuenta

su condición en el momento, a un nivel que proporciona una probabilidad de supervivencia tolerable de supervivencia hasta el final de otro intervalo específico.

- **Desincorporación Programada o Sustitución Cíclica**

Son programadas que traen consigo la desincorporación de un componente en o antes de un límite de longevidad específico sin tener en cuenta su condición en el momento.

*Tareas de Detección de Fallas:*

Son tareas programadas utilizadas para determinar si ha ocurrido una falla oculta determinada en un equipo o sistema. Están dirigidas principalmente a preservar las funciones protectoras de un equipo o sistema. Un ejemplo de este tipo de tarea de mantenimiento es probar el sistema contra incendio de una sala de control y monitoreo, con el fin de verificar que funciona correctamente.

*Combinación de Tareas:*

Esta estrategia de mantenimiento es aplicable cuando un modo de falla o una falla múltiple puede afectar la seguridad o el ambiente y no se puede encontrar ninguna tarea programada que por si misma reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo tolerable. Normalmente se pueden combinar dos categorías de tareas diferentes, tales como una tarea basada en condición y una tarea de desincorporación programada, pueda reducir el riesgo del modo de falla a un nivel tolerable.

*Cambio de Especificaciones o Rediseño:*

El proceso de MCC se esfuerza por obtener el desempeño deseado del sistema como está configurado y operando actualmente a través de la aplicación de tareas programadas apropiadas. En los casos donde tales tareas no estén disponibles, pueden

ser necesarios cambios de especificaciones del activo o sistema, sujetos a los siguientes criterios:

- En los casos donde la falla es oculta y la falla múltiple asociada tiene consecuencias en la seguridad y en el ambiente.
- En los casos donde la falla es evidente y tiene consecuencias en la seguridad y en el ambiente.
- En los casos donde la falla es oculta y la falla múltiple asociada no tiene consecuencias en la seguridad y en el ambiente, pero el cambio de especificaciones tiene que ser costo-efectivo.
- En los casos donde la falla es evidente y no tiene consecuencias en la seguridad y en el ambiente, cualquier cambio de especificaciones tiene que ser costo efectivo.

*Operar hasta la Falla:*

Es una estrategia de manejo de fallas que permite que un modo de falla específico ocurra sin ningún esfuerzo para anticiparla o prevenirla.

Cualquier política de operar hasta fallar seleccionada debe satisfacer los siguientes criterios:

- En casos donde la falla es oculta y no hay ninguna tarea programada apropiada, la falla múltiple asociada no debe tener consecuencias en la seguridad ni en el ambiente.
- En casos donde la falla es evidente y no hay ninguna tarea programada apropiada, el modo de falla asociado no debe tener consecuencias en la seguridad ni en el ambiente.
- En los casos donde es más rentable dejar fallar que realizar una tarea de mantenimiento o inspección.

### **2.2.19 Estación de Descarga**

La estación de descarga es el sitio donde llega la mezcla petróleo gas desde el pozo a través de la línea de flujo. Las funciones principales de una estación de descarga son: la separación de la corriente multifásica crudo/agua del gas; la realización de pruebas individuales para pozos, almacenamiento, bombeo de crudo e inyección de agua salada. Las estaciones de descarga están compuestas por elementos como: múltiples de producción, separadores, líneas de flujo, tratadores, tanques, sistemas de bombeo entre otros.

### **2.2.20 Sistemas de Producción**

Los sistemas de producción están constituidos por un conjunto de instalaciones cuya función básica consiste en el manejo de la mezcla petróleo-gas desde que se extrae del yacimiento hasta que se maneja a operaciones de comercialización del petróleo y el gas.

### **2.2.21 Múltiples de Producción**

Es la parte de sistema de producción en la cual se mezcla la producción de varios pozos antes de ser enviada a los trenes de separación de gas-petróleo/agua. Consiste en varios tubos colocados en forma horizontal, paralelos unos con otros, mediante los cuales la mezcla gas-petróleo/agua se recolecta en un sólo tubo para ser enviado a los separadores.



**Figura 2.2 Múltiples de Producción.**  
**Fuente:** PDVSA Gas, Gerencia de mantenimiento

### 2.2.22 Separador

El separador es uno de los equipos más utilizados en la industria petrolera. Recipiente utilizado para separar de una corriente de hidrocarburos el líquido y gas que existe a una temperatura y presión (T y P) específica. En la industria petrolera reciben diferentes nombres tales como: Knock-out, Trampas, Scrubers.



**Figura 2.3 Separadores**  
**Fuente:** PDVSA Gas, Gerencia de Mantenimiento

### 2.2.23 Tratadores Térmicos con Filtro Interno

Son aparatos para incorporar funciones de un separador, calentador y filtro, combinando los efectos de calor, química y tiempo de retención en la deshidratación. El funcionamiento de estos comienza cuando la emulsión entra al equipo a través del intercambiador de calor donde se precalienta, luego entra a la parte alta del tratador donde se separa la fase gaseosa de la líquida, esta última baja por el cuerpo del tratador, para ser calentado por la sección de calentamiento y lavado, una vez que la emulsión sale del lavado de agua caliente, asciende por diferencia de gravedades y penetra en el espacio de sedimentación donde el agua se separa del petróleo y cae en el agua de lavado para luego salir por el extractor de agua libre.



**Figura 2.4 Tratadores**

**Fuente:** PDVSA Gas, Gerencia de Mantenimiento

### 2.2.24 Tanques de Almacenamiento

En la industria petrolera son usados para el depósito, manejo de crudo y agua salada. Los tanques de almacenamiento son depósitos destinados al almacenamiento de fluido proveniente generalmente de los pozos, las capacidades más utilizadas varían entre 500 y 150 x10<sup>3</sup> barriles nominales. Los tanques más usados en facilidades de superficie de producción petrolera.



**Figura 2.5 Tanques de Almacenamiento de Crudo**  
**Fuente:** PDVSA Gas, Gerencia de Mantenimiento

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El tipo de investigación que se empleará será Descriptiva, ya que mediante la misma se logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características, la investigación Descriptiva, “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (Arias, 1999, p.20). A través de la cual se logra determinar el contexto operacional, señalar sus propiedades, y combinar ciertos criterios que permitan sintetizar los factores de riesgos involucrados en el puesto de trabajo, durante su progreso se describirán, registrarán, analizarán e interpretarán cada una de los aspectos relacionados a los equipos estáticos de la estación Guarío 1 (GED-1), tomando en cuenta sus características y su correcto orden para la prestación final de los datos.

##### **3.1.1 Nivel de la Investigación**

Según: (Méndez, 1998); expresa:

“El estudio descriptivo identifica características del universo de investigación, señala formas de conductas y actitudes del universo investigado, establece comportamientos concretos y descubre y comprueba la asociación entre variables de investigación. De acuerdo con los objetivos planteados el investigador señala el tipo de descripción que se propone realizar”. (pág.89)

Esta investigación es del tipo descriptivo, ya que se realizó con el propósito de estudiar y analizar la problemática existente en la (GED- 1) de PDVSA Gas Anaco, tomando en consideración el estudio de la aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C), describiendo alguno de sus métodos fundamentales en la

realización de este proyecto para así comparar datos y formular estrategias que llevarían a la solución del mismo.

### **3.1.2 Diseño de la Investigación**

El diseño de la investigación será de Campo, puesto que para el desarrollo del proyecto serán requeridos la recolección de datos que se obtendrá directamente del lugar de estudio. Investigación de Campo “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna” (Arias, 1999, p.21). Por ende el diseño aplicable a esta investigación es de campo debido a que la información para la realización del trabajo se obtendrá directamente de la estación de descarga Guarío 1 (GED-1). La investigación de campo facilitara asegurarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos, facilitando su revisión.

### **3.2 Técnicas de Investigación y Análisis de Datos**

Según: (Arias, 2004); deduce lo siguiente: “Se entenderá por técnica, el procedimiento o forma particular de obtener datos e información”. (pág. 64)

En la realización de este trabajo se obtuvieron y manejaron una gran cantidad de información, para lograr el cumplimiento de los objetivos planteados. La información recabada fue de carácter teórica y práctica, para así lograr el diseño del plan de mantenimiento propuesto para los equipos estáticos. Entre las técnicas empleadas en la recolección de datos se encuentran:

### **3.2.1 Análisis Documental**

Según: (Tamayo y Tamayo, M. 1998); explica que: “El análisis documental constituye un procedimiento científico y sistemático de indagación, recolección, organización, interpretación y presentación de datos e información de un determinado tema, basado en una estrategia de análisis de documentos” (pag.37).

Este análisis documental se basó en la revisión, obtención, estudio y análisis efectuado en las diferentes fuentes de información referente a la situación planteada en el trabajo de grado. Dicha información es proveniente de la gerencia de mantenimiento y por medio del Centro De Información Técnica de PDVSA (CEDITA) donde se encuentran tesis de grado, libros, manuales técnicos y folletos.

### **3.2.2 Observación Directa**

Según: (Sabino, C. 1992); complementa que: “La observación directa es el uso sistemático de nuestros sentidos, orientados a la capacidad de la realidad que queremos estudiar” (pag.152)

Se utilizó como técnica para identificar y describir los elementos que conforman la (SJED-4), los procesos y funcionamiento de los equipos, con ayuda del personal de operaciones y custodio de la misma instalación. Se hizo lo necesario para la búsqueda de datos que sirvieron de aporte para la solución del problema.

### **3.2.3 Entrevistas**

#### **3.2.3.1 Entrevistas Estructuradas**

Según: (Sabino, C. 1998); expresa que:

“La entrevista estructurada es aquella que se realiza a partir de una guía prediseñada que contiene las preguntas que serán formuladas al entrevistado. En este caso, la misma guía de entrevista puede servir como instrumento para registrar las repuestas, aunque también puede emplearse el grabador o la cámara de video”. (pag.164).

### **3.2.3.2 Entrevistas no Estructuradas**

Según: (Sabino, C. 1998); expresa que: “La entrevista no estructurada es aquella en la que no existe una estandarización formal, habiendo por lo tanto un margen más o menos grande de libertad para mudar las preguntas y las respuestas”. (pag.164).

Se puede señalar, que la investigación utilizada fue la técnica de entrevista no estructurada ya que no se formularon parámetros ni estandarizaciones para llevarlas a cabo. Solo se procedió a una conversación de manera informal con el custodio de la estación lo cual brindó el apoyo necesario para la ejecución del desarrollo del proyecto.

### **3.2.4 La Encuesta**

Según: (Arias, 2004); expresa que: “Se define la encuesta como una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de si mismos, o en relación con un tema en particular”. (pág.72).

Esta técnica se utilizó para recabar información de forma escrita tanto en el área de mantenimiento como en el de operaciones, como complemento a las entrevistas realizadas. Para ello, se elaboraron una serie de formularios con la finalidad de que el personal pudiera expresar sus ideas, opiniones de forma precisa para contribuir con el logro de los objetivos propuestos y determinar los equipos a estudiar.

### **3.2.5 Estrategia de Recolección de Datos a Implementar en las Reuniones con el ENT**

En las reuniones con el equipo natural de trabajo de la empresa (ENT) se realizarán entrevistas estructuradas para la obtención de información referente al sistema de estudio, tal como las fallas ocurridas en los equipos, la manera como se manejan las fallas, parámetros operacionales, entre otros. También se utilizará un formato tipo cuestionario, con preguntas y respuestas ponderadas útiles para la realización del análisis de criticidad del sistema a estudiar. Además se utilizará un documento tipo acta de reunión o minuta, en la cual se asentarán los puntos tratados, las decisiones y acuerdos que se establezcan en cada reunión.

### **3.2.6 Análisis de Criticidad**

Es una técnica que permitió simplificar el estudio, propiciando análisis exhaustivos sobre los activos que así lo ameriten, de esta manera tomar decisiones que sirvió para preservar y optimizar la confiabilidad operacional de esos activos. Se utilizó como instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquización de la población de los equipos objeto de análisis de descarga Guarío 1 (GED-1). Esto fundamentado en la norma PDVSA MM 02-01-01.

### **3.2.7 El Análisis de Modo y Efecto de Falla**

Es una metodología que forma parte del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C), su función es identificar las fallas potenciales del diseño, con el propósito de minimizar los riesgos y causa asociada a las fallas. Esto se aplicó con el fin de detectar y eliminar los problemas que pueda presentar el equipo antes de que ocurra.

### **3.2.8 Árbol Lógico de Decisión (A.L.D)**

El árbol lógico de decisión es una herramienta del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C), que consiste en un proceso sistemático y homogéneo para la selección de la estrategia de mantenimiento más adecuada para impedir la causa que provoca la aparición de un determinado modo de fallo en los equipos estáticos. Esto se basa en una serie de preguntas, estructurado de manera lógica y jerárquica.

### **3.2.9 Plan de Mantenimiento**

Es un documento que establecerá el qué, cómo y con qué frecuencia se ejecutarán las actividades de mantenimiento. Así mismo, incluye los repuestos y recursos necesarios para llevarlas a cabo.

## **3.3 Instrumento de Recolección y Análisis de Datos**

Para (Arias, 2004); en relación a los instrumentos expresa lo siguiente: “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. (pág. 69)

### **3.3.1 Equipos**

1. Computadora.
  - Marca Siragon. Laptop.
  - Procesador Intel Atom cpu N270.
  - Velocidad del procesador: 1.60GHz.
  - 1GB de memoria RAM.

- Disco Duro de 120 GB.
2. Impresora.
    - Marca HP. Modelo Deskjet D2050.
  3. Cámara Fotográfica Digital.
    - Marca. Fujifilm.
  4. Calculadora.
    - Marca Casio. Modelo Fx-95MS.
  5. Protección Personal.
    - Casco, Lentes, Guantes y Botas.

### **3.3.2 Materiales**

- Manuales Técnicos de PDVSA
- Documentos Bibliográficos.
- Artículos de Oficina: lápices, hojas, borradores, engrapadora, carpetas y marcadores.

### **3.3.3 Sustancias**

No requiere.

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

Para el autor Arias, F (2006) el termino población se refiere a “cualquier conjunto de elementos de los que se requiere conocer o investigar alguna o algunas de sus características”

La población de esta investigación se consideró como muestra finita debido a que está representada por la misma población, es decir los equipos estáticos que se encuentran en las instalaciones de la estación de descarga Guarío 1 (GED-1), su población humana está constituida por un equipo natural de trabajo (ENT) de ocho (8) personas pertenecientes a la Gerencia de mantenimiento, operaciones de producción, seguridad y ambiente. Estas ocho (8) personas intervienen de manera directa en las actividades que se realizan en la estación.

#### **3.4.2 Muestra**

Según Arias, F (2006), la muestra es un “subconjunto representativo de un universo o población”

La muestra de esta investigación está conformada por veinte (20) unidades de estudio pertenecientes a la estación de descarga Guarío 1 (GED-1). Trece (13) separadores verticales, dos (02) separadores horizontales y cinco (05) tanques.

### **3.5 Etapas de la Investigación**

#### **3.5.1 Revisión Bibliográfica**

En esta etapa del proyecto abarca la búsqueda, revisión y selección de toda información relacionada con el tema del proyecto, encontrada en tesis de grados, manuales, libros y otros medios, que pueda servir de sustento para el desarrollo del mismo.

#### **3.5.2 Descripción del Contexto Operacional de los Equipos Estáticos**

En esta etapa se procedió a la recopilación de la información necesaria en busca de determinar condición de operación en que se encuentran los equipos estáticos en la estación de descarga Guarío 1 (GED-1), se revisarán las variables de trabajo, se entrevistarán los operadores para conocer el funcionamiento de cada uno de los equipos estáticos, además se realizará la revisión de los manuales de operación de la estación y del fabricante, y a través de visitas de campo conjuntamente con personal de la estación. Para esta etapa se realizarán fichas técnicas de los equipos donde se reflejará tanto la capacidad de manejo de gas como la de manejo de líquido con la finalidad de identificarlos y diagramas de flujo para entender el proceso de dicha estación.

#### **3.5.3 Jerarquización de los Equipos Estáticos**

Para el desarrollo de este objetivo, se realizó un análisis de criticidad que permitió la jerarquización de equipos de acuerdo a sus parámetros operacionales, determinando su nivel de riesgo (Leve, moderado o severa), se definirá el alcance y el propósito de este análisis, estableciendo y seleccionando los criterios y método de evaluación para jerarquizar la población de los equipos objeto de análisis, cabe

destacar que para esta etapa se utilizara el manual de PDVSA INTEVEP MM-02-01-01.

CRITERIOS DE LOS FACTORES PONDERADOS	
MODELO DE LOS FACTORES PONDERADOS A TRAVÉS DE LA TEORÍA DEL RIESGO <b>Nivel de Criticidad = Frecuencia x Consecuencia.</b> Consecuencia = ((Impacto Operacional * Flexibilidad Operacional) + Costo Mtto.+ Impacto SHA).	
FRECUENCIA DE FALLAS	PONDERACIÓN
Más de 6 fallas/año.	4
Entre 4 y 6 fallas/año.	3
Entre 2 y 4 fallas/año.	2
No más de 1 falla/año.	1
IMPACTO OPERACIONAL	PONDERACIÓN
Pérdida de todo el despacho.	10
Parada del sistema y sub-sistema y tiene repercusión en otros sistemas.	8
Impacta en niveles de inventarios o calidad.	5
No genera ningún efecto significativo, sobre operaciones y producción.	1
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	PONDERACIÓN
No existe opción de producción y no hay función de respaldo disponible.	4
Hay opción de respaldo compartido/almacén.	2
Función de respaldo disponible.	1
IMPACTO EN SEGURIDAD, PERSONAS, ACTIVOS Y AMBIENTE (SHA)	PONDERACIÓN
Afecta la seguridad humana, tanto externa, como interna y requiere a la notificación a entes externos de la organización	8
Afecta al ambiente e instalaciones	6
Afecta las instalaciones causan daños severos	4
Provoca daños menores (Ambiente / Seguridad)	2
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o ambiente.	1
COSTO DE MANTENIMIENTO	PONDERACIÓN
Mayor o igual a lo Planificado	2
Menor a lo Planificado	1

Una vez seleccionado la ponderación de criterios fueron determinados los parámetros: consecuencia y frecuencia para cada uno de los activos estudiados y de

esta manera determinar su jerarquización, mediante la matriz general de jerarquización como se observa en la figura 3.2. Para determinar la jerarquización de un equipo mediante la matriz se toman en cuenta el factor consecuencia (eje x) y se interceptan con el factor frecuencia (eje y), de esta manera se clasifica en función de su criticidad en: “C” Crítico, “MC” Semi-crítico y “NC” No crítico con sus respectivo color de intercepción. Ya que como se menciona en el Manual de PDVSA INTEVEP MM-02-01-01, que es un método semicuantitativo es decir que no depende del valor de criticidad total si no de los (2) factores principales frecuencia y consecuencia. Para estar más claro de su clasificación de acuerdo a su jerarquización se mostró el siguiente ejemplo:

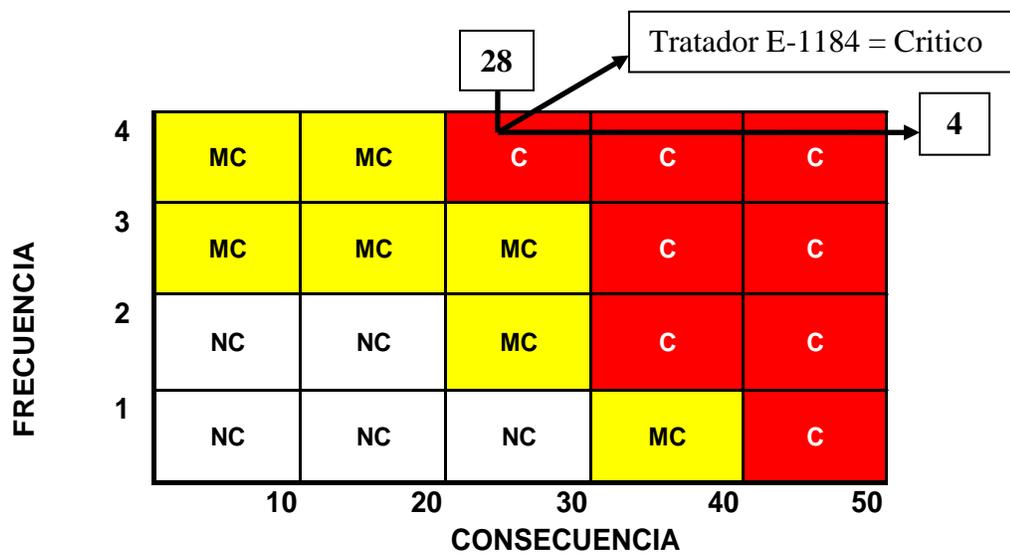


Figura 3.1 Determinación de Criticidad  
Fuente: El autor

#### 3.5.4 Determinación de los Modos y Efectos de fallas (A.M.E.F)

En esta etapa se analizarán las distintas fallas funcionales que pueden presentar los equipos que resulten con alta criticidad en el análisis de la etapa anterior. Este análisis de fallas se llevará a cabo con el uso de la herramienta de confiabilidad AMEF, la cual es un formato que permite determinar los modos de fallas, las posibles

causas raíces de las fallas, los efectos de estas fallas y las consecuencias de las mismas sobre el sistema y el proceso productivo de la empresa. El análisis de los modos y efectos de fallas será validado por el equipo natural de trabajo de la empresa, en reuniones programadas en la misma empresa.

### **3.5.5 Establecimiento de las Actividades de Mantenimiento Mediante el Árbol Lógico de Decisiones (ALD)**

Una vez completado el formato AMEF se procedió en esta etapa en la selección del tipo de actividad o tarea de mantenimiento a aplicar para cada modo de falla de los distintos equipos críticos a estudiar. Para desarrollar esta etapa se utilizó el flujograma de preguntas del diagrama de decisión o árbol lógico de decisiones (ALD) de la norma SAE JA 1012 (1999). Los tipos de actividades a considerar son Monitoreo de Condición o Mantenimiento Predictivo, Mantenimiento Periódico, Detección de Fallas u otro. Para resolver las interrogantes que propone el flujograma, se realizaron entrevistas no estructuradas al personal de operaciones y mantenimiento operacional de la estación de descarga Guarío 1 GED-1 al igual que se contó con el apoyo del equipo natural de trabajo (ENT).

El AMEF ayudará a responder solo (cinco) 05 de las (siete) 07 preguntas que establece el MCC; por lo cual se realizarán un árbol lógico de decisión para responder las (dos) 02 preguntas faltantes como son: ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla? Y ¿Qué pasa si no se puede prevenir la falla? Después de realizarlo, se registrarán los datos en la Hoja de Decisión con el propósito de determinar las tareas de mantenimiento más adecuadas para los equipos críticos.

### **3.5.6 Elaboración de Planes de Mantenimiento**

En esta etapa abarco la elaboración de los planes de mantenimiento para los equipos que presentaron más riesgo de la estación de descarga. A partir del AMEF y el ALD, se procedió a asentar de manera ordenada las actividades o tareas de mantenimiento a aplicar a los equipos. En los mismos se documentó lo siguiente: descripción de los mantenimientos preventivos que se deben aplicar, la frecuencia de mantenimiento que requiere cada equipo seleccionado según la necesidad o el grado de importancia del preventivo, el tiempo promedio de duración de la actividad, el número de personal involucrado, la cantidad y descripción de repuestos que se necesitó y los procedimientos de trabajo de mantenimiento correspondiente.

### **3.5.7 Redacción del Trabajo de Grado**

En la realización de esta etapa se hizo la redacción y transcripción de toda la información, bajo la asesoría del tutor industrial y el académico. Utilizando las técnicas y reglamento utilizada por la Universidad de Oriente. Se estructuró siguiendo los lineamientos de la metodología de Metadatos.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1 Descripción el Contexto Operacional de los Equipos Estáticos de la Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1)**

Los equipos estáticos estudiados pertenecen a la estación de descarga Guarío 1 (GED-1) de PDVSA Producción Gas Anaco. En la ejecución de este objetivo se desarrollaron una serie de pasos importantes, de los cuales se destacan:

##### **4.1.1 Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1)**

La Estación de descarga Guarío 1 se encuentra ubicada aproximadamente a 6 Km al sur de la ciudad de Anaco y a 2,8 Km del distribuidor de Buena vista (troncal 16), accedendo por la carretera que conduce a la población de San Joaquín, en las coordenadas N: 09° 23' 13.67" W: 64° 28' 2.83" y ocupando una superficie aproximada de 17800 , perteneciendo al área de explotación AMA (Área Mayor Anaco) del Distrito de Producción Gas Anaco, el esquemático general de la Estación de descarga Guarío 1 se puede observar en el ANEXO A de este trabajo.

Asociado a esta producción viene una gran cantidad de contaminantes, entre ellos están: H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> , agua, arena, entre otros; siendo una de las principales funciones de la Estación de descarga el separar y mitigar estos componentes que acompañan a la producción.

En la figura 4.1 se puede apreciar una vista panorámica de la Estación de descarga Guarío 1 (GED-1)



**Figura 4.1 Estación de Descarga Guario 1**

**Fuente:** El autor

#### **4.1.2 Descripción del Proceso Estación de Descarga Guario 1 (GED-1)**

Dentro de la Estación de descarga Guario 1 existen diversos equipos pertenecientes a sistemas operacionales que tienen la responsabilidad de manejar el crudo proveniente de los pozos distribuidos en el campo. Actualmente a la Estación fluyen un total de 40 pozos (provenientes de los campos Guario y San Joaquín del Distrito Anaco AMA Oeste), pertenecientes al nivel de presión de 60 psi, debido a que en la Estación ya no operan a los niveles 250 y 450 psi.

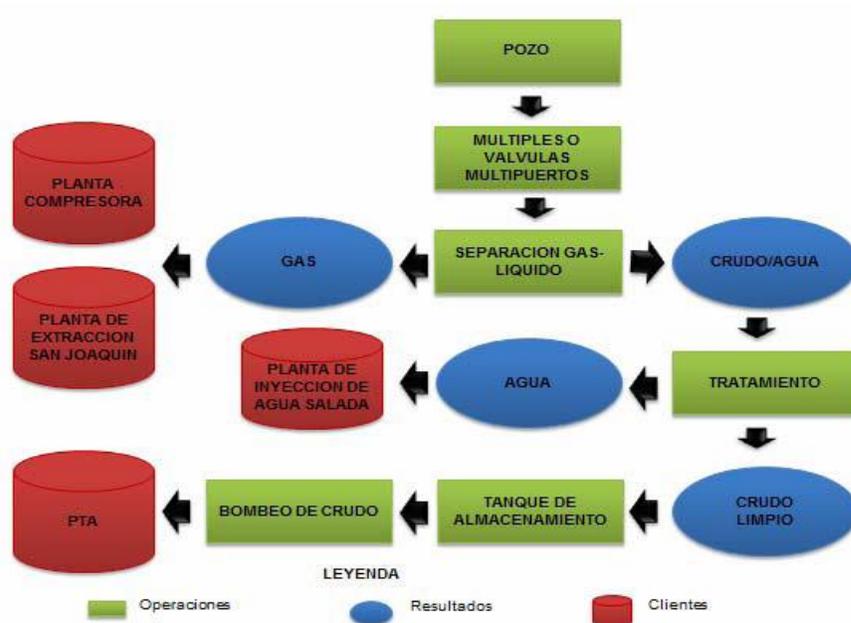
Los principios de funcionamiento y características de los equipos, permiten agruparlos dentro de la Estación de descarga en sistemas operacionales, que van desde que es recibido el crudo hasta que es despachado para su almacenamiento o comercialización. Los sistemas operacionales en la Estación de descarga son los siguientes:

Sistema de Recolección (válvulas multipuertos, múltiples y sistema de tuberías).

- Sistema de Separación (separadores y sistema de tuberías).
- Sistema de Tratamiento (tratadores y sistema de tuberías).

- Sistema de Almacenamiento de Crudo (tanques y sistemas de tuberías).
- Sistema de Almacenamiento de Agua Salada (tanques y sistemas de tuberías).
- Sistema de Gas Combustible (filtros y sistema de tuberías).
- Sistema de Alivio y venteo (sistema de tuberías).

La interconexión de estos sistemas operacionales dentro de la Estación, puede observarse en la figura 4.2 donde se muestran los procesos involucrados en la producción de una Estación de descarga.



**Figura 4.2 Diagrama de proceso de una estación de descarga típica.**  
Fuente: El autor

En el diagrama de la figura 4.2 se puede observar que todo el crudo proveniente de los pozos pasa a través de las líneas de flujo hasta los múltiples tradicionales o válvulas multipuertos de producción general del sistema de recolección, luego el flujo bifásico (líquido y gas) pasa a los separadores en donde estos equipos separan el crudo del gas asociado.

Luego de aislar el crudo se envía al sistema de tratamiento en donde ocurre la separación líquido – líquido, en el cual la presión de trabajo se encuentra entre 15 a 35 psi, teniendo una presión en las válvulas de seguridad de 40 psi y discos de ruptura de 60 psi, mientras que la temperatura ideal de entrada del crudo es de 90°F, esto después de haber tenido un precalentamiento en los intercambiadores de calor (internos y externos), la temperatura de salida del crudo debe oscilar en el intervalo de 110-190°F, este crudo limpio pasa a ser almacenado para posteriormente ser enviado mediante bombas a Patio de Tanque Anaco (PTA), para su comercialización.

#### **4.1.3 Equipos Existentes en la Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1)**

Los equipos del sistema estáticos son los siguientes: trece (13) separadores verticales, dos (2) horizontales para un total de quince (15) separadores los cuales manejan presión entre 60 psi y 250 psi, cinco (5) tanques de almacenamiento de crudo con una capacidad de almacenamiento de 1500 barriles

Además, cabe destacar que los equipos sometidos a estudio fueron asignados por la superintendencia de Mantenimiento Mayor, quince (15) separadores, cinco (05) tanques, sumando todos estos un total de 20 equipos en estudio. En dicho proyecto la empresa tomo en consideración la necesidad de contar con planes de mantenimiento eficientes, en vista de que actualmente la organización de mantenimiento no dispone de un plan de mantenimiento debidamente diseñando y sustentado en metodología alguna.

**Tabla 4.1 Equipos existentes en la Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1)**

ITEM	EQUIPOS	SERIAL O N° PDVSA
1	SEPARADORES	E-8726
2	SEPARADORES	M-62000-48 (Serial 44193)
3	SEPARADORES	E-1106
4	SEPARADORES	29712
5	SEPARADORES	V-2224102
6	SEPARADORES	SVO-276-20
7	SEPARADORES	5020
8	SEPARADORES	5557
9	SEPARADORES	SVO-276-26
10	SEPARADORES	E-785
11	SEPARADORES	E-784
12	SEPARADORES	E-839
13	SEPARADORES	V-12223103Serial: 39
14	SEPARADORES	V-1225101 Serial: 296
15	SEPARADORES	V-1225102 Serial: 291
16	TANQUE	E-5001
17	TANQUE	E-1508
18	TANQUE	E-1500
19	TANQUE	E-1509
20	TANQUE	S / I

**Fuente:** El autor

En los equipos existentes en la estación de descarga Guarío 1 (ged-1) podemos destacar el separador E-839 en la tabla 4.2, el resto de las fichas se pueden observar en el ANEXO B del trabajo

Tabla 4.2 Ficha del separador E-839

		FICHA TÉCNICA
	UBICACIÓN	Estación de Descarga Guario 1
	EQUIPO	Separador
	NOMBRE DEL FABRICANTE	Colartech de Venezuela
	TPO DE SEPARADOR	Vertical
	SERIAL	<b>E-839</b>
	FACTOR DE CORROSIÓN (I/N)	1/8"
	PRESIÓN DE DISEÑO(P <sub>SI</sub> )	250
	PRESIÓN DE PRUEBA HIBROSTÁTICA(P <sub>SI</sub> )	250
	MAXIMA PRESION DE OPERACIÓN PERMISIBLE (P <sub>SI</sub> )	60
	TEMPERATURA DE DISEÑO(°F)	100
	DIMENSIONES	2' x 10'
	OBSERVACIÓN	
<p>La pintura esta en buen estado, no posee aterramiento, el faldón tiene un dobléz en la parte inferior, posee base de concreto, tiene algunos pernos del anclaje doblados</p>	CAPACIDAD DE MANEJO DE LIQUIDOS( <b>BBLD</b> )	6.000
	CAPACIDAD DE MANEJO DE GAS( <b>L</b> )	60
	PESO TOTAL AL VACIO( <b>Kg</b> )	2900
	GRADOS ( <b>API</b> )	60
	TEMPERATURA DE OPERACIÓN( <b>F</b> )	600
	NIVEL( <b>PSI</b> )	250
	APLICACIÓN	Procesamiento de Petróleo/Gas
	RECEPCIÓN	Flujo Multifasico

Fuente: El autor

#### 4.1.4 Personal Asignado a la Estación de Descarga Guarío 1

El personal con que cuenta la instalación no solo tienen asignado a la estación en estudio si no todas las estaciones alrededor de la zona San Joaquín, Guarío, pertenecientes al distrito anaco AMA OESTE, en la presente tabla 4.3 se puede verificar el personal con que cuenta la estación en caso de fallas como: reparación de fuga, derrames de crudo o agua salada, saneamiento, cambio de válvulas, sellos y otros tipos de eventualidades que se generan, como pueden ser daños al medio ambiente y el resguardo de seguridad humana.

**Tabla 4.3 Lista del personal que labora en la Estación de Descarga Guarío 1**

<b>Número de personas</b>	<b>Cargo Operacional</b>	<b>Área</b>
1	Ingeniero en Mantenimiento	Mantenimiento
1	Supervisor Electricista	
1	Supervisor Mantenimiento de Pozos	
1	Instrumentista	
1	Ingeniero de operaciones	Producción
2	Operadores	
1	Supervisor Seguridad Industrial y Ambiente	Seguridad

**Fuente:** El autor

#### 4.2 Jerarquización de los Equipos Estáticos de la Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1) a Través de la Norma PDVSA MM-02-01-01

Se seleccionaron las ponderaciones por el Equipo Natural de Trabajo, utilizando técnicas como lluvia de ideas y otras técnicas de grupos que nos conllevaron a soluciones factibles con respecto a la recopilación de datos sobre el análisis de criticidad y el desarrollo del A.M.E.F. Las reuniones del E.N.T se realizaron en cinco (5) oportunidades como lo indican las minutas del anexo C, que contienen los nombres, las firmas de los participantes y un resumen al finalizar las

reuniones. Las ponderaciones realizadas para determinar la criticidad de estos equipos se hizo de manera cuidadosa mediante la técnica ya mencionada con la finalidad de que otras personas no parcialicen la información. En otras palabras se registraron todas las ponderaciones en los formatos correspondientes para la determinación de criticidad mediante el E.N.T, ya que las personas conocen el contexto de operación de los activos por su experiencia de trabajo. Con la realización de este trabajo de grado los participantes del E.N.T buscan una solución factible que ayude a optimizar las fallas de estos equipos. En las tablas siguiente se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de criticidad ver tabla 4.4, el resto de las tablas pueden ser visualizadas en el anexo D y en la tablas 4.5 se especifican los formatos del índice de criticidad.

**Tabla 4.4 Formato de evaluación de criticidad.**

 <b>GERENCIA DE MANTENIMIENTO</b> <b>SUPT. DE ING. DE MANTENIMIENTO</b> <b>CONFIABILIDAD OPERACIONAL</b> Encuesta de Evaluación de Criticidad						
<b>AREA: AMA OESTE</b> <b>ESTACIÓN DE DESCARGA GUARIO 1</b>				<b>PROPOSITO:</b> Jerarquizar los equipos estáticos de al estación de descarga Guario1 con la finalidad de proponer un plan de mantenimiento para los equipos más críticos mediante el uso del método MCC.		
<b>SISTEMA</b>	<b>SUB-SISTEMA</b>	<b>Frecuencia de falla</b>	<b>Impacto Operacional</b>	<b>Flexibilidad</b>	<b>Impacto SHA</b>	<b>Costo de Mantenimiento</b>
(EDG-1)	SEPARADOR E-8726	4	5	4	6	2
(EDG-1)	SEPARADOR M-62000-48 (Serial 44193)	3	5	2	2	2
(EDG-1)	SEPARADOR E-1106	2	5	2	2	1
(EDG-1)	SEPARADOR 29712	4	5	4	4	2
(EDG-1)	SEPARADOR V-2224102	3	5	4	4	2
(EDG-1)	SEPARADOR SVO-276-20	2	5	2	6	2
(EDG-1)	SEPARADOR 5020	3	5	4	6	2
(EDG-1)	SEPARADOR 5557	4	5	2	4	1

**Fuente:** El autor

**Continuación de la tabla 4.4**

 <b>PDVSA</b> GERENCIA DE MANTENIMIENTO SUPT. DE ING. DE MANTENIMIENTO CONFIABILIDAD OPERACIONAL Encuesta de Evaluación de Criticidad						
AREA: AMA OESTE			PROPOSITO:			
ESTACIÓN DE DESCARGA GUARIO 1			Jerarquizar los equipos estáticos de al estación de descarga Guario1 con la finalidad de proponer un plan de mantenimiento para los equipos más críticos mediante el uso del método MCC.			
SISTEMA	SUB-SISTEMA	Frecuencia de falla	Impacto Operacional	Flexibilidad	Impacto SHA	Costo de Mantenimiento
(EDG-1)	SEPARADOR SVO-276-26	2	5	4	6	2
(EDG-1)	SEPARADOR E-785	3	5	4	6	2
(EDG-1)	SEPARADOR E-784	4	5	2	4	2
(EDG-1)	SEPARADOR V-12223103	3	5	4	4	2
(EDG-1)	SEPARADOR V-1225101	2	5	2	6	2
(EDG-1)	SEPARADOR V-1225102	4	5	4	6	1
(EDG-1)	TANQUE 5001	4	5	4	4	2
(EDG-1)	TANQUE E-1500	3	5	4	4	2
(EDG-1)	TANQUE E-1508	2	1	2	2	1
(EDG-1)	TANQUE E-1509	2	5	2	4	1
(EDG-1)	TANQUE E-S/I	2	1	2	2	1

**Fuente:** El autor

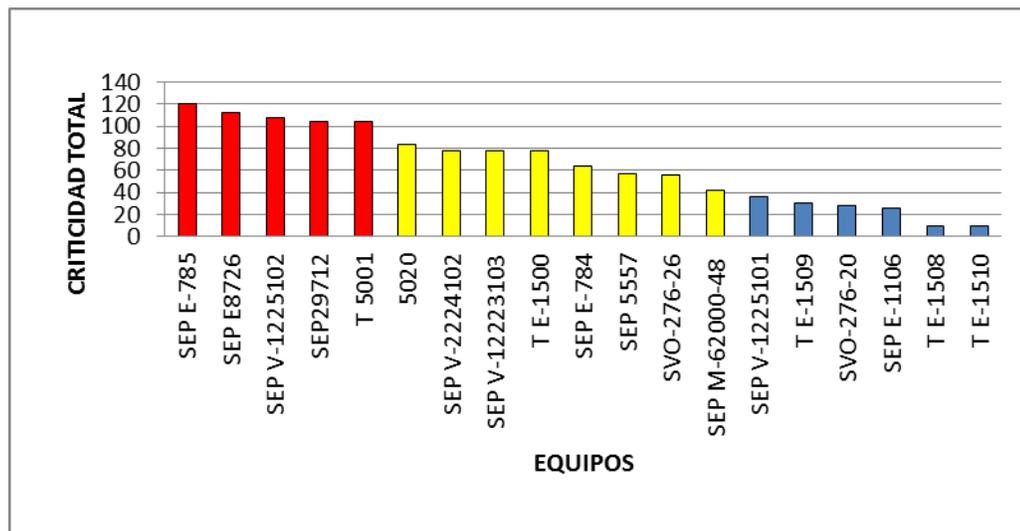
Tabla 4.5 Formato de la lista de índice de criticidad

 <b>GERENCIA DE MANTENIMIENTO SUPT. DE ING. DE MANTENIMIENTO CONFIABILIDAD OPERACIONAL ANALISIS DE CRITICIDAD EN ACTIVOS INDICE DE CRITICIDAD</b>								
SUB-SISTEMA	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTO DE MTO	IMPACTO SHA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL	JERARQUIZACIÓN
SEP E-785	3	8	4	6	2	40	120	CRITICO
SEP E8726	4	5	4	6	2	28	112	CRITICO
SEP V-1225102	4	5	4	6	1	27	108	CRITICO
SEP29712	4	5	4	4	2	26	104	CRITICO
T 5001	4	5	4	4	2	26	104	CRITICO
5020	3	5	4	6	2	28	84	SEMI- CRITICO
SEP V-2224102	3	5	4	4	2	26	78	SEMI- CRITICO
SEP V12223103	3	5	4	4	2	26	78	SEMI- CRITICO
T E-1500	3	5	4	4	2	26	78	SEMI- CRITICO
SEP E-784	4	5	2	4	2	16	64	SEMI- CRITICO
SEP 5557	3	3	4	6	1	19	57	SEMI- CRITICO
SVO-276-26	2	5	4	6	2	28	56	SEMI- CRITICO
SEP M62000-48	3	5	2	2	2	14	42	SEMI- CRITICO
SEP V-1225101	2	5	2	6	2	18	36	NO- CRITICO
T E-1509	2	5	2	4	1	15	30	NO- CRITICO
SVO-276-20	2	3	2	6	2	14	28	NO- CRITICO
SEP E-1106	2	5	2	2	1	13	26	NO- CRITICO
T E-1508	2	1	2	2	1	5	10	NO- CRITICO
T E-1510	2	1	2	2	1	5	10	NO- CRITICO

Fuente: El autor

Una vez que se obtuvieron los resultados de las tablas, se clasificaron los equipos de acuerdo a su criticidad.

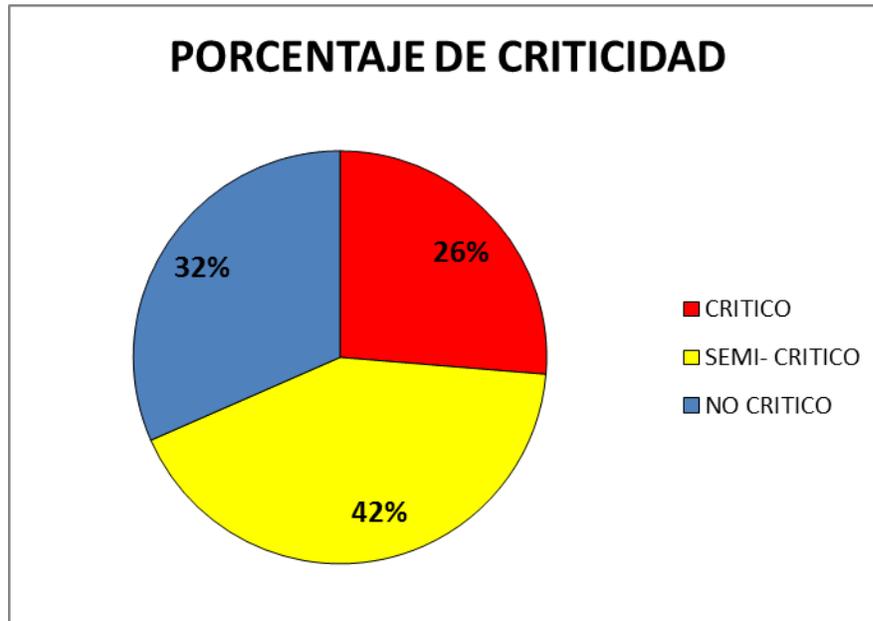
En la figura 4.3 y 4,4 mostrada a continuación se especifican los equipos críticos y semi-críticos y no críticos con su color de jerarquización y porcentaje de criticidad en la estación de descarga respectivamente, a esto activos se le aplico el A.M.E.F para detectar sus fallos potenciales de manera de corregirlos y evitar mediante la acción de un plan de mantenimiento.



**Figura 4.3 Equipos Críticos, Semi-Críticos y No Críticos.**

Fuente: El autor

A continuación se mostrara el porcentaje de criticidad en la figura 4.4 de los equipos estáticos pertenecientes a la estación de descarga.



**Figura 4.4 Porcentaje de criticidad**  
Fuente: El autor

### **4.3 Determinación de los Modos y Efectos de Falla (A.M.E.F) en los Equipos con Alta Criticidad de la Estación de Descarga Guarío 1 (GED-1).**

#### **4.3.1 Análisis de Falla a los Equipos con Alta Criticidad**

Una vez conocido en el objetivo anterior los equipos críticos se procedieron a realización del A.M.E.F. Este análisis se utilizó para determinar las causas de fallas funcionales y fallas secundarias que pudieran ocurrir en los equipos críticos con la finalidad de prevenir el fallo y de esta manera sigan desempeñando su función para la cual fueron diseñados. Debido a la similitud de los equipos estudiados, el análisis realizado servirá de guía tanto para los activos semi-criticos como para los activos críticos.

En esta sección es donde realmente se aplicó la filosofía de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (M.C.C), procediendo a identificar las necesidades reales

de mantenimiento, llevando la secuencia de preguntas del M.C.C mostrada en el capítulo II.

En las tablas 4.6 a la 4.9 se mostraran a continuación el análisis de modo y efecto de falla, donde se estudiaron las fallas funcionales secundarias para cada activo que resulto crítico y en el anexo b se reflejan las distintas fallas que se pudieron ver en los equipos.

Tabla 4.6 Análisis de modo y efecto de falla

 <b>Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.</b>				<b>ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA. AMEF</b>	
<b>SISTEMA: Estación de Descarga</b>		<b>Realizado por:</b> Rodríguez Aníbal	<b>Revisado por:</b> Ing. Dimas Sequera	<b>Aprobado por:</b> Equipo Natural de Trabajo	Hoja de Información del AMEF.
<b>SUBSISTEMA: Separador</b>					
<b>Función</b>		<b>Falla Funcional</b>	<b>Modo de Fallo</b>	<b>Efecto del Fallo</b>	
<b>1</b>	Separar los Hidrocarburos en sus dos componentes (Crudo/Gas)	<b>A</b> No disgrega la Mezcla en sus dos componentes (Crudo/Gas )	<b>1</b> Ruptura del deflector	Impide la agitación del hidrocarburo lo que a su vez no permite el cambio abrupto de la dirección del flujo traduciéndose en la no separación primaria de las fases Gas-liquido. Esto trae como consecuencia la disminución del flujo de gas hacia la planta compresora (baja en la producción de gas), altos contenidos de agua y sedimentos en el crudo aunado a esto produce la parada del equipo y del proceso de tratamiento de crudo.	
			<b>2</b> Ruptura o desgaste del extractor de la niebla	Al haber una rotura o desgaste del extractor de niebla no se produce eficientemente la separación vapor-liquido presente en la fase gaseosa. Tal efecto ocasiona arrastre considerable de líquido en el gas provocando la parada de la estación por alto contenido de líquido.	
			<b>3</b> Obstrucción del drenaje de agua y Sedimento	La acumulación de sedimento en la boquilla de drenaje de desecho de líquidos como el agua y otros contaminantes disminuyen el flujo de salida de los mismos originando un incremento en el nivel de agua máximo permitirle por el flotador sobrepasado la boquilla de salida del crudo generando nuevamente la mezcla crudo/agua provocando la parada parcial del equipo y a su vez una caída del volumen.	

Fuente: El autor

Continuación Tabla 4.6

 <b>Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.</b>				<b>ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA.</b>  <b>AMEF</b>			
<b>SISTEMA: Estación de Descarga</b>		<b>Realizado por:</b> Rodríguez Aníbal	<b>Revisado por:</b> Ing. Dimas Sequera	<b>Aprobado por:</b> Equipo Natural de Trabajo	Hoja de Información del AMEF.		
<b>SUBSISTEMA: Separador</b>							
<b>Función</b>		<b>Falla Secundarias</b>		<b>Modo de Fallo</b>		<b>Efecto del Fallo</b>	
<b>1</b>	Separar los Hidrocarburos en sus dos componentes (Crudo/Gas )	<b>A</b>	No disgrega la Mezcla en sus tres (2) componentes (Crudo/Gas )	<b>4</b>	Ruptura o degaste de las paredes de las carcasa	Se produce fuga del hidrocarburo por no poder contenerse en el recipiente ocasionando exposición del mismo al medio ambiente afectado la seguridad del personal y la instalación, por ende se rompe la cadena de separación de la mezcla en sus componentes Crudo/Gas y sedimento. Se produce la parada inmediata de la estación como medida de seguridad concurrido en demoras en la entrega de producción.	
				<b>5</b>	Vibración excesiva en el separador		

Fuente: El autor

Tabla 4.7 Análisis de Modos y Efectos de Fallas Funcionales a Separadores.

				Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.		<b>ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA.</b>  <b>AMEF</b>	
<b>SISTEMA: Separador</b>  <b>SUBSISTEMA: Componentes (Control de Presión)</b>		<b>Realizado por:</b> Rodriguez Anibal	<b>Revisado por:</b> Ing. Sequera Dimas	<b>Aprobado por:</b> Equipo Natural de Trabajo	Hoja de Información del AMEF.		
<b>Función</b>		<b>Falla Secundarias</b>		<b>Modo de Fallo</b>		<b>Efecto del Fallo</b>	
1	Disco de ruptura: liberar la presión excedente en el recipiente (20% por encima de la presión nominal)	<b>A</b> No liberar la presión del recipiente si excede a un 20% de su presión de trabajo.	<b>1</b> Selección inadecuada del disco ruptura (Sobredimensionado)	Riesgo de contaminación y colapso del equipo generando explosión e incendio si que el operador pueda detectar la sobre presión del activo, causando pérdidas humanas y parada total de la estación (afecta la producción y la economía)			
2							
	Manómetro: instrumento de medición de presión del fluido que maneja.	<b>B</b> Incapacidad de medir presión del fluido dentro del recipiente.	<b>1</b> Descalibración del dispositivo	No registra adecuadamente los valores de presión, esto es debido al desajuste del instrumento			
			<b>2</b> Avería del instrumento	Imposibilidad de medir a presión del fluido que maneja el equipo, generando incertidumbre en los parámetros operacionales.			

Fuente: El autor

Continuación Tabla 4.7

		Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.			<b>ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA.</b>  <b>AMEF</b>
<b>SISTEMA: Separador</b> <b>SUBSISTEMA: Componentes (Control de Presión)</b>		<b>Realizado por:</b> Rodriguez Anibal	<b>Revisado por:</b> Ing. Sequera Dimas	<b>Aprobado por:</b> Equipo Natural de Trabajo	Hoja de Información del AMEF.
<b>Función</b>		<b>Falla Secundarias</b>		<b>Modo de Fallo</b>	<b>Efecto del Fallo</b>
1	Disco de ruptura: liberar la presión excedente en el recipiente (20% por encima de la presión nominal)	A	No liberar la presión del recipiente si excede a un 20% de su presión de trabajo.	1 Selección inadecuada del disco ruptura (Sobredimensionado)	Riesgo de contaminación y colapso del equipo generando explosión e incendio sin que el operador pueda detectar la sobre presión del activo, causando pérdidas humanas y parada total de la estación (afecta la producción y la economía)
2	Manómetro: instrumento de medición de presión del fluido que maneja	B	Incapacidad de medir presión del fluido dentro del recipiente.	1 Des calibración del dispositivo.	No registra adecuadamente los valores de presión, esto es debido al desajuste del instrumento.
				2 Avería del instrumento.	Imposibilidad de medir a presión del fluido que maneja el equipo, generando incertidumbre en los parámetros operacionales.

Fuente: El autor

Continuación Tabla 4.7

		Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.			<b>ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA.</b>  <b>AMEF</b>	
<b>SISTEMA: Separador</b>  <b>SUBSISTEMA: Componentes(Control de Temperatura)</b>		<b>Realizado por:</b> Rodriguez Anibal	<b>Revisado por:</b> Ing. Sequera Dimas	<b>Aprobado por:</b> Equipo Natural de Trabajo	Hoja de Información del AMEF.	
<b>Función</b>		<b>Falla Secundarias</b>	<b>Modo de Fallo</b>	<b>Efecto del Fallo</b>		
1	Termocupla: instrumento para registrar temperatura el fluido manejado.	A	.Incapacidad para medir la temperatura del fluido en el recipiente.	1	Descalibracion de instrumento	No registra adecuadamente los valores reales de temperatura ya que presenta desajuste por falta de calibración.
				2	Avería o deterioro	Imposibilidad de medir la temperatura de fluido que maneja el equipo, generando incertidumbre en los parámetros operacionales.

Fuente: El autor

Continuación Tabla 4.7

				Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.		<b>ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA.</b>  <b>AMEF</b>	
<b>SISTEMA: Separador</b>		<b>Realizado por:</b> Rodriguez Anibal	<b>Revisado por:</b> Ing. Sequera Dimas	<b>Aprobado por:</b> Equipo Natural de Trabajo	Hoja de Información del AMEF.		
<b>SUBSISTEMA: Componentes (Control de nivel)</b>							
<b>Función</b>		<b>Falla Secundarias</b>		<b>Modo de Fallo</b>		<b>Efecto del Fallo</b>	
1	Cristal de visor: instrumento muy importante para mantener la producción continua, pues su funcionamiento adecuado permite controlar y medir el nivel del liquido, o en el caso más simple evitar que se derrame el crudo.	A	Incapacidad para controlar el volumen del liquido.	1	Lectura Física de nivel de crudo inadecuada, cristal de visor con opacidad (acumulación de suciedad)	No registra adecuadamente los valores reales para la lectura del nivel de crudo.	

Fuente: El autor

Continuación de la tabla 4.7

		Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.			<b>ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA.</b>  <b>AMEF</b>
<b>SISTEMA: Separador</b> <b>SUBSISTEMA: Componentes(Seguridad)</b>		<b>Realizado por:</b> Rodriguez Anibal	<b>Revisado por:</b> Ing. Sequera Dimas	<b>Aprobado por:</b> Conformación del Equipo Natural de Trabajo	Hoja de Información del AMEF.
<b>Función</b>		<b>Falla Secundarias</b>	<b>Modo de Fallo</b>	<b>Efecto del Fallo</b>	
1	Válvula de seguridad: instrumento capaz de detener la actividad del separador en caso de presentarse alguna irregularidad, para mantener la seguridad de la operación.	<b>A</b> Falta de calibración y/o ajuste en válvulas de seguridad	<b>1</b> Cuando surgen elevaciones de temperatura, nivel o presión de crudo, gas.	Riesgo de contaminación y colapso del equipo generando explosión e incendio si que el operador detectar la sobre presión dl activo, causando perdida humanas y parada total de la estación.	

Fuente: El autor

**Tabla 4.8 Análisis de Modos y Efectos de Fallas Funcionales a tanques de Almacenamiento de Crudo.**

 <b>Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.</b>				<b>ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA. AMEF</b>			
<b>SISTEMA: Estación de Descarga</b>		<b>Realizado por:</b> Rodriguez Anibal	<b>Revisado por:</b> Ing. Dimas Sequera	<b>Aprobado por:</b> Equipo Natural de Trabajo	Hoja de Información del AMEF.		
<b>SUBSISTEMA: Tanque Empernado</b>							
<b>Función</b>		<b>Falla Funcional</b>		<b>Modo de Fallo</b>		<b>Efecto del Fallo</b>	
<b>1</b>	Almacenar el crudo de acuerdo a la norma API 650(Presión interna de 15 psi y una temperatura máxima de 90 °C)	<b>A</b>	Incapacidad de almacenar el crudo de acuerdo a la norma API 650	<b>1</b>	Ruptura en anillos del tanque	Exposición de crudo al ambiente (derrame) contaminando el suelo y imposibilidad de contener el fluido en un nivel máximo del almacenamiento, razón por la cual se ve afectada la producción ya que disminuirá la cuota diaria de bombeo.	
				<b>2</b>	Ruptura en líneas de entrada y salida del tanque	Exposición de crudo al ambiente(derrame) contaminado el suelo e imposibilidad de contener el fluido en su nivel máximo de almacenamiento, razón por la cual se ve afectada la producción ya que disminuirá la cuota diaria de bombeo hacia los patios de tanque PTA.	
				<b>3</b>	Desgaste de empacadura en tapa de inspección.	Filtración del crudo en poca o gran proporción alterando la función principal del tanque la cual es contener el fluido que se deposita en el sin presentar derrames o filtraciones. Igualmente ocasiona un daño ambiental por exposición de crudo ambiental.	
				<b>4</b>	Desajuste de pernos en la tapa de inspección	Desprendimiento de la tapa de inspección ubicada en la parte inferior de los anillos del tanque producto de grandes niveles de presión que ejercen el flujo sobre esta. Esto trae como consecuencia de un derramamiento total del fluido (crudo) contenido, paralizando parcial el bombeo y las operaciones de la estación.	

**Fuente:** El autor

Continuación tabla 4.8

		Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.			<b>ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA.</b>  <b>AMEF</b>
<b>SISTEMA: Estación de Descarga</b> <b>SUBSISTEMA: Tanque Empernado</b>		<b>Realizado por:</b> Rodriguez Anibal	<b>Revisado por:</b> Ing. Dimas Sequera	<b>Aprobado por:</b> Equipo Natural de Trabajo	Hoja de Información del AMEF.
<b>Función</b>		<b>Falla Funcional</b>	<b>Modo de Fallo</b>	<b>Efecto del Fallo</b>	
<b>1</b>	Almacenar el crudo de acuerdo a la norma API 650(Presion interna de 15 psi y a la temperatura máxima de 90 °C)	<b>A</b> Incapacidad de almacenar el crudo de acuerdo a la norma API 650	<b>5</b> Desajuste de pernos y corrosión severa	Desprendimiento de las planchas que componen el tanque por el incremento considerable de presión ejercida por el fluido apernada lo que puede originar un derramamiento inevitable de crudo paralizando parcialmente el bombeo del mismo y las operaciones.	
			<b>6</b> Desgaste de las vigas de soporte de las planchas	Produce la deformación parcial del tanque ya que se encarga de trasladar cargas hasta los apoyos de extremos para evitar sobre carga, generando el derrame contaminando todo a su alrededor y de esta manera paraliza las operaciones de la estación.	
			<b>7</b> Ruptura o corrosión de la cupula	Produce el desprendimiento de las planchas del techo ya que se encarga del soporte de las planchas, originando un daño al tanque y exponiendo el fluido al medio ambiente contaminando todo a su paso.	
			<b>8</b> Ruptura o corrosión de las planchas central	Produce el desprendimiento de las planchas del fondo (base del tanque) ya que se encarga del acople de las misma, originando la deformación parcial del tanque y de esta manera exponiendo al fluido al medio ambiente contaminando todo a su paso.	

Fuente: El autor

Tabla 4.9 Análisis de Modo y Efecto Falla Secundarias de los tanques de Almacenamiento de crudo.

 <b>Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.</b>				<b>ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA.</b>  <b>AMEF</b>			
<b>SISTEMA: Tanque Empernado</b> <b>SUBSISTEMA: Componentes</b>		<b>Realizado por:</b> Rodriguez Anibal	<b>Revisado por:</b> Ing. Dimas Sequera	<b>Aprobado por:</b> Equipo Natural de Trabajo	Hoja de Información del AMEF.		
<b>Función</b>		<b>Falla Secundarias</b>		<b>Modo de Fallo</b>		<b>Efecto del Fallo</b>	
<b>1</b>	Linea de drenaje: drenar el agua y sedimento que se acumula en el fondo del tanque	<b>A</b>	No drenar el agua y sedimento que se acumula en el fondo del tanque	<b>1</b>	Obstrucción de la línea o tubería de drenaje.	Ocasiona el estancamiento del crudo en la parte inferior del tanque lo que impide el bombeo del crudo debido a que esta amerita ser drenada porque de lo contrario esta puede mezclarse nuevamente con el crudo y no entrando dentro de las especificaciones requeridas para su comercialización.	
<b>2</b>	Escalera: Permite el aforo e inspección del tanque.	<b>B</b>	Imposibilita el aforo y la inspección del tanque.	<b>1</b>	Desprendimiento de base de escalera de protección.	No permite el aforo o inspección en la parte superior del tanque por no estar en las condiciones mínimas de seguridad que son necesaria para evitar salida que puedan causar la manera o daño severo.	
<b>3</b>	Pintura: mantener la superficie externa del tanque libre de corrosión o suciedad	<b>C</b>	Dificultad para mantener la superficie externa del tanque libre de corrosión o suciedad.	<b>1</b>	Deterioro de las paredes del tanque.	Produce corrosión y desgaste de las paredes del tanque debilitando mecánicamente la estructura de tanque.	

Fuente: El autor

## Continuación 4.9

		Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.				<b>ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA.</b> <b>AMEF</b>
<b>SISTEMA: Tanque Empernado</b>		<b>Realizado por:</b> Rodriguez Anibal		<b>Revisado por:</b> Ing. Dimas Sequera		<b>Aprobado por:</b> Equipo Natural de Trabajo
<b>SUBSISTEMA: Componentes</b>						Hoja de Información del AMEF.
<b>Función</b>		<b>Falla Secundarias</b>		<b>Modo de Fallo</b>		<b>Efecto del Fallo</b>
4	Sistema de aterramiento: inhibir al equipo de las tormentas eléctricas (rayos)	<b>D</b>	Inoperatividad del sistema de protección del equipo por aterramiento	<b>1</b>	Obstrucción de la línea o tubería de drenaje.	Puede generar explosión del tanque productos de los factores climáticos como el caso de tormentas eléctricas (rayos), ocasionando pérdidas humanas, instalaciones y económicas. Parada de la producción.
<b>5</b>	Muro de contención: Permite conterner el crudo almacenado en el tanque en caso de que el mismo sufra un derrame.	<b>E</b>	Inoperatividad del sistema de protección del equipo por aterramiento	<b>1</b>	Socavamiento o erosión del muro de contención	Puede ocasionar graves daños ambientales ya que, en caso de ocurrir un derrame considerable de crudo, e mismo se puede desplazar con gran facilidad hacia otra aéreas de estación.
<b>6</b>	Base de concreto: permite el soporte del tanque evitando hundimiento y corrosión en el fondo.	<b>F</b>	No poseer base de concreto o hormigo en el alrededor del tanque.	<b>1</b>	Hundimiento del terreno y corrosión de la base del tanque.	El hundimiento del terreno provoca que el tanque sufra deformación o ruptura en sus partes, generando que el crudo contenido sea expuesto al medio ambiente trayendo contaminación y si no tiene una base que lo soporte, puede sufrir corrosión en toda la superficie circular.

Fuente: El autor



satisfactoria. El estudio consistió en la aplicación de las preguntas a cada modo de falla, siguiendo de forma lógica el flujograma del árbol lógico de decisión hasta tener una respuesta determinante, es decir tener una acción a implementar, para luego asentar los resultados de cada modo de falla en la hoja de decisión.

Hay que tener presente que para la aplicación del Árbol Lógico de Decisión se deben conocer las definiciones de las consecuencias de las fallas descritas en el capítulo II, como son:

- Consecuencia de fallas oculta.
- Consecuencia para la seguridad y el ambiente.
- Consecuencias operacionales.
- Consecuencias no operacionales.

Igualmente la asignación de tareas definidas en el capítulo II, la cual son las siguientes:

- Tareas “A condición”.
- Tareas de Reacondicionamiento Cíclico.
- Tareas de Sustitución Cíclicas.
- Tareas a “Falta de”.
- Búsqueda de Fallas.
- Ningún Mantenimiento Preventivo.
- El Rediseño.

En las tablas mostradas a continuación se presentan los resultados de la Hoja de Decisión de los equipos que resultaron críticos estudiados en la sección anterior.

**Tabla 4.10 Hoja de Decisión del ALD Separador.**

 <p>Gerencia de Mantenimiento Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estáticos <b>HOJA DE DECISIÓN DEL ALD</b></p>					<b>Sistema:</b> Estación de Descarga Guarío 1				<b>Equipo:</b> Separador							
					<b>Realizado por:</b> Aníbal Rodríguez				<b>Revisado por:</b> Equipo Natural de Trabajo				<b>Aprobado por:</b> Dimas Sequera			
					<b>Referencia de Hoja de AMEF:</b> Hoja 1. <div style="text-align: right;"><b>Hoja 1/20</b></div>											
Referencia de Falla			Tipo de Falla		Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	Disciplina Ejecutora	
																F
1	A	1	S		N	N	S	N	S					<b>Tarea Basada en Condición:</b> Realizar inspección mediante la verificación de ensayo no destructivo para conocer las condiciones del deflector.	Anual.	Mantenimiento Operacional
1	A	2	S		N	N	S	N	S					<b>Tarea Basada en Condición:</b> Realizar limpieza interna y reemplazo de componentes internos	8 Meses.	Mantenimiento Mayor

**Fuente:** El autor

Tabla 4.11 Hoja de Decisión del ALD

 <p>Gerencia de Mantenimiento Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estáticos HOJA DE DECISIÓN DEL ALD</p>					<b>Sistema:</b> Estación de Descarga Guarío 1				<b>Equipo:</b> Separador						
					<b>Realizado por:</b> Aníbal Rodríguez				<b>Revisado por:</b> Equipo Natural de Trabajo				<b>Aprobado por:</b> Dimas Sequera		
					Referencia de Hoja de AMEF: Hoja 1. Hoja 2/20										
Referencia de Falla			Tipo de Falla		Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	Disciplina Ejecutora
			ABCD	AEFG					BC	BT	DF	OT			
F	FF	MF	S		S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
1	A	3	S		N	N	S	N	S				<b>Tarea Basada en Condición:</b> Realizar ensayo no destructivo para conocer la condición del extractor de niebla.	Anual.	Mantenimiento Operacional
1	A	4	S		S	S	S	N	S				<b>Tarea Basada en Condición:</b> Realizar prueba de ultrasonido para conocer el espesor de la pruebas o debilidades de la carcasa.	Anual.	Mantenimiento Mayor
1	A	5	S		N	N	S	N	S				<b>Tarea Basada en Condición:</b> Reacondicionar el faldón (base del equipo) y ajustar pernos.	6 Meses.	Mantenimiento Operacional

Fuente: El autor

Tabla 4.12. Hoja de Decisión del ALD Separador. Componentes de Presión.

 <p>Gerencia de Mantenimiento Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estáticos HOJA DE DECISIÓN DEL ALD</p>					<b>Sistema:</b> Estación de Descarga Guarío 1				<b>Equipo:</b> Separador						
					<b>Realizado por:</b> Aníbal Rodríguez				<b>Revisado por:</b> Equipo Natural de Trabajo			<b>Aprobado por:</b> Dimas Sequera			
					<b>Referencia de Hoja de AMEF:</b> Hoja 1.										
Referencia de Falla			Tipo de Falla		Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	Disciplina Ejecutora
1	A	1		S	S	S	S	N				S	<b>Detección de Falla (búsqueda de falla):</b> Cada vez que se intervenga el equipo chequear el disco de ruptura si esta por el 20% por debajo de su presión de trabajo.	Indefinida.	Mantenimiento Mayor.
2	B	1	S		N	N	S	N	S				<b>Tarea Basada en Condición:</b> Realizar calibración de los manómetros.	3 Meses.	Mantenimiento Operacional
2	B	2	S		N	N	N	S				S	<b>Tarea Basada en Condición (sustitución cíclica):</b> Reemplazar Manómetro.	Annual.	Mantenimiento Operacional

Fuente: El autor

**Tabla 4.13 Hoja de Decisión del ALD Separador Componente de Temperatura.**

 <p>Gerencia de Mantenimiento Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estáticos <b>HOJA DE DECISIÓN DEL ALD</b></p>					<b>Sistema:</b> Estación de Descarga Guarío 1		<b>Equipo:</b> Separador								
					<b>Realizado por:</b> Aníbal Rodríguez		<b>Revisado por:</b> Equipo Natural de Trabajo		<b>Aprobado por:</b> Dimas Sequera						
					<b>Referencia de Hoja de AMEF:</b> Hoja 1.										
Referencia de Falla			Tipo de Falla		Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	Disciplina Ejecutora
			ABCD	AEEG					BC	BT	DF	OT			
F	FF	MF	S	A	O	NO	S								
1	A	1	S		N	N	N	N	S				<b>Tarea Basada en Condicion (reacondicionamiento cíclico):</b> Realizar calibración de Termocupla.	1 Año.	Mantenimiento Operacional
1	A	2	S		N	N	S	N		S			<b>Tarea Basada en Condición (sustitución cíclica):</b> Reemplazar Termocupla.	2 Años.	Mantenimiento Mayor

**Fuente:** El autor

**Tabla 4.14 Hoja de Decisión del ALD Tanques Almacenamiento de Crudo.**

 <p>Gerencia de Mantenimiento Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estáticos <b>HOJA DE DECISIÓN DEL ALD</b></p>			<b>Sistema:</b> Estación de Descarga Guario 1				<b>Equipo:</b> Tanque Empernado								
			<b>Realizado por:</b> Aníbal Rodríguez				<b>Revisado por:</b> Equipo Natural de Trabajo				<b>Aprobado por:</b> Dimas Sequera				
			<b>Referencia de Hoja de AMEF:</b> Hoja 1.												
Referencia de Falla			Tipo de Falla		Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	Disciplina Ejecutora
			ABCD	AEFG											
F	FF	MF													
1	A	1	S		N	S	S	N		S			<b>Tarea Basada en Tiempo (reacondicionamiento):</b> Colocar parcho en donde presente la fisura o ruptura.	Indefinido	Mantenimiento Mayor.
1	A	2	S		N	S	S	N		S			<b>Tarea Basada en Tiempo (reacondicionamiento):</b> Colocar parcho en donde presente la fisura o ruptura.	Anual.	Mantenimiento Operacional

**Fuente:** El autor

**Tabla 4.15 Hoja de Decisión del ALD Tanques Almacenamiento de Crudo.**

 <p>Gerencia de Mantenimiento Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estáticos <b>HOJA DE DECISIÓN DEL ALD</b></p>			<b>Sistema:</b> Estación de Descarga				<b>Equipo:</b>									
			Guarío 1				Separador									
			<b>Realizado por:</b> Aníbal Rodríguez				<b>Revisado por:</b> Equipo Natural de Trabajo				<b>Aprobado por:</b> Dimas Sequera					
<b>Referencia de Hoja de AMEF:</b> Hoja 1.																
Referencia de Falla			Tipo de Falla		Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	Disciplina Ejecutora	
			ABCD	AEFG												S
F	FF	MF														
1	A	3		S	N	S	N	N			S			<b>Tarea Basada en Tiempo (sustitución cíclica):</b> Reemplazar empacaduras cuando presente filtraciones.	Una vez.	Mantenimiento Operacional.
1	A	4	S		N	S	S	N	S					<b>Tarea Basada a condición:</b> Inspeccionar y ajustar pernos de la tapa de inspección del tanque.	6 meses.	Mantenimiento Operacional

**Fuente:** El autor

Tabla 4.16 Hoja de Decisión del ALD Tanques Almacenamiento de Crudo.

 <p>Gerencia de Mantenimiento Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estáticos HOJA DE DECISIÓN DEL ALD</p>					Sistema: Estación de Descarga Guarío 1				Equipo: Tanque Empernado						
					Realizado por: Aníbal Rodríguez				Revisado por: Equipo Natural de Trabajo				Aprobado por: Dimas Sequera		
					Referencia de Hoja de AMEF: Hoja 1.										
Referencia de Falla			Tipo de Falla		Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	Disciplina Ejecutora
			ABCD	AEEG					BC	BT	DF	OT			
F	FF	MF			S	A	O	NO							
1	A	5	S		N	S	S	N		S			<b>Tarea Basada en Tiempo (sustitución cíclica):</b> Ajustar pernos de uniones en láminas.	2Años.	Mantenimiento Operacional.
1	A	6	S		N	S	S	N	S				<b>Tarea Basada a condición:</b> Realizar ensayo no destructivo a las juntas de las planchas.	Anual.	Personal Contratado

Fuente: El autor

Tabla 4.17. Hoja de Decisión del ALD Tanques Almacenamiento de Crudo.

 <p>Gerencia de Mantenimiento Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estáticos HOJA DE DECISIÓN DEL ALD</p>										<b>Sistema:</b> Estación de Descarga Guarío 1			<b>Equipo:</b> Tanque Empernado.					
										<b>Realizado por:</b> Aníbal Rodríguez			<b>Revisado por:</b> Equipo Natural de Trabajo			<b>Aprobado por:</b> Dimas Sequera		
										<b>Referencia de Hoja de AMEF:</b> Hoja 1.								
Referencia de Falla			Tipo de Falla		Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	Disciplina Ejecutora			
																F	FF	MF
1	A	7	S		N	S	N	N	S					<b>Tarea Basada a condición:</b> Realizar ensayo no destructivos radiografías y ultrasonidos para conocer el estado de la cúpula.	Anual.	Personal Contratado.		
1	A	8	S		N	S	S	N	S					<b>Tarea Basada en Tiempo:</b> Inspeccionar y ajustar pernos de la tapa de inspección del tanque.	6 meses.	Mantenimiento Operacional		

Fuente: El autor

Tabla 4.18. Hoja de Decisión del ALD Tanques Almacenamiento de Crudo.

 <p>Gerencia de Mantenimiento Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estáticos <b>HOJA DE DECISIÓN DEL ALD</b></p>					<b>Sistema:</b> Estación de Descarga Guarío 1				<b>Equipo:</b> Tanque Empernado						
					<b>Realizado por:</b> Aníbal Rodríguez				<b>Revisado por:</b> Equipo Natural de Trabajo			<b>Aprobado por:</b> Dimas Sequera			
					<b>Referencia de Hoja de AMEF:</b> Hoja 1.										
Referencia de Falla			Tipo de Falla		Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	Disciplina Ejecutora
			ABCD	AEFG					BC	BT	DF	OT			
F	FF	MF	S		S	A	O	NO	BC	BT	DF	OT			
1	A	1	S		N	N	S			S			<b>Detección de Falla (Reacondicionamiento):</b> Realizar limpieza interna con aplicación de químicos de saneamiento.	Indefinida.	Mantenimiento Mayor.
2	B	1	S		S		S			S			<b>Tarea Basada en Condición:</b> Ajustar pernos de la escalera y soldar partes desprendidas.	3 Meses.	Mantenimiento Operacional
3	C	1	S		N	N	N			S		S	<b>Tarea Basada en Condición (sustitución cíclica):</b> Realizar limpieza abrasiva externa y aplicar pintura.	Annual.	Mantenimiento Operacional

Fuente: El autor

Tabla 4.19. Hoja de Decisión del ALD Tanques Almacenamiento de Crudo.

 <p>Gerencia de Mantenimiento Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estáticos HOJA DE DECISIÓN DEL ALD</p>					<b>Sistema:</b> Estación de Descarga Guarío 1				<b>Equipo:</b> Tanque Empernado						
					<b>Realizado por:</b> Aníbal Rodríguez				<b>Revisado por:</b> Equipo Natural de Trabajo				<b>Aprobado por:</b> Dimas Sequera		
					<b>Referencia de Hoja de AMEF: Hoja 1.</b>										
Referencia de Falla			Tipo de Falla		Evaluación de Consecuencias				Tipo de Tarea o Estrategia de Mantenimiento				Tarea de Mantenimiento Propuesta	Frecuencia	Disciplina Ejecutora
			ABCD	AEFG					BC	BT	DF	OT			
F	FF	MF			S	A	O	NO							
4	D	1	S		S	N	S			S			<b>Tarea Basada en Tiempo(Reacondicionamiento):</b> Inspeccionar el cable de aterramiento en caso de no estar conectado realizar conexión.	3 Meses.	Mantenimiento Operacional
5	E	1	S		N	S	N			S			<b>Tarea Basada en Tiempo (Reacondicionamiento):</b> Realizar acondicionamiento del muro.	Anual.	Mantenimiento Mayor.
6	F	1	S		N	S	N				S		<b>Otras Tareas (rediseño):</b> Hacer base de hormigón a la estructura del tanque.	2 Años.	Mantenimiento Mayor.

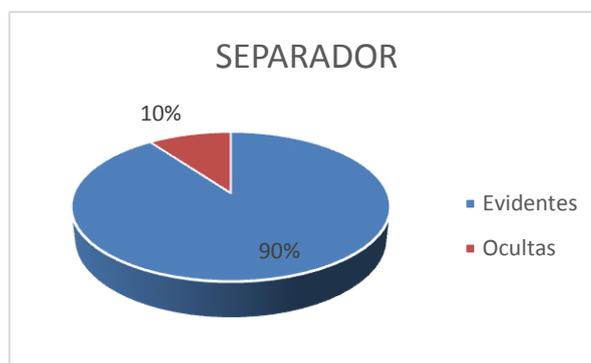
Fuente: El autor

En la tabla 4.20 se identifica cada equipo con su respectiva falla evidente, Fallas ocultas y modos de falla. Seguidamente se hace la representación gráfica de la distribución porcentual correspondiente a los datos de la tabla ya presentada.

**Tabla 4.20 Fallas evidentes, fallas ocultas**

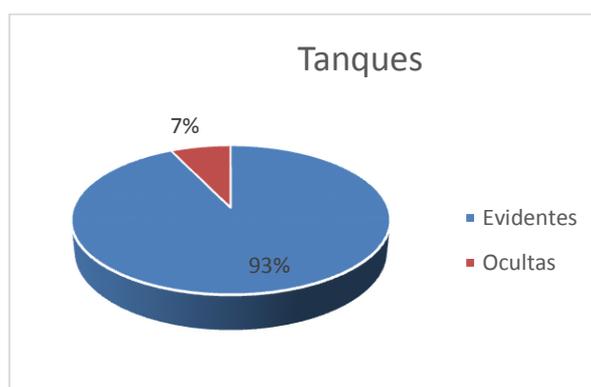
<b>Equipo</b>	<b>Evidente</b>	<b>Ocultas</b>
Separador	9	1
Tanques	13	1
Total	22	2

**Fuente:** El autor



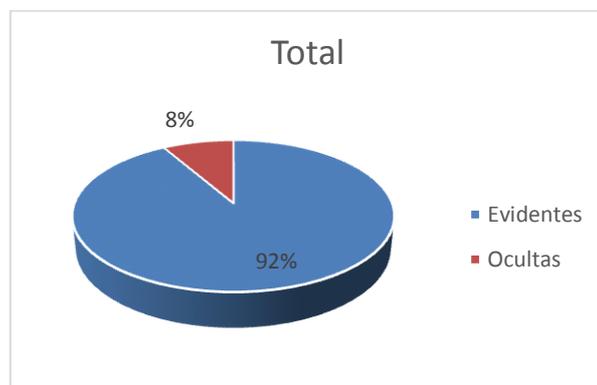
**Figura 4.5 Distribución porcentual de las fallas evidentes y en los separadores críticos**

**Fuente:** El autor



**Figura 4.6 Distribución porcentual de las fallas evidentes y en los Tanques críticos**

**Fuente:** El autor



**Figura 4.7 Distribución porcentual de las fallas evidentes y en los Equipos críticos**  
Fuente: El autor

En la siguiente Tabla 4.21 se muestra las cantidades de las evaluaciones de consecuencia por cada equipo crítico, seguido de su representación gráfica.

**Tabla 4.21 Cantidad de evaluaciones por consecuencia.**

<b>Evaluación de Consecuencias</b>			
<b>Equipo</b>	<b>Operacional</b>	<b>Ambiental</b>	<b>Seguridad</b>
Separador	8	2	6
Tanque	2	9	2
<b>Total</b>	<b>8(29,62%)</b>	<b>11(39,55%)</b>	<b>8(29,62%)</b>

Fuente: El autor

#### **4.5 Elaboración de un Plan de Mantenimiento para los Equipos Críticos de la Estación de Descarga Guarió 1 (GED-1).**

Una vez aplicada la filosofía del M.C.C se asentaron de manera ordenada las actividades de mantenimiento que se deben realizar, con el propósito de establecer los planes de mantenimiento preventivo mediante las tareas que arrojo la hoja de decisión. A fin programar las actividades para aplicarlo y obtener resultados satisfactorios para la empresa.

El diseño del plan de mantenimiento contiene lo siguiente: objetivo, alcance, responsabilidad, descripción del formato de planificación. Todas estas acciones del plan de mantenimiento se ejecutan con la finalidad de evitar paradas no programadas los equipos, aumento de los mantenimientos correctivos

disminuyendo así el deterioro del activo permitiendo desempeñar la función para la cual fue diseñada, y ser más confiable al momento de efectuar su operación.

Se presenta el plan de mantenimiento para los activos crítico de la estación de descarga Guarió 1 (GED-1).

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

	<b>Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. <u>PLAN DE MANTENIMIENTO</u></b>	REVISIÓN N°0
		FECHA: 2014

**PLAN DE MANTENIMIENTO A EQUIPOS CRITICOS DE LA  
ESTACIÓN DE DESCARGA GUARIO 1 (GED-1)**

Elaborado Por:  
Aníbal Rodríguez  
(Tésista de Ing. Industrial)

Revisado Por:		
Freddy Borges (Asesor Industrial) Ing. Mecánico	Dimas Sequera (Sup. Equipo Estático) Ing. Mecánico	Roberto Sánchez (Supte. Gerencia de Mantenimiento)

	<b>Gerencia de Mantenimiento.</b> <b>Superintendencia de</b> <b>Mantenimiento Mayor.</b> <b><u>PLAN DE MANTENIMIENTO</u></b>	<b>REVISIÓN N°0</b>
		FECHA: 2014

## CONTENIDO

OBJETIVOS

POLITICA

ALCANCE

RESPONSABILIDAD DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

DESCRIPCIÓN DEL FORMATO DE PLANIFICACIÓN

Actividad

Nivel de Mantenimiento

Frecuencia

Tiempo de ejecución

Cantidad de Persona a Ejecutar

Personas Ejecutar

Equipo y/o Herramientas

ACTIVIDADES PREVIAS A LA EJECUCIÓN DEL PLAN  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ACTIVIDADES POSTERIORES A LA EJECUCIÓN DEL PLAN DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

	<b>Gerencia de Mantenimiento.</b> <b>Superintendencia de</b> <b>Mantenimiento Mayor.</b> <b><u>PLAN DE MANTENIMIENTO</u></b>	<b>REVISIÓN N°0</b>
		FECHA: 2014

## **OBJETIVO**

Los planes de mantenimiento tienen como principal objetivo establecer y dar a conocer al personal de la SUPERINTENDENCIA DE MTTO que se encarga de la estación de descarga Guario 1 (GED-1), los criterios, parámetros y/o lineamiento que deben llevar a cabo para minimizar las ocurrencias fallas que presentan los equipos, minimizar los costos por mantenimiento correctivos y mantener la confiabilidad de los activos. Evitando pérdidas de producción y alargando la vida útil del equipo bajo estándares normales de operación.

## **POLÍTICAS.**

El departamento de mantenimiento tiene la obligación de cumplir a cabalidad los planes de mantenimientos diseñados para ofrecer un servicio de calidad, satisfaciendo las necesidades de la empresa, así como también la de nuestros clientes al cumplir con sus expectativas. Igualmente el departamento asegura el crecimiento de su personal a través de su capacitación técnica. Para cumplir su política el departamento se dispone lo siguiente:

Es nuestra Política ofrecer un servicio de mantenimiento con un alto grado de responsabilidad para que sus unidades desarrollen todo su potencial en el campo.

Realizar mejoras continuas a los planes diseñados para los equipos con el propósito de ofrecer servicios cuando el cliente disponga de ellos.

Preservar la integridad física y el bienestar de todo el personal y demás partes involucradas cumpliendo con las Normas de seguridad establecidos.

	<b>Gerencia de Mantenimiento.</b> <b>Superintendencia de</b> <b>Mantenimiento Mayor.</b> <b><u>PLAN DE MANTENIMIENTO</u></b>	<b>REVISIÓN N°0</b>
		FECHA: 2014

Actualizarse constantemente con los cambios tecnológicos, con el fin de realizar servicios de mantenimiento precisos y confiables.

### **ALCANCE**

La aplicación del plan de mantenimiento solo aplica a los Separadores y tanques de almacenamiento de crudo por ser los equipos críticos de la estación de descarga Guarío 1 (GED-1).

### **RESPONSABILIDAD DE CUMPLIMIENTOS P-M**

Es responsabilidad de la SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO OPERACIONAL Y MAYOR por el cumplimiento y divulgación de los planes de mantenimiento, dirigidos a la estación de descarga Guarío 1 (GED-1) y personal técnico de la organización los responsables de su ejecución, así como los inspectores de organización los responsables de su ejecución, así como los inspectores de seguridad hacer cumplir los procedimientos de trabajo para el resguardo de la integridad física de la persona y/e instalación.

### **Líder de mantenimiento.**

Realizar las órdenes de trabajo de manera oportuna para realizar las actividades de mantenimiento programadas en el plan de mantenimiento.

Elaborar el análisis de Riesgo en el Trabajo (ART) para proceder a ejecutar con el plan de mantenimiento.

Elaborar el registro de las actividades de mantenimiento efectuadas, con el fin de contener datos estadísticos.

Velar por la ejecución adecuada de los planes de mantenimiento

	<b>Gerencia de Mantenimiento.</b> <b>Superintendencia de</b> <b>Mantenimiento Mayor.</b> <b><u>PLAN DE MANTENIMIENTO</u></b>	<b>REVISIÓN N°0</b>
		<b>FECHA: 2014</b>

### **Técnico mecánico, Operadores, Obreros, Electricista.**

Ejecutar los planes de mantenimiento a cabalidad, haciendo uso de los equipos de protección personal.

Informar a al líder de mantenimiento de cualquier eventualidad al realizar las actividades de mantenimiento, así como también de las posibles fallas que pueda incurrir el equipo al realizar sus operaciones.

### **EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)**

Equipos de protección contra impactos (Botas y Casco)

Equipos de protección de la piel (Braga y Guantes)

Equipo de protección auditiva y visual (Protectores de oído tipos orejeras y tapones, lentes claros)

### **DESCRIPCIÓN DEL FORMATO DE PLANIFICACION:**

**Actividades:** Son la acciones que se realizan con labor directa y/o servicios contratados para garantizar la función del activo.

**Nivel de mantenimiento:** son categorías de jerarquización de actividades de mantenimiento basadas en esfuerzo y consecuencias de acuerdo al contexto operacional en el cual se desempeñe al activo.

	<b>Gerencia de Mantenimiento.</b> <b>Superintendencia de</b> <b>Mantenimiento Mayor.</b> <b><u>PLAN DE MANTENIMIENTO</u></b>	REVISIÓN N°0
		FECHA: 2014

**Frecuencia:** es el número de veces que se ejecuta una actividad de mantenimiento en un determinado periodo de tiempo. También se conoce como el intervalo de tiempo que transcurre entre actividades.

**Tiempo de ejecución:** son las horas asociadas a la duración de una actividad de mantenimiento realizado a un determinado equipo.

**Cantidad de personas a ejecutar:** El número de personas que realiza determinada acción de mantenimiento preventivo.

**Personal ejecutor:** involucra al personal directo e indirecto, es decir, personal Técnico y ejecutor mecánico los cuales son los encargados de la realización de los trabajos de mantenimiento.

**Equipo y/o herramientas:** comprende toda maquinaria, mobiliario, herramientas, vehículos, enseres y demás objetos similares, necesarios para el desarrollo de las actividades de mantenimiento contenida de planificación.

#### **ACTIVIDADES PREVIAS A LA EJECUCIÓN DE EL PLAN MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
1	Consultar el manual de Normas, Procedimiento y Guías de Prevención de Accidentes.	(Supervisor Equipos Estáticos)
2	Realizar análisis de Riesgo de trabajo(A.R.T)	(Supervisor Equipos Estáticos)
3	Solicitar el permiso de trabajo en frío y/o caliente y prueba de explosimetría.	(Supervisor Equipos Estáticos)
4	Verificar condición de herramienta y equipos a utilizar.	(Técnico Mecánicos)
5	Sacar el equipo fuera de servicio (drenar y despresurizar)	(Operadores)
6	Cerrar válvulas de succión y descarga.	(Operadores)
7	Verificar que el equipo este bloqueado y despresurizado.	(Técnico Mecánico)

	<b>Gerencia de Mantenimiento.</b> <b>Superintendencia de</b> <b>Mantenimiento Mayor.</b> <b><u>PLAN DE MANTENIMIENTO</u></b>	REVISIÓN N°0
		FECHA: 2014

**ACTIVIDADES POSTERIORES A LA EJECUCIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVO:**

N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
11	Aviso de Culminación del Mantenimiento y cierre del permiso de trabajo	(Supervisor Equipos Estáticos)
22	Realizar informe técnico de mantenimiento y archivar A.R.T Y Permiso de Trabajo.	(Supervisor Equipos Estáticos)

## PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

**Tabla 4.22 Plan de Mantenimiento a los Separadores.**

					<b>Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.</b>		<b>Página 1/4</b>
<b>Equipo:</b> Separador	<b>Realizado Por:</b> Aníbal Rodríguez	<b>Revisado Por:</b> Ing. Dimas Sequera			<b>Aprobado Por:</b> Equipo Natural de Trabajo		
ACTIVIDADES A REALIZAR	Nivel de Mto.	Frecuencia	Tiempo de Duración (horas)	CANTIDAD DE PERSONA A EJECUTAR	Equipos y/o Herramientas.	PERSONAL EJECUTOR	
Aplicar prueba de ultra sonido al deflector para detectar alguna anomalía.	III	Anual	0,45	2	Medidores Ultrasónicos de Espesores	Técnicos Mecánicos	
Hacer limpieza interna y remplazar componentes internos.	V	Cada 8 años	Condición del Equipo	Fuera de Planta	Fuera de Planta	Personal Especializado	
Realizar radiografía para conocer la condición del extractor de niebla.	III	Anual	0,50	3	Capsulas Radiográficas y Traje Protector	Técnicos Mecánicos y Obrero	
Hacer prueba de ultrasonidos para medir el espesor de las paredes o pequeñas debilidades en las carcasas	V	Anual	0,45	2	Medidor Ultrasónico de Espesores	Técnicos Mecánicos	

**Fuente:** El autor

Continuación Tabla 4.22

		Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.				Página 2/4	
Equipo:	Realizado Por:	Revisado Por:			Aprobado Por:		
Separador	Aníbal Rodríguez.	Ing. Dimas Sequera.			Equipo Natural de Trabajo		
ACTIVIDADES A REALIZAR	Nivel de Mto.	Frecuencia	Tiempo de Duración(horas)	CANTIDAD DE PERSONA A EJECUTAR	Equipos y/o Herramientas.	PERSONAL EJECUTOR	
Reacondicionar base del faldón y ajustar o cambiar personas.	I	Cada 6 meses	0,30	2	Combinación de Llaves	Obreros	
Cambiar las empacaduras flexitalicas en uniones bridas.	III	Anual	1	2	Combinación de Llaves	Obreros y Operador	
Realizar radiografía para conocer la condición del extractor de niebla.	I	Cada 6 meses	0,30	2	Combinación de llaves	Obreros y Operador	
Inspeccionar conexión de aterramiento	II	Cada 3 meses	0,20	1	Alicate	Electricista	

Fuente: El autor

Continuación Tabla 4.22

		Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.				Página 3/4	
Equipo:	Realizado Por:	Revisado Por:			Aprobado Por:		
Separador	Anibal Rodriguez	Ing. Dimas Sequera			Equipo Natural de Trabajo		
ACTIVIDADES A REALIZAR	Nivel de Mto.	Frecuencia	Tiempo de Duración(horas)	CANTIDAD DE PERSONA A EJECUTAR	Equipos y/o Herramientas.	PERSONAL EJECUTOR	
Chequear el disco de ruptura y estimar si está sobredimensionado	II	Diaria	0,45	2	Combinación de llaves	Técnicos Mecánicos y Obreros	
Colocar cesta de protección a escaleras.	III	Condición	1,30	2	Máquina de soldar	Soldador y Obrero	
Aplicar sandblasting y pintura de acuerdo al manual de PDVSA O-211	IV	Anual	5	4	Chorro por Aire, Brocha, Compresor y Pintura	Personal especializado	
Verificar la calibración del manómetro	II	Semestral	0,20	1	Instrumento de Medición	Instrumentista	

Fuente: El autor

Continuación Tabla 4.22

		<b>Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.</b>				<b>Página 4/4</b>	
Equipo: Separador	Realizado Por: Aníbal Rodríguez	Revisado Por: Ing. Dimas Sequera			Aprobado Por: Equipo Natural de Trabajo		
ACTIVIDADES A REALIZAR	Nivel de Mtto.	Frecuencia	Tiempo de Duración(horas)	CANTIDAD DE PERSONA A EJECUTAR	Equipos y/o Herramientas.	PERSONAL EJECUTOR	
Cambiar manómetro	II	Condición	0,45	2	Operador y instrumentista	Instrumentista	
Verificar la calibración de la termocupla.	II	Cada 3 meses	0,20	1	Instrumento de medición	Instrumentista	
Cambiar la termocupla	II	Condición	0,45	2	Combinación de llaves	Operador y instrumentista	
Chequear flotador de despacho de agua y sedimento	II	Diaria	2	2	Combinación de llaves	Técnicos-Mecánicos y Obrero	

Fuente: El autor

Tabla 4.23 Plan de Mantenimiento Preventivo a los Tanques apornados.

		Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.					Página 1/3
Equipo:	Realizado Por:	Revisado Por:			Aprobado Por:		
Tanque apornados	Aníbal Rodríguez	Ing. Dimas Sequera			Equipo Natural de Trabajo		
ACTIVIDADES A REALIZAR	Nivel de Mtto.	Frecuencia	Tiempo de Duración(horas)	CANTIDAD DE PERSONA A EJECUTAR	Equipos y/o Herramientas.	PERSONAL EJECUTOR	
Colocar parcho de láminas en anillos donde presenta la fisura.	V	Condición	1	2	Maquina de soldar, Esmeril y EPP	Soldador y Obrero	
Reemplazo de líneas de entrada y salida de crudo.	IV	Condición	6	3	Maquina de soldar, Esmeril y EPP	Soldador y Obrero	
Reemplazo de empacaduras de a tapa de inspección	V	Condición	4	2	Condición de llaves y EPP	Obreros	
Inspeccionar y ajustar pernos de tapa de inspección.	III	Cada 6 meses	0,30	2	Condición de llaves y EPP	Operador y Obrero	

Fuente: El autor

Continuación Tabla 4.23

		Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.				Página 2/3	
Equipo:	Realizado Por:	Revisado Por:			Aprobado Por:		
Tanque Empernado	Aníbal Rodríguez	Ing. Dimas Sequera			Equipo Natural de Trabajo		
ACTIVIDADES A REALIZAR	Nivel de Mto.	Frecuencia	Tiempo de Duración(horas)	CANTIDAD DE PERSONA A EJECUTAR	Equipos y/o Herramientas.	PERSONAL EJECUTOR	
Ajustar pernos de juntas de láminas.	III	Anual	4	5	Condición de llaves y EPP	Obreros	
Realizar radiografía para detectar anomalías en la cúpula.	III	Anual	0,50	3	Capsula Radiográfica y Traje protector	Técnicos Mecánico y Obreros.	
Realizar radiografía para detectar anomalías en la plancha central.	III	Anual	0,50	3	Capsula Radiográfica y Traje protector	Técnicos Mecánicos y Obreros	

Fuente: El autor

Continuación Tabla 4.23

		Gerencia de Mantenimiento. Superintendencia de Mantenimiento Mayor. Departamento de Equipos Estático.				Pagina 3/3	
Equipo:	Realizado Por:	Revisado Por:			Aprobado Por:		
Tanque Empernado	Aníbal Rodríguez	Ing. Dimas Sequera			Equipo Natural de Trabajo		
ACTIVIDADES A REALIZAR	Nivel de Mto.	Frecuencia	Tiempo de Duración(horas)	CANTIDAD DE PERSONA A EJECUTAR	Equipos y/o Herramientas.	PERSONAL EJECUTOR	
Hacer limpieza interna con químicos y otros aditivos.		Anual	1	2	Máquina de soldar, Esmeril y EPP	Soldador y Obrero	
Aplicar sandblasting y pintura de acuerdo al manual de PDVSA O-201.	IV	Anual	5	4	Chorro por Aire, Brocha, Compresor Pintura y EPP	Personal especializado	
Inspeccionar conexión de aterramiento.	II	Cada 3 meses	0,15	1	Alicate	Electricista	
Condicionar el muro de contención del muro	V	Anual	5	2	Maquinaria excavación, pico, pala y EPP	Operador y Obrero	
Colocar base de hormigón alrededor del fondo del tanque	V	Condición	No se conoce	5	Combinación de Herramientas y Batidora de concreto	Albañil y Obreros	

Fuente: El autor

### Hoja del plan de mantenimiento

Realizado por: Anibal Rodriguez						Revisado por: Equipo Natural de Trabajo		Aprobado por: Ing. Dimas Sequera	
Area: Guario I			Equipo: Separadores			Hoja: 1/2			
N° de actividades: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.									
N°	Actividades a ejecutar	Frecuencia	Responsable de la acción	Personal Requerido	Tiempo estimado				
1	Aplicar prueba de ultra sonido al deflector para detectar alguna anomalía.	Anual	Técnico Mecánico	2	45 min				
2	Hacer limpieza interna y remplazar componentes internos.	Cada 8 años	Personal Especializado						
3	Realizar radiografía para conocer la condición del extractor de niebla.	Anual	Técnicos Mecánicos y Obrero	3	50 min				
4	Hacer prueba de ultrasonidos para medir el espesor de las paredes o pequeñas debilidades en las carcasas.	Anual	Técnicos Mecánicos	2	45 min				
5	Reacondicionar base del faldón y ajustar o cambiar personas.	Semestral	Obreros	2	30 min				
6	Cambiar las empacaduras flexitalicas en uniones bridas.	Anual	Obreros y Operador	2	60 min				
7	Realizar radiografía para conocer la condición del extractor de niebla.	Semestral	Obreros y Operador	2	30 min				
8	Inspeccionar conexión de aterramiento.	Trimestral	Electricista	1	20 min				

## Continuación

Realizado por: Anibal Rodriguez						Revisado por: Equipo Natural de Trabajo		Aprobado por: Ing. Dimas Sequera	
Area: Guario I			Equipo: Separadores			Hoja: 2/2			
N° de actividades: 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16.									
N°	Actividades a ejecutar	Frecuencia	Responsable de la acción	Personal Requerido	Tiempo estimado				
9	Chequear el disco de ruptura y estimar si está sobredimensionado	Diaria	Técnicos Mecánicos y Obreros	2	45 min				
10	Colocar cesta de protección a escaleras.	Condición	Soldador y Obrero	2	90 min				
11	Aplicar sandblasting y pintura de acuerdo al manual de PDVSA O-211	Anual	Personal especializado	4	300 min				
12	Verificar la calibración del manómetro	Semestral	Instrumentista	1	90 min				
13	Cambiar manómetro	Condición	Instrumentista	2	45 min				
14	Verificar la calibración de la termocupla.	Trimestral	Instrumentista	1	20 min				
15	Cambiar la termocupla	Condición	Operador e instrumentista	2	45 min				
16	Chequear flotador de despacho de agua y sedimento	Diaria	Técnicos-Mecánicos y Obrero	2	120 min				

### Hoja del plan de mantenimiento Tanques

zxczxcncñiaosnbvcñosaknvlñkasmñlvkasdf					
Realizado por: Anibal Rodriguez		Revisado por: Equipo Natural de Trabajo		Aprobado por: Ing. Dimas Sequera	
Area: Guario I		Equipo: Tanques Empernados		Hoja: 1/2	
N° de actividades: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.					
N°	Actividades a ejecutar	Frecuencia	Responsable de la acción	Personal Requerido	Tiempo estimado
1	Colocar parcho de láminas en anillos donde presenta la fisura.	Condicion	Soldador y Obrero	2	60 min
2	Reemplazo de líneas de entrada y salida de crudo.	Condicion	Soldador y Obrero	3	360 min
3	Reemplazo de empacaduras de a tapa de inspección	Condicion	Obreros	2	240 min
4	Inspeccionar y ajustar pernos de tapa de inspección.	Semestral	Operador y Obrero	2	30 min
5	Ajustar pernos de juntas de láminas.	Anual	Obreros	5	240 min
6	Realizar radiografía para detectar anomalías en la cúpula.	Anual	Técnicos Mecánico y Obreros.	3	50 min
7	Realizar radiografía para detectar anomalías en la plancha central.	Anual	Técnicos Mecánicos y Obreros	3	50 min

**Continuación**

Realizado por: Anibal Rodriguez						Revisado por: Equipo Natural de Trabajo		Aprobado por: Ing. Dimas Sequera	
Area: Guario I			Equipo: Separadores			Hoja: 2/2			
N° de actividades: 9, 10, 11, 12.									
N°	Actividades a ejecutar	Frecuencia	Responsable de la acción	Personal Requerido	Tiempo estimado				
8	Hacer limpieza interna con químicos y otros aditivos.	Anual	Soldador y Obrero	2	60 min				
9	Aplicar sandblasting y pintura de acuerdo al manual de PDVSA O-201.	Anual	Personal especializado	4	15 min				
10	Inspeccionar conexión de aterramiento.	Trimestral	Electricista	1	30 min				
11	Condicionar el muro de contención del muro	Anual	Operador y Obrero	2	300 min				
12	Colocar base de hormigón alrededor del fondo del tanque	Condicion	Albañil y Obrero	5	No conocido				





# CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Tomando en cuenta los resultados de la investigación y en virtud de los objetivos específicos establecidos, se presentaron las siguientes conclusiones:

- Con este estudio se pudo determinar el estado actual en que se encontraban los equipos que forman la estación de descarga Guarío 1 (GED-1), corroborando que los separadores y los tanques empernados no están en las mejores condiciones.
- La Norma INTEVEP MM 02-01-01 permitió jerarquizar los equipos de acuerdo a los niveles de criticidad bajo la ponderación basada en el criterio de riesgo, arrojó (05) cinco equipos identificados como críticos (01 tanques identificados como T 5001 y 04 separadores los cuales se identifican con el serial SEP E-785, SEP E8726,
- La aplicación de la metodología Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) a los subsistemas/componentes de los equipos críticos resultantes pertenecientes a la estación de descarga Guarío 1 (GED-1), evidencia la importancia operacional de los separadores y tanques empernado de almacenamiento de crudo en cuanto a sus fallas funcionales y su relación con la seguridad, ambiente y operatividad del sistema permitiendo proponer actividades de mantenimiento de acuerdo a las consecuencias esperadas.
- Se determinó el tipo de actividades a aplicar mediante el Árbol Lógico de Decisiones (ALD). En cuanto a las tareas de mantenimiento a aplicar se implementaron Basada en condición (40%), Basada en tiempo (44%), Detección de fallas (4%) Otras tareas (12%).
- Se determinó mediante el presente estudio que actualmente los separadores y tanques empernados de la estación de descarga Guarío 1 (GED-1), no

contaban con planes de mantenimiento preventivo, ni mucho menos con reporte e histórico de fallas.

- Los planes de mantenimiento preventivo elaborados están compuestos de 28 actividades preventivas de las cuales predominan según el tipo de tarea las Basadas en tiempo diez (10), once (11) tareas basadas en condición, una (01) detección de falla y tres (03) que abarca otras tareas, de igual forma se estableció la frecuencia, herramientas y personal requerido para su ejecución.

## **5.2 Recomendaciones**

- Se recomienda a la Superintendencia de Mantenimiento Mayor y Operacional la aplicación de los planes de mantenimiento preventivo realizados en este proyecto, a fin de evitar paros no planificados y mantenimiento del tipo correctivo. Con la finalidad de no tener pérdidas de producción y aumentar la confiabilidad de los equipos estáticos.
- Se sugiere a la Superintendencia de Mantenimiento Operacional utilizar el formato de registro de fallas para que puedan tener una información confiable al momento de disponerla.
- Actualizar periódicamente el inventario de los equipos existentes o de todos los activos que maneja la Superintendencia, el cual permita conocer la descripción de datos técnicos, cantidad y ubicación de los mismos.
- Organizar y coordinar equipos de trabajo competitivos en materias de mantenimiento preventivo con la finalidad de afianzar los principios de calidad y mejora continua que garanticen los objetivos del MCC con implicaciones positivas en la seguridad de la persona, ambiente e instalación.
- Independientemente del nivel de riesgo de los equipo, se recomienda realizar actividades preventiva cuando en las inspecciones propuestas se detecte alguna condición perjudicial del equipo.
- Se recomienda a la brevedad posible que la Superintendencia de Mantenimiento Mayor y Operacional replacen las planchas del primer anillo

(inferior) de los Tanque Empernados, ya que su condición es grave por presentar corrosión severa.

- Para garantizar la efectividad de mantenimiento una vez que las actividades han sido aprobadas por el personal responsable, el próximo paso a seguir, es asegurarse de que las actividades se lleven a cabo de la mejor manera posible, por lo que se recomienda la elaboración de norma y procedimiento de mantenimientos, tomando en cuenta las actividades propuestas en la investigación, con la finalidad de velar por el manejo y la operación adecuada de los equipos del sistema analizado.
- Considerar que las actividades de mantenimiento generadas, son el resultado del estudio y el trabajo de un grupo de personas estrechamente relacionadas con el sistema y su entorno, por lo tanto, dichos cambios deben ser analizados con la mayor aceptación posible, tomando en cuenta que siempre se requiere el mejoramiento continuo del proceso.
- Inspeccionar los planes de mantenimiento anualmente, para realizar cualquier ajuste en caso de ser necesario, principalmente revisar que las frecuencias de ejecución sean para la gestión.

## **ANEXOS**

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

<b>TÍTULO</b>	<b>DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS ESTÁTICOS DE LA ESTACIÓN DE DESCARGA GUARIO 1 (GED-1) DE PDVSA GAS PRODUCCIÓN ANACO</b>
<b>SUBTÍTULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CVLAC / E MAIL</b>
Rodríguez S., Aníbal R.	<b>CVLAC:</b> 18.593.043 <b>E MAIL:</b> elmamo@gmail.com
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>
	<b>CVLAC:</b> <b>E MAIL:</b>

**PALABRAS O FRASES CLAVES**

Estación de descarga Guario 1, Confiabilidad, Evaluación, Reciprocante, Operacional PDVSA Gas Producción Anaco.

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

<b>ÁREA</b>	<b>SUBÁREA</b>
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Industrial

**RESUMEN (ABSTRACT):**

Esta investigación se realizó con la finalidad de proponer planes de mantenimiento para los equipos estáticos de la estación de descarga Guarío 1 (GED-1) de PDVSA Gas Producción Anaco. Su desarrollo estuvo basado en 5 etapas, en la etapa I se realizó una descripción del contexto operacional de las bombas reciprocantes de las plantas de inyección de agua salada. En la etapa II, se determinó el nivel de criticidad de cada uno de los equipos mediante la aplicación de la metodología D.S, de la cual resultaron críticos solo dos (2) equipos de un universo de doce (12), siendo necesario para la recopilación de información la realización de entrevistas no estructuradas al personal de la empresa y visitas a campo. En la etapa III, se analizaron las fallas presentes en las bombas reciprocantes mediante un análisis de modos y efectos de fallas arrojando como resultado 33 modos de fallas, posteriormente, En la etapa IV se empleó el Árbol Lógico de Decisiones dando como resultado 23 tareas a condición, 0 a reacondicionamiento cíclico, 11 sustitución cíclica; y finalmente en la etapa V se propusieron planes de mantenimiento preventivo a los equipos críticos de la estación de descarga Guarío 1 (GED-1) de PDVSA Gas Producción Anaco) con la finalidad de mejorar la gestión de mantenimiento.

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

**CONTRIBUIDORES:**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL</b>				
Ing. Alcántara, José	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS X</b>	<b>TU</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
Ing. Sequera, Dimas	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU X</b>	<b>JU</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
Ing. Cordova, David	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU X</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
Ing. Valderrama, Rita	<b>ROL</b>	<b>CA</b>	<b>AS</b>	<b>TU</b>	<b>JU X</b>
	<b>CVLAC:</b>				
	<b>E_MAIL</b>				
	<b>E_MAIL</b>				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

<b>2017</b>	<b>04</b>	<b>17</b>
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>

**LENGUAJE. SPA**

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

**ARCHIVO (S):**

<b>NOMBRE DE ARCHIVO</b>	<b>TIPO MIME</b>
TESIS. DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS ESTÁTICOS DE LA ESTACIÓN DE DESCARGA GUARIO 1 (GED-1) DE PDVSA GAS PRODUCCIÓN ANACO.docx	Application/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:**

Ingeniero Industrial

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Pregrado

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Departamento de Ingeniería Industrial

**INSTITUCIÓN:**

Universidad de Oriente/Extensión Región Centro Sur –Anaco

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
CONSEJO UNIVERSITARIO  
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano  
**Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ**  
Vicerrector Académico  
Universidad de Oriente  
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda "SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009".

Letdo el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
SISTEMA DE BIBLIOTECA  
RECIBIDO POR *[Firma]*  
FECHA *5/8/09* HORA *5:30*

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

*[Firma]*  
JUAN A. BOLAÑOS CUMBELO  
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YOC/marija

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

### **DERECHOS**

De acuerdo al Artículo 41 del Reglamento de trabajos de grado (vigente a partir del II semestre 2009) según comunicación CU-034-209:

“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, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

<b>AUTOR</b>	<b>Rodríguez S., Aníbal R.</b> <b>AUTOR</b>	<b>AUTOR</b>
--------------	--	--------------

<b>Ing. Alcántara, José</b> <b>TUTOR</b>	<b>Ing. Córdova, David</b> <b>JURADO</b>	<b>Ing. Valderrama, Rita</b> <b>JURADO</b>
---	---	---

**Ing. Valderrama, Rita**  
**POR LA COMISIÓN DE TESIS**