

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA INDICADOR DE GESTIÓN PARA EL
CONTROL DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD DE LOS
EQUIPOS DE REHABILITACIÓN DE POZOS (WORK-OVER) DE UNA
EMPRESA DE PERFORACIÓN Y REHABILITACIÓN DE POZOS
PETROLEROS”**

Realizado por:

JESÚS RAFAEL LANDAETA VELÁSQUEZ

**Trabajo de Grado presentado a la Universidad de Oriente como Requisito
Parcial para Optar al Título de INGENIERO INDUSTRIAL**

Puerto la Cruz, Febrero de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA INDICADOR DE GESTIÓN PARA EL
CONTROL DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD DE LOS
EQUIPOS DE REHABILITACIÓN DE POZOS (WORK-OVER) DE UNA
EMPRESA DE PERFORACIÓN Y REHABILITACIÓN DE POZOS
PETROLEROS”**

ASESORES

Ing. Abraham Meneses
Asesor Académico

Ing. Noel Rodríguez
Asesor Industrial

Puerto la Cruz, Febrero de 2009

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“Establecimiento de un Sistema Indicador de Gestión para el Control del
Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de los Equipos de Rehabilitación de Pozos
(Work-Over) de una Empresa de Perforación y Rehabilitación de Pozos Petroleros”**

JURADOS

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

APROBADO

Ing. Abraham Meneses
Asesor Académico

Ing. Luis Bravo
Jurado Principal

Ing. José Rodríguez
Jurado Principal

Puerto la Cruz, Febrero de 2009

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 44 del Reglamento de Trabajo de Grado:

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

DEDICATORIA

A Jehová Dios todo poderoso, por permitirme alcanzar mis metas y colocar a mi disposición todas las facilidades que hacen mis cargas más livianas, por darme la sabiduría necesaria para tomar adecuadamente decisiones y evitar apartarme del buen camino, por colocar oportunamente junto a mi a las personas que me dan buenos consejos, por mantenerme saludable, por mantener a mi familia unida y darme la oportunidad de compartir esta dicha junto a mis padres.

Jesús Rafael Landaeta Velásquez

AGRADECIMIENTOS

A mi padre “Jesús Landaeta”, por servirme de ejemplo en la vida enseñándome que solo existen situaciones difíciles pero no imposibles y que con perseverancia se puede recorrer cualquier camino, con la certeza de que se llegara al lugar deseado.

A mi madre “Tibisay Velásquez”, que siempre me tubo confianza y estuvo a mi lado en todo momento ¡Gracias por seguir tu intuición de madre! Madre, aquí esta lo que tanto tu anhelas, uno de tus sueños: ¡Ver a tu hijo convertido en un profesional!

A María Daniela Rosario, mi amiga querida, por brindarme gran apoyo en esos periodos difíciles y felices de mi vida, en los cuales he logrado terminar mi carrera profesional, la cual constituye un incentivo para continuar con mi superación por esto y más te agradezco de todo corazón. ¡Pronto celebraremos tu triunfo!

A Esteban Velásquez (el viejito), por sus sabios consejos, siempre permanecer atento acerca de mi progreso y brindarme ese apoyo que no todo el mundo puede dar... estamos pendiente.

Al profesor Abraham Meneses, por ser mi asesor académico en este proyecto y brindarme el apoyo todos sus conocimientos acerca del tema. Siempre tuvo esperanza en mi, más que un asesor, un amigo... lo logramos profesor después de todos los inconvenientes... Gracias por su gran apoyo!

A mis compañeros de estudio, Leonardo Véliz (el compadre), Yulimar Zapata (mi negrita linda), María Buccilli (mi compañerita) y Yelliber Espín (la picara) por estar a mi lado en todo momento.

A la empresa Perforaciones Albornoz (PERFOALCA) por brindarme la oportunidad de realizar mis pasantías en sus instalaciones, y a aquellos trabajadores que de alguna u otra manera dedicaron parte de su tiempo en enseñarme parte de sus conocimientos, claves para realizar este trabajo.

A mis compañeros de trabajo, Sergio Carrera, Fidel Quiñones, Pedro Ruiz, Judith Sánchez, Luís Rodríguez, Adrianis Urrieta, Fidel Quiñones y Enoilys Bellorin, por formar un ambiente de trabajo lleno de alegría.

¡Este logro es gracias a todas las personas que dieron su granito de arena para alcanzar esta meta!

Jesús Rafael Landaeta Velásquez

RESUMEN

Esta investigación se fundamenta en el estudio de la confiabilidad operacional de los equipos de rehabilitación de pozos (work-over) petroleros operados por una empresa de perforación y rehabilitación de pozos, mediante la aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad; esto con la finalidad de reducir la cantidad de actividades no programadas, y establecer tareas de mantenimiento que garanticen la operatividad y la confiabilidad de las unidades.

Para alcanzar este objetivo fue necesario la recopilación estadística del equipo con la información de los reportes diarios de fallas proporcionada por el departamento de mantenimiento de la empresa, luego se procedió a realizar un análisis de criticidad a los equipos en estudio, resultando como más crítico el PAR-03, posteriormente fueron determinados los parámetros de mantenimiento para dicha unidad, y se determinó que el sistema que presentó más en el equipo de rehabilitación fue el de Izamiento con un 44% de fallas registradas.

Una vez recolectada esta información se procedió a la conformación del equipo de trabajo para definir el contexto operacional actual, y aplicar el Análisis de Modos y Efectos de Fallos (AMEF), seguidamente a estos modos y efectos de fallas se le aplicó el Árbol Lógico de Decisión dando como resultado las respectivas tareas de condición.

Posteriormente se realizaron los programas y/o planes de mantenimiento preventivo para el equipo PAR-03 con los costos de mano de obra y materiales. Por último se realizó la evaluación económica mediante el método del valor presente neto (VPN) para determinar la rentabilidad del plan de mantenimiento propuesto.

ÍNDICE

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| RESOLUCIÓN | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTOS | vi |
| RESUMEN..... | viii |
| ÍNDICE | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS | xii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xiii |
| CAPÍTULO I..... | 1 |
| GENERALIDADES DE LA EMPRESA | 1 |
| 1.1 Descripción De La Empresa..... | 1 |
| 1.1.1 Visión De La Empresa: | 1 |
| 1.1.2 Misión De La Empresa: | 1 |
| 1.1.3 Objetivos De La Empresa: | 2 |
| 1.1.4 Organigrama O Estructura Administrativa: | 2 |
| 1.2 Planteamiento Del Problema | 3 |
| 1.3 Objetivos | 5 |
| 1.3.1 Objetivo General | 5 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos..... | 5 |
| 1.4 Justificación..... | 6 |
| 1.5 Alcance..... | 6 |
| 1.6 Limitaciones | 6 |
| CAPÍTULO 2 | 7 |
| MARCO TEÓRICO..... | 7 |
| 2.1 Rehabilitación De Pozos Petroleros. | 7 |
| 2.2 Equipos De Rehabilitación De Pozos (Work-Over)..... | 7 |
| 2.2.1 Sistema de Potencia. | 7 |
| 2.2.2 Sistema de Izamiento o Izaje. | 8 |
| 2.2.3 Sistema Hidráulico..... | 8 |
| 2.2.4 Sistema Eléctrico..... | 8 |
| 2.3 Descripción De Las Fallas Que Presentan Los Equipos Work-Over | 9 |
| 2.4 Confiabilidad Operacional..... | 10 |
| 2.3.1 Mejora De La Confiabilidad. | 10 |
| 2.5 Mantenimiento..... | 11 |
| 2.4.1 Definición..... | 12 |
| 2.4.2 Objetivos del Mantenimiento..... | 13 |
| 2.4.3 Evolución del Mantenimiento:..... | 13 |
| 2.6 Gestión De Mantenimiento..... | 14 |
| 2.5.1 Funciones Básicas del Proceso de Gestión de Mantenimiento | 15 |
| 2.5.2 Importancia De La Gestión De Mantenimiento | 17 |
| 2.5.3 Indicadores De Gestión De Mantenimiento..... | 17 |

| | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5.3.1 | Confiabilidad O Fiabilidad [R(t)] | 17 |
| 2.5.3.1.1 | Distribución De Weibull..... | 18 |
| 2.5.3.2 | Mantenibilidad..... | 19 |
| 2.5.3.2.1 | Ley de Gumbell..... | 20 |
| 2.5.3.3 | Disponibilidad..... | 21 |
| 2.7 | Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (MCC)..... | 21 |
| 2.6.3 | Las 7 preguntas básicas para el análisis del MCC..... | 22 |
| 2.6.4 | Pasos para la aplicación del Mantenimiento Centrado el la Confiabilidad..... | 23 |
| 2.8 | Análisis De Los Modos Y Efectos De Falla (AMEF)..... | 24 |
| 2.9 | Análisis De Criticidad | 25 |
| 2.10 | Evaluación Económica | 26 |
| CAPÍTULO 3 | | 28 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | | 28 |
| 3.1 | Tipo De Investigación..... | 28 |
| 3.2 | Población y Muestra..... | 29 |
| 3.3 | Técnicas De Recolección De Datos..... | 29 |
| 3.3.1 | Observación Directa..... | 29 |
| 3.3.2 | Entrevista no Estructurada..... | 30 |
| 3.4 | Técnicas De Análisis De Datos..... | 30 |
| 3.4.1 | Software Autocom 1.0 | 30 |
| 3.4.2 | Diagrama Circular..... | 30 |
| 3.4.3 | Diagrama De Gantt..... | 30 |
| 3.5 | Etapas del proyecto..... | 31 |
| CAPÍTULO 4..... | | 33 |
| SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS | | 33 |
| 4.1 | Análisis De La Situación Actual De Los Equipos De Rehabilitación De Pozos (Work-Over)..... | 33 |
| 4.1.1 | Fortalezas De Los Planes Y El Control De Mantenimiento..... | 34 |
| 4.1.2 | Debilidades De Los Planes Y El Control De Mantenimiento..... | 35 |
| 4.2 | Estudio Del Índice De Criticidad De Los Equipos De Rehabilitación De Pozos (Work-Over) | 35 |
| CAPÍTULO 5 | | 42 |
| ESTUDIO DEL EQUIPO MÁS CRÍTICO | | 42 |
| 5.1 | Análisis Del Comportamiento De Las Fallas Que Presenta El Equipo De Rehabilitación De Pozos PAR-03 | 42 |
| 5.2 | Distribución porcentual de las fallas presentadas en el equipo WORK- OVER PAR 03 | 44 |
| 5.3 | Diagrama de Pareto | 45 |
| 5.4 | Estimación De Los Indicadores De Gestión De Mantenimiento..... | 46 |
| 5.4.1 | Estimación De La Confiabilidad..... | 46 |
| 5.4.1.1 | Resultados Obtenidos Mediante El Uso De La Distribución De Weibull | 47 |

| | | |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 5.4.1.2 | Resultados Obtenidos Mediante El Uso Del Software Autocon 1.0 | 48 |
| 5.4.1.3 | Comparación De Los Resultados Obtenidos | 48 |
| 5.4.2 | Estimación De La Mantenibilidad | 50 |
| 5.4.2.1 | Resultados Obtenidos Mediante El Método De Distribución Gumbell Tipo I..... | 51 |
| 5.4.3 | Estimación De La Disponibilidad | 52 |
| CAPÍTULO 6 | | 54 |
| APLICACIÓN DEL MÉTODO MCC..... | | 54 |
| 6.1 | Descripción Del Equipo De Rehabilitación De Pozos Petroleros | 54 |
| 6.1.1 | Descripción Del Proceso | 54 |
| 6.2 | Formación Del Equipo De Trabajo. | 54 |
| 6.3 | Aplicación Del Mantenimiento Centrado En Confiabilidad | 56 |
| 6.4 | Metodología Empleada Para Identificar Las Fallas Funcionales | 56 |
| 6.5 | Metodología Aplicada Para Identificar Los Modos Y Efectos De Falla..... | 56 |
| 6.6 | Metodología Usada Para Llenar Las Hojas De Trabajo De Información RCM II | 56 |
| CAPÍTULO 7 | | 59 |
| PROGRAMAS PROPUESTOS..... | | 59 |
| 7.1. | Consideraciones Básicas | 59 |
| 7.2. | Documentación Del Programa De Mantenimiento Para El Equipo De Rehabilitación De Pozos PAR-03 Basado En El Análisis Del Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad..... | 60 |
| 7.2.1. | Mantenimiento Preventivo..... | 60 |
| 7.2.2. | Plan de Inspección de Rutina..... | 64 |
| 7.3. | Determinación De Los Costos Semestrales De Los Planes De Mantenimiento Preventivo Propuestos | 67 |
| 7.3.1. | Costos De Materiales | 67 |
| 7.3.2. | Costos De Mano De Obra | 68 |
| 7.3.3. | Horas Hombres Involucrados En El Plan De Mantenimiento Preventivo Propuesto | 69 |
| CAPÍTULO 8 | | 70 |
| EVALUACIÓN ECONÓMICA | | 70 |
| 8.1. | Flujo Neto De Efectivo..... | 70 |
| 8.2. | Tasa Mínima Atractiva De Retorno (TMAR) | 72 |
| 8.3. | Método De Valor Presente Neto (VPN)..... | 72 |
| 8.4. | Tasa Interna De Retorno (TIR)..... | 73 |
| CONCLUSIONES | | 75 |
| RECOMENDACIONES | | 77 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 78 |
| APÉNDICE | | ¡Error! Marcador no definido. |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 2.1 Resumen de las Fallas | 9 |
| Tabla 4.1: Criterio de Evaluación | 39 |
| Tabla 4.2: Matriz de criticidad de los equipos PAR-02 y PAR-03 | 40 |
| Tabla 4.3: Comparación de la confiabilidad para un tiempo de 30 horas..... | 41 |
| Tabla 5.2: Historial de fallas del equipo WORK-OVER PAR-03..... | 43 |
| Tabla 5.3: Resultados de F(i) para los TEF Ordenados de la Data..... | 47 |
| Tabla 5.4: Valores Obtenidos con el Software Autocon 1.0..... | 48 |
| Tabla 5.5: Comparación de las Funciones de Confiabilidad..... | 49 |
| Tabla 5.6: Datos ordenados de los tiempos fuera de servicios. | 51 |
| Tabla 5.7: Resultados de la Disponibilidad del Equipo | 53 |
| Tabla 6.1: Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)..... | 58 |
| Tabla 7.1: Hoja de Decisión..... | 63 |
| Tabla 7.2: Control diario de Mantenimiento..... | 64 |
| Tabla 7.3: Reporte diario de fallas | 65 |
| Tabla 7.4: Control de Mantenimiento de Equipos Mecánicos..... | 66 |
| Tabla 7.5: Control de Mantenimiento equipos Eléctricos..... | 67 |
| Tabla 7.6: Salario en Horas de la Fuerza Laboral Involucrados en los Planes de Mantenimientos..... | 69 |
| Tabla 8.1: Costos Totales del Programa de Mantenimiento Propuesto | 70 |
| Tabla 8.2: Tasa Interna de Retorno | 74 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1: Diagrama Organizacional de la Empresa. | 3 |
| Figura 2.2 Optimización de la confiabilidad Operacional | 11 |
| Figura 2.3: Esquema de la Gestión de Mantenimiento | 16 |
| Figura 8.1: Diagrama de Flujo Neto Efectivo..... | 71 |

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 Descripción De La Empresa

Perforaciones Albornoz, C.A. (PERFOALCA), es una empresa de servicios, se encuentra domiciliada en la **Avenida Mariño – Zona Industrial de San José de Guanipa, estado Anzoátegui**. Fue fundada en el año 1.996, inscrita ante el Registro Mercantil de la Circunscripción Judicial del Estado Anzoátegui, bajo el N° 9, TOMO A-7, con el fin de prestar servicios de perforación y rehabilitación de pozos a la industria petrolera. Cuenta con los siguientes números telefónicos: (0283-2553790, 2554395). Fax: 0283-2550464. E-mail: www.perfoalca@cantv.net

1.1.1 Visión De La Empresa:

Esta proyectada a ser una empresa líder de servicios petroleros y enfrentar los retos que supone los con las corporaciones petroleras en el país y en especial con Petróleos de Venezuela (PDVSA), su principal cliente.

1.1.2 Misión De La Empresa:

Perforaciones Albornoz, C.A. (PERFOALCA) tiene como misión prestar un servicio de alta calidad, a través de normas y procedimientos que le permitan elevar la cantidad de clientes.

1.1.3 Objetivos De La Empresa:

- ✓ Prestar servicio de perforación y rehabilitación de pozos petroleros y otros servicios especializados a la industria petrolera.
- ✓ Prestar servicio de reparación, reacondicionamiento y completación de pozos (work – over)
- ✓ Perforaciones Albornoz, C.A. tiene entre sus objetivos cuidar y velar por la integridad física de su personal, el buen funcionamiento de sus equipos, así como de sus instalaciones propias y las de sus clientes.
- ✓ Cuidar la permanencia de las condiciones ambientales, oponiéndose a la contaminación, adición o eliminación de cualquier sustancia o forma de energía al medio ambiente que altere de manera adversa el equilibrio de la naturaleza.

1.1.4 Organigrama O Estructura Administrativa:

PERFOALCA tiene una estructura organizativa en forma vertical, cuenta con un equipo humano consono con sus necesidades, debido a su forma de organización sin carga burocrática, mantiene un nivel de gastos de personal muy bajos.

Los organigramas son instrumentos idóneos para plasmar y transmitir en forma gráfica y objetiva la composición de una organización.

Según el organigrama presentado por la empresa, esta se encuentra conformada por los departamentos administrativos, operativos y órganos de control. Ver organigrama anexo.

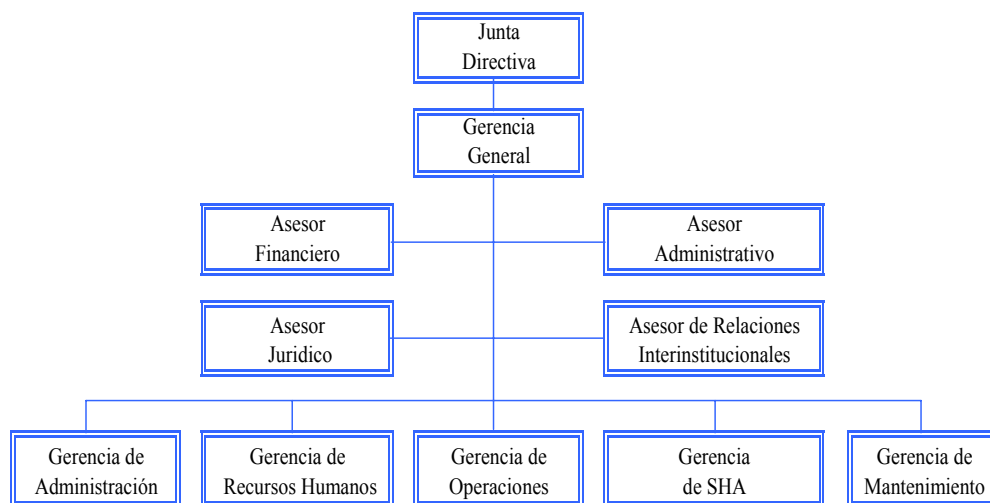


Figura 1.1: Diagrama Organizacional de la Empresa.
Fuente: Perforaciones Albornoz C.A.

1.2 Planteamiento Del Problema

Perforaciones Albornoz, C.A. Servicios Petroleros (PERFOALCA), es una empresa de servicios, dedicada a la perforación y rehabilitación de pozos petroleros, ofrece sus servicios a organizaciones como Petróleos de Venezuela y sus filiales, con un alto estándar de calidad. Además cumple con la tarea de explotar y mantener los pozos administrados por Petróleos de Venezuela, S.A., (PDVSA) a fin de obtener una alta rentabilidad por el servicio prestado.

Con la finalidad de lograr excelencia en el servicio, la empresa cuenta con un calificado personal identificado con ella. El departamento de mantenimiento de la empresa ha detectado deficiencias en la calidad del servicio, así como pérdidas en la producción a causa de la ausencia de un adecuado plan de gestión de mantenimiento en los equipos de rehabilitación de pozos (work-over), los cuales son empleados en las actividades de rehabilitación de pozos petroleros y están operando en la empresa desde hace ocho años aproximadamente, en este tiempo han requerido de diversos trabajos de mantenimiento tanto predictivo, preventivo como correctivo.

Entre las fallas que presentan los equipos se encuentran: el malacate no ofrece la potencia requerida para subir o bajar las diferentes cargas, bloque viajero presenta incapacidad para sostener las cargas que le son colgadas, fallas de los rodamientos del conjunto de poleas del bloque corona, fugas de fluidos por los sellos de la unión giratoria o swivel, falta de presión de aceite en la llave hidráulica de tubería y en la llave hidráulica de cabillas. Estos datos pertenecen a un historial de fallas de equipos que es monitoreado por el departamento de mantenimiento.

Si estas no son corregidas a tiempo, causa divergencias entre el tiempo acordado por la empresa y el cliente para la realización de las actividades y el tiempo real que implica la ejecución de las correspondientes operaciones, en consecuencia, acarrea considerables pérdidas económicas para la empresa por incumplimiento de contrato, aumento de los costos de mantenimiento y reducción en los niveles de confiabilidad operacional de los equipos.

Sobre la base de lo anterior, la gerencia de mantenimiento, se ha visto en la necesidad de **“establecer un sistema indicador de gestión de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos de rehabilitación de pozos (work-over)”**, dado que estos equipos realizan actividades que están programadas a desarrollarse dentro de un ajustado cronograma de ejecución, lo que exige un elevado nivel de confiabilidad operacional en los equipos, que garantice el cumplimiento de las actividades en el tiempo de ejecución estipulado, con los recursos físicos y financieros asignados.

Este trabajo tiene como propósito hacer un análisis de la criticidad para jerarquizar el estado de los sistemas que conforman los equipos en estudio, establecer las prioridades de mantenimiento que requiera cada uno de los sistemas que lo componen de acuerdo a su estado crítico, para evitar pérdidas acarreadas en el nivel

de producción, en recursos económicos, por lo contrario mejorar la calidad del servicio e imagen de la empresa.

En la realización de este proyecto se estudiará la confiabilidad operacional de las unidades consideradas, se utilizará la metodología de **mantenimiento centrado en confiabilidad**, ya que es una técnica que ha demostrado su eficiencia en jerarquizar las tareas de mantenimiento a los equipos de mayor índice de criticidad en su contexto operacional.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Establecer un sistema indicador de gestión para el control del mantenimiento centrado en confiabilidad de los equipos de rehabilitación de pozos (work-over) de una empresa de perforación y rehabilitación de pozos petroleros.

1.3.2 Objetivos Específicos

- 1** Diagnosticar las condiciones actuales de mantenimiento de los equipos de manteniendo de pozos (work-over) empleados en la rehabilitación de pozos petroleros.
- 2** Determinar los niveles de criticidad de los equipos de rehabilitación de pozos (work-over) basándose en el Método de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
- 3** Examinar los índices de gestión de mantenimiento actuales de los equipos empleados en la rehabilitación de pozos petroleros.
- 4** Elaborar un programa de gestión mantenimiento basado en el método de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
- 5** Evaluar económicamente el programa de mantenimiento propuesto, utilizando el método del valor presente.

1.4 Justificación

El motivo principal de esta investigación es conocer la gestión operativa y de mantenimiento de los equipos de rehabilitación de pozos, basándose en los índices de gestión de mantenimiento, en la aplicación y diseño del método de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) con la finalidad de mejorar el historial de funcionamiento de los mismos y disminuir significativamente o eliminar en su totalidad las fallas que estos presentan, con el fin de reducir los costos de mantenimiento, y definir el tipo de mantenimiento a aplicar.

1.5 Alcance

Con la realización de este proyecto se pretende realizar una propuesta a la empresa que permita optimizar la gestión de mantenimiento de los equipos de rehabilitación de pozos, y ser tomada como patrón para aplicarla a los demás equipos operados por la misma.

1.6 Limitaciones

Las limitaciones están definidas por el tiempo establecido para un proyecto con estas características y la verificación de los objetivos propuestos toda vez impuesto; en cuanto la información necesaria para su ejecución como: historiales de fallas, características de los equipos, etc., no hubo limitación debido a que la empresa facilitó toda la necesaria.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Rehabilitación De Pozos Petroleros.

Son actividades realizadas a pozos petroleros con la finalidad de colocarlos en producción una vez culminada su perforación (completación original) o modificarle las características de operación para restaurar y/o aumentar la cantidad de petróleo aportada por dichos pozos (rehabilitación de pozos).

Para llevar a cabo dichas actividades de rehabilitación, son utilizados los denominados equipos de rehabilitación de pozos (work-over).

2.2 Equipos De Rehabilitación De Pozos (Work-Over).

Son máquinas usadas para la rehabilitación de pozos petroleros, están conformados por 4 sistemas que funcionan en conjunto para ejecutar los trabajos para las cuales son usados.

Normalmente estos equipos se caracterizan por la potencia (Hp) de su motor y la capacidad para manipular cargas (Ton). En este trabajo se estudiaron equipos de 350 Hp, con capacidad para manejar hasta 150 Ton.

2.2.1 Sistema de Potencia.

Ofrece energía motriz al equipo, esta conformado principalmente por un motor, una transmisión (caja de velocidades), un acople que transmite dicha energía al malacate principal (caja PTO) que se encarga de mover a través de un tren de engranes y cadenas el malacate principal o el secundario según sea requerido.

2.2.2 Sistema de Izamiento o Izaje.

Es el encargado de manejar las cargas de herramientas, sarta de tuberías, sarta de cabillas, etc. esta conformado por:

- Malacate principal
- Malacate secundario (suawo)
- Winche hidráulico
- Torre de perforación
- Bloque corona
- Boque viajero
- Gancho
- Unión giratoria (suivel)

2.2.3 Sistema Hidráulico.

Suministra energía al winche hidráulico para levantar las distintas herramientas empleadas (elevadores, mechas, limas, etc.), la llave de tubería y llave de cabilla para enroscar y desenroscar la respectiva sarta de tuberías y cabillas de los pozos, este sistema se compone de una bomba de aceite que genera una presión de 1800 psi, es impulsada por el motor a través de un acople mecánico.

2.2.4 Sistema Eléctrico.

Está compuesto por dos subsistemas:

- ✓ El primero esta conformado por una batería de 12 voltios DC que abastece al alternador, el motor de arranque y la iluminación del equipo (Faros delanteros, luces direccionales y luces traseras).
- ✓ El segundo está integrado por las lámparas de 220 voltios AC, empleadas para iluminar la torre de perforación, la planchada y la zona donde se aloja el

motor y los malacates del equipo. La energía para este subsistema proviene de un generador eléctrico de 600 VA que es alquilado a una empresa externa.

2.3 Descripción De Las Fallas Que Presentan Los Equipos Work-Over

Se dice que un equipo ha fallado, cuando ha perdido la capacidad para cumplir su objetivo, en el caso de los equipos work-over presentan fallas en los diversos sistemas que las componen, impidiendo la normal realización de sus actividades.

En la tabla 4.1 se presenta un resumen de algunas de las fallas que ocurrieron en los equipos durante el periodo comprendido entre marzo de 2007 y enero de 2008, su fecha y hora de inicio y culminación y el sistema que fallo; las cuales serán tomadas en cuenta para el cálculo de los indicadores de gestión de mantenimiento y el análisis de criticidad. Cabe destacar que estas no son todas las fallas que presentaron los equipos; solo son una muestra de alguna de ellas.

Tabla 2.1 Resumen de las Fallas

| INICIO | | CULMINACION | | FALLA | SISTEMA |
|----------------|----------|-------------|----------|------------------------------------------------|-----------|
| FECHA | HORA | FECHA | HORA | | |
| Equipo: PAR-02 | | | | | |
| 08/06/2007 | 20:00:00 | 08/06/2007 | 21:00:00 | Reemplazo de sellos de unión giratoria | Izamiento |
| 08/07/2007 | 0:28:00 | 08/07/2007 | 9:28:00 | Reparación de lámparas en torre de perforación | Eléctrico |
| 27/07/2007 | 11:10:00 | 27/07/2007 | 2:25:00 | Corte y corrida de guaya | Izamiento |
| 06/08/2007 | 19:29:00 | 06/08/2007 | 22:29:00 | Corte y corrida de guaya | Izamiento |
| 25/08/2007 | 23:56:00 | 26/08/2007 | 08:56:00 | Reemplazo de crucetas cardan principal | Potencia |
| 09/10/2007 | 16:23:00 | 10/10/2007 | 00:00 | Reemplazo de rodamientos bloque corona | Izamiento |

| Equipo: PAR-03 | | | | | |
|----------------|----------|------------|----------|----------------------------------------|------------|
| 12/03/2007 | 13:57:00 | 12/03/2007 | 19:03:00 | Reemplazo de crucetas cardan principal | Potencia |
| 08/04/2007 | 13:39:00 | 08/04/2007 | 23:00:00 | Reemplazo de caja de velocidades | Potencia |
| 19/05/2007 | 5:12:00 | 19/05/2007 | 5:30:00 | Reemplazo de mangueras de presión | Hidráulico |
| 27/07/2007 | 13:35:00 | 27/07/2007 | 14:07 | Reemplazo manguera de agua motor | Potencia |
| 08/08/2007 | 7:26:00 | 08/08/2007 | 12:37 | Reemplazo pasadores encuelladero | Izamiento |
| 04/10/2007 | 5:56:00 | 04/10/2007 | 11:20:00 | Mtto bomba de inyección del motor | Potencia |

Fuente: Elaboración Propia

2.4 Confiabilidad Operacional.

Se define la confiabilidad operacional como “la capacidad que tiene una instalación de cumplir en forma eficiente, el propósito que será de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.”

2.3.1 Mejora De La Confiabilidad.

Se define la mejora de la confiabilidad operacional de la siguiente manera “es un método sistemático para identificar y eliminar las fallas que evitan que se logren las metas de la organización”.

“El proceso identifica y aplica las medidas correctivas para eliminar las fallas: humanas, de equipos y en los sistemas operativos que a su vez resultan mejoras y un desarrollo sustentable”.

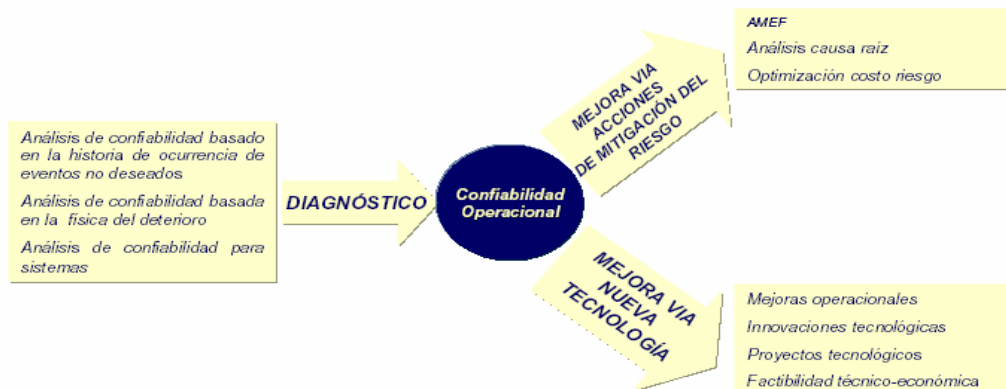


Figura 2.2 Optimización de la confiabilidad Operacional

Fuente:(Manual de confiabilidad; Perdomo, M.)

2.5 Mantenimiento.

La primera generación del mantenimiento cubre el periodo hasta el final de la II Guerra Mundial, en esta época las industrias tenían pocas máquinas, eran muy simples, fáciles de reparar u normalmente sobredimensionadas. Los volúmenes de producción eran bajos, por lo que los tiempos de parada tenían poca importancia. La prevención de fallas en los equipos no era de alta prioridad gerencial, y solo se aplicaba el mantenimiento reactivo o de reparación.

La modernización y el aumento de la competitividad de la industria, trae consigo que esta se halla visto en la tarea de realizar procesos cada día más eficaces, que aumente a la máxima cantidad posible la calidad reduciendo los costos, en un tiempo de elaboración de los productos cada vez más cortos.

Uno de los acontecimientos que produce paradas no deseadas y retardos en la producción son las averías y fallas. Es por ello que es realmente necesario la aplicación de un mantenimiento eficiente acorde con las posibilidades monetarias, lo cual asegura mediante la reducción de fallas una producción continua, larga vida útil

de los equipos, disminución de accidentes laborales; traduciéndose esto en mejoras en los dividendos económicos.

2.4.1 Definición

Es una actividad dinámica donde interactúan varias variables complejas dentro de un patrón aleatorio que se fundamenta en la teoría de probabilidades, y su objetivo es la maximización de la efectividad del sistema, sin sacrificar la seguridad y el ambiente. Esta actividad debe ser susceptible a ser: Planificada, Dirigida y Controlada a través de una **gerencia general de mantenimiento** que tiene como funciones primarias:

- Control de trabajos y equipos: capacidad de parar selectivamente (suspender) la ejecución de procesos y continuar (reanudar) su ejecución posteriormente
- Control de materiales: es la optimización del uso del almacén, Inventarios y Compras se ven reflejadas en las importantes reducciones que se consiguen en los mismos y en la disminución del número de áreas de almacenamiento, menor riesgo por obsolescencia, optimización de los procesos productivos, disminución de nómina, seguros, mantenimiento y procesamiento de pedidos.
- Control de costos: son los costos acarreados por una parada no planificada al equipo, estos incluyen mano, materiales y herramientas, y un porcentaje de los ingresos por incumplimiento del servicio a tiempo.
- Reporte a la gerencia: informe del personal de mantenimiento presentado al gerente de este departamento donde se exponen, todas aquellas acciones de mantenimiento seleccionadas para ejecutar y se contrastan con las realmente realizadas y las no efectuadas.

Estas funciones deben ser interconectadas por una base de datos que incluyan, entre otros, los registros de los equipos. El mantenimiento debe ser analizado como un sistema abierto donde interactúan varias variables complejas.

2.4.2 Objetivos del Mantenimiento.

Entre los objetivos del mantenimiento se tienen:

- Mejorar continuamente los equipos hasta su mas 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

2.4.3 Evolución del Mantenimiento:

Los sistemas que ha desarrollado el mantenimiento para organizar, ejecutar y controlar sus actividades son:

2.4.3.1 Sistema Correctivo: consiste en intervenir con una acción de reemplazo de un componente, cuando el fallo se ha producido.

Ventajas: se aprovecha al máximo la vida útil del equipo; no hay necesidad de detener el equipo ni velar por programaciones establecidas.

Desventajas: ocurrencia aleatoria de falla, con menor disponibilidad, y mayores costos.

2.4.3.2 Sistema Preventivo: Acciones programadas con el objetivo de disminuir las fallas aleatorias con acciones preventivas. Se introducen nuevos costos, pero se reducen las reparaciones. El mantenimiento preventivo requiere personal más calificado.

Ventajas: Incrementa la disponibilidad de los equipos y la seguridad garantiza la planificación de los recursos.

Desventajas: el costo que implica la parada del equipo.

2.4.3.3 Sistema Predictivo: la acción de mantenimiento está basada en las condiciones actuales del equipo.

Ventajas: se requiere cuando los resultados del diagnóstico así lo requieren. El mantenimiento está basado en las inspecciones programadas y en el monitoreo.

Desventajas: elevado costo de los equipos y el personal para el diagnóstico: Por ello no todo el equipo se le ejecuta y realiza este tipo de mantenimiento. Sólo el 20% de los componentes causan el 80% de las fallas.

2.6 Gestión De Mantenimiento

La premisa de los departamentos de mantenimiento está basada en la necesidad de mejorar la productividad, la toma de decisiones acertadas, el manejo de un amplio volumen de información y la evaluación eficaz del desempeño de los equipos industriales, hace que esos adecuen sus recursos, e implanten nuevos procesos, con el fin de mejorar la gestión de mantenimiento.

En el artículo “**La Gestión de Mantenimiento: Un enfoque completo de calidad**” se conceptúa la palabra **Gestión** como un proceso sistemático para la correcta disposición de recursos y que debe asegurar el constante y adecuado desempeño de los bienes y activos administrativos. Plantea que una **Gestión de Mantenimiento** debe basarse en asegurar la confiabilidad en los equipos, sistemas y máquinas de una manera sistemática, segura y al menor costo posible. Se pueden realizar labores de mantenimiento siguiendo procedimientos muy básicos y muy simples. Por ejemplo en las inspecciones y utilizando, a su vez, registros manuales. No obstante, la correcta disposición de toda esa información y aplicación de procedimientos claros y bien definidos hace que el personal desarrolle una labor de manera consistente respetando los estándares previamente definidos, obteniendo así resultados de gran calidad. La calidad de la gestión de mantenimiento está en las personas, en cada uno de sus actos, en la aplicación de herramientas de análisis adecuadas, en la obtención de resultados en base al raciocinio y no a la improvisación al azar. La adecuada disposición de procedimientos y la sistematización de los procesos, aseguran la reproducibilidad de acciones con lo cual se garantiza la calidad y se solventa la necesidad del cliente.

2.5.1 Funciones Básicas del Proceso de Gestión de Mantenimiento

Planificar

Consiste en decidir lo que habrá que hacerse en el futuro e incluye definición de objetivos, las vías para cumplirlas y la mejor manera de utilizar los recursos.

Organizar

Se encarga de distribuir las tareas o actividades, agruparlas por áreas y asignar los recursos para realizar el mantenimiento.

☑ **Dirigir**

Guía y motiva a sus subordinados para conseguir los objetivos deseados o predeterminados por la empresa.

☑ **Control**

Conjuntos de actividades que se utilizan para comprobar si los resultados que se alcanzaron están de acuerdo con los objetivos o metas prefijadas y las causas de dichas desviaciones, permitiendo así tomar las acciones necesarias para mejorar los resultados.

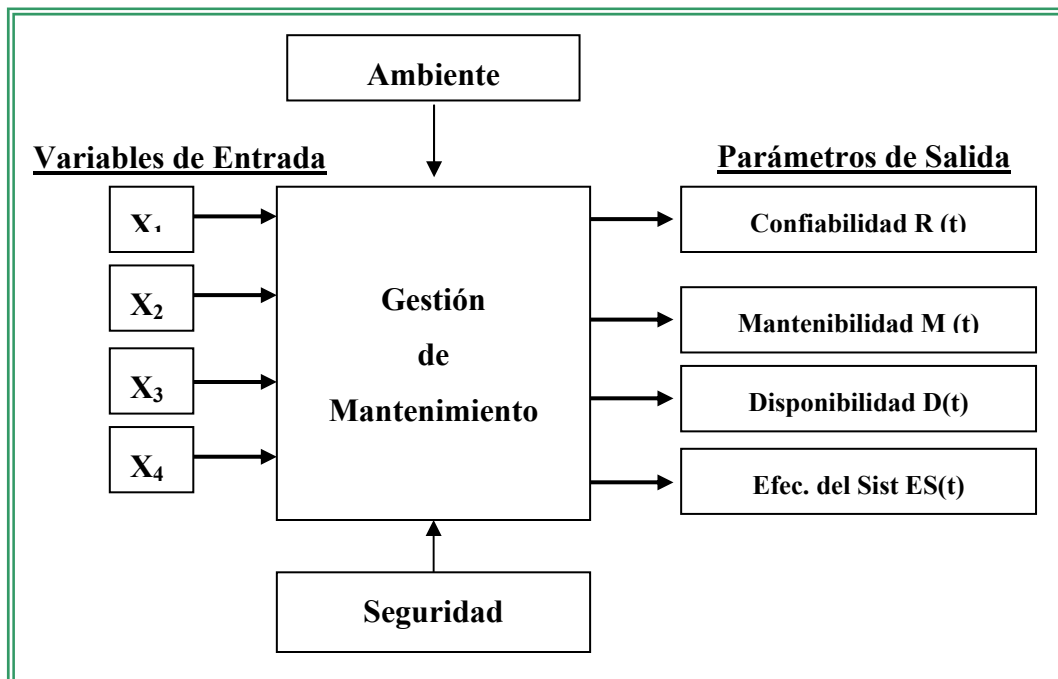


Figura 2.3: Esquema de la Gestión de Mantenimiento
Fuente:(Bravo L, 2005)

2.5.2 Importancia De La Gestión De Mantenimiento

La importancia de la gestión de mantenimiento viene dada, entre otros factores, por:

- ☑ La gestión de mantenimiento compromete la rentabilidad de la empresa: de allí que los recursos utilizados deben ser analizados exhaustivamente.
- ☑ La calidad de los productos esta asociada íntimamente con ka gestión de mantenimiento; no se pueden mantener unas especificaciones técnicas de producción sin una buena gestión de mantenimiento.
- ☑ La operatividad y conservación de los equipos son fundamentales para lograr un volumen de producción establecido.
- ☑ El desarrollo tecnológico asume más sofisticados y de mayores precios, lo que presume su conservación.

El análisis de la data y los indicadores de gestión dan origen a la ingeniería de mantenimiento donde se utilizan los parámetros básicos de mantenimiento los cuales proporcionan los tiempos entre fallas (TEF) que sirven para determinar la **confiabilidad** y, el tiempo fuera de servicio (TSF) que se emplea para poder establecer la **mantenibilidad**, haciendo un análisis sistemático de estos dos tiempos proporcionan la **disponibilidad o efectividad del equipo**.

2.5.3 Indicadores De Gestión De Mantenimiento

2.5.3.1 Confiabilidad O Fiabilidad [R(t)]

Es la probabilidad de que un sistema, equipo o componente opere sin presentar fallas o averías determinado bajo condiciones de operación establecidas. Estadísticamente, la confiabilidad de un componente o sistema $[R(t)]$ se define, como la probabilidad de que dicho componente no falle durante el intervalo $[0,t]$ o lo que es lo mismo a la probabilidad de que falle en un tiempo mayor que t. Siendo $R(t) = P(T > t)$ y t la

duración del componente. Si $f(t)$ es la función de densidad de probabilidad, la probabilidad de que el componente falle en el intervalo de 0 a t esta dada por:

Frecuencia de falla

$$F(t) = \int_0^t f(t).dt$$

(Ec.2.1)

Siendo la confiabilidad

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (\text{Ec.2.2})$$

Para el cálculo de la Confiabilidad y Mantenibilidad se emplean métodos matemáticos y estadísticos, dependiendo del tipo de data y del sistema mantenido, así como de sus características. Los métodos estadísticos para estimar la confiabilidad son:

- Métodos paramétricos:
 1. Distribución Exponencial.
 2. Distribución de Weibull.
 3. Distribución Carga – Resistencia
- Métodos no paramétricos.

2.5.3.1.1 Distribución De Weibull

La distribución estadística de Weibull es aplicable al estudio de la confiabilidad en problemas relativos a la fatiga y vida de los componentes y materiales. El modelo weibull es muy flexible, tiene tres parámetros que permiten ajustar a la data experimental u operacional a dicha distribución. La ley de distribución de weibull representa todos los periodos de vida del equipo.

Las funciones de la distribución de Weibull están dadas por las siguientes expresiones matemáticas:

Función Confiabilidad:

$$R(t) = \ell \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Función de Falla:

$$F(t) = 1 - \ell \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Función de Razón de falla:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

Densidad de Probabilidad:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} * \ell \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \quad (\text{Ec. 2.6})$$

2.5.3.2 Mantenibilidad

Es la probabilidad de duración de tiempo que se realiza en una reparación o probabilidad de que a un equipo le sean restauradas sus condiciones, cuando el mantenimiento es ejecutado de acuerdo a procedimientos preestablecidos. La mantenibilidad es figura de merito relacionada al tiempo en que un equipo se encuentra inoperante.

Probabilidad de “duración de reparación”

$$\mathbf{M(t)Prob(TTR \leq t_i)} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

2.5.3.2.1 Ley de Gumbell

La ley de los valores extremos o Gumbell Tipo I es frecuentemente usada en cálculos de Mantenibilidad en lugar de Log – normal ya que posee un papel funcional que permite su utilización sin recurrir a cálculos complejos. Su función de probabilidad es:

$$Prob(TTR) < e^{-e^{-\alpha(T-\mu)}} \quad (\text{Ec. 2.8})$$

Donde:

T: tiempo real que se empleará en la ejecución del próximo trabajo

T: tiempo estimado para el próximo trabajo

a: parámetro de forma (inverso de la pendiente)

μ : parámetro de posición (tiempo característico para reparar) correspondiente a la probabilidad del 37%

$$TPFS_{GUMBELL} = \mu + 0.5778/\alpha \quad (\text{Ec. 2.9})$$

El $TPFS_{GUMBELL}$ debe tener un valor aproximadamente igual al del $TPFS_{DATA}$ para poder asegurar que la data es realmente representada por esta distribución.

2.5.3.3 Disponibilidad

Es la probabilidad que tiene un sistema o un equipo de estar disponible para su uso durante un “t” cualquiera. Depende de la mantenibilidad y la confiabilidad.

Se caracteriza por la razón de servicio $D(t)$.

$$D(t) = \frac{TPEF}{TPEF + TPFS} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Donde:

TPFS= Tiempo promedio fuera de servicio.

TPEF= Tiempo promedio entre fallas.

2.7 Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (MCC)

El MCC es una filosofía de mantenimiento desarrollada durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas, es decir, es una técnica basada en el análisis funcional, organizado, lógico y documentado, para construir o modificar un plan de mantenimiento, conservando el mejor balance entre su costo y la confiabilidad del servicio.

El Mantenimiento “MCC” pone tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de la misma mediante:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.

- ☑ Manteniendo mucha atención en las tareas del Mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

2.6.3 Las 7 preguntas básicas para el análisis del MCC.

El MCC se basa en 7 preguntas clave para su aplicación las cuales son:

- 1.- ¿Cuáles son las funciones que debe cumplir el equipo en su contexto actual de operación?
- 2.- ¿De que manera puede evitar una falla que el equipo pueda cumplir con sus funciones?
- 3.- ¿Cuáles son las causas de cada falla funcional?
- 4.- ¿Que pasa cuando ocurre cada falla funcional?
- 5.- ¿De que manera importa cada falla?
- 6.- ¿Qué se puede hacer para prevenir cada falla funcional?
- 7.- ¿Qué debe hacerse en caso de no encontrar una tarea preventiva apropiada?

(Moubray j, 1997)

Para la resolución de estas preguntas se cuenta con técnicas de confiabilidad como el AMEF (Análisis de los modos y Efectos de las Fallas) y ALD (Árbol Lógico de Decisión). La primera ayuda a determinar las consecuencias de los modos de falla de cada activo en su contexto operacional, mientras que la segunda permite decidir cuales son las actividades de mantenimiento mas adecuadas. La primera técnica

ayuda a responder las cuatro primeras preguntas, y la segunda ayuda a responder las restantes. (Moubray J., 1997)

2.6.4 Pasos para la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

- ☑ Funciones y estándares de funcionamiento: el inicio de la aplicación conceptual del M.C.C consiste en determinar las funciones específicas y los estándares de comportamiento funcional asociado a cada uno de los elementos de los equipos objeto de estudio, en su contexto operacional, con lo cual se logra responder la primera pregunta.
- ☑ Fallos funcionales: luego de determinar las funciones y los estándares de comportamiento funcional de cada uno de los elementos que componen el equipo al que se le aplicara el M.C.C. se define la forma en que puede fallar cada elemento en el cumplimiento de sus deberes. Esto arrastra al término de fallo funcional, el cual se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para cumplir con los estándares de funcionamiento deseado.
- ☑ Modos de fallo: el paso siguiente que se debe concretar es el de conocer ¿cuál de los modos de fallo tienen mayor posibilidad de causar la pérdida de una función? y determinar de una vez, ¿cuál es la causa origen de cada falla? así como procurar que cada modo de fallo sea considerado en el nivel más apropiado.
- ☑ Efectos de los fallos: consiste en determinar los efectos o lo que pasa cuando ocurre una falla.

- Consecuencia de los fallos: el objetivo primordial de este paso es determinar cómo y cuanto importa cada falla, para tener un claro consentimiento si una falla requiere o no prevenirse. El M.C.C. clasifica las consecuencias de los fallos de la siguiente forma:
- a) **Consecuencia de fallos no evidentes:** son aquellos fallos que no tienen un impacto directo, pero que pueden originar otros fallos con mayores consecuencias a la organización. Por lo general este tipo de fallas es generada por dispositivos de protección, los cuales no poseen seguridad inherente. El M.C.C. le da a este grupo de fallos una alta relevancia, adoptando un acceso sencillo, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.
 - b) **Consecuencia en el medio ambiente y la seguridad:** el M.C.C. presta mucha atención al impacto que genera en el ambiente la ocurrencia de una falla, así como las repercusiones en la seguridad (tomando en consideración los artículos y disposiciones de leyes y reglamentos hechas para legislar en este campo) haciéndolo antes de considerar la cuestión del funcionamiento.
 - c) **Consecuencias operacionales:** son aquellas que afectan la producción, por lo que repercuten considerablemente en la organización (calidad del producto, capacidad, servicio al cliente o costos industriales además de los costos de reparación).
 - d) **Consecuencias no operacionales:** son aquellas ocasionadas por cierta clase de fallos que no generan efectos sobre la producción ni la seguridad, por lo que el único gasto presente es el de la reparación.

2.8 Análisis De Los Modos Y Efectos De Falla (AMEF)

El análisis de los modos efectos y 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 que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. Ha que tener presente que la realización del AMEF, constituye la parte más importante del proceso de implantación del MCC, ya que a partir del análisis realizado por los grupos de trabajo MCC, los distintos activos en su contexto operacional, se obtendrá la información necesaria para poder prevenir las consecuencias o efectos de las posibles fallas, a partir de la selección adecuada de actividades d mantenimiento, las cuales actuarán sobre cada modo de falla y sus posibles consecuencias.

Por lo expresado anteriormente se deduce que el objetivo básico del AMEF, es encontrar todas las formas o modos en los cuales puede fallar un activo dentro de un proceso, e identificar las posibles consecuencias o efectos de las fallas en función de tres criterios básicos para el MCC: seguridad humana, ambiente operaciones (producción) para poder cumplir con ese objetivo, los grupos de trabajo MCC, deben realizar el AMEF siguiendo la siguiente secuencia:

1. Explicar a funciones de los activos del área seleccionada y sus respectivos estándares de ejecución.
2. Definir las fallas funcionales asociadas a cada función del activo.
3. Definir los modos de fallas a cada falla funcional.
4. Establecer los efectos o las consecuencias asociadas a cada modo de fallas.

(Parra C, 2005)

2.9 Análisis De Criticidad

Es la herramienta que permite establecer niveles jerárquicos en sistemas, equipos y componentes en función del impacto global que generan, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones. Es el análisis de criticidad que establece un orden de prioridades de mantenimiento sobre una serie de instalaciones y equipos, otorgando

un valor numérico o estatus, en función de una matriz que combina la condición actual del equipo, el nivel de producción de cada equipo o instalación, el impacto ambiental y de seguridad.(PDVSA, 2000)

2.10 Evaluación Económica

La evaluación económica de proyectos tiene como objetivo la apreciación, desde el punto de vista financiero, de que una opción permite recuperar la inversión en un plazo de tiempo razonable que sea rentable para la empresa. La principal razón para llevar adelante proyectos de inversión es proteger o mejorar la capacidad productiva de la empresa.

Para que un proyecto sea rentable debe recuperar durante su periodo de vida la inversión y proporcionar ganancias que justifiquen el capital invertido. La evaluación de proyectos de inversión relaciona una gran cantidad de conceptos básicos, cuyo uso depende del método a utilizar en la evaluación.

Existen varios métodos de análisis que se pueden emplear para calcular la rentabilidad económica del proyecto. Esto implica que el método de análisis debe tomar en cuenta el cambio de valor real del dinero a través del tiempo, es aquí donde toma importancia la ingeniería económica, pues pone a disposición un conjunto de técnicas matemáticas que permiten hacer comparaciones de dinero a través del tiempo en solo instante.

Uno de los métodos de evaluación económica es método del **Valor Presente Neto (VPN)**, el cual consiste en sumar los flujos descontados de un horizonte de tiempo en el presente y restarle la inversión inicial, es decir, comparar todos los flujos de caja esperados contra los desembolsos necesarios para producir esas ganancias, en términos de su valor equivalente en este momento o tiempo cero. Para aceptar un proyecto las ganancias deben ser mayores que los desembolsos, lo cual dará por

resultado que el *VPN* sea mayor que cero, por lo que este método proporciona un resultado fácilmente interpretable en términos monetarios con una solución muy rígida. **(Baca, U., 2006)**

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo De Investigación.

La investigación del problema se planificó teniendo en cuenta tres (03) factores fundamentales.

Según el propósito: la investigación es aplicada, debido a que los resultados podrán ser aplicados en la solución del problema, además se apoyó dentro de un contexto teórico, el cual depende directamente de sus descubrimientos; este tipo de investigación se caracteriza por confrontar la teoría con la realidad.

Según Salazar (1997), los trabajos de investigación aplicada, “son cuándo se busca conocimientos con fines de aplicación inmediata a la realidad, para modificarla. Su propósito es presentar soluciones a problemas prácticos para mejora.”(p.27)

Según el nivel de conocimiento: la investigación es descriptiva, ya que, abarcará la descripción, registros, análisis e interpretación de la naturaleza o estado actual del problema.

Según Bavaresco (1994), los trabajos de investigación descriptiva: “Consisten en describir y analizar sistemáticamente características homogéneas de los fenómenos estudiados sobre la realidad”. (p24)

Según la estrategia a utilizar: la investigación es de campo, la cual representará el resultado del análisis sistemático del problema en relación al resultado de los datos que se obtendrán directamente en el sitio de estudio, con el propósito de explicarlos tomando en consideración sus causas y efectos los cuales permiten desarrollar acciones y respuestas para el control de la emergencia.

Según Bavaresco (1994), los trabajos de investigación de campo: “Se realizan en el sitio donde se encuentra el objeto en estudio, ello permite el conocimiento mas a fondo del problema por parte del investigador y puede manejar los datos con mas seguridad.” (p28)

3.2 Población y Muestra.

En la ejecución de este proyecto, estuvo involucrado el personal del departamento de mantenimiento de la empresa, (un gerente de operaciones, dos analistas de mantenimiento y tres mecánicos) encargado de efectuar las actividades concernientes al mantenimiento de los dos equipos de rehabilitación de pozos work-over utilizados por empresa en la rehabilitación de pozos petroleros. La muestra fue el equipo más crítico proveniente del estudio de la criticidad realizado a cada uno de estos de forma separada. En este sentido, no resulto necesario la aplicación de fórmulas estadísticas de muestreo, dado que el estudio de un equipo representa el 50% de la población en estudio.

3.3 Técnicas De Recolección De Datos.

Las técnicas empleadas en el desarrollo de este Trabajo de Grado, fue la siguiente:

3.3.1 Observación Directa.

Tamayo y Tamayo (1997,122) explica que la observación directa es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación. Por medio de esta técnica se visualizó en el Departamento de Dirección de Proyectos

(DDP) las técnicas y métodos de trabajo del personal y a su vez se revisaron cuidadosamente los historiales de los otros proyectos para la búsqueda de datos que permitan resolver los problemas.

3.3.2 Entrevista no Estructurada.

Esta técnica se aplicó al personal del departamento de dirección de proyectos para conocer su apreciación acerca de la importancia que tienen los indicadores de control en su ejecución.

3.4 Técnicas De Análisis De Datos.

Después que se aplicaron las técnicas de recolección de datos, es necesario emplear otras herramientas para la comprensión de la información obtenida. En el desarrollo del proyecto se aplicaron las siguientes técnicas:

3.4.1 Software Autocom 1.0

Se utilizó este software el cual permitió en forma sistemática estimar los indicadores de mantenimiento.

3.4.2 Diagrama Circular.

Esta representado por un círculo que supone un todo y se encuentra dividido en partes. Con este diagrama se representaron gráficamente las magnitudes de cada actividad y sub-actividad en base a la cantidad de horas-hombre que le fueron asignadas.

3.4.3 Diagrama De Gantt.

Con esta herramienta se logró representar con mayor facilidad las actividades y sub-actividades del programa, mostrando la mayor cantidad de información posible

en cuanto al seguimiento y control, descubriendo de inmediato cuales actividades y sub- actividades van adelantadas en el evento y cuales están atrasadas.

3.5 Etapas del proyecto

I ETAPA: descripción de las condiciones actuales de mantenimiento de los equipos de rehabilitación de pozos (work-over).

En este paso se busca obtener una noción detallada del escenario que presenta la empresa en cuanto a la de gestión de mantenimiento, y de esta manera tener una orientación concreta que permita el desarrollo de los objetivos planteados.

II ETAPA: evaluar la criticidad de los equipos de rehabilitación de pozos (work-over).

Una vez concretada la información, se empleara el historial de fallas de los equipos para determinar de manera segura el equipo con mayor índice de criticidad, el cual será tomado como objeto de estudio para lograr los objetivos planteados en la realización del proyecto.

III ETAPA: examinar la de gestión de mantenimiento actual de los equipos work-over empleados en la rehabilitación de pozos petroleros.

Se persigue obtener una visión más profunda sobre la planificación y control del mantenimiento aplicado actualmente en la empresa, para conocer las fortalezas y debilidades presentes, con la finalidad de emplear las bases técnicas y metodológicas correctas que faciliten y aseguren la realización del proyecto.

IV ETAPA: elaborar una propuesta de mejora para el programa de gestión de mantenimiento aplicando en el método de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

Una vez recopilados los datos, se procederá a realizar una mejora al plan de gestión que permita atacar con antelación las posibles fallas que puedan ocasionar situaciones dificultosas que influyan directamente sobre la disponibilidad operacional del equipo objeto de estudio.

V ETAPA: evaluación económica.

Mediante este estudio se pretende precisar una perspectiva económica en donde se muestren las proyecciones que sirvan de guía en la ejecución del proyecto lo que permitirá la prevención de posibles pérdidas injustificadas de dinero. Y de esta forma se invertirán adecuadamente los recursos económicos que fueron destinados para la ejecución del proyecto.

VI ETAPA: redacción del trabajo de grado.

Representa la culminación del trabajo y en ella se redactará la información obtenida en cada una de las etapas anteriores y se presenta organizadamente en un documento que resume el trabajo realizado, además, de las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

CAPÍTULO IV

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS

4.1 Análisis De La Situación Actual De Los Equipos De Rehabilitación De Pozos (Work-Over).

El departamento de mantenimiento de la empresa es el encargado de programar las actividades que serán ejecutadas semana a semana en los equipos work-over operados por esta, ejecutando así mantenimientos preventivos, correctivos y mantenimientos mayores. También cuenta con un formato (registros de fallas) que refleja la información de las actividades que se realizan día a día; este se realiza de forma manual en el campo de trabajo para posteriormente ser digitalizado en los registros de fallas.

En cuanto al mantenimiento preventivo cabe destacar que la empresa tiene establecidos planes de mantenimientos que son aplicados cada 1000 hrs., 2.500 hrs., 4.000 hrs. y 5.500 hrs. de operación de los equipos; los cuales consisten en llevar a cabo las diferentes actividades que están descritas en un formato diseñado para cada tipo, donde se verifica si se realizó o no la actividad y se colocan las observaciones correspondientes.

Los mantenimientos correctivos consisten en reparar las fallas que ocurren en los equipos día a día es decir no son planificadas estas actividades.

El mantenimiento mayor se realiza según recomendaciones del cliente (PDVSA, distrito San Tomé) cuando han transcurridos entre 18 y 24 meses de operación y consiste en desarmar completamente el equipo para reemplazar las partes o elementos no reparables: (cámaras, pistones, camisas, anillos, cojinetes, secciones de escape, rodamientos, mangueras de aceite, válvulas de aire, poleas, bandas de freno, empacaduras, engranajes, cadenas, válvula de succión y descarga, correas, tuberías de enfriamiento) y mecanizar o rectificar algunas piezas que han perdido su tolerancia o elementos reparables (bloques, cigüeñales, ejes, cilindros).

4.1.1 Fortalezas De Los Planes Y El Control De Mantenimiento.

Permiten llevar un registro detallado de las fallas de los equipos que refleja la hora que ocurrió la falla, personal que intervino en la reparación, la actividad que se realizó y a que hora se corrigió la falla.

Realizando y cumpliendo un óptimo plan de mantenimiento permite:

Garantizar el funcionamiento de los equipos (confiabilidad operacional) sobre las estadísticas establecidas con el cliente.

Reducir las horas hombres de mecánicos requeridas en el mantenimiento de los equipos.

Reducir los gastos en repuestos y en reparaciones no programadas.

Aumentar la credibilidad y la imagen de la empresa.

- ☑ Establecer en el almacén un modelo de inventario que permita la existencia de repuestos y evite el desabastecimiento o el exceso de estos dando lugar a una mejor aprovechamiento del espacio de este.

4.1.2 Debilidades De Los Planes Y El Control De Mantenimiento.

- ☑ En situaciones, en que se tiene planificado la realización de un mantenimiento preventivo o la reparación una falla menor antes de que ocurra una falla de mayor impacto operacional, el cliente (PDVSA, distrito San Tomé) no autoriza la parada del equipo, trayendo consigo que dichas actividades se vayan acumulando y no poder cumplir con el cronograma programado por la empresa, lo que representa un factor negativo.

- ☑ En ciertas ocasiones la falta de repuesto a la hora de realizar los mantenimientos programados hace que se retrase el trabajo o que se realice de forma incompleta.

- ☑ A veces la falta de un listado con Las acciones de mantenimiento pendientes que deben realizarse a la unidad conlleva a la realización de un re-trabajo, lo que incurre en aumento de los costos.

4.2 Estudio Del Índice De Criticidad De Los Equipos De Rehabilitación De Pozos (Work-Over)

Para seleccionar el equipo objeto de estudio, además de estudiar la confiabilidad de cada equipo empleando una data de tiempo entre fallas de los mismos suministrada por el personal del departamento de mantenimiento, se realizó una evaluación de la criticidad utilizando una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades del proceso, sistemas y equipos; creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en

áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. Este estudio se realizó tomando en cuenta las experiencias e ideas del personal laboral y las políticas de la empresa. El análisis de criticidad da respuesta a estos planteamientos, dado que genera una lista ponderada desde el equipo más crítico hasta el menos crítico del total de la población o muestra.

Para realizar el análisis de criticidad se debe definir alcance y propósito, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para la selección de los equipos (PAR-02 o PAR-03) que son objeto del análisis. Para el estudio se seleccionó una metodología utilizada por la empresa; donde son evaluadas las consecuencias de los factores tales como: seguridad y medio ambiente, mantenimiento, producción y calidad, estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado; dichos valores fueron asignados de acuerdo a la experiencia del personal de mantenimiento.

A continuación se explican los pasos para evaluar la criticidad de cada uno de los equipos que conforman el estudio, siguiendo la misma técnica utilizada por la empresa.

- El primer paso para la evaluación de la criticidad es la realización de una tabla con las fallas de cada uno de los equipos de rehabilitación de pozos. (Ver tabla 4.1).
- El segundo paso para la evaluación de la criticidad es conocer la tabla de evaluación (utilizada por la empresa) con los criterios a evaluar. En la tabla 4.1 se presentan estos criterios con su respectiva ponderación.
- El tercer paso consiste el calcular el índice de criticidad de cada una de los equipos de rehabilitación de pozos, por medio de una ecuación matemática (Ec. 4.1)

$$C = P + M + S + Q \quad (\text{Ec.4.1})$$

Donde:

C= Criticidad total

P= Producción.

M= Mantenimiento.

S= Seguridad y Medio Ambiente.

Q= Calidad.

Si la sumatoria de esta ecuación da como resultado $C > 30$, este equipo es critico tipo A, si $15 \leq C \leq 30$ el equipo es critico tipo B, y si $C < 15$, este equipo es critico tipo C. estos valores fueron establecidos como patrón estándar para el cálculo de criticidad basado en la experiencia y conocimientos del personal calificado de la empresa.

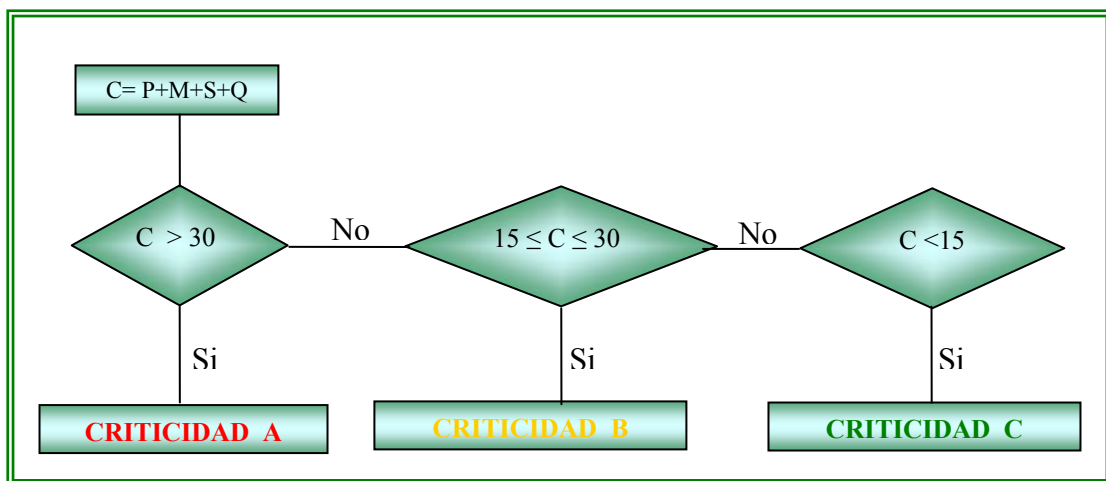


Figura 4.1: Valores de los Patrones Estandartes para Establecer el Índice de Criticidad

☑ El cuarto y último paso, es la realización de la matriz de criticidad, donde se evalúan cada uno de los equipos de rehabilitación de pozos de acuerdo a los criterios establecidos en la tabla 4.1 para la evaluación de la criticidad se considero un historial de fallas desde marzo de 2007 hasta Enero de 2008.

Para el cálculo de la criticidad (C) se aplico la ecuación 4.1, un ejemplo de este cálculo tenemos:

Criticidad para el equipo de rehabilitación de pozos PAR-02:

$$C = 5 + 10 + 5 + 10 = 30$$

Como $C = 30$, el equipo presenta una criticidad (B), de la misma manera se calcula la criticidad para el equipo de rehabilitación de pozos PAR-03.

En la tabla 4.2 se muestra la matriz de criticidad realizada a los equipos PAR-02 y PAR-03; donde el color rojo representa los sistemas de mayor criticidad, el amarillo los sistemas de mediana criticidad y por último el color verde los sistemas de baja criticidad.

Tabla 4.1: Criterio de Evaluación

| Factores | Criterios | Valor |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Seguridad y Medio Ambiente | Un fallo del equipo expone a riesgo de explosión, dañar el medio ambiente u otro peligro grave. | 10 |
| | El fallo del equipo puede afectar adversamente el entorno o generar un accidente con días caídos. | 5 |
| | No afecta la seguridad ni al medio ambiente | 2 |
| Mantenimiento | La reparación del equipo lleva mas de 8 hrs. o el costo de reparación es mayor a \$ 5000 | 10 |
| | La reparación del equipo lleva mas de 4 hrs. o el costo de reparación es mayor a \$ 1000 | 5 |
| | El equipo puede dejarse sin reparar hasta que surja una mejor oportunidad | 2 |
| Producción | Unidades sin reserva, con gran efecto sobre la producción, cuyo fallo genera una gran perdida económica | 10 |
| | Equipo con reserva, no afecta a la producción en forma total | 5 |
| | El fallo del equipo no afecta la producción | 2 |
| Calidad | El fallo del equipo generará que el producto salga fuera de los parámetros de calidad establecidos por el cliente | 10 |
| | El fallo del equipo produce variaciones en la calidad pero si son corregidos rápidamente los parámetros serán reestablecidos. | 5 |
| | No afecta a la calidad de los productos | 2 |

Fuente: Perforaciones Albornoz C.A.

Tabla 4.2: Matriz de criticidad de los equipos PAR-02 y PAR-03

| EQUIPO | PRODUCCION (P) | MANTENIMIENTO (M) | CALIDAD (Q) | SHA (S) | TOTAL | CRITICIDAD |
|--------|-------------------|----------------------|----------------|---------|-------|------------|
| PAR-02 | 2 | 10 | 5 | 10 | 27 | B |
| PAR-03 | 10 | 10 | 5 | 10 | 35 | A |

Fuente: Elaboración Propia

En el estudio de la confiabilidad de los equipos de rehabilitación de pozos PAR-02 y PAR-03, se aplicó el método gráfico analítico de Weibull y se comparó con los resultados arrojados por el software Autocon 1.0.

En la tabla 4.3 se presentan dichos resultados, el detalle de su obtención se encuentra en el capítulo 5.

Tabla 4.3: Comparación de la confiabilidad para un tiempo de 30 horas

| Equipos Métodos | PAR-02 (%) | PAR-03 (%) |
|--------------------|------------|------------|
| Weibull | 84,60 | 80,15 |
| Autocon 1.0. | 77,06 | 70,05 |

Fuente: Elaboración Propia

Luego de aplicar el índice de criticidad y determinar que el equipo más crítico es el PAR-03, se procedió al estudio de sus fallas para así calcular los porcentajes de falla de cada uno de sus sistemas y/o componentes, para estimar los indicadores de gestión de mantenimiento del mismo.

CAPÍTULO V

ESTUDIO DEL EQUIPO MÁS CRÍTICO

Luego de evaluar el índice de criticidad (capítulo 4) y determinar que el equipo más crítico es el PAR-03, se procederá al estudio de sus fallas para así calcular los porcentajes de falla de cada uno de sus sistemas y estimar los indicadores de gestión de mantenimiento del mismo.

5.1 Análisis Del Comportamiento De Las Fallas Que Presenta El Equipo De Rehabilitación De Pozos PAR-03

Contar con el historial de fallas de los equipos de cualquier instalación industrial es muy importante y ventajoso, puesto que permite tener información referente al comportamiento de dichos equipos en el tiempo, con el fin de aplicar una metodología adecuada que permita la reducción de demoras y minimizar los costos de mantenimiento.

Para conocer el comportamiento actual del equipo PAR-03 se utilizó el historial de fallas que se señala en la tabla 5.2, estos datos fueron suministrado por el personal del departamento de mantenimiento el cual lleva el registro de todas las fallas que se presentan en cada uno de los equipos que opera la empresa; tomando de esta base de datos los tiempos de operación y tiempos de reparación, con la respectiva descripción de cada paro y la fecha de ocurrencia de los mismos, con esto se realizó un formato donde se muestra los TFS (tiempos fuera de servicio) y TEF (tiempos entre falla), y sistema donde se generaron las fallas en el periodo comprendido entre Marzo de 2007 y Enero de 2008. De igual modo se procedió para hallar los TEF (tiempos entre fallas) necesarios para el estudio de la confiabilidad del equipo PAR-02. (Ver tabla 5.1 en el apéndice A.1)

Tabla 5.2: Historial de fallas del equipo WORK-OVER PAR-03

| Orden | Parada | | Arranque | | TFS (Hrs) | TEF(Hrs) | Falla | Sistema | Detalle |
|-------|------------|----------|------------|----------|-----------|----------|-----------------------------------------------------|------------|--------------------------|
| | Fecha | Hora | Fecha | Hora | | | | | |
| 1 | 12/03/2007 | 13:57:00 | 12/03/2007 | 19:03:00 | 5,10 | 960,35 | Reemplazo de crucetas cardan principal | Potencia | Vibración |
| 2 | 13/03/2007 | 13:57:00 | 14/03/2007 | 19:18:00 | 29,35 | 24,00 | Cambio de sellos elevadores de torre de perforación | Hidráulico | Fuga de aceite |
| 3 | 21/03/2007 | 21:57:00 | 23/03/2007 | 0:26:00 | 26,48 | 200,00 | Reemplazo de rodamientos bloque corona | Izamiento | Vibración |
| 4 | 29/03/2007 | 14:42:00 | 29/03/2007 | 22:00:00 | 7,30 | 184,75 | Reemplazo de sellos de unión giratoria | Izamiento | Fuga de fluidos del pozo |
| 5 | 03/04/2007 | 10:39:00 | 03/04/2007 | 11:30:00 | 0,85 | 115,95 | Reemplazo de mangueras de presión | Hidráulico | Fuga de aceite |
| 6 | 08/04/2007 | 13:39:00 | 08/04/2007 | 23:00:00 | 9,35 | 123,00 | Reemplazo de caja de velocidades | Potencia | Perdida de potencia |
| 7 | 12/04/2007 | 17:06:00 | 12/04/2007 | 21:20:00 | 4,23 | 99,45 | Corte y corrida de guaya | Izamiento | Guaya golpeada |
| 8 | 19/04/2007 | 19:00:00 | 20/04/2007 | 9:30:00 | 14,50 | 169,90 | Baja presión de aceite/perdida de potencia | Potencia | Lubricación |
| 9 | 23/04/2007 | 3:00:00 | 23/04/2007 | 8:25:00 | 5,42 | 80,00 | Reemplazo de mangueras de presión | Hidráulico | Fuga de aceite |
| 10 | 01/05/2007 | 17:15:00 | 01/05/2007 | 19:45:00 | 2,50 | 206,25 | Corte y corrida de guaya | Izamiento | Mtto. de rutina |
| 11 | 03/05/2007 | 15:57:00 | 03/05/2007 | 20:12:00 | 4,25 | 46,70 | Reemplazo de crucetas cardan principal | Potencia | Vibración |
| 12 | 06/05/2007 | 16:03:00 | 06/05/2007 | 23:25:00 | 7,37 | 72,10 | Cambio de sellos elevadores de torre de perforación | Hidráulico | Fuga de aceite |
| 13 | 10/05/2007 | 6:09:00 | 10/05/2007 | 14:00:00 | 7,85 | 86,10 | Reemplazo de sellos de unión giratoria | Izamiento | Fuga de fluidos del pozo |
| 14 | 19/05/2007 | 5:12:00 | 19/05/2007 | 5:30:00 | 0,30 | 215,05 | Reemplazo de mangueras de presión | Hidráulico | Fuga de aceite |

Nota: la continuación se la tabla 5.2 se encuentra en el apéndice A.2

5.2 Distribución porcentual de las fallas presentadas en el equipo WORK-OVER PAR 03

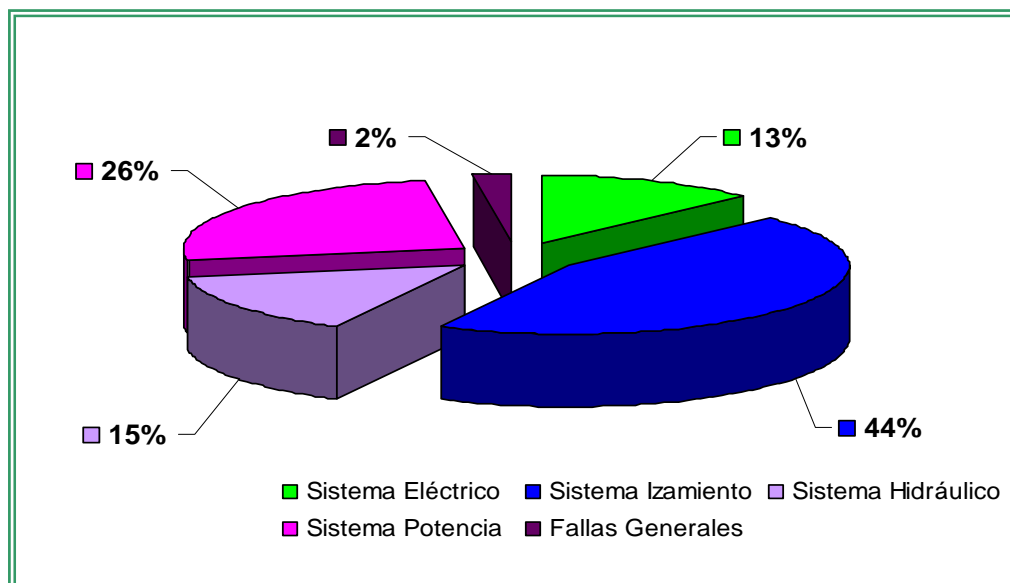
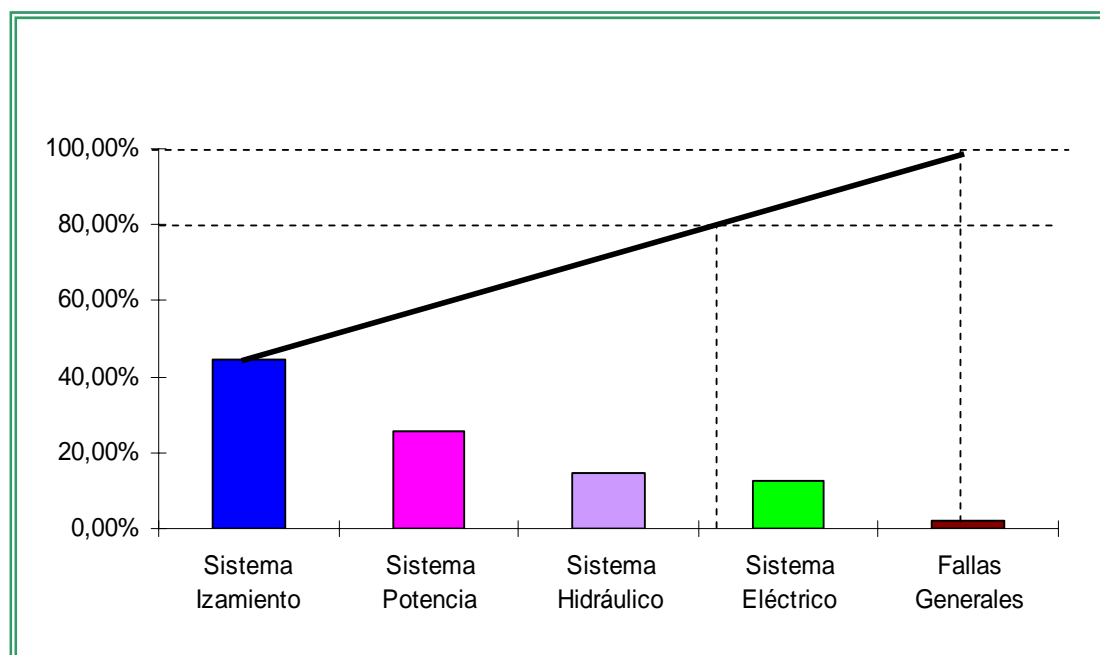


Grafico 5.1: Distribución porcentual del total de las fallas presentadas por el equipo PAR-03

En el gráfico 5.1 se puede observar que para el equipo PAR-03 el 2% de las fallas corresponde a fallas generales, seguido por un 13% correspondiente al sistema eléctrico, un 15% por fallas del sistema hidráulico, un 26% pertenece al sistema de potencia y un 44% para el sistema de izamiento.

5.3 Diagrama de Pareto

Una vez estudiada la distribución porcentual de las fallas de los subsistemas del equipo PAR-03, se hace necesario analizar los sistemas que causan mayor impacto en el equipo en cuanto a la proporción de falla se refiere. El método que se utilizara a continuación es el diagrama de Pareto, que permitirá ilustrar de manera grafica el 80% de las fallas de los sistemas.



Grafica 5.2: Diagrama de Pareto del equipo Work-Over

Fuente: Elaboración Propia

El diagrama de Pareto de los sistemas que componen al equipo work-over PAR-03 refleja que los sistemas Izamiento, Potencia e Hidráulico producen el 80% de las fallas de las fallas como se muestra en el grafico 5.2.

5.4 Estimación De Los Indicadores De Gestión De Mantenimiento

Uno de los factores determinantes para que todo proceso industrial, se lleve a cabo con éxito, consiste en implementar un sistema adecuado de indicadores, para medir y evaluar la gestión de mantenimiento; los cuales permiten monitorear el trabajo para así asegurar que las actividades vayan en sentido correcto y permitan evaluar los resultados de una gestión frente a sus objetivos, metas y responsabilidades.

5.4.1 Estimación De La Confiabilidad

Para el cálculo de la confiabilidad se utilizaron los valores de los tiempos entre falla (TEF), que en la tabla 5.2 se muestran de forma ordenada. Se utilizará el método de distribución de Weibull gráfico-analítico y a través del software Autocon 1.0 desarrollado en la Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui, esto debido a su versatilidad, amplia aprobación en los medios universitarios, ya que puede ser aplicada en los tres periodos de vida de un equipo.

Tabla 5.3: Resultados de F(i) para los TEF Ordenados de la Data.

| i | TEF | Fi | %Fi |
|----|--------|------|-------|
| 1 | 1,10 | 0,02 | 2,08 |
| 2 | 3,85 | 0,04 | 4,17 |
| 3 | 5,80 | 0,06 | 6,25 |
| 4 | 8,00 | 0,08 | 8,33 |
| 5 | 12,50 | 0,10 | 10,42 |
| 6 | 14,50 | 0,13 | 12,50 |
| 7 | 16,50 | 0,15 | 14,58 |
| 8 | 20,00 | 0,17 | 16,67 |
| 9 | 24,00 | 0,19 | 18,75 |
| 10 | 33,20 | 0,21 | 20,83 |
| 11 | 37,25 | 0,23 | 22,92 |
| 12 | 38,00 | 0,25 | 25,00 |
| 13 | 39,50 | 0,27 | 27,08 |
| 14 | 46,70 | 0,29 | 29,17 |
| 15 | 55,15 | 0,31 | 31,25 |
| 16 | 63,32 | 0,33 | 33,33 |
| 17 | 72,10 | 0,35 | 35,42 |
| 18 | 80,00 | 0,38 | 37,50 |
| 19 | 83,90 | 0,40 | 39,58 |
| 20 | 86,10 | 0,42 | 41,67 |
| 21 | 91,15 | 0,44 | 43,75 |
| 22 | 99,45 | 0,46 | 45,83 |
| 23 | 115,95 | 0,48 | 47,92 |
| 24 | 123,00 | 0,50 | 50,00 |

| i | TEF | Fi | %Fi |
|----|--------|------|-------|
| 25 | 132,25 | 0,52 | 52,08 |
| 26 | 150,20 | 0,54 | 54,17 |
| 27 | 160,18 | 0,56 | 56,25 |
| 28 | 165,00 | 0,58 | 58,33 |
| 29 | 169,90 | 0,60 | 60,42 |
| 30 | 175,25 | 0,63 | 62,50 |
| 31 | 178,30 | 0,65 | 64,58 |
| 32 | 184,75 | 0,67 | 66,67 |
| 33 | 200,00 | 0,69 | 68,75 |
| 34 | 206,25 | 0,71 | 70,83 |
| 35 | 215,05 | 0,73 | 72,92 |
| 36 | 221,00 | 0,75 | 75,00 |
| 37 | 250,00 | 0,77 | 77,08 |
| 38 | 270,00 | 0,79 | 79,17 |
| 39 | 329,60 | 0,81 | 81,25 |
| 40 | 351,20 | 0,83 | 83,33 |
| 41 | 354,00 | 0,85 | 85,42 |
| 42 | 412,32 | 0,88 | 87,50 |
| 43 | 463,62 | 0,90 | 89,58 |
| 44 | 548,70 | 0,92 | 91,67 |
| 45 | 680,30 | 0,94 | 93,75 |
| 46 | 797,00 | 0,96 | 95,83 |
| 47 | 960,35 | 0,98 | 97,92 |

Fuente: Elaboración Propia.

5.4.1.1 Resultados Obtenidos Mediante El Uso De La Distribución De Weibull

La distribución de Weibull a mano alzada (Apéndice B) arrojó los siguientes resultados:

- Parámetro de forma $\beta = 0,85$
- Parámetro de escala $\eta = 177$ horas
- Parámetro de posición $\gamma = 0$

Con el valor del parámetro de forma $\beta = 0,85$, se obtuvo los valores de $A = 1,0880$ y $B = 1,29$; extraído de la tabla de Weibull (apéndice E).

El tiempo promedio entre fallas de Weibull se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$TPEF_{weibull} = A * \eta + \gamma = 1,0880 * 177 = 192,58 \text{ horas} \quad (\text{Ec. 5.1})$$

Obteniendo un porcentaje de error $< 10\%$ por lo tanto, los valores de los parámetros son aceptables.

$$\%error = \left| \frac{TPEF_{Data} - TPEF_{Weibull}}{TPEF_{Data}} \right| * 100\% = \left| \frac{186,09 - 192,58}{186,09} \right| * 100\% = 3,49\% \quad (\text{Ec.5.2})$$

5.4.1.2 Resultados Obtenidos Mediante El Uso Del Software Autocon 1.0

Tabla 5.4: Valores Obtenidos con el Software Autocon 1.0

| Parámetro | Valor |
|-------------------|----------------|
| Forma (β) | 0,853663 |
| Escala (η) | 101,1509 horas |

Fuente: Elaboración Propia.

5.4.1.3 Comparación De Los Resultados Obtenidos

Al comparar los resultados de la distribución de Weibull obtenidos por el método gráfico-analítico y por el Software Autocon 1.0 (tabla 5.4), aunque se aprecian variaciones en los valores obtenidos, ambos ubicando al equipo PAR-03 en un período de funcionamiento normal, ($0 < \beta < 1$). En cuanto al parámetro de escala “ η ” presenta una diferencia uno del otro siendo 186,09 horas para el método gráfico-analítico y 101,15 horas por el software Autocon 1.0; a pesar a la diferencia entre estos valores, hay que recordar que tradicionalmente cuando se emplea el método gráfico-analítico de la distribución de Weibull, se asume el parámetro de forma “ γ ” igual a cero, cuando la nube de puntos se ajusta a una recta, en caso contrario el procedimiento para encontrar el valor de “ γ ” se hace tedioso. Sin embargo, esta aproximación es visual, es decir, que puede variar para cada persona que intente aproximar la curva. El Autocon 1.0 permite graficar su

recta otorgándole un valor al parámetro de forma “ γ ”, con el cual se logran apreciaciones más acordes con la realidad.

Tabla 5.5: Comparación de las Funciones de Confiabilidad

| Método de Weibull utilizado | Parámetro (β) | Parámetro (η) Horas | Ecuación de R(t) | R(t) para t= 30 horas |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------|
| Grafico – Analítico | 0,85 | 177,00 | $R(t) = \ell^{-\left(\frac{t}{177}\right)^{0,85}}$ | 80,15% |
| Autocom 1.0 | 0,85 | 101,15 | $R(t) = \ell^{-\left(\frac{t}{101,15}\right)^{0,85}}$ | 70,05% |

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que el equipo tiene una confiabilidad baja (70,05%) en comparación a los estándares internacionales llevados por empresas de clase mundial establecidos ($\geq 90\%$).

Con los valores de los parámetros $\beta = 0,85$, $\eta = 101,15$ y utilizando las ecuaciones 2.3, 2.4, 2.5, 2.6; se obtiene:

$$R(t) = \ell^{-\left(\frac{t}{101,15}\right)^{0,85}}$$

$$F(t) = 1 - \ell^{-\left(\frac{t}{101,15}\right)^{0,85}}$$

$$\lambda(t) = \frac{0,85}{101,15} \left(\frac{t}{101,15}\right)^{0,85-1}$$

$$f(t) = \frac{0,85}{101,15} \left(\frac{t}{101,15} \right)^{0,85-1} * e^{-\left(\frac{t}{101,15} \right)^{0,85}}$$

5.4.2 Estimación De La Mantenibilidad

Otro de los parámetros calculados fue la mantenibilidad, que es una característica inherente del equipo asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio, cuando se realizan los trabajos de mantenimiento necesarios según lo especifiquen; para lo cual se utilizó el método gráfico-analítico de la distribución de Gumbell tipo I, que permite calcular éste parámetro mediante el uso de una hoja o papel probabilística, donde se grafican los tiempos fuera de servicios (TFS) y la probabilidad de reparación. Para la estimación de la Mantenibilidad se utilizaron los valores de los tiempos fuera de servicio (TFS), que en el apéndice D se muestran de forma ordenada.

5.4.2.1 Resultados Obtenidos Mediante El Método De Distribución Gumbell Tipo I

En la tabla 5.6 se presentan los datos ordenados de los tiempos entre fallas, los cuales se emplearon para realizar los respectivos cálculos de mantenibilidad, en el apéndice B se muestra la grafica del método grafico analítico de Gumbell tipo I.

Tabla 5.6: Datos ordenados de los tiempos fuera de servicios.

| i | TFS | Mi | %Mi |
|----|-------|------|--------|
| 1 | 0,27 | 0,02 | 1,50 |
| 2 | 0,30 | 0,04 | 3,65 |
| 3 | 0,53 | 0,06 | 5,79 |
| 4 | 0,85 | 0,08 | 7,94 |
| 5 | 0,97 | 0,10 | 10,09 |
| 6 | 1,23 | 0,12 | 12,23 |
| 7 | 1,25 | 0,14 | 14,38 |
| 8 | 1,40 | 0,17 | 16,52 |
| 9 | 2,00 | 0,19 | 18,67 |
| 10 | 2,10 | 0,21 | 20,82 |
| 11 | 2,50 | 0,23 | 22,96 |
| 12 | 3,05 | 0,25 | 25,11 |
| 13 | 3,20 | 0,27 | 27,25 |
| 14 | 3,52 | 0,29 | 29,40 |
| 15 | 4,12 | 0,32 | 31,55 |
| 16 | 4,23 | 0,34 | 33,69 |
| 17 | 4,25 | 0,36 | 35,84 |
| 18 | 4,25 | 0,38 | 37,98 |
| 19 | 4,33 | 0,40 | 40,13 |
| 20 | 4,45 | 0,42 | 42,27 |
| 21 | 4,92 | 0,44 | 44,42 |
| 22 | 5,10 | 0,47 | 46,57 |
| 23 | 5,18 | 0,49 | 48,71 |
| 24 | 5,32 | 0,51 | 50,86 |
| 25 | 5,40 | 0,53 | 53,00 |
| 26 | 5,42 | 0,55 | 55,15 |
| 27 | 5,97 | 0,57 | 57,30 |
| 28 | 6,45 | 0,59 | 59,44 |
| 29 | 6,92 | 0,62 | 61,59 |
| 30 | 7,23 | 0,64 | 63,73 |
| 31 | 7,30 | 0,66 | 65,88 |
| 32 | 7,37 | 0,68 | 68,03 |
| 33 | 7,62 | 0,70 | 70,17 |
| 34 | 7,85 | 0,72 | 72,32 |
| 35 | 8,92 | 0,74 | 74,46 |
| 36 | 9,23 | 0,77 | 76,61 |
| 37 | 9,35 | 0,79 | 78,76 |
| 38 | 9,95 | 0,81 | 80,90 |
| 39 | 12,92 | 0,83 | 83,05 |
| 40 | 14,50 | 0,85 | 85,19 |
| 41 | 15,92 | 0,87 | 87,34 |
| 42 | 15,92 | 0,89 | 89,48 |
| 43 | 17,17 | 0,92 | 91,63 |
| 44 | 17,90 | 0,94 | 93,78 |
| 45 | 20,22 | 0,96 | 95,92 |
| 46 | 26,48 | 0,98 | 98,07 |
| 47 | 29,35 | 1,00 | 100,00 |

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el método de aproximación gráfica de la distribución de Gumbell Tipo I se obtuvieron los siguientes resultados:

- El parámetro $\mu = 4.0$
- La pendiente $m = 5.0$
- El parámetro $a = 0,20$

El TPFS de la distribución de Gumbell se calculo con la siguiente ecuación:

$$TPFS_{Gumbell} = \mu + \frac{0,5778}{a} = 4,0 + \frac{0,5778}{0,20} = 6,9horas \quad (Ec.5.3)$$

Los TPFS (tiempo promedio fuera de servicio) de la data $TPFS_{Data} = 7,33$ y Gumbell $TPFS_{Gumbell} = 6,91$ son cercanos por lo tanto son aceptables lo que indica que la función de mantenibilidad es representativa de la data. En donde se obtiene la función de mantenibilidad.

$$M(t) = e^{-\left[e^{-0,20(t-4)}\right]}$$

5.4.3 Estimación De La Disponibilidad

La disponibilidad es una función de confiabilidad y mantenibilidad es simplemente cual es la frecuencia en que un equipo fallará y cuanto es el tiempo que toma el mismo en restablecer sus condiciones de producción originales (después de haber fallado). La confiabilidad, mantenibilidad y por ende la disponibilidad están determinadas por la interacción de diseño, producción y funciones del mantenimiento. Para el cálculo de la disponibilidad se utilizó los tiempos entre falla (TEF) y los tiempos fuera de servicio (TFS) de la data obtenidos anteriormente para el cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$D = \frac{TPEF}{TPEF + TPFS} * 100 \quad E.c 5.17$$

Donde:

$$TPEF = \text{tiempo promedio entre fallas} \longrightarrow TPEF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} TO}{N}$$

$$\text{TPFS} = \text{tiempo promedio fuera de servicio} \longrightarrow TPFS = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} TFS}{N}$$

En la tabla 5.7, se observan los resultados de disponibilidad que muestra la relación que existe entre los TPEF y los TPFS, estos valores indican que las probabilidades de que el equipo esté disponible para operar es alto.

Tabla 5.7: Resultados de la Disponibilidad del Equipo

| Equipo | TPEF | TPFS | Disponibilidad(D) |
|--------|--------|------|-------------------|
| PAR-03 | 186,09 | 7,33 | 96,21% |

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VI

APLICACIÓN DEL MÉTODO MCC

El inicio de la aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) es el Análisis de Modos Efectos de Fallas (AMEF); para el cual es necesario plantear la descripción del proceso, descripción y especificación técnica del componente en estudio, y establecer el personal implicado para la actividad mediante la conformación equipos de trabajo.

6.1 Descripción Del Equipo De Rehabilitación De Pozos Petroleros

6.1.1 Descripción Del Proceso

El equipo realiza actividades de rehabilitación a pozos petroleros con la finalidad de mejorar o restaurar sus condiciones de producción. Dependiendo del programa de trabajo y del tipo de pozo (de levantamiento artificial de gas o por bomba bien sea mecánica o electro-sumergible) las actividades suelen variar.

En esencia el trabajo es sustraer del fondo del pozo el empaque y la bomba (en pozos de bomba mecánica), realizar pruebas a la cementación, si está en buen estado colocan un nuevo empaque y se completan la zarta de tuberías del pozo, en algunos casos de ser necesario cementar, una empresa externa emplea el equipo para realizar el trabajo, luego de ello se procede a perforar el cemento y a instalar el empaque, se realiza la prueba de productividad y se procede a completar la zarta de tuberías.

6.2 Formación Del Equipo De Trabajo.

Para contestar a las siete preguntas básicas que incorpora el MCC es necesaria la conformación de equipos de trabajo, el cual se encargará, entre otras cosas de la revisión de los requisitos del mantenimiento de cualquier equipo.

Estos grupos de trabajo deben incluir por lo menos una persona de la función de mantenimiento y otra de la función de producción y dichos integrantes deben poseer amplio conocimiento de los equipos en estudio.

El uso de estos grupos permite que los directivos obtengan acceso de forma sistemática al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo y además reparte de forma extraordinaria los problemas de mantenimiento y sus soluciones.

Un grupo de trabajo típico debe estar conformado con los siguientes integrantes:

- ✓ Facilitador.
- ✓ Supervisor de producción.
- ✓ Operador.
- ✓ Especialista (técnico o de procesos.)
- ✓ Supervisor de mantenimiento.
- ✓ Técnico de mantenimiento (mecánico y/o eléctrico).

La empresa cuenta con un personal calificado, adiestrado y entrenado, el cual es el encargado de la toma de decisiones referente a los equipos de rehabilitación de pozos que son operados por esta.

El equipo de trabajo estuvo conformado por una persona del área de mantenimiento, además del personal de operaciones y el facilitador, conocedor del método a utilizar quien fue el encargado de conducir al personal relacionado con el proceso establecido en la propuesta del plan de mantenimiento del equipo de rehabilitación de pozos.

Una vez conformado el equipo de trabajo, se estableció la realización de reuniones periódicas con el objetivo de discutir ideas propuestas y estrategias que permitan determinar la problemática que presenta el equipo.

6.3 Aplicación Del Mantenimiento Centrado En Confiabilidad

El MCC hace uso de la herramienta de análisis, modo y efecto de falla; para lo cual es necesario identificar los sistemas que conforman el equipo en estudio, jerarquizarlos de acuerdo a su importancia y criticidad.

6.4 Metodología Empleada Para Identificar Las Fallas Funcionales

Una vez descritas las funciones del equipo que presento mayor índice de criticidad, el siguiente paso fue identificar como puede fallar en la realización de su función. Para ello se planteó como la incapacidad de un elemento o sistema puede causar la pérdida de la función del equipo.

6.5 Metodología Aplicada Para Identificar Los Modos Y Efectos De Falla.

Para identificar los Modos y Efectos de Fallas fue necesario consultar los manuales de los fabricantes y los integrantes del equipo de trabajo. Una vez obtenida esta información se vaciaron y se organizaron los Modos y Efectos de las Fallas en las Hojas de Trabajo de Información.

6.6 Metodología Usada Para Llenar Las Hojas De Trabajo De Información RCM II

1. Las Funciones del equipo que se requiere analizar para preservar la función dentro del contexto operacional actual, se registra en la primera columna del formato de la Hoja de Trabajo de Información RCM II, con números consecutivos.
2. La Falla Funcional que pueda tener cada función se le identifica con letras, registrándose en la segunda columna de la Hoja de Trabajo de Información RCM II.
3. Los Modos de Falla o las posibles causas que permitan la pérdida de cada una de las fallas funcionales dentro del contexto operacional analizado se registra en la tercera columna del formato con números consecutivos.
4. Los Efectos de las Fallas (evidencia física, efecto en la producción, al cliente, tiempo de reparación el costo de la parada y si tiene problema de repuesto) de

lo que pasa o sucede en el proceso al producirse el modo de falla se registra en la cuarta columna del formato.

La tabla 6.1 muestra el Análisis de Modos Efectos y Fallas (AMEF) realizado y su continuación se encuentra en el apéndice C.1.

Tabla 6.1: Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)

| SISTEMA: CIRCULACION | | TALADRO: PAR-03 | | REALIZADO POR: Jesús Landaeta | | APROBADO POR: Jorge Abarca. | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| COMPONENTES: Línea de Flujo, Bomba Reciprocante, Bombas Centrifugas, Agitadores de Lodo. | | EMPRESA: PERFOALCA | | REVISADO POR: Ing. Ernesto Hernández | | LUGAR: Gerencia de Mantenimiento y Logística de Perforación. | |
| FUNCIO | | FALLA FUNCIONAL | | MODO DE FALLA | | EFFECTOS DE FALLAS | |
| 1 | Línea de Flujo o “Stand Pipe”: Permitir el paso del fluido de perforación proveniente de las bombas Reciprocantes hasta la unión giratoria, con una capacidad máxima de presión de 5.000Psi. | 1 | Incapacidad de permitir el paso del fluido de perforación proveniente de la bombas reciprocante hasta la unión giratoria. | 1.1 | Falta de aceite. | Podría ocurrir una arremetida del pozo causado por la pérdida de la columna hidrostática, ocasionando derrames que podrían afectar el medio ambiente, problemas en las herramientas de fondo, pegue de tuberías y deficiencia en la limpieza del hoyo. Esto producirá la parada de las actividades, elevando de este modo los costos finales del pozo. | |
| | | | | 1.2 | Soportes dañados. | | |
| | | | | 1.3 | Manómetros dañados o con fugas. | Podría ocurrir una posible arremetida del pozo causada por la pérdida de la columna hidrostática, ocasionando la parada de las operaciones y derrames que podrían afectar el medio ambiente. Esto produciría un aumento de los costos finales del pozo. | |
| | | | | 1.4 | Juntas y uniones soldadas con daños severos. | | |
| 2 | Bomba Reciprocante o “Bomba de Lodo”: Inyectar a través de la línea de flujo grandes volúmenes de fluidos a la sarta, para luego realizar las labores de rehabilitación, con una capacidad máxima de trabajo de 350 Hp. | 2 | Imposibilidad de inyectar a través de la línea de flujo, grandes volúmenes de fluidos a la sarta de perforación. | 2.1 | Falta de aceite y mala calidad del mismo. | Podría ocurrir una posible arremetida del pozo causada por la pérdida de la columna hidrostática, ocasionando la parada de las operaciones y derrames que podrían afectar el medio ambiente. Esto produciría un aumento de los costos finales del pozo. | |
| | | | | 2.2 | Rotura de cadenas. | | |
| | | | | 2.3 | Obstrucción del sistema de enfriamiento. | | |
| | | | | 2.4 | Problemas en la cámara de asentamiento. | | |
| | | | | 2.5 | Rotura de la goma del damper de pulsación. | | |
| | | | | 2.6 | Desgaste excesivo en los caballos, ocasionado por el exceso de trabajo o mala calibración de los patines. | | |
| | | | | 2.7 | Daños en los rodamientos. | | |
| | | | | 2.8 | Rotura de los engranajes, pistones, camisas, válvulas de admisión y descarga. | | |

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VII

PROGRAMAS PROPUESTOS

7.1. Consideraciones Básicas

Perforaciones Albornoz, al igual que la gran mayoría de las empresas, tiene dentro de sus objetivos principales, mantener la continuidad operacional de sus equipos, lo que significa que estos cumplan con sus funciones durante el tiempo establecido. Para ello, es necesario que las unidades cuenten con acciones de mantenimiento previstas y apropiadas, a fin de prevenir las fallas de los mismos antes de que ocurran.

Generalmente los fabricantes presentan planes para el mantenimiento de los equipos, pero la confiabilidad de estos es afectada por las condiciones de trabajo a las que están sometidos, por lo tanto, se deben hacer algunas adaptaciones con el fin de crear programas de mantenimientos acordes al entorno donde se encuentran instalados. Dichos programas serán documentados de acuerdo con los resultados obtenidos de la realización del Análisis de Modo Efectos y Falla (AMEF), donde están reflejadas las posibles fallas que puede presentar el equipo (sistema de izamiento equipo PAR-03) y de acuerdo a cada efecto de falla, mediante el árbol lógico de decisión, se determina el tipo de actividad a realizar y en la hoja de decisión se observa la actividad que se debe efectuar para prevenir esta falla o en su defecto que se debe hacer cuando sucede y que personal está encargado de ejecutarla; dichas actividades incluyen la inspección y diagnóstico, reemplazos parciales o totales de elementos, cambios de aceite, etc., todo ello, a frecuencias determinadas, que permitan la mayor disponibilidad de los mismos.

7.2. Documentación Del Programa De Mantenimiento Para El Equipo De Rehabilitación De Pozos PAR-03 Basado En El Análisis Del Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad

Con los planes de mantenimiento se busca mantener el funcionamiento del equipo en condiciones normales de operación mediante monitoreo y mantenimiento del mismo, dicho mantenimiento se realizará mediante directrices basadas en la experiencia del equipo de trabajo, especificaciones y manuales del fabricante y parámetros de mantenimiento para la selección de las actividades contempladas.

A partir de la información contenida en las hojas de trabajo de decisión se elaboró el programa de mantenimiento preventivo para el sistema de izamiento del equipo de rehabilitación de pozos PAR-03.

El mantenimiento del sistema de izamiento contará con actividades de mantenimiento preventivo y de mantenimiento correctivo, esto debido a que algunos componentes deben trabajar hasta que fallen, por razones como: alto costo de mantenimiento preventivo, complejidad en el reemplazo, etc. Además se propone un plan de inspección de rutina la cual permitirá mantener información de la tendencia de las condiciones generales del sistema para así tomar las medidas correctivas necesarias cuando surja el primer problema.

7.2.1. Mantenimiento Preventivo

Entre las actividades de mantenimiento preventivo se encuentra la aplicación del árbol lógico de decisión reflejado en la figura 7.2 y ejecutado en la tabla 7.1 (hoja de decisión). El primer paso fue evaluar cada uno de los efectos de fallas registrados en la Hoja de Trabajo de Información RCM II "AMEF" mostrado en la tabla 6.1 de la sección anterior. Luego se comprueba en el Árbol Lógico de Decisión "ALD" que el modo de falla no afecta al medio ambiente, de ahí se pasa a las consecuencias operacionales, una vez que se detecta que el modo de falla afecta la capacidad operacional es que se inserta el procedimiento propuesto para cada uno de los modos de fallas que pueden afectar el funcionamiento del equipo

y conducir a reparaciones menos extensas de las fallas antes de que ocurra un daño severo, de esta manera se asegura una operación continua y se eleva la confiabilidad y disponibilidad del equipo.

El procedimiento para llenar la hoja del Árbol Lógico de Decisión ALD se hace una vez realizado el análisis de modos y efectos de fallos AMEF el equipo de trabajo, procedió a seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento que ayude a prevenir y disminuir cada uno de los modos de fallos y sus posibles efectos, a partir del árbol lógico de decisión. Luego de especificar el tipo de actividad de mantenimiento se tiene que especificar la acción de mantenimiento a ejecutar con su respectiva frecuencia y personal a ejecutar dicha acción.

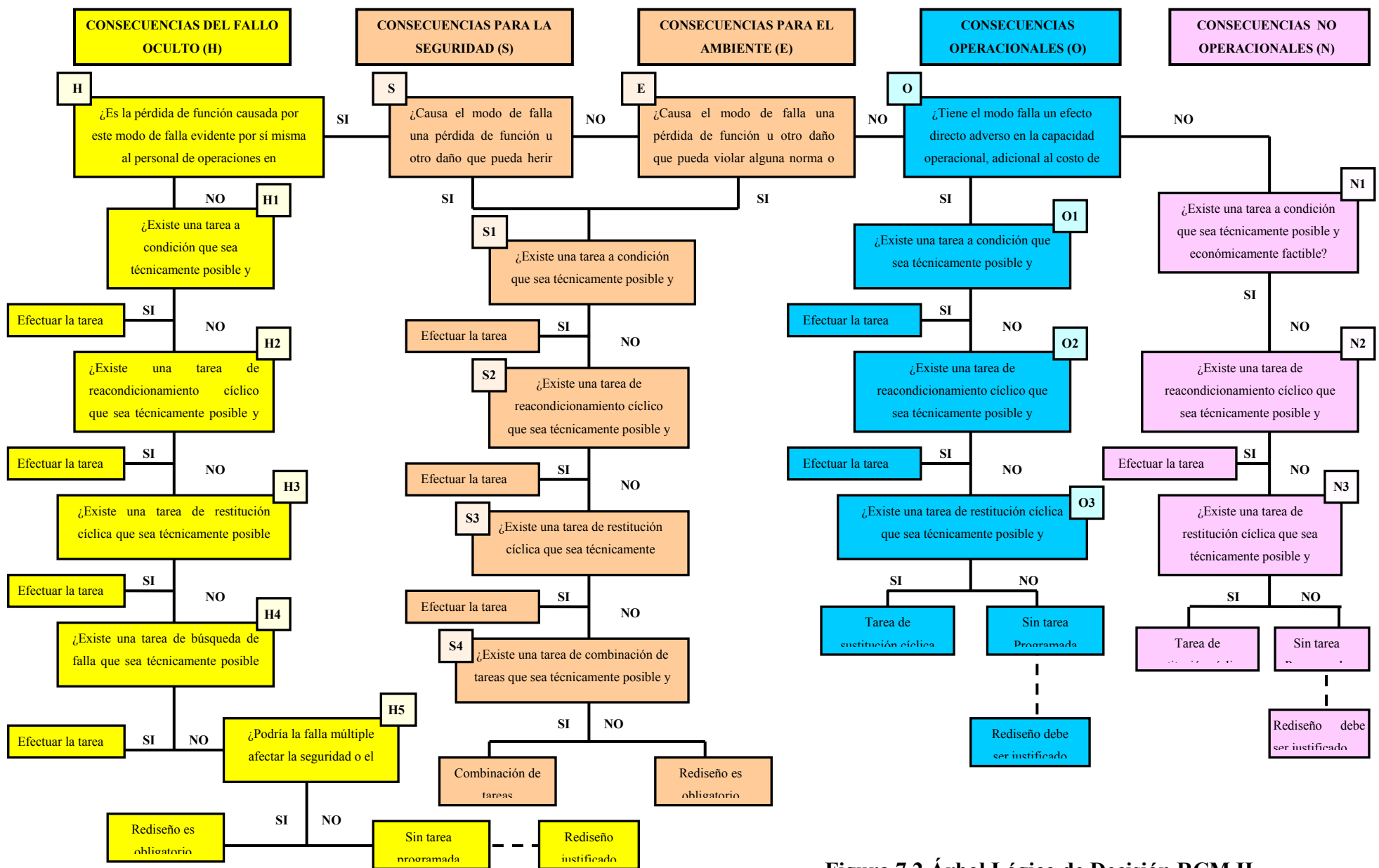


Figura 7.2 Árbol Lógico de Decisión RCM II

Tabla 7.1: Hoja de Decisión

| Sistema: Hidráulico (Múltiple de choque “Shock manifold”) | | | | | Realizado por: Jesús Landaeta. | | | | | | Hoja : 1 | | |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---|---|---|----------------------------------------------|----------------------|----------------------|----|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------|
| Equipo: PAR-03 | | | | | Revisado por: Ing. Ernesto Hernández. | | | | | | De: 1 | | |
| Modo de Falla | Evaluación de Consecuencias | | | | H1 S1 O1 N1 | H2 S2 O2 N2 | H3 S3 O3 N3 | H4 | H5 | S4 | Actividades | Frecuencia | Responsable |
| | H | S | E | O | | | | | | | | | |
| Daños severos en las válvulas. | N | | | | S | | | | | | Verificar el correcto funcionamiento de las válvulas (apertura y cierre de las mismas). Reparar o reemplazar si es necesario. | Semanal | Mtto. Mecánico |
| Filtraciones de aceite en la válvula hidráulica. | S | N | N | S | S | | | | | | Verificar que no existan fugas de aceite en la válvula hidráulica. Reparar inmediatamente de ser necesario. | Semanal | Mtto. Mecánico |
| Falta de lubricación en las válvulas. | N | | | | N | S | | | | | Lubricar por sus grifos todas las válvulas. | C/ Mudanza | Mtto. Mecánico |
| Fisuras o grietas en las soldaduras entre válvulas, nicle y tubería. | S | N | S | | S | | | | | | Inspeccionar con ensayos no destructivos las juntas y uniones soldadas. | Semestral | Mtto. Mecánico |
| Daños en todo el sistema en general. | N | | | | N | N | N | S | | | Realizar pruebas hidrostáticas del equipo. | Anual | Mtto. Mecánico |

Fuente: Elaboración Propia

Nota: La continuación de la tabla 7.1 se encuentra en el apéndice C.2

7.2.2. Plan de Inspección de Rutina

Un diagnóstico temprano permitirá ahorrar dinero y reducirá el tiempo de inactividad al evitar el desarrollo de problemas más serios. Es por ello que se propone llevar un control diario de los parámetros con sus respectivas observaciones que en las tablas 7.2, 7.3, 7.4 y 7.5 se muestran.

Tabla 7.2: Control diario de Mantenimiento

| REPORTE DIARIO DE MANTENIMIENTO DEL TALADRO PAR-03 | | | Hoja: De: |
|----------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------|--------------------------|
| FECHA / / / / | SUPV. PDVSA: _____ | SUPV. PERFOALCA: _____ | |
| PERSONAL INVOLUCRADO: | CARGO: | EQUIPOS DE SEGURIDAD: | |
| _____ | _____ | Casco: | <input type="checkbox"/> |
| _____ | _____ | Braga: | <input type="checkbox"/> |
| _____ | _____ | Botas de Seguridad: | <input type="checkbox"/> |
| _____ | _____ | Lentes: | <input type="checkbox"/> |
| | | Guantes: | <input type="checkbox"/> |
| ACTIVIDADES REALIZADAS: | | HERRAMIENTAS Y MATERIAL UTILIZADO: | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| OBSERVACIONES: _____ | | | |
| _____ | | | |

Tabla 7.3: Reporte diario de fallas

| REPORTE DE FALLAS DEL TALADRO PAR-03 | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| FECHA / / / . | SUPV. PDVSA: _____ | SUPV. PERFOALCA: _____ | |
| EQUIPO / COMPONENTE ASOCIADO: _____ | | | Nº de Fallas Presentadas: _____ |
| DESCRIPCIÓN DE LA FALLA / MOTIVO U ORIGEN: _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ | | | |
| Hora de Falla: ____ : ____ | TIEMPO ESTIMADO DE REPARACION (horas/días): _____ / _____ REEMPLAZO DEL EQUIPO DE SER NECESARIO (marque con una "X" en el cuadro): <input type="checkbox"/> TIEMPO ESTIMADO DEL REEMPLAZO (horas/días): _____ / _____ | | |
| Fecha de Falla: / / / / | REPUESTOS, MATERIALES Y PERSONAL NECESARIO PARA LA REPARACION O EL REEMPLAZO (SI ES EL CASO): _____ _____ _____ | | |

Tabla 7.4: Control de Mantenimiento de Equipos Mecánicos

| HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------|---------|------------|---------------|--------------------------------------|----------|-----------|
| EQUIPOS MECANICOS | | | | | | | | | |
| _____ | | FECHA: / / / / | | | HORA: | | UTILIZACION DE EQUIPOS DE SEGURIDAD: | | |
| SUP. PDVSA | SUP. PERFOALCA | FRECUENCIA | | | | | | | |
| EQUIPOS | | DIARIO | SEMANAL | MENSUAL | TRIMESTRAL | SEMESTRAL | ANUAL | C/3 AÑOS | POR HORAS |
| MALACATE | | | | | | | | | |
| TORRE DE PERFORACION "CABRIA" | | | | | | | | | |
| SUB-ESTRUCTURA | | | | | | | | | |
| BLOQUE VIAJERO | | | | | | | | | |
| BLOQUE CORONA | | | | | | | | | |
| GANCHO "HOOK" | | | | | | | | | |
| UNION GIRATORIA "SWIVEL" | | | | | | | | | |
| ANCLA DE LINEA MUERTA | | | | | | | | | |
| CANDADO DE IZAMIENTO | | | | | | | | | |
| WINCHES NEUMATICOS | | | | | | | | | |
| MOTORES DIESEL | | | | | | | | | |
| LINEA DE FLUJO "STAND PIPE" | | | | | | | | | |
| BOMBAS RECIPROCANTES | | | | | | | | | |
| BOMBAS CENTRIFUGAS | | | | | | | | | |
| AGITADORES DE LODO | | | | | | | | | |
| MULTIPLE DE CHOQUE | | | | | | | | | |
| UNIDAD ACUMULADORA | | | | | | | | | |
| VALVULA DE SEGURIDAD ANULAR | | | | | | | | | |
| VALVULA DE SERGURIDAD SENCILLA | | | | | | | | | |
| VALVULA DE SEGURIDAD DOBLE | | | | | | | | | |
| MESA ROTARIA | | | | | | | | | |
| COMPRESORES DE TORNILLO | | | | | | | | | |
| PERSONAL INVOLUCRADO EN EL MANTENIMIENTO: | | | | | | CARGO: | | | |
| _____ | | | | | | _____ | | | |
| _____ | | | | | | _____ | | | |
| _____ | | | | | | _____ | | | |
| _____ | | | | | | _____ | | | |
| _____ | | | | | | _____ | | | |
| REPUESTOS Y MATERIALES UTILIZADOS: | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | |

Tabla 7.5: Control de Mantenimiento equipos Eléctricos

| HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------|---------|------------|---------------|-------|---------------------------------------------------------------|-----------|--|
| EQUIPOS ELECTRICOS | | | | | | | | | |
| <u> </u> SUPV. PDVSA | <u> </u> SUP. PERFOALCA | FECHA: / / / / | | | HORA: : | | UTILIZACION DE EQUIPOS DE SEGURIDAD: <input type="checkbox"/> | | |
| FRECUENCIAS | | | | | | | | | |
| | DIARIO | SEMANAL | MENSUAL | TRIMESTRAL | SEMESTRAL | ANUAL | C/3 AÑOS | POR HORAS | |
| FRENO ELECTRICO DEL MALACATE | | | | | | | | | |
| GENERADORES | | | | | | | | | |
| CASA DE FUERZA | | | | | | | | | |
| MOTORES A-C | | | | | | | | | |
| MOTORES D-C | | | | | | | | | |
| PERSOLNAL INVOLUCRADO EN EL MANTENIMIENTO: | | | | | CARGO: | | | | |
| _____ | | | | | _____ | | | | |
| _____ | | | | | _____ | | | | |
| _____ | | | | | _____ | | | | |
| _____ | | | | | _____ | | | | |
| REPUESTOS DE MATERIALES UTILIZADOS: | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | | | |

7.3. Determinación De Los Costos Semestrales De Los Planes De Mantenimiento Preventivo Propuestos

La realización de actividades de mantenimiento involucra consumo de recursos los cuales deben ser cuantificados y evaluados para determinar la inversión de los programas de mantenimiento, ya que se encuentran relacionados con el rendimiento de la empresa. Los costos semestrales atribuibles de los planes de mantenimiento propuestos para cada actividad mostrados en la tabla 7.3, para la cual se tomaron en cuenta los costos de mano de obra y costos de materiales.

7.3.1. Costos De Materiales

En los costos de materiales se incluyen los costos de repuestos, lubricantes, aceite, rodamientos, empaaduras, entre otros. El costo de materiales para cada actividad

se calculó multiplicando del costo de materiales unitario por la cantidad de materiales utilizados como se muestra en la ecuación 7.1

$$CM \text{ act} = C_{mu_i} * M_i \quad (\text{Ec. 7.1})$$

Donde:

CM act = Costo Materiales por actividad.

Cmu = Costo de material “i” por unidad.

M = Cantidad de material “i” necesaria.

7.3.2. Costos De Mano De Obra

Se refiere al costo de mantenimiento debido al personal necesario para la ejecución de las diferentes actividades, para lo cuál se hace necesario conocer el salario del personal encargado del mantenimiento de los equipos. En la tabla 7.5 se muestra el salario por hora del personal involucrado al mantenimiento.

Para el costo de mano de obra se utilizó la ecuación 7.2

$$CMO \text{ act} = C_{\text{inspec/h}} * f \quad (\text{Ec. 7.2})$$

Donde:

CMO act = Costo de mano de obra por actividad

C_{inspec/h} = Costo de inspección

f = Frecuencia trimestral

Tabla 7.6: Salario en Horas de la Fuerza Laboral Involucrados en los Planes de Mantenimientos

| Clasificación del personal | BsF./hora |
|----------------------------|-----------|
| Mecánico | 42.00 |
| Instrumentista | 42,00 |
| Operador | 35,00 |

Fuente: Elaboración Propia

7.3.3. Horas Hombres Involucrados En El Plan De Mantenimiento

Preventivo Propuesto

Para la ejecución de los planes de mantenimiento preventivo propuesto se necesitará de un personal conformado por 3 personas (1 mecánico, 1 instrumentista, y 1 operador) donde cada uno de ellos trabaja 8 horas diarias y 5 días semanales. Las horas hombre de trabajo para un periodo trimestral se muestra en la ecuación 7.3

$$HH/Trimestre = \# \text{Hombres} \left(\text{Horas/Día} * \text{Día/Semana} * \text{Semana/Mes} * \text{Mes/Trimestre} \right)$$



CAPÍTULO VIII

EVALUACIÓN ECONÓMICA

8.1. Flujo Neto De Efectivo

El flujo neto efectivo representa las entradas y salidas de dinero en intervalos de tiempo frecuentes de un proyecto cualquiera. Para los cálculos en los costos trimestrales del flujo neto efectivo para un periodo de un año, se tomaron en cuenta las consideraciones expuestas: la inversión inicial será del 25% del total anual de los materiales involucrados en el plan de mantenimiento preventivo propuesto, en la tabla 8.1 se muestran los costos trimestrales y anuales del plan, el costo por parada del equipo es de 3.250,00 BsF por hora y el equipo de rehabilitación de pozos tiene un tiempo promedio fuera de servicio de 85 horas. Al aplicar dicho plan de mantenimiento preventivo propuesto se estima que la confiabilidad del equipo aumentará del 80% al 90%, es decir, en un incremento del 11%, estimando que se reduce el tiempo promedio fuera de servicio trimestral a 76 horas. En la figura 8.1 se muestran todos los flujos por trimestre de los ingresos y egresos del plan de mantenimiento propuesto en un período de un año.

Tabla 8.1: Costos Totales del Programa de Mantenimiento Propuesto

| Costos | Valor (BsF./trimestre) | Valor BsF./(anual) |
|--------------|------------------------|--------------------|
| Mano de Obra | 57.120,00 | 228.480,00 |
| Materiales | 154.789,45 | 619.157,80 |

Fuente: Elaboración Propia.

Para reflejar el flujo neto efectivo de caja se tiene que la inversión inicial es de 38.697,36 BsF del total anual del costo de materiales, luego:

$$\text{Costo}_{\text{Horasfuera deservicio}} = 3.250 \text{ BsF} ./ \text{ hora} * 85 \text{ horasfuera deservicio} / \text{ trimestre}$$

$$\text{Costo}_{\text{horasfuera deservicio}} = 276.250 \text{ BsF} / \text{ trimestre}$$

Ahora con el plan de mantenimiento propuesto se estima que el tiempo promedio fuera de servicio trimestral (TPFS/trimestre) disminuya a 76 horas, siendo ahora el costo de horas fuera de servicio:

$$\text{Costo}_{\text{horafuera de servicio}} = 3.250 \text{ BsF. / hora} * 76 \text{ horas fuera de servicio / trimestre}$$

$$\text{Costo}_{\text{horafuera de servicio}} = 247.000 \text{ BsF. / trimestre}$$

Al resultado del costo anterior le restamos este valor del costo (276.250 – 247.000) y se obtuvo el ahorro trimestral de la puesta en marcha de plan de mantenimiento, siendo este 29.250 BsF. Para la inversión inicial se realizó la siguiente operación (29.250*0.25= 7.312,25).

En la figura 8.1 se muestra el diagrama de flujo neto efectivo para un periodo de un año, en intervalos trimestrales.

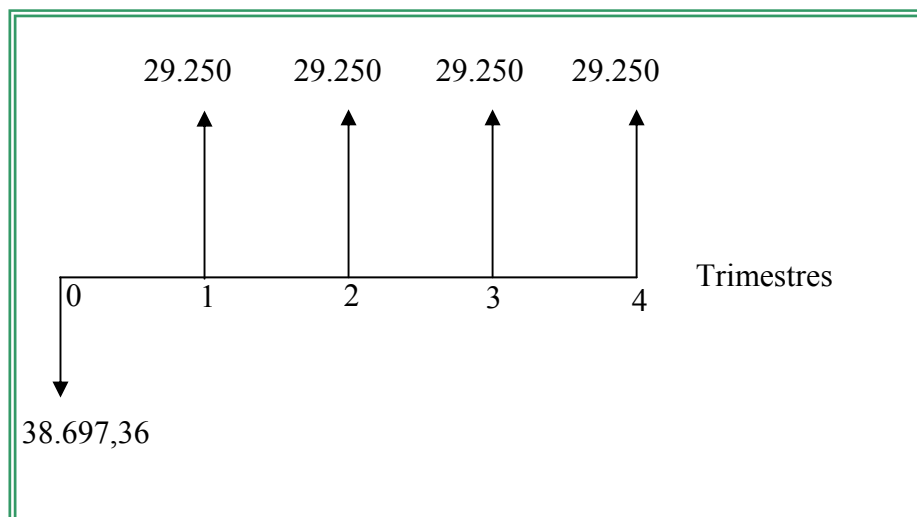


Figura 8.1: Diagrama de Flujo Neto Efectivo.

Fuente: Elaboración Propia

8.2. Tasa Mínima Atractiva De Retorno (TMAR)

La TMAR es el interés que establecerá el inversionista o la empresa para hacer las inversiones. Representa la tasa base de comparación y de cálculo para efectuar la evaluación económica.

La tasa de referencia para la inversión será asumida en 15% anual, la cual representa la tasa de interés pasiva de los bancos, debido a que no se pudo obtener la tasa nominal usada por la empresa.

Para calcular la tasa nominal por período se utilizó la ecuación 8.1:

$$Tp = \frac{r}{n} \quad (\text{Ec. 8.1})$$

Donde:

Tp : Tasa de interés por periodo.

r : Tasa Nominal.

n : Número de períodos.

$$Tp = \frac{15}{4} = 3,75\%$$

Se tomará una tasa de interés por período de 3,75%, puesto que los pagos son trimestrales.

8.3. Método De Valor Presente Neto (VPN)

Este método consiste en transformar los gastos o ingresos futuros a dinero equivalente en el presente. Se considerará rentable el plan de mantenimiento propuesto si los egresos son mayores que los ingresos y el VPN es igual o mayor que cero. Para calcular el VPN se empleará la ecuación 8.2

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} \quad (\text{Ec. 8.2})$$

Donde:

P= Inversión inicial

FNE= Flujo neto efectivo en el período n

i = Tasa de interés.

n= Numero de periodos (1, 2, 3, 4)

Utilizando la ecuación 8.2 con una tasa de interés de 3,75 trimestral arrojo un valor de:

$$VPN = 68.105,63$$

El plan de mantenimiento propuesto es rentable, puesto que el $VPN > 0$.

8.4. Tasa Interna De Retorno (TIR)

Este método se aplica para conocer el valor real del rendimiento del dinero en la inversión ya que es la tasa que está ganando un interés sobre el saldo no recaudado de la inversión en cualquier momento de la duración del proyecto.

Para realizar el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) se determino igualando el VPN a cero y dejando la “i” como incógnita, mediante pruebas de ensayo y error obteniéndose los valores mostrados en la tabla 8.2.

Tabla 8.2: Tasa Interna de Retorno

| TIR (%) | VPN |
|---------|-----|
| 65,51 | 0 |

Fuente: Elaboración Propia

Como $TIR = 65,51\%$ es mayor a $TMAR = 3,75\%$ trimestral, la inversión en el programa de mantenimiento propuesto es rentable.

CONCLUSIONES

- ✓ Luego de haber realizado el análisis de criticidad, se tomo como más crítico el equipo de rehabilitación de pozos PAR-04, aunque existen otros con el mismo índice de criticidad, se seleccionó éste por presentar mayor cantidad de fallas.
- ✓ Por medio de las técnicas aplicadas en este trabajo de grado se logró obtener que la confiabilidad operacional del equipo PAR-04 es baja (85,23%) en comparación con los patrones o estándares internacionales llevados por la empresas de clase mundial (90%).
- ✓ Este trabajo propone un adecuado plan de mantenimiento ajustado a las necesidades que presenta la empresa, el cual permitirá solventar las debilidades en cuanto a una correcta aplicación de los mismos.
- ✓ El estudio realizado permitió determinar que en el equipo de rehabilitación de pozos PAR-04 el sistema de izamiento presentó mayor porcentaje de fallas (76%).
- ✓ Gracias a la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) realizado al sistema de izamiento, se logro determinar que existen 66 Modos y Efectos de Fallas.
- ✓ De las tareas propuestas por el plan MCC se obtuvieron 16 tareas a condición cíclica, 5 a reacondicionamiento cíclico, 6 a sustitución cíclica y 39t de ningún mantenimiento preventivo.
- ✓ El programa de mantenimiento preventivo trimestral propuesto en este trabajo se considera que es económicamente rentable de acuerdo al método del valor

presente ya que arrojo un valor positivo (60.793,38 BsF.) y la TIR= 65,% es mayor a la TMAR = 3,75%

RECOMENDACIONES

- ✓ Dado que el Plan de Mantenimiento propuesto resultó económicamente rentable se recomienda su aplicación
- ✓ No limitar el análisis realizado al equipo más crítico (PAR-04), este también puede ser aplicado al resto de los equipos de rehabilitación de pozos operados por la empresa.
- ✓ Realizar auditorias continuas que permitan verificar el cumplimiento de los planes de mantenimiento.
- ✓ Evaluar periódicamente los indicadores de gestión de mantenimiento, para observar la variación de estos posterior a la aplicación del programa propuesto de esta manera determinar cuan eficiente ha resultado.
- ✓ Enfocar la Gestión de mantenimiento de la empresa en el hecho de que los costos de los programas de mantenimiento son una inversión y no un gasto, ya que estos permiten mejorar la confiabilidad de los equipos y aumentar su vida útil.
- ✓ Mantener en stock los repuestos del equipo para evitar la perdida de tiempo cuando se presente una falla.

BIBLIOGRAFÍA

- BLANCO, F (2007). **Manual de Análisis y Fallas**. Venezuela.
- BRAVO, L (2005). Libro **“Fundamentos de Mantenimiento”**.
- SUÁREZ, D. *“Elaboración de Planes de Mantenimiento”*, Universidad de Oriente.
- SUAREZ D, **“Guía Teórico – Práctico de Mantenimiento Mecánico”**, Universidad de Oriente (2002).
- MOUBRAY J, **“Reliability-Centered Maintenance”** Editorial Btterworth Heinemann, Oxford (1997).
- PARRA C, **“Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”**. Curso ASME dictado por la División de Adiestramiento CEACA (2005).
- **“Introducción a la Confiabilidad Operacional”**, Curso dictado por el Centro Internacional de Educación y Desarrollo CIED, PDVSA (2000).
- BACA, U **“Evaluación de proyectos ”** Quunta Edición Mc GrawHill México (2006)

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

| | |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TÍTULO | Establecimiento de un Sistema Indicador de Gestión para el Control del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de los Equipos de Rehabilitación de Pozos (Work-Over) de una Empresa de Perforación y Rehabilitación de Pozos Petroleros |
| SUBTÍTULO | |

AUTOR (ES):

| APELLIDOS Y NOMBRES | CÓDIGO CULAC / E MAIL |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LANDAETA V., JESUS R. | CVLAC: 15.846.665 E MAIL: Jlandaeta0284@cantv.net |
| | CVLAC: E MAIL: |
| | CVLAC: E MAIL: |
| | CVLAC: E MAIL: |

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

SISTEMA, INDICADOR, CONTROL, MANTENIMIENTO, CONFIABILIDAD,
EQUIPO, REHABILITACION

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

| ÀREA | SUB-ÀREA |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------|
| <u>MANTENIMIENTO</u> | <u>MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD</u> |
| | |
| | |

RESUMEN (ABSTRACT):

Esta investigación se baso en el estudio de la confiabilidad operacional de los equipos de rehabilitación de pozos pertenecientes a una empresa de perforación y rehabilitación de pozos petroleros, mediante la aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad; esto con la finalidad de reducir la cantidad de actividades no programadas, y establecer tareas de mantenimiento que garanticen la operatividad y la confiabilidad de las unidades. Para alcanzar este objetivo fue necesario la recopilación estadística de las fallas de cada uno de los equipos estudiados, esta información fue proporcionada por el departamento de mantenimiento de la empresa, luego se procedió a realizar una análisis de criticidad de los 2 equipos work-over resultando mas critico el PAR-03, posteriormente fueron determinados los parámetros de mantenimiento para dicho equipo, y se determino el sistema que presento mas fallas en el equipo es el de izamiento, una vez recolectada esta información se procedió a la conformación del

equipo de trabajo para la definir el contexto operacional actual y aplicar el Análisis de Modos y Efectos de Fallos (AMEF) y, el árbol lógico de decisión (ALD) que arrojó las tareas a condición. Posteriormente se realizaron los programas y/o planes de mantenimiento preventivo para el equipo con los costos de mano de obra y materiales. Por último se realizó la evaluación económica mediante el método del valor presente neto (VPN) para determinar la rentabilidad del plan de mantenimiento propuesto.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

| APELLIDOS Y NOMBRES | ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|-----------|------|----|------|
| ABRAHAM MENESES | ROL | CA | AS X | TU | JU |
| | CVLAC: | 6.951.779 | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| LUIS BRAVO | ROL | CA | AS | TU | JU X |
| | CVLAC: | 1.811.447 | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| JOSE F. RODRIGUEZ | ROL | CA | AS | TU | JU X |
| | CVLAC: | 4.985.506 | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| | ROL | CA | AS | TU | JU |
| | CVLAC: | | | | |
| | E_MAIL | | | | |
| | E_MAIL | | | | |

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

| | | |
|------|-----|-----|
| 2009 | 02 | 19 |
| AÑO | MES | DÍA |

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

| NOMBRE DE ARCHIVO | TIPO MIME |
|-----------------------------------------|-------------------|
| Tesis. sistema indicador de gestión.doc | Aplicación /mword |
| | |
| | |

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:

Pre-Grado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Sistemas Industriales

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

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

AUTOR 1

AUTOR 2

AUTOR 3

Jesús R. Landaeta V.

TUTOR

Abraham Meneses

JURADO 1

Luis Bravo

JURADO 2

José F. Rodríguez

POR LA SUBCOMISION DE TESIS