

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**ANÁLISIS DE LAS FALLAS PRESENTES EN LOS COJINETES
DESLIZANTES, DEL COMPONENTE MOTOR-BOMBA, EN LA
SALA DE BOMBAS PRINCIPAL DILUENTE, PATIO TANQUE
OFICINA, SAN TOMÉ-ESTADO ANZOÁTEGUI**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LA
BACHILLER RODRÍGUEZ
EVA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

CIUDAD BOLÍVAR, JULIO 2018

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado titulado “**ANÁLISIS DE LAS FALLAS PRESENTES EN LOS COJINETES DESLIZANTES, DEL COMPONENTE MOTOR-BOMBA, EN LA SALA DE BOMBAS PRINCIPAL DILUENTE, PATIO TANQUE OFICINA, SAN TOMÉ –ESTADO ANZOÁTEGUI.**” presentado por la bachiller: EVA Y. RODRIGUEZ, cedula de identidad N°: 19.730.940, ha sido **APROBADO** de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:

Firma:

Dr. Alexis Perales Muñoz

(Asesor)

Gamboa Daylín

(Jurado)

Valles Max

(Jurado)

Profesor Dafnis Echeverría
Jefe de Departamento de Ingeniería
Industrial

Profesor Francisco Monteverde
Director de la Escuela

Ciudad Bolívar, Julio de 2018

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación es dedicado al Dios que no se ve y que muchos dudan si existe o no, que yo si tengo bien claro que siempre está a mi lado y que nunca me ha desamparado gracias querido Dios, aunque a veces perdía la fe, tú te encargaste que la recupera.

A mi Madre Eva Rodríguez C. no me alcanzara la vida para agradecerte el apoyo que has dado hasta el día hoy, no solo fuiste madre si no un padre también, Tú eres una de las mejores madres Dios te bendiga siempre.

A mi abuela Ana de Rodríguez C. Dios siga dándote larga vida para poder regresarte una pequeña parte de lo que tu hiciste por nietos, nunca voy a poder pagarte esa crianza que nos diste junto con Eva Rodríguez C. Dios te bendiga abuela hoy mañana y siempre.

Eva Rodríguez

AGRADECIMIENTO

Agradezco inmensamente a Dios todo poderoso, que me dio y me da todos los días su fortaleza, seguridad, confianza para actuar con sabiduría a pasos firmes para llegar hasta la meta, gracias querido Dios.

A mi Madre y mi abuela por sus sacrificios y esfuerzos a lo largo de lo que va de mi vida, gracias madres no me alcanzara la vida para agradecerles el apoyo que me han dado me siguen dando.

Al profesor Dr. Alexis Perales, gracias por compartir su excelente sabiduría y guiarme en la elaboración del trabajo de grado.

A PDVSA, por darme la oportunidad de aceptarme como Tesista, y mostrarme un mundo completamente nuevo para mí, en el área laboral especialmente Mantenimiento Operacional, Al tutor industrial por asesorarme durante el periodo de tesis gracias por compartir su conocimiento.

Gracias a los ingenieros que día a día están velando por el mantenimiento de equipos y maquinarias, Raúl Cedeño y Robert Golindano por compartir su experiencia y conocimiento desde el punto de vista del obrero técnico y profesional, siempre con la frase “Aprender Haciendo”.

A los que no nombre pero están en mi mente, porque sé que de alguna manera me apoyaron y siempre estuvieron ahí cuando más les necesitaba; este trabajo de grado no es el final, es el inicio de una gran carrera que aún falta por descubrir...

Eva Rodríguez

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación consistió en la realización de un Análisis De Fallas de los Cojinetes Deslizantes del Componente Motor-Bomba, de Sala de Bombas Principal de Diluyente, Patio de Tanque Oficinas, en San Tome Estado Anzoátegui, con el fin de encontrar las fallas que se han venido presentando en los cojinetes, trayendo así paradas inesperadas de los equipos y también se ve afectado el bombeo de petróleo disminuyendo la capacidad diaria de flujo de petróleo diluido bombeado, se aplicaron diferentes métodos para la realización del trabajo de grado como por ejemplo la descripción de la situación actual de los cojinetes, seguidamente realizar un análisis de criticidad basado en ponderaciones suministradas por el personal que allí labora, para jerarquizar la falla de los cojinetes con esto se procede a determinar las causas raíces físicas y humanas que producen dicha falla dando como resultado que el cojinete falla por causas del sello mecánico ya que este, no lo cambian cuando termina su vida útil si no hasta que este falle. Las acciones propuestas una de ellas fue actualizar los procedimientos de trabajo, supervisión de personal al momento del ensamble, realizar mantenimiento predictivo entre otros, las principales conclusiones tenemos que el análisis de criticidad en base al impacto global determino que los cojinetes fallan por rotura del sello mecánico y que la posible causa de la rotura del sello es debido a manipulación indebida de trabajadores, según a encuestas no estructuradas a trabajadores no se reciben desde hace mucho tiempo adiestramiento de ningún tipo, se recomienda. El departamento de mantenimiento tiene una dura tarea de mantener los equipos en funcionamiento por lo que es recomendable el adiestramiento del personal en cuanto a instalación, seguridad y operación con el fin de minimizar las fallas presentadas.

CONTENIDO

ACTA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN.....	v
CONTENIDO	vi
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
SITUACIÓN A INVESTIGAR	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivos de la investigación	7
1.2.1 Objetivo general.....	7
1.2.2 Objetivos específicos.....	7
1.3 Alcance de la investigación.....	8
1.4 Justificación de la investigación.....	8
1.5 Limitaciones de la investigación	8
CAPÍTULO II.....	9
GENERALIDADES	9
2.1 Generalidades de la empresa	9
2.2 Reseña histórica.....	9
2.3 Ubicación geográfica.....	11
2.3.1 Ubicación geográfica del área de estudio	11
2.4 Organigrama.....	13
2.5 Misión.....	13
2.6 Visión	14
2.7 Objetivos	14
2.8 Aspectos legales	14
2.8.1 Leyes, reglamentos, resoluciones y demás normas relacionadas con la actividad de hidrocarburos y petroquímica.....	15
2.8.2 Hidrocarburos líquidos	15
2.8.3 Hidrocarburos gaseosos	16
2.8.4 Petroquímica.....	17
2.8.5 Transporte terrestre.....	17
2.8.6 Pdvs.....	17

2.8.7 Leyes, reglamentos, resoluciones y demás normas de aplicación general	18
2.8.8 Ambiente.....	19
CAPÍTULO III	20
MARCO TEÓRICO	20
3.1 Antecedentes de la investigación	20
3.2 Bases teóricas	21
3.2.1 Bombas centrifugas	21
3.2.1.1 Partes de una bomba centrífuga	21
3.2.2 Cojinetes de fricción.....	23
3.2.2.1 Tipos de cojinetes de fricción	23
3.2.3 Cojinetes antifricción.....	24
3.2.4 Material para cojinetes.....	24
3.2.5 Características del material.....	24
3.2.5.1 Resistencia a la compresión	24
3.2.5.2 Bajo coeficiente de rozamiento.....	25
3.2.5.3 Duración.....	25
3.2.5.4 Penetración.....	25
3.2.5.5 Ser trabajable	25
3.2.5.6 Conformabilidad	25
3.2.5.7 Alto regimen de transferencia térmica.....	26
3.2.5.8 Resistencia a la corrosión.....	26
3.2.6 Material de los cojinetes	26
3.2.6.1 Metales ferrosos	26
3.2.6.2 Bronce y metales no ferrosos	26
3.2.6.3 Metal babbit y otros metales blandos	27
3.2.6.4 De aleaciones	27
3.2.6.5 Metales varios	28
3.2.6.6 No metalicos	28
3.2.7 Lubricación	28
3.2.7.1 Lubricación con grasa.....	29
3.2.7.2 Lubricación por aceite.....	29
3.2.7.3 Lubricación por baño de aceite	30
3.2.7.4 Lubricación por anillos de aceite	30
3.2.7.5 Sistema de lubricación forzada	30
3.2.8 Análisis de causa raíz (ACR).....	30
3.2.9 Mantenimiento.....	33
3.2.10 Tipos de mantenimiento	33
3.2.10.1 Mantenimiento preventivo	33
3.2.10.2 Mantenimiento correctivo.....	34
3.2.10.3 Mantenimiento predictivo.....	34

3.2.11 Gravedad API	34
3.2.12 API.....	35
3.2.13 Falla	35
3.2.13.1 Clasificación de las fallas.....	35
3.2.14 Análisis de falla	36
3.2.15 Análisis costo riesgo beneficio (ACRB).....	36
3.2.16 Equipo natural de trabajo (ENT)	36
3.2.17 Análisis de criticidad.....	37
3.2.18 Ponderación de factores	37
3.2.19 Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO).....	38
3.2.20 Tiempo fuera de servicio (TFS).....	38
3.2.21 Impacto operacional.....	39
3.2.22 Impacto en seguridad.....	39
3.2.23 Impacto ambiental	40
3.2.24 Impacto global	40
3.2.25 Intervalos de clase.....	40
3.3 Definición de terminos basicos	41
CAPÍTULO IV	43
METODOLOGÍA DE TRABAJO	43
4.1 Tipo y Diseño de la investigación	43
4.1.1 Según la estrategia	43
4.1.2 Según su propósito.....	44
4.1.3 Según el nivel de conocimiento.....	44
4.2 Flujograma de la investigación.....	44
4.3 Población y muestra de la investigación	45
4.3.1 Población	45
4.3.2 Muestra	46
4.4 Técnicas de análisis y recopilación de información	46
4.4.1 Revisión bibliográfica.....	46
4.4.2 Encuestas y entrevistas no estructuradas	47
4.4.3 Observación directa	47
4.4.4 Manejo de programas de computación	47
4.4.5 Gráficas de línea y barra	47
4.4.6 Análisis de causa raíz (ACR).....	48
4.4.8 Diagrama de flujo de proceso	48
4.4.9 Análisis de criticidad	48
CAPÍTULO V	49
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	49

5.1	Describir la situación actual de los cojinetes deslizantes de la sala de bombas principal de diluyente.....	49
5.1.1	Aplicación del análisis de criticidad del cojinete bearing kingsbury shoes pad (A06528A01).....	54
5.1.1.1.	Impacto operacional.....	54
5.1.1.2.	Impacto en seguridad.....	58
5.1.1.3.	Impacto ambiental.....	59
5.2	Identificar las causas raíces, humanas y latentes que provocan las fallas frecuentes de los cojinetes deslizantes.....	63
5.2.1	Problema.....	63
5.2.2	Modo de falla.....	63
5.2.3	Hipótesis y su validación.....	63
5.2.4	Causa raíz física.....	65
5.2.6	Causa raíz humana.....	65
5.2.6	Causa raíz latente.....	66
5.3	Proponer acciones para la disminución de las fallas presentes en los cojinetes deslizantes.....	68
5.4	Determinar el análisis costo-riesgo-beneficio de las acciones propuestas, para verificar factibilidad de estas.....	69
5.4.1	Costo de fuerza laboral.....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENCACIONES		72
Conclusiones		72
Recomendaciones		73
REFERENCIAS		74

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.2 Faja Petrolífera del Orinoco (Nelson Hernández, 2008)	10
2.3 Patio Tanque Oficina (Google Maps, 2017).....	12
2.4 Estructura organizativa Coordinación Operacional I Faja (COF) División Ayacucho (PDVSA 2014)	13
3.1 Bomba centrífuga (José Valladares, 2015).....	24
3.2 Estructura del árbol lógico de fallas para un ACR (Elaboración propia,2017)..	35
4.1 flujograma de la investigación, (Elaboración propia, 2017).....	45
5.1 Bomba de Sala de Bombas Principal de Diluyente, PT-08, PT-09, PT-10 (PDVSA, 2016)	51
5.2 Sala de Bombas Principal de Diluyente, motores PT-08, PT-09, PT-10 (PDVSA, 2016)	52
5.3 Cojinete de deslizamiento. (Departamento de Mantenimiento, 2017)	54
5.4 Cara de los cojinetes contaminados con petróleo (Departamento Mantenimiento, 2017).....	65
5.5 Árbol lógico de fallas causa raíces físicas, humanas y latentes (Elaboración propia,2017).....	66

LISTA DE TABLAS

	Página
5.1 Información técnica de la bomba PT-08 (PDVSA, 2016).....	50
5.2 Información técnica de la bomba PT-09 (PDVSA, 2016)	50
5.3 Información técnica de la bomba PT-10 (PDVSA, 2016)	51
5.4 Información técnica del motor de la bomba PT-08 (PDVSA, 2016).....	52
5.5 Información técnica del motor de la bomba PT-09 (PDVSA, 2016)	53
5.6 Información técnica del motor de la bomba PT-10 (PDVSA, 2016).....	53
5.7 Tiempo promedio fuera de servicio de los cojinetes (Elaboración propia, 2017).....	55
5.8 Parámetros de evaluación del impacto a nivel operacional (Elaboración propia, 2017)	56
5.9 Ponderación designada a las fallas según el impacto que ocasionan a nivel operacional por TPFS (Elaboración propia, 2017).....	57
5.10 Ponderación designada a las fallas según el impacto que ocasionan a nivel operacional por el número de fallas (Elaboración propia, 2017)	57
5.11 Ponderaciones de TPFS y número de fallas y total de ponderaciones (Elaboración propia, 2017).....	58
5.12 Impacto generado según trabajadores a nivel de seguridad (Elaboración propia, 2017)	59
5.13 Impacto generado según trabajadores a nivel ambiental (Elaboración propia, 2017).....	60
5.14 Ponderación de cada falla con respecto al impacto global (Elaboración propia, 2017).....	60
5.15 Identificación del nivel de criticidad a partir del impacto global (Elaboración propia, 2017)	61
5.16 Nivel de criticidad de las fallas en los cojinetes (Elaboración propia, 2017).	62
5.17 Acciones para disminución de la ocurrencia de las fallas (Elaboración propia, 2017).....	69
5.18 Salarios horas y salarios diario de personal (Elaboración propia, 2017).....	71
5.19 Costo de acciones propuestas (Elaboración propia, 2017)	72

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en la sala de bombas principal de diluyente de Patio de Tanque Oficina, superintendencia de mantenimiento Operacional distrito San tome, se han venido presentando una serie de fallas específicamente en los cojinetes de deslizamiento, dicha sala de bombas hace posible el transporte y fiscalización de crudo diluido transportándolo a centro de operaciones Bare y el centro de Operación Melones que manejan crudo extra-pesados donde su gravedad API esta entre 10° y 21,9° se envía el crudo diluido con la finalidad de llevarlo a crudo liviano cuya gravedad API es de 16° siendo este de mucha importancia ya que es el petróleo comercial, trayendo beneficios económicos tanto a la empresa como al país.

Para realizar este trabajo de grado se planteó como objetivo generar; Analizar las fallas presentes en los cojinetes deslizantes, del componente motor-bomba, en la sala de bombas principal diluyente, Patio Tanque Oficina, San tomé –Estado Anzoátegui, cuyos objetivos específicos son: Describir la situación actual de los cojinetes deslizantes de la sala de bombas principal de diluyente, identificar las causas raíces, humanas y latentes que provocan las fallas frecuentes de los cojinetes deslizantes, Proponer acciones para la disminución de las fallas presentes en los cojinetes deslizantes, Determinar el análisis costo-riesgo-beneficio de las acciones propuestas, para verificar factibilidad de estas.

Este trabajo de investigación está orientado a Analizar las causas de fallas en los cojinetes deslizantes con el fin de optimizar el proceso, aumentar la producción y disminuir el número de fallas presentadas.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

En Venezuela el uso del “MENE” llamado así por los lugareños, era un líquido negro y espeso que salía naturalmente a través del suelo hacia la superficie se remonta en la época pre-hispánica, época en la cual se utilizaba el mene o petróleo para fines medicinales, como fuente de iluminación y para calafetear e impermeabilizar las embarcaciones, pero su explotación se comenzó a realizar formalmente en el año 1875 después de un terremoto comienza a salir petróleo en grandes cantidades por una de las grietas producidas por el movimiento telúrico en la hacienda “La Alquitrana” del estado Táchira perteneciente a al Señor Manuel Antonio Pulido. A raíz de este hecho pulido forma la primera empresa petrolera venezolana que se dedicó a explotar industrialmente el petróleo dicha empresa tenía por nombre “Compañía Nacional Minera Petrólia del Táchira”. Fue desde entonces que la industria petrolera en Venezuela fue creciendo y fortaleciéndose. El 29 de agosto de 1975 es promulgada la ley de nacionalización, la cual reserva el Estado, la industria y el comercio de los hidrocarburos; y posteriormente el 30 de agosto del mismo año bajo el decreto presidencial número 1123 fue creada la casa matriz de la industria petrolera PDVSA (Petróleos de Venezuela, S.A.) a través de la cual el Estado Venezolano va a ser director de las compañías operadoras, encargadas de cumplir y ejecutar todo lo relacionado con la industria y el comercio de hidrocarburos, así mismo de celebrar convenios y asistencia técnicas con empresas nacionales y extranjeras, destacándose así el poder autónomo del país sobre las riquezas de la nación. Recibió la Corporación Venezolana del Petróleo el 2 de Noviembre de 1975 y asumió el 1 de Enero de 1976 la planificación, coordinación y supervisión de todas las operaciones petroleras del país, bajo la tutela del Ministerio

Del Poder Popular de Energía y Minas, conforme a la reserva al Estado de la industria y el comercio de los hidrocarburos (Ley Orgánica del 29.875).

El 31 de Diciembre de 1997, PDVSA realizó sus operaciones en Venezuela a través de tres filiales operadoras principales, CORPOVEN, S.A., LAGOVEN, S.A. y MARAVEN, S.A., posteriormente estableció una nueva estructura operativa basada en unidades de negocios. EL proceso de transformación conllevó a la fusión de LAGOVEN, S.A., en CORPOVEN, S.A., (las antiguas operadoras) el 1 de Enero de 1998, y el cambio del nombre de la sociedad resultante a PDVSA PETRÓLEO Y GAS, S.A. (“PDVSA P&G”). En mayo de 2001, el nombre de PDVSA P&G fue modificado a “PDVSA PETRÓLEO S.A.” y para finales del año 2002, ciertos activos gaseosos no asociados fueron transferidos a PDVSA Gas S.A.

PDVSA es la corporación petrolera estatal Venezolana encargada de coordinar, supervisar y controlar las actividades operativas de sus divisiones, así como también su principal función es la exploración, producción, almacenamiento y transporte de los hidrocarburos presentes en el suelo Venezolano, por lo que es el motor fundamental del desarrollo económico y social del país.

La faja petrolífera del Orinoco, fuente de reservas de hidrocarburo líquidos más grande del mundo, comprende una extensión de 55.314km² y un área de explotación actual de 11.593 km², ubicada al sur de los estados Guárico, Anzoátegui y Monagas.

Este gran reservorio petrolero fue dividido en cuatro áreas, siendo estas de oeste a este; sus nombres anteriores y actuales son: Machete-Boyacá, Zuata-Junín Hamaca-Ayacucho y Cerro Negro-Carabobo, y a su vez segmentado en 29 bloques de 500 km² cada uno aproximadamente.

Este trabajo de investigación será realizado específicamente en el Área Ayacucho, Distrito San Tomé como el principal de la zona sur. Allí se ubica, el Patio de Tanque Oficina (P.T.O) en la Superintendencia de Mantenimiento Operacional de la Gerencia de Coordinación Operacional Faja (C.O.F).

En el Patio de Tanques Oficina (P.T.O), se encuentran las diferentes salas de bombas dedicadas al transporte de la producción del petróleo como lo son:

Sala A, conformada por: Bombas Refuerzo de Crudo Merrey, Bombas Principales De Crudo Merrey, Bombas de Refuerzo de Diluyente y Bombas Principales de Diluyente.

Sala B Bombas de Transferencia De Crudo Merrey Morichal.

Sala C Bombas De Refuerzo De Crudo Diluido, Bombas Principales De Crudo Diluido.

Esta sala de bombas, hace posible el transporte y fiscalización de crudo diluido, llamado así, por sus propiedades y especificaciones, principalmente la gravedad API, que ayuda a la fluidez del petróleo; el crudo diluido es enviado a dos centros de operaciones los cuales son: el Centro de Operación Bare (COB) que envía el crudo diluido recibido a pozos de extracción de crudo, extra-pesado con una gravedad API $< 10^\circ$ y el Centro de Operación Melones (COM) que envía crudo diluido a los pozos de extracción de crudo pesado, cuya gravedad API esta entre 10° y 21.9° , se realiza este procedimiento con la finalidad de llevar el petróleo a una gravedad API de 16° que es la ideal para comercialización

La sala A, Bombas Principales De Diluyente, posee tres bombas PT- 08, PT- 09, PT-10, marca GOULDS PUMP, modelo 3600 HD 6x8- 12 (4 etapas) de tipo

centrifuga horizontal BB3 con una capacidad de 53.492 barriles por día (BPD) y una potencia de motor de 1250 HP, los tres motores del conjunto, PT- 08, es marca SIEMENS ALLIS, con 4160 voltios (volt), una potencia de 1500 HP, una velocidad de 3.585(RPM) y una corriente de 160 (AMP) los otros dos PT- 09, PT-10, marca GENERAL ELECTRIC, de 4160 voltios (volt) una potencia de 1250 HP con una velocidad de 3.585 (RPM) y una corriente de 163 (AMP), de las tres bombas dos de ellas permanecen operativas las 24 horas del día y una de ellas permanece fuera de servicio para ser utilizada en caso de que alguna falle, cada bomba operativa transporta 3250 barriles de petróleo por hora (BPH) por lo que en un día, transporta 78000 barriles de petróleo (BPD) cada bomba.

En los últimos años se ha venido observando un incremento importante en los incidentes asociados a fallas en los cojinetes, por lo que afecta de manera parcial o total el funcionamiento tanto de las bombas como de los motores, las bombas poseen cada una 2 cojinetes radiales y 1 axial, los motores poseen cada uno 2 cojinetes radiales lo que hace un total de 15 cojinetes de deslizamiento en todos los equipos, la principal función de los cojinetes de deslizamientos es permitir el giro del eje y soportar grandes cargas del componente motor- bomba, utilizando un sistema de lubricación forzada de tipo hidrodinámica también llamada lubricación de película completa o fluida, evitando así que el eje entre en contacto directo con el cojinete ya que se crea un colchón hidrodinámico entre superficies; el aceite contaminado ya sea por agua, humedad o petróleo que entra al sistema ya sea por falla del sello mecánico, sello de aceite entre otros, ocasiona directamente una avería al cojinete de deslizamiento por lo que inhabilita la funcionalidad del componente motor-bomba hasta que sea encontrada la falla y sustituida la pieza, esto dependiendo o no del almacén de repuestos, si hay o no disponibilidad de la pieza en el almacén puede tardar mínimo 8 horas máximo una semana fuera de servicio el equipo. Los cojinetes son considerados como vitales, al fallar uno de ellos ya sea por desalineación de ejes, altas temperaturas, corrosión, lubricación inadecuada, cambios en los estados de

vibración, material de bajo estándar de calidad por reparación de cojinetes debido a que no se posee cojinetes de repuestos en el almacén, sobre presión en el arranque, entre otras.

Por lo surge la necesidad de realizar un análisis de las fallas de los cojinetes deslizantes del componente motor-bomba a través de la metodología análisis de causa raíz, para determinar y prevenir las causas raíces físicas, humanas y latentes que inducen los eventos negativos de los cojinetes de deslizamiento, y posteriormente realizar un análisis de árbol lógico de fallas, a través de una lluvia de ideas generadas por equipo multidisciplinario de Ingenieros, Técnicos y Especialistas en mantenimiento operacional. Con este método aplicado y con los resultados obtenidos se espera mejorar la fiabilidad general del sistema.

Por ende, surgen las siguientes interrogantes:

¿Por qué ocurren fallas en el rendimiento operacional en los cojinetes deslizantes?

¿Cómo ocurren las fallas en los cojinetes deslizantes?

¿Qué consecuencias trae las fallas de los cojinetes deslizantes del componente motor-bomba?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar las fallas presentes en los cojinetes deslizantes, del componente motor-bomba, en la sala de bombas principal diluyente, Patio Tanque Oficina, San tomé –Estado Anzoátegui.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir la situación actual de los cojinetes deslizantes de la sala de bombas principal de diluyente.
2. Identificar las causas raíces, humanas y latentes que provocan las fallas frecuentes de los cojinetes deslizantes.
3. Proponer acciones para la disminución de las fallas presentes en los cojinetes deslizantes.
4. Determinar el análisis costo-riesgo-beneficio de las acciones propuestas, para verificar factibilidad de estas.

1.3 Alcance de la investigación

Este proyecto de investigación está orientado a analizar las causas de fallas en los cojinetes del componente motor-bomba de la sala de bombas principal de diluyente, de patio de tanque oficina, coordinación –operacional Faja, Distrito San Tome, el Tigre Estado Anzoátegui, que permita optimizar el funcionamiento de los equipos, a fin de aumentar la producción.

1.4 Justificación de la investigación

Este trabajo de investigación se realiza con la finalidad de determinar las causas de las fallas en los cojinetes del componente motor-bomba de la sala de bombas principal de diluyente, mostrando así posibles soluciones mediante la aplicación de la metodología de análisis de causa raíz, para planificar, verificar y actuar en la posible falla, esto trae como beneficio optimización de la producción evitando paradas inesperadas que pueden traer pérdidas de alto costo por daños de equipos y mano de obra.

1.5 Limitaciones de la investigación

No contar con el equipo informático (computadora) al momento que se necesite, para la toma de notas digitalizadas, debido a que el personal de mantenimiento operacional está haciendo uso de ello, por lo que hay que esperar esté disponible.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Generalidades de la empresa

En el actual capítulo se realizará un resumen de la descripción de PDVSA, Organización donde se realizó la investigación, así como también el área donde se llevó a cabo el estudio.

2.2 Reseña histórica

En 1799 Alejandro Von Humboldt encontró un pozo de petróleo en la Península de Araya. Para el 1839 el gobierno encomienda al médico José María Vargas para que investigara sobre el petróleo. Una vez hecha las investigaciones, opinó que esta materia era más rica que la plata por su gran utilidad.

No fue hasta 1875 que se explotó por primera vez el petróleo, después de un movimiento telúrico que ocurrió en esa época en la hacienda “la alquitrana”, comienza a salir petróleo en grandes cantidades, llamada “Compañía Nacional Minera Petrólia Del Táchira” más tarde se construyó la primera refinería la cual producía mensualmente 60 galones de gasolina, 165 de querosén, 150 de gas-oil y 220 de residuos.

Entre 1972 y 1974, los ingresos del gobierno venezolano se habían cuadruplicado, rumbo a la nacionalización el 1 de enero de 1976 y se nombró Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA)

En la actualidad, la faja petrolífera del Orinoco fue dividido en cuatro grandes áreas, siendo estas oeste a este: Boyacá, Junín, Ayacucho, y Carabobo, es una de las fuentes de reservas de hidrocarburos líquidos más grande del mundo, comprende una extensión de 55.314 km² y un área de explotación actual de 11.593 km², ubicada al sur de los Estados Guárico, Anzoátegui y Monagas segmentado en 29 bloques de 500 km² cada uno aproximadamente.



Figura 2.2 Faja Petrolífera del Orinoco (Nelson Hernández, 2008).

PDVSA, encargada de planificar, coordinar, supervisar y controlar actividades para el desarrollo de la industria petrolera, desarrolla las operaciones principalmente a través de sus empresas filiales; también participa en asociación con empresas locales y extranjeras, estas últimas, correspondientes al sector petrolero incluyen

a) Exploración, producción y mejoramiento de crudo y gas natural, b) Refinación, transporte y mercado de crudo; productos refinados, y c) Procesamiento, transporte y mercadeo de gas natural.

Las reservas de petróleo y gas natural, así como las operaciones de producción y mejoramiento se encuentran localizadas solo en la República Bolivariana de Venezuela. Las operaciones de explotación, refinación transporte y mercadeo ubican en la Republica, el caribe, Norteamérica, Suramérica, Europa y Asia.

2.3 Ubicación geográfica

Petróleos De Venezuela Sociedad Anónima (PDVSA) se encuentra en su sede principal en el Centro Corporativo, Torre Este, La Campiña, Caracas, Venezuela. Y sus áreas operacionales se encuentran a lo largo de la geografía nacional principalmente en los Estados Petroleros. Apure, Anzoátegui, Guárico, Monagas, Barinas y Zulia, los cuales se agrupan por regiones: Centro, Sur, Oriente, Occidente y Faja Petrolífera Del Orinoco.

2.3.1 Ubicación geográfica del área de estudio

En La Coordinación Operacional Faja (COF), en la División Ayacucho, específicamente en Patio De Tanque Oficina (PTO), se encuentra la Superintendencia De Mantenimiento Operacional, que es el sitio donde, solicito se realizara el trabajo de investigación.

La instalación fue construida en 1933, con la finalidad de establecer un centro operacional de almacenamiento, medición y bombeo de los distintos crudos del sur del estado Anzoátegui. La producción de crudo proveniente de las instalaciones

recolectoras del distrito, es almacenada temporalmente hasta que es bombeada hacia Anaco, Puerto la Cruz y José para su refinación y comercialización.

Se encuentra ubicado al Sur del Estado Anzoátegui, a 13 km. De la ciudad de el Tigre y a 155km de Puerto la Cruz; con una altitud de 293 m sobre el nivel del mar y ocupa una extensión de 100 hectáreas. En sus adyacencias se encuentra la carretera Nacional El Tigre – Puerto la Cruz, la sub- estación eléctrica Cachama y el campo residencial (Campo Táchira), habitado por trabajadores de PDVSA, San Tome.



Figura 2.3. Patio de Tanque Oficina (Google Maps, 2017)

2.4 Organigrama

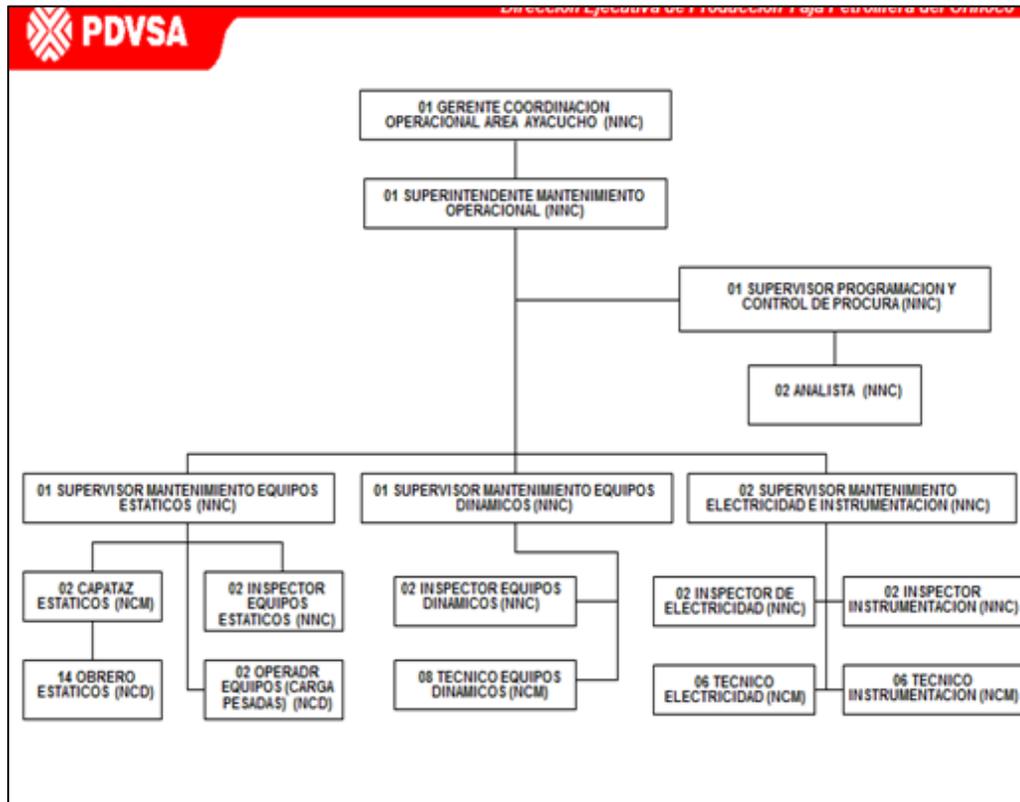


Figura 2.4 Estructura organizativa Coordinación Operacional Faja (COF) División Ayacucho, (PDVSA, 2014).

2.5 Misión

Realizar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, sobre la infraestructura y equipos pertenecientes a la gerencia de A.T.C De COF Ayacucho, utilizando eficientemente los recursos técnicos y administrativos, destinados a la superintendencia de mantenimiento operacional Ayacucho con el fin de mantener la operatividad e integridad de los equipos, para cumplir con el transporte de la producción del crudo hacia los terminales de embarques y mejoradores.

2.6 Visión

Ser reconocidos como la organización líder en mantenimiento preventivo y correctivo, capaz de mantener la confiabilidad y disponibilidad de los equipos e instalaciones, asociadas a la gerencia A.T.C de COF Ayacucho.

2.7 Objetivos

1. Mantener la disponibilidad de los equipos en un mínimo de 85%.
2. Cumplir con los programas de mantenimiento preventivo en un 80%.
3. Mantener por debajo de 30% la relación correctivo/preventivo.
4. Cumplir con la programación de adiestramiento del personal de mantenimiento en un 70%.
5. Mantener inventario de materiales y equipos necesarios para la ejecución de los mantenimientos correctivo/preventivo.

2.8 Aspectos legales

Venezuela cuenta con un sólido y transparente marco legal en materia de hidrocarburos (gaseoso y no gaseoso), mediante el cual se promueve la participación de capitales estatales y privados, tanto nacionales como internacionales, con el propósito de garantizar el suministro de energía desde nuestro país hacia los mercados mundiales.

En esos instrumentos legales se basa la actividad de la industria petrolera nacional, siempre enmarcados en los principios que establece la constitución bolivariana en cuanto al tema energético. A continuación los instrumentos legales por los que se rige la actividad de la industria petrolera venezolana:

2.8.1 Leyes, reglamentos, resoluciones y demás normas relacionadas con la actividad de hidrocarburos y petroquímica.

1. Ley orgánica que reserva al estado bienes y servicios de las actividades primarias de los hidrocarburos: publicada en gaceta oficial de la república bolivariana de Venezuela, número 39.173, de fecha 7 de mayo de 2009
2. Decreto ley N° 5.200 de migración a empresas mixtas de los convenios de asociación de la Faja Petrolífera del Orinoco; y los convenios de exploración a riesgo y ganancias compartidas.

2.8.2 Hidrocarburos líquidos

1. Ley orgánica de hidrocarburos: gaceta oficial n°. 37,323 -13 de nov 2001.
2. Reserva de exportación o importación de productos derivados de hidrocarburos a favor de las empresas del estado: decreto n° 1,648 –G.O.- 24 de abril de 2002.
3. Resolución n° 335 comercio fronterizo de hidrocarburos n° 37,853 – 08 de enero de 2004.
4. Resolución n° 236 exportación de combustible n°. 35,816- 31 de octubre de 1995.

5. Creación de la comisión interministerial para la fijación de las regalías decreto n° 2,335 – n° 37,734 -17 de julio de 2003
6. Resolución n° 197 que establece la rebaja de impuesto al consumo general contribuyente dedicado a refinación o manufactura de hidrocarburos. N° 37,753 – 14 de agosto de 2003.
7. Resolución n°. 336 expendios de combustible en estabilidad de expendio SAFEC. N° 37,853 -09 de diciembre de 2004.
8. Resolución 36690 para la fijación de fletes y transporte n° 38.091- 21 diciembre de 2004
9. Resolución 168 y 212 para la determinación de nuevas áreas geográficas de PDVSA petróleo S.A.

2.8.3 Hidrocarburos gaseosos

1. Ley orgánica de hidrocarburos gaseosos. N°. 36,793 – 23 de septiembre de 1999.
2. Reglamento de ley de hidrocarburos gaseosos G.O extraordinaria N°. 5,471 - 5 de junio de 2000.
3. Resolución mediante la cual se delega en el ENAGAS la instrucción de expedientes administrativos de casos de infracción de la LOHG. N° 37,505. 14 de agosto de 2002.

4. Resolución N°. 216 fijación del valor fiscal del gas natural asociado N° 37,645 – 07 de Marzo de 2003.
5. Resolución N°. para la fijación de los precios del gas metano en los centros de despacho.
6. Resolución N°. para la fijación de las tarifas de transporte y distribución del gas metano.
7. Resolución N°. 165 para la fijación de los precios del GLP N° 36,227 – 13 de junio de 1997.
8. Resolución N°. 197 Gas Natural para vehículos N°. 37,982 -19 de julio de 2004

2.8.4 Petroquímica

1. Ley de estímulo al desarrollo de las actividades petroquímicas, carboquímica y similares. N° 36,537 – 11 de noviembre de 1998.

2.8.5 Transporte terrestre

1. Norma para el transporte terrestre de hidrocarburos inflamables y combustibles. Resolución 141- G.O. N° 36,450 – 11 de Mayo de 1998/ resolución 357 y 359- G.O. 38,083- 09 diciembre de 2004/ resolución 36690- G.O. N°.38, 091- 21 de diciembre de 2004.

2.8.6 Pdvsa

1. Designación del presidente actual de PDVSA decreto N° 3,264- G.O. 38,082 -08 de Diciembre de 2004.
2. Estatutos de petróleos de Venezuela, S.A. decreto N° 3,229 – G.O. N° 38,081 – 07 de diciembre de 2004.

2.8.7 Leyes, reglamentos, resoluciones y demás normas de aplicación general

1. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela
2. Código civil de Venezuela
3. Código de comercio
4. Ley del banco central de Venezuela N° 37,296 -3 de octubre de 2001 ley general de bancos y otras instituciones financieras N°. extraordinaria 5,555- 13 de noviembre de 2001.
5. Ley para la protección y promoción de las inversiones N° 37,321 – 22 de julio de 2002
6. Ley para la promoción de la inversión privada en concesiones N°. extraordinaria 5,55- 13 de noviembre de 2001.
7. Ley de arbitraje comercial N° 36,430- 7 de abril de 1998.
8. Ley de comercio marítimo N°5,551 -9 de noviembre de 2001|.

9. Ley de reactivación del comercio marítimo N° 37,323-13 de noviembre de 2001.
10. Ley de derecho marítimo y actividades relacionadas N° 37,321 – 9 de noviembre de 2001.
11. Ley general de puertos N°.37, 331-23 de noviembre de 2001.
12. Ley de áreas costeras N° 37,319 – 7 de noviembre de 2001.
13. Ley de servicio eléctrico N°. extraordinaria 5,568 – 31 de diciembre de 2001.
14. Reglamento general de la ley de servicio eléctrico N°. Extraordinaria 5,510- 14 de diciembre de 2001.
15. Ley orgánica de telecomunicaciones N°. 36,970 -12 de junio de 2000.

2.8.8 Ambiente

1. Ley Orgánica de Ambiente N°. 32,004 -16 de junio de 1976
2. Ley Penal del Ambiente N°. extraordinaria 4,358-3 de enero de 1972
3. Ley de Bosques y Agua N°. extraordinaria 1,004 – 26 de enero de 1996
4. Ley de Áreas Costeras N°. 37,319 -7 de noviembre de 2001

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Manuel de Jesús López Anuel, (2009). En su proyecto titulado “Análisis causa raíz de una turbina a gas, caso: nuovo pignone modelo pgt5 del turbocompresor d4-81001 de la planta de fraccionamiento y despacho José”. Determino las causas raíces físicas, humanas y latentes ocurridas en la turbina de gas, estas dieron como resultado propuestas de acciones de disminución de ocurrencia de fallas en la turbina a gas. La investigación posee cierta relación con el trabajo de investigación ya que aplica diferentes técnicas para determinar fallas frecuentes que afectan el funcionamiento del equipo en estudio.

Jesús Adolfo Martínez Calderón (2009). En su proyecto titulado “Propuesta para el incremento de la confiabilidad de los equipos críticos, basado en un análisis de causa raíz, caso: sistema de alimentación de agua de calderas de una planta productora de metanol”. Determino mediante análisis de criticidad y análisis de causas raíz, que se deben realizar actividades de mantenimiento preventivo, inspecciones rutinarias para mantener los equipos operativos. La relación con el trabajo de investigación es la creación de propuestas mediante analisis causa raíz de equipos críticos en estudio.

Marigré Córdova Aliendres (2009). En su proyecto titulado “Análisis de fallas de los sellos mecánicos en las bombas de proceso de una planta cervecera” determino en primera instancia a través del diagrama causa y efecto que la falla en sellos mecánicos es por mal montaje, usos de aditivos incorrectos y personal no adiestrado para realizar la actividad, por lo que se recomienda, cursos de

adiestramiento al personal y actualización de los manuales de instrucciones. Esta investigación posee cierta relación con el trabajo de grado porque pretende encontrar las fallas mediante la utilización del análisis causa y efecto para, corregir fallas y tratar de disminuirlas, y así evitar su ocurrencia.

3.2 Bases teóricas

3.2.1 Bombas centrifugas

Ing. José Miguel Acosta (1994). Las bombas centrifugas son el máximo exponente de las bombas cinemáticas o dinámicas. Este tipo de bombas comprende una extensa familia de diseños donde la generación de presión se realiza por la conversión de cabezal de velocidad en cabezal estático. El movimiento de rotación de uno o más impulsores entrega energía al fluido que se desea bombear, incrementando su velocidad. La velocidad que entrega el impulsor al fluido es con sección de difusión de la carcasa (sea voluta o difusor, dependiendo del diseño de la bomba).

3.2.1.1 Partes de una bomba centrifuga

Ing. Jose Miguel Acosta (1994). Los componentes básicos de una bomba son:

✓ Impulsor: es el corazón de la bomba, ya que es el elemento por medio del cual se transmite la energía al fluido. Los alabes o paletas del impulsor son los que imparten velocidad o energía cinética al líquido.

✓ Eje: es el componente que conecta el elemento motor con el impulsor, por medio de este es transmitida la energía desde el motor.

- ✓ Boquilla de succión: la boquilla de succión dirige el flujo al ojo de impulsor.
- ✓ Boquilla de descarga: la boquilla de descarga conduce al fluido de sale del impulsor a la tubería de descarga.
- ✓ Carcasa o casco: la carcasa es el cuerpo de la bomba y su diseño interno permite capturar el líquido a alta velocidad, transformando esta energía cinética en presión.
- ✓ Anillos de desgaste: son usados como elementos sacrificables en las bombas centrifugas, su principal función es actuar como restricción entre las zonas de alta presión y baja presión en la misma bomba. Se aplican por igual a la carcasa y a los impulsores.
- ✓ Sellos mecánicos: son elementos sellantes que evitan el contacto del fluido bombeado con la atmosfera.
- ✓ Cojinetes: son los elementos que soportan al eje y al mismo tiempo disminuyen la fricción. Pueden ser del tipo antifricción, llamados rolineras o del tipo deslizamiento, llamados planos.
- ✓ Voluta: nombre que se le da a la cámara o carcaza en forma de espirar de una bomba centrifuga dentro de la cual gira el impulsor.

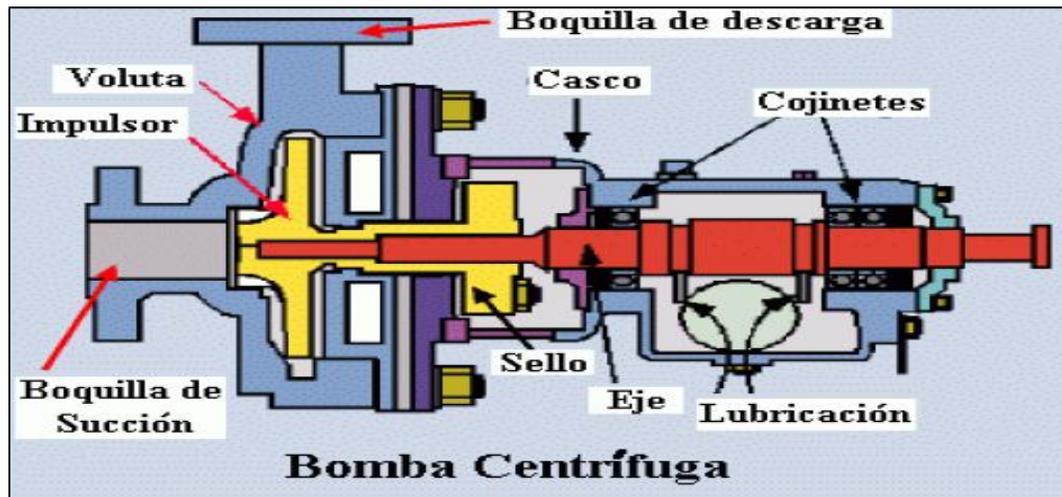


Figura 3.1 Bomba centrífuga (José A. Valladares, 2015)

3.2.2. Cojinetes de fricción

(Robert Bosch GmbH, 2005) Son aquellos en los cuales una superficie se desplaza apoyada en otra, realizando un movimiento deslizante.

3.2.2.1. Tipos de cojinetes de fricción

(Robert Bosch GmbH, 2005). Son los siguientes:

✓ Tipo buje: son elementos de apoyo con orificios en forma cilíndrica en los cuales gira una pieza para transmitir fuerza y movimiento a otros. La carga aplicada al cojinete es radial (perpendicular al eje).

✓ Tipo guía: como su nombre lo indica se utilizan para servir de guías a piezas de forma concordantes (varillas o husillos redondos, cuadrados, hexagonales etc.) con un movimiento de vaivén. La carga aplicada no es factor fundamental.

✓ Tipo empuje: su orificio es de forma cilíndrica y sirve de apoyo a un eje de forma concordante, pero la carga aplicada actúa paralelamente al eje (carga axial).

3.2.3. Cojinetes antifricción

(Robert Bosch GmbH,2005). Son aquellos en los cuales la fricción es rodante (balineras-rodamientos) porque se han colocado unos elementos intermedios entre las dos superficies.

3.2.4. Material para cojinetes

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). El eje constituye parte principal de una máquina y esta generalmente construido de un metal estructural (hierro-acero).

Si la carcasa o bastidor de una máquina y el eje están contruidos en el mismo material, el contacto de estas dos superficies al moverse una con relación a la otra origina un roce elevado al tacto de estas dos superficies al moverse una con relación a la otra origina un roce elevado al frotarse entre sí, produciendo calentamiento pero principalmente desgaste rápido. Es natural que para reducir ese frotamiento se recurre a cojinetes de materiales con un coeficiente de rozamiento menor o en su defecto a superficies cubiertas de un metal más blando, a la vez de un coeficiente de rozamiento bajo. Muchas veces el cojinete es una pieza sujeta a la maquina fácilmente desmontable y reemplazable.

3.2.5. Características del material

3.2.5.1. Resistencia a la compresión

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). El cojinete debe poder soportar las cargas aplicadas al mismo y no sufrir una deformación permanente bajo la acción de estas.

3.2.5.2. Bajo coeficiente de rozamiento

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). Cuando se produce algún contacto meta-metal, el roce debe permanecer a un nivel mínimo.

3.2.5.3. Duración

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). El material del cojinete debe soportar las vibraciones y tensiones repetidas, sin fluir ni resquebrajarse, es decir debe ser resistente la fatiga.

3.2.5.4. Penetración

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). El metal debe poder asimilar pequeñas partículas abrasivas, sin que la superficie de apoyo, sufra alteraciones de importancia.

3.2.5.5. Ser trabajable

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). El material debe ser fácil de trabajar y pulir, comparativamente fácil de moldear.

3.2.5.6 Conformabilidad

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). Debe amoldarse de modo que aunque las superficies de apoyo no coincidan exactamente en el cojinete nuevo, esta diferencia se corrija con el uso.

3.2.5.7. Alto régimen de transferencia térmica

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). Al funcionar todos los cojinetes generan calor. Si bien este se puede disipar en parte haciendo circular el lubricante, siempre queda una parte que debe ser conducida a través del cojinete. Si la temperatura se eleva demasiado el cojinete puede dañarse.

3.2.5.8. Resistencia a la corrosión

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). El material debe ser resistente a la acción de los ácidos orgánicos débiles, que se forman si el aceite lubricante se oxida rápidamente.

3.2.6 Material de los cojinetes

3.2.6.1. Metales ferrosos

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). El material ferroso más utilizado en la construcción de cojinetes es la fundición gris especialmente con cierto porcentaje de grafito que le sirve como lubricante. Su aplicación es en apoyo de árboles y ejes que deban soportar grandes cargas pero que giren a baja velocidad y cuando tengan que estar cerca de fuentes de calor.

3.2.6.2. Bronce y metales no ferrosos

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). El termino bronce se aplica a una aleación de cobre de estaño, aunque según norma DIN se conocen también aleaciones de cobre y estaño, cobre y plomo, cobre aluminio, recibiendo el respectivo nombre de bronce de estaño, bronce de plomo, bronce de aluminio en una proporción de cobre mayor o igual al 60%.

Algunos de estos bronce contienen sustancias mezcladas con el material para disminuir el coeficiente de rozamiento esto es que estas sustancias van a actuar de lubricantes sólidos por lo tanto no debe aplicársele lubricante líquidos.

3.2.6.3. Metal babbit y otros metales blandos

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). Es el término que se aplica en general a metales blandos compuestos de plomo y estaño, puede tener además pequeños porcentajes de antimonio, cobre y algunos compuestos de zinc y estaño. Estos cojinetes se usan fundidos para mantenimientos interiores o casquillos de los respaldos de bronce o de acero.

Los materiales babbit se emplean preferiblemente de los bronce porque puedan servir de apoyo a árboles o ejes que giran a altas velocidades. Presentan excelentes capacidad de penetración, muy buena condición de conformidad.

3.2.6.4. De aleaciones

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). Se conoce como cojinetes de aleaciones a mezclas de metales que se emplean a elevadas temperaturas o en casos donde se deben vencer problemas de corrosión general. Son excesivamente costosos porque contienen elementos como molibdeno, cobalto, níquel, tungsteno, columbio y titanio.

Se puede decir que la mayoría de ellos solamente pueden ser fabricados por procesos de fundición de precisión.

3.2.6.5. Metálicos varios

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). Son algunos metales diferentes a los metales blancos y el algunos casos metales puros. Como cojinetes de cromo, níquel. También podemos mencionar los cojinetes porosos construidos de polvos de metales que sometidos a presión y por proceso de sintonización (aglomeración por calor) en una atmosfera reductora sin llegar a fundirla. Presentan una porosidad de aproximadamente un 30% del volumen para el aceite lubricante. Una vez impregnados de aceite podrán trabajar por periodos largos sin lubricación. Su mejor aplicación en la producción en serie de formas cilíndricas o de discos.

3.2.6.6. No metálicos

Michel F. Ashby/ David R.H.Jones (2008). Se emplea para usos especiales una gran variedad de materiales no metálicos en la construcción de cojinetes; entre ellos caucho, madera, vidrio, carburos, grafito y materiales grafitados, plásticos. Entre estos se encuentran los cojinetes de madera generalmente construidos en palo santo que contiene una resma que no es atascada por el agua de mar ni por algunos compuestos ácidos, factor que lo hace aplicable en la industria química en los soportes de hélices de los barcos.

3.2.7. Lubricación

Ing. José Miguel Acosta (1994). Comúnmente los dos tipos de lubricantes usados en las bombas centrifugas son la grasa y el aceite.

3.2.7.1 Lubricación con grasa

Ing. José Miguel Acosta (1994). La grasa como lubricante se debe limitar a servicios en los cuales las potencias no superen los 500 hp y las velocidades más de 3600 rpm.

El fabricante tratara siempre de usar, en las bombas de baja potencia y velocidad media, grasa como elemento lubricante, ya que este sistema ahorra tuberías y simplifica el diseño de las cajas de cojinetes.

La principal limitación de la grasa es su tendencia a ser centrifugada a velocidades altas o a ser completamente desplazada cuando los elementos son sometidos a altas cargas

Generalmente, la grasa se suministra directamente en la caja de cojinetes mediante una grasera o está contenida y sellada en el mismo cojinete.

Es ventajosa la lubricación con grasa cuando las aplicaciones están relacionadas con ambientes altamente contaminados, donde la grasa actúa como elemento sellante, donde existen lugares difíciles de acceder y donde no se toleran fugas de ningún tipo.

3.2.7.2 Lubricación por aceite

Ing. José Miguel Acosta (1994). Los sistemas de lubricación por aceite son los más usados en bombas de potencia media, alta y bombas de procesos de cualquier rango de potencia, porque garantiza mayor rendimiento de los rodamientos, en casi todos los servicios industriales.

3.2.7.3 Lubricación por baño de aceite

Ing. José Miguel Acosta (1994). El sistema de lubricación por aceite más sencillo es el baño de aceite. En este sistema la caja de cojinetes tiene un reservorio en el cual se mantiene un nivel de aceite que cubre por completo o a medio el elemento inferior del cojinete de bolas.

3.2.7.4. Lubricación por anillos de aceite

Ing. José Miguel Acosta (1994). Para bombas de mayor energía el sistema de baño de aceite no es suficiente y se debe crear una atmosfera de aceite en la caja de cojinetes mediante el uso de anillos de aceite.

3.2.7.5 Sistema de lubricación forzada

Ing. José Miguel Acosta (1994). Cuando se usan cojinetes de empuje de tipo zapatas pivotantes, se debe aplicar un sistema de lubricación forzada, donde tanto el cojinete de empuje como los cojinetes radiales sean alimentados por este sistema.

3.2.8 Análisis de causa raíz (ACR)

Manuel de Jesús López Anuel, (2009). El análisis de causa raíz (ACR) es una metodología de confiabilidad que emplea un conjunto de técnicas o procesos, para identificar factores casuales de falla.

Es decir el origen de un problema definido, relacionado con el personal, los procesos, las tecnologías, y la organización, con el objetivo de identificar actividades o acciones rentables que los eliminen.

En el análisis de causa raíz la herramienta fundamental es el árbol lógico de fallas, el cual es una ayuda en la resolución de problemas, que guía hacia el descubrimiento de las causas de problemas a través de pensamientos lógicos relacionados con el evento de falla. Para su construcción se debe:

- a) Describir el evento.
- b) Describir el modo de falla.
- c) Formular hipótesis.
- d) Validar hipótesis.
- e) Determinar causas físicas, humanas y latentes.

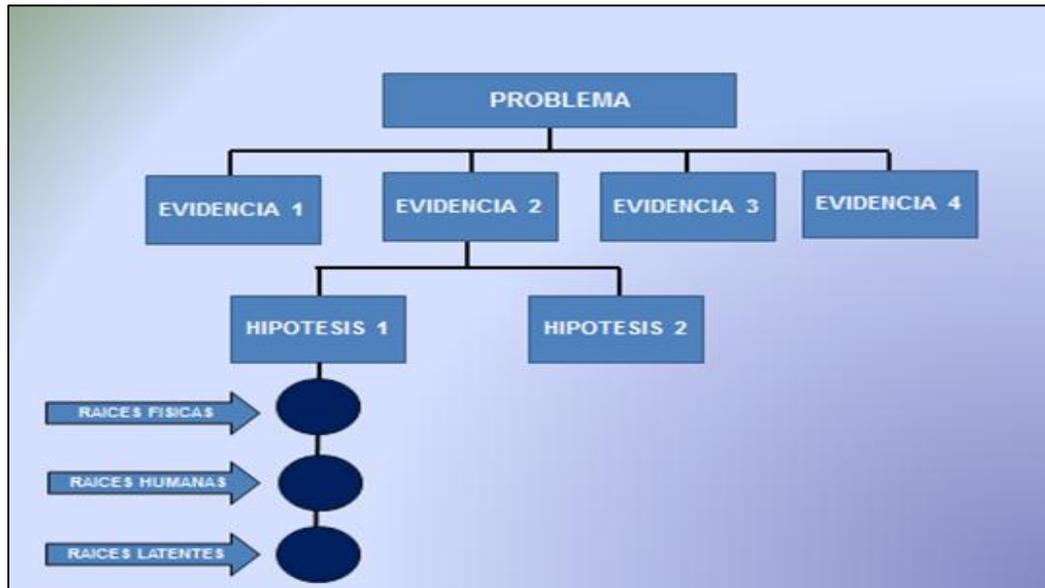


Figura 3.2 Estructura del árbol lógico de fallas para un ACR (Elaboración Propia, 2017)

Dónde:

- ✓ Evidencias físicas: son todas las evidencias reales encontradas una vez que ocurre el evento no deseado.
- ✓ Hipótesis: son todos los posibles mecanismos que originan los eventos de falla.
- ✓ Raíces físicas: son todas aquellas situaciones o manifestaciones de origen físico que afecten directamente la continuidad operativa de los equipos o sistemas, por ejemplo: flujo mínimo por bloqueo de una tubería, malas conexiones, repuestos defectuosos, entre otros. Generalmente en este nivel no se encontrara la causa raíz de la falla. Si no un punto de partida para localizarla.

- ✓ Raíces humanas: son todos aquellos errores cometidos por el factor humano, por ejemplo, no realizar el mantenimiento correctivo cuando se presente la falla, no usar equipos de seguridad entre otros.
- ✓ Raíces latentes: Todos aquellos problemas que aunque nunca hayan ocurrido, son factibles su ocurrencia, por ejemplo, falta de procedimientos para arranque o puesta fuera de servicio, inapropiados procedimientos de operación, personal sin adiestramiento, entre otros.

3.2.9 Mantenimiento

Diógenes Suarez (2009): Es una actividad dirigida a conservar los equipos e instalaciones en condiciones óptimas de funcionamiento, durante un periodo predeterminado y al menor costo, contribuyendo así a lograr los objetivos de la organización y brindando satisfacción a las expectativas de las partes interesadas, es decir; los dueños de la empresa, sus empleados, clientes y proveedores, así como la sociedad donde la organización desarrolla sus actividades productivas.

3.2.10 Tipos de mantenimiento

3.2.10.1. Mantenimiento preventivo

Diógenes Suarez (2009): Son actividades planificadas en cuanto a inspección Detección y prevención de fallas, cuyo objetivo es mantener los equipos bajo condiciones específicas de operación (estándar de funcionamiento). Se ejecuta a frecuencias dinámicas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, las condiciones operacionales, y la historia de falla de los equipos.

3.2.10.2. Mantenimiento correctivo

Diógenes Suarez (2009): Son actividades que se realizan después de la ocurrencia de una falla. El objetivo de este tipo de mantenimiento consiste en restablecer las condiciones operativas de un determinado equipo una vez ocurrida la falla, esto por medio de restauración o reemplazo de componentes o partes de equipos ya sea debido al desgaste, daños o roturas de estos.

3.2.10.3. Mantenimiento predictivo

Diógenes Suarez (2009): Es un tipo de mantenimiento que relaciona una variable física con el desgaste o estado de una máquina. El mantenimiento predictivo se basa en la medición, seguimiento y monitoreo de parámetros y condiciones operativas de un equipo o instalación. A tal efecto se definen y gestionan valores de pre-alarma y de actuación de todos aquellos parámetros que se considera necesario medir y gestionar.

3.2.11. Gravedad API

Jose Roldan V. (2008). Una de las características que define al petróleo es su gravedad, que determina su composición química. La densidad aumenta con el incremento de hidrocarburos y productos pesados (resinas y asfaltenos) disminuye con la temperatura.

La densidad viene dada en g/ml (gramos/mililitros) o g/cm^3 (gramos/centímetros cúbico), o de la forma más común de denominarlo, que es, el grado API ($^{\circ}\text{API}$), $1 \text{ g/ml} = 10^{\circ} \text{API}$ (crudos pesados) y $0,77 \text{ g/ml} = 50^{\circ} \text{API}$ (crudos ligeros).

- ✓ Crudo liviano: Con una gravedad API superior a 31,1° API.
- ✓ Crudo mediano: Tiene una gravedad API comprendida entre 22,3 y 31,1° API.
- ✓ Crudo pesado: Tiene una gravedad API comprendida entre 10 y 22,3° API.
- ✓ Crudo extrapesado: Tiene una gravedad API inferior a 10 ° API

3.2.12. API

Jose Roldan V. (2008). API (American Petroleum Instiute), Parametro internacional establecido por el Instituto Americano del Petroleo.

3.2.13. Falla

Luis Martínez R.(2007). Es el evento tras el cual un activo no es capaz de cumplir con los requerimientos funcionales previstos en la operación del mismo. La misma puede implicar desde la disminución de la capacidad operativa del activo hasta la pérdida del completo de la función o funciones.

3.2.13.1 Clasificación de las fallas

- ✓ Falla no inherente

Luis Martínez R.(2007). Corresponde a la pérdida de la función que le fue asignada a un activo debido a causas no imputables al mismo.

✓ Falla inherente

Luis Martínez R.(2007). Es la pérdida de la función que le fue asignada a un activo debido a causas propias del mismo.

3.2.14. Analisis de falla

Luis Martínez R.(2007). Carlos Parra, Adolfo C. Martínez (2012). Es un procedimiento mediante el cual, utilizando una serie de técnicas, ensayos, medidas y observaciones, se determina el origen y las causas de la falla de una pieza, parte o componente de un equipo, maquina o estructura.

3.2.15 Analisis costo riesgo beneficio (ACRB)

Ginés de Rus (2008). Es una metodología que permite establecer una combinación óptima entre los costos de hacer una actividad y los logros o beneficios que la actividad genera, considerando el riesgo que involucra la realización o no de tal acción.

3.2.16. Equipo natural de trabajo (ENT)

Martínez Jesús A. (2009). Es un equipo multidisciplinario constituido por especialistas o actores de diferentes disciplinas que tienen como objetivo guiar la implantación de estrategias de mantenimiento y confiabilidad, sincronización de los costos de producción y mantenimiento en la organización. Entre los actores o especialistas que pueden conformar el ENT se encuentran: custodios de instalaciones, planificador, programador, ejecutor, ente técnico, entre otros.

3.2.17 Análisis de criticidad

Martínez Jesús A. (2009). Es una metodología que permite establecer jerarquías entre:

- 1) Instalaciones
- 2) Sistemas
- 3) Equipos
- 4) Elementos de un equipo

De acuerdo con su impacto total del negocio, obtenido del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándole sus afectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación.

Además, apoya la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en el riesgo.

3.2.18. Ponderación de factores

López Manuel de J. (2009). Es un método que permite subrayar la importancia de los diversos factores que ocurren en un hecho mediante la asignación de coeficientes adecuados, es decir la ponderación de factores es la consideración equilibrada y compensada que se da a unos argumentos o valores de forma

proporcional a su importancia. La ponderación puede realizarse de forma cuantitativa asignando a cada factor que comúnmente esta expresado en porcentajes.

3.2.19. Seguridad industrial, ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)

López Manuel de J. (2009). Es un factor que pondera los efectos de las consecuencias que se puedan generar sobre el personal de labores, medio ambiente y los equipos en general.

El total de los puntos obtenidos tanto en el área de mantenimiento como operacional son evaluados para determinar la criticidad de los equipos que intervienen en el proceso productivo.

3.2.20. Tiempo fuera de servicio (TFS)

Francisco Javier Gonzales Fernández (2004). El tiempo que transcurre desde que falla el equipo hasta que vuelve a arrancar. El valor utilizado en el analisis de criticidad corresponde a la suma de todos los tiempos fuera de servicio de fallas ocurridas en el periodo evaluado tal como se muestra en la Ec. 3.1

$$TFS = Tfs_1 + Tfs_2 + \dots + Tfs_N \quad (3.1)$$

Donde

TFS: tiempo fuera de servicio total en un periodo determinado.

Tfs_N: tiempo fuera de servicio de una falla ocurrida.

3.2.21. Impacto operacional

López Manuel de J. (2009). Este impacto se encuentra constituido por parámetros operativos inherentes a las fallas que ha presentado el equipo, siendo estos la cantidad de veces que se repite el evento (cantidad de fallas) y el tiempo en promedio que transcurre el equipo fuera de servicio por efectos de la falla (Tiempo Promedio Fuera de Servicio, (TPFS)).

Los datos necesarios para determinar dichos parámetros fueron obtenidos del registro de fallas que posee la gerencia de mantenimiento

Para determinar la cantidad de fallas se clasificaron las mismas según el nombre de la alarma que indicó el panel de la unidad, y se sumó el número de veces que se generó la misma durante el tiempo de estudio y el tiempo fuera de servicio es el tiempo que transcurre desde que falló el equipo, hasta que volvió a arrancar. Por su parte, el Tiempo Promedio Fuera de Servicio (TPFS) se obtuvo a través de la Ec. 3.2.

$$TPFS = \frac{\Sigma(\text{Tiempo Fuera de Servicio})}{\text{Cantidad de fallas}} \quad (3.2)$$

3.2.22. Impacto en seguridad

López Manuel de J. (2009). Para la obtención del impacto en seguridad se realizaron entrevistas al personal de Seguridad Integral Ambiente e Higiene Ocupacional (SIAHO), con el fin de identificar los riesgos en la seguridad de los trabajadores ante la presencia de las fallas anteriormente expuestas. Se atribuyó un valor para cada falla, resultando:

- 1) En caso de que la respuesta sea “SI” = 1
- 2) En caso que la respuesta sea “NO”= 0

3.2.23. Impacto ambiental

López Manuel de J. (2009). Para la obtención del impacto ambiental se procedió de igual manera que para la estimación del impacto en seguridad, incluyendo la realización de entrevistas al personal de Seguridad Integral Ambiente e Higiene Ocupacional (SIAHO). La pregunta en este caso particular fue la siguiente: ¿Afecta el entorno a través de ruido, generación de altas temperaturas o gases con efecto Invernadero? Se atribuyó un valor a cada respuesta de la siguiente manera:

- 1) En caso de que la respuesta sea “Si” = 1
- 2) En caso que la respuesta sea “No”= 0

3.2.24. Impacto global

López Manuel de J. (2009). Para la obtención del impacto global se realizó una sumatoria de las ponderaciones obtenidas a nivel operacional, ambiental y en seguridad y luego bajo el principio estadístico de distribuciones de frecuencias de datos no agrupados se clasificaron y se agruparon por rango de afectación en Criticidad alta, intermedia y baja que genera cada falla el cojinete.

3.2.25. Intervalos de clase

López Manuel de J. (2009). Son divisiones o categorías en las cuales se agrupan un conjunto de datos ordenados con características comunes. Para organizar valores de la series de datos hay que determinar un numero de clases conveniente. Al número de observaciones de una clases de le llama frecuencia de clase, si dividimos

esta frecuencia por el número total de observaciones, se llama frecuencia relativa de clase y del mismo modo para datos no agrupados.

$$I = \frac{(Va-Vb)}{N} \quad (3.3)$$

Dónde:

I: intervalo de clase

Va: valor más alto

Vb: valor más bajo

N: número de clases

3.3. Definición de términos básicos

Motor: Gilberto E. Harper (2005).. Es la parte sistemática de una maquina capaz de hacer funcionar el sistema, transformando algún tipo de energía en energía mecánica capaz de realizar un trabajo.

Metal: Dr Francisco Besante Besante y Dr D. Jubera Aguilera (2005). Elementos químicos caracterizados por ser buenos conductores de calor y electricidad.

Orden de trabajo: Luis Martínez R. (2007). Es el instrumento fundamental, alrededor del cual se mueve la actividad de mantenimiento y motoriza las acciones, y elemento central del flujo de información que se origina hacia y desde el sistema de mantenimiento.

Vibración: Antonio Pérez Gonzales, Pablo J. Rodríguez C. (2007). La vibración de un punto material es el movimiento de oscilación (no necesariamente simétrico) de dicho punto alrededor de una posición de equilibrio.

Diluyente: Francisco Carmona pastor (2005). Corte de cadena intermediaria, utilizando la viscosidad de petróleo combustible. Los crudos pesados tienen además problemas de transporte debido a su alta viscosidad, para lo cual, tradicionalmente se considera la aplicación de calentamiento para reducir su viscosidad para el transporte, sea por oleoducto o barco; sin embargo, esta alternativa presenta limitaciones de distancia por eficiencia y costos.

Barril: Covenin (1534: 1996) Es la unidad de volumen utilizando en la industria del petróleo, que equivale a 158,97 L (42 galones USA, o 35 galones UK).

Cojinetes deslizantes: Acosta J. (1994). Se emplean en todos los sectores industriales. Solo una lubricación periódica y eficiente garantiza el buen funcionamiento de estos componentes.

Sello mecánico: Acosta J. (1994). Permite unir sistemas o mecanismos, evitando la fuga de fluidos, conteniendo la presión, o no permitiendo el ingreso de contaminación.

Causa raíz: López M. (2009). Este percibe a través de ciertas manifestaciones o síntomas, no así la causa de falla. Esto lleva en muchas oportunidades a actuar sobre las consecuencias y no sobre la raíz del problema, de modo que la falla vuelve a repetirse una y otra vez.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo y Diseño de la investigación

Según Cerro y Bervian (1989) se cita en Fideas G. Arias (1999) p 2, Define la investigación como una actividad encaminada a la solución de problemas. Su objetivo consiste en hallar respuesta a preguntas mediante el empleo de procesos científicos.

4.1.1 Según la estrategia

Es de tipo mixta ya que se realizaron dos tipos de investigación la documental; obteniendo información de documentos ya existentes, tesis digitales entre otras, y la de campo porque se obtuvo información a través de entrevistas a los trabajadores y observación directa en el entorno donde se está realizando el estudio

1) Investigación documental

Según Fideas G Arias (2004) p 25, expresa que la investigación documental “es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas.

2) Investigación de campo

Consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna.

4.1.2 Según su propósito

Es aplicada de acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, se usaron conocimientos teóricos relacionados con el área de mantenimiento.

4.1.3 Según el nivel de conocimiento

El estudio es de tipo descriptivo ya que se orientó en la recolección de información de equipos, situaciones y eventos ocurridos en el área de estudio.

4.2 Flujograma de la investigación

En el siguiente diagrama se puede evidenciar el procedimiento a seguir en el trabajo de grado, la investigación referente, al estudio de las fallas presentes en cojinetes del componente motor-bomba de sala de bombas principal diluyente.

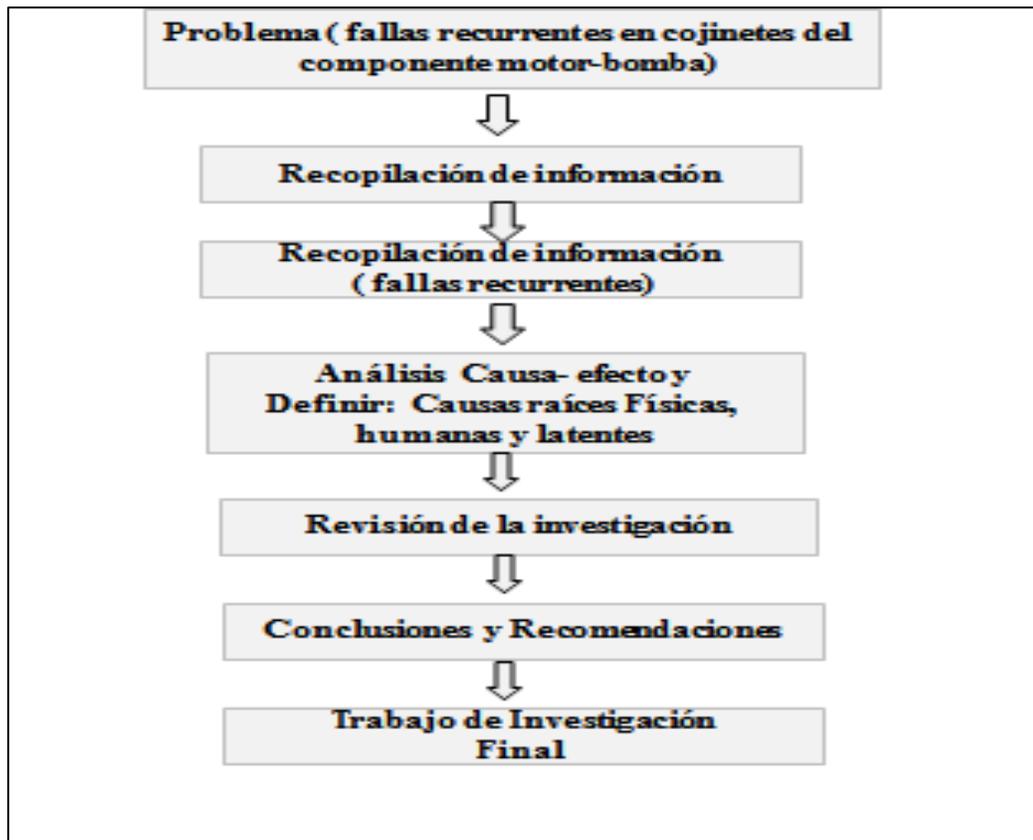


Figura 4,1 flujograma de la investigación, (Elaboración propia 2017)

4.3 Población y muestra de la investigación

4.3.1 Población

Según Fidias Arias (2012) p.81 “define la población como un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio.”

La población está definida por un total de quince cojinetes de deslizamiento, contenidos en los tres equipos del componente motor-bomba, que se encuentran en la sala de bombas principal de diluyente, la población es finita ya que se hará el estudio al número de cojinetes que ellas poseen.

4.3.2 Muestra

Según Fidias Arias (2012) p.83 “es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”

Como la población es finita la muestra es igual a la misma, por lo que se considera muestra intencional no probabilística, está conformada por los equipos y maquinarias de la sala de bombas principal de diluyente, se realizó encuestas no estructuradas, considerándose así una muestra no probabilística.

4.4 Técnicas de análisis y recopilación de información

Para llevar a cabo la recolección de información de los objetivos propuestos en el trabajo de investigación, fue necesario la aplicación de diferentes herramientas y técnicas de ingeniería industrial, las cuales nombraremos a continuación:

4.4.1 Revisión bibliográfica

Se realizó una serie de revisiones al manual de procedimientos de mantenimiento operacional de PDVSA S.A, a bibliografías y documentos que contienen información relevante sobre la metodología análisis causa raíz implementada en el siguiente trabajo de investigación, diagrama causa y efecto, tesis que estudian fallas recurrentes de equipos y aplican metodología análisis de causa raíz, entre otras.

4.4.2 Encuestas y entrevistas no estructuradas

Se realizaron algunas encuestas y entrevistas no estructuradas o informales con preguntas abiertas sin orden preestablecido, utilizándose como instrumento de guías de entrevistas, se entrevistó a los ingenieros, técnicos, u obreros especialistas en el mantenimiento operacional y que de alguna manera en algún momento durante su jornada laboral, estuvieron contacto directo con el evento que evidencio la falla de los cojinetes deslizantes del componente motor-bomba de la sala de bombas principal de diluyente de Patio de Tanque Oficina PDVSA S.A.

4.4.3 Observación directa

Se realizaron visitas a la sala de bombas principal de diluyente, a inspeccionar los equipos rotativos y su funcionamiento, también observamos el procedimiento de instalación de los cojinetes deslizantes del componente motor-bomba, utilizando cámara fotográfica la guía de instrucción de mantenimiento reemplazo de cojinetes para bombas centrifugas, la inspección y visitas se realizó junto con el personal calificado siguiendo las normas de seguridad recomendadas.

4.4.4 Manejo de programas de computación

Estos programas además de agilizar los cálculos y el procesamiento de la información, fueron útiles a la hora de obtener los resultados en forma precisa y ordenada. Los programas utilizados son: Microsoft Word, Excel entre otros.

4.4.5 Graficas de línea y barra

Se seleccionaron diferentes tipos de graficas estadísticas para representar gran parte de la información obtenida, lo cual facilito la explicación y análisis de los resultados.

4.4.6 Análisis de causa raíz (ACR)

Este análisis permitió determinar las causas raíces físicas, latentes y humanas de las fallas recurrentes de los cojinetes deslizantes del componente motor-bomba, utilizando también el árbol lógico de fallas para identificarlas causas potenciales antes de que las fallas ocurran.

4.4.8 Diagrama de flujo de proceso

Esta técnica será empleada para visualizar el proceso de producción que cumple la sala de bombas de diluyente.

4.4.9 Análisis de criticidad

Metodología que permite jerarquizar, sistemas instalaciones y equipos, en función a su impacto global, determinado por la evaluación ponderada de criterios operacionales, ambientales y de seguridad, con el fin de facilitar la toma de decisiones

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Describir la situación actual de los cojinetes deslizantes de la sala de bombas principal de diluyente

La situación actual en que se encuentran los cojinetes, permitió comprender e identificar las condiciones actuales de estos y la función que estos cumplen, se realizó una observación directa a cada uno de los equipos en este caso tres bombas y tres motores eléctricos para poder observar el comportamiento, funcionamiento, instrucción de mantenimiento aplicado y operatividad del cojinete en estudio, también se realizaron entrevistas no estructuradas al personal de mantenimiento mecánico, revisión de manuales de procedimientos del departamento de mantenimiento operacional, toda esta información nos permitió conocer el historial y funcionamiento de los equipo estudiados.

A continuación mostraremos las especificaciones técnicas de cada equipo en las siguientes figuras:

Tabla 5.1 Información técnica de la bomba PT-08 (PDVSA, 2016)

PT-08	Serial : 221366
Tipo de bomba	Centrifuga Horizontal
Modelo	3600 HD 4 Etapas
Marca	Goulds Pump
Tamaño	6 x 8 -12
Función	Transferencia de crudo diluido
Velocidad (Rpm)	3550
P. Succión	
P. Descarga	
Capacidad (GPM)	1560
Capacidad (BPD)	53.492
Tipo de sello	QB-4250-5u4X
Fecha de instalación	18/10/ 1996
Cojinete	BEARING KINGSBURY SHOES PAD (A06528A01)

Tabla 5.2 Información técnica de la bomba PT-09 (PDVSA, 2016)

PT-09	Serial : 221368
Tipo de bomba	Centrifuga Horizontal
Modelo	3600 HD 4 Etapas
Marca	Goulds Pump
Tamaño	6 x 8 -12
Función	Transferencia de crudo diluido
Velocidad (Rpm)	3550
P. Succión	
P. Descarga	
Capacidad (GPM)	1560
Capacidad (BPD)	53.492
Tipo de sello	QB-4250-5u4X
Fecha de instalación	18/10/ 1996
Cojinete	BEARING KINGSBURY SHOES PAD (A06528A01)

Tabla 5.3 Información técnica de la bomba PT-10 (PDVSA, 2016)

PT-10	Serial : 221367
Tipo de bomba	Centrifuga Horizontal
Modelo	3600 HD 4 Etapas
Marca	Goulds Pump
Tamaño	6 x 8 -12
Función	Transferencia de crudo diluido
Velocidad (Rpm)	3550
P. Succión	
P. Descarga	
Capacidad (GPM)	1560
Capacidad (BPD)	53.492
Tipo de sello	QB-4250-5u4X
Fecha de instalación	18/10/ 1996
Cojinetes	BEARING KINGSBURY SHOES PAD (A06528A01)



Figura 5.1 Bomba de Sala de Bombas Principal de Diluyente, PT-10 (PDVSA 2016)

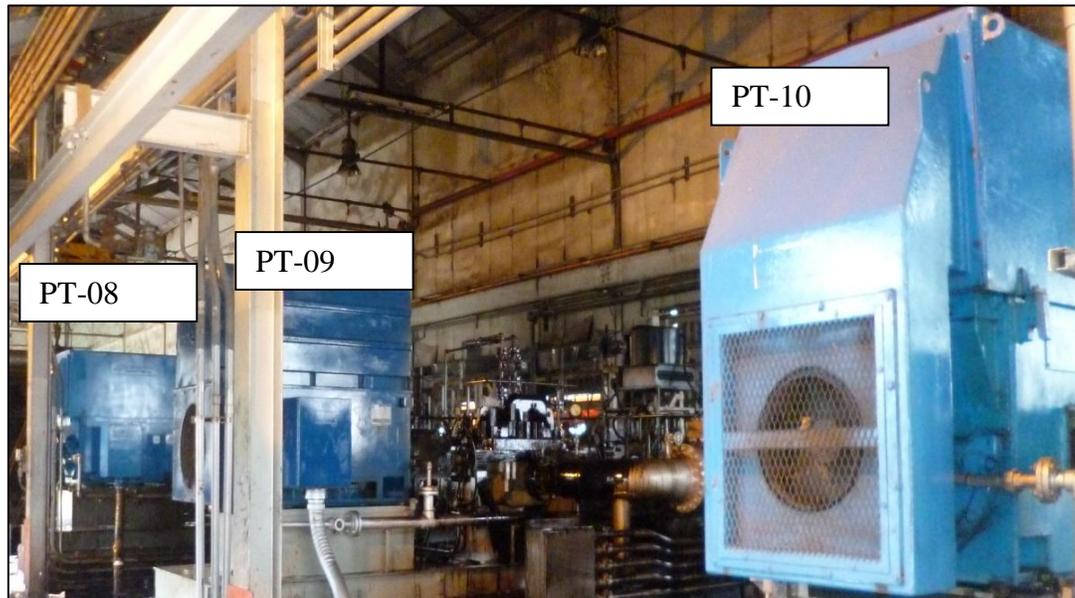


Figura 5.2 Sala de Bombas, motores PT-08, PT-09, PT-10. (PDVSA 2016)

Tabla 5.4 Información técnica del motor de la bomba PT-08 (PDVSA, 2016)

Motor – bomba PT-08	
Tipo de motor	Motor eléctrico
Modelo	
Marca	SIEMENS ALLIS
Potencia (HP)	1500
Velocidad (Rpm)	3585
Voltaje (volt)	4160
Amperaje (AMP)	160

Tabla 5.5 Información técnica del motor de la bomba PT-09 (PDVSA, 2016)

Motor – bomba PT-09	
Tipo de motor	Motor eléctrico
Modelo	5k83114082503
Marca	GENERAL ELECTRIC
Potencia (HP)	1250
Velocidad (Rpm)	3585
Voltaje (volt)	4160
Corriente (AMP)	163

Tabla 5.6 Información técnica del motor de la bomba PT-10 (PDVSA, 2016)

Motor – bomba PT-10	
Tipo de motor	Motor eléctrico
Modelo	5k83114082503
Marca	GENERAL ELECTRIC
Potencia (HP)	1250
Velocidad (Rpm)	3585
Voltaje (volt)	4160
Corriente(AMP)	163

Los cojinetes deslizantes o de empuje son de tipo zapatas pivotantes con material antifricción y lubricadas con aceite, dicho material está diseñado para soportar altas temperaturas. Se observó que el cojinete deslizante contenido en la bomba PT-08 está fuera de servicio según los mecánicos desde enero 2016, mientras que la PT-09 se detuvo y como se puede observar se contaminó con petróleo y las caras de las zapatas pivotantes están ralladas y algunas quebradas se puede detallar en la figura 5.2 y el cojinete deslizante de la bomba PT- 10 es el único en funcionamiento.



Figura 5.3 Cojinete de deslizamiento.(Departamento de Mantenimiento 2017)

5.1.1. Aplicación del análisis de criticidad del cojinete bearing kingsbury shoes pad (A06528A01)

Para jerarquizar las fallas de los cojinetes de las maquina en estudio, se aplicó una matriz de criticidad basada en ponderaciones de los distintas fallas involucradas.

5.1.1.1 Impacto operacional

Para determinar el análisis de criticidad se procedió a localizar algunos de los trabajos de mantenimiento con su respectiva data de fallas.

El departamento de mantenimiento cuenta con un registro de fallas que ocasionaron daños a los cojinetes, dicho registro se muestra en la tabla N° 5.7, en esta se observa la fecha en que ocurrió la falla en un periodo determinado y el tiempo promedio fuera de servicio(TPFS) y el número de repeticiones de la falla ocurrido durante ese tiempo.

Para el cálculo de tiempo promedio fuera de servicio se aplica la ecuación (3.2)

$$TPFS = \frac{TFS_1 + TFS_2 + \dots + TFS_{n+1}}{N}$$

Para cada una de las fallas se aplicó esta fórmula, lo cual se puede apreciar en los ítems de la tabla 5.

Tabla 5.7 Tiempo promedio fuera de servicio de los cojinetes (Elaboración propia, 2017)

ITEMS	EVENTOS	Nº FALLAS	TPFS(HRS)
1	Fuga de aceite lado del sello mecánico	2	4
2	Rotura del sello	3	33,67
3	Vibración en ejes de acople	1	1
4	Mantenimiento a sellos mecánicos	2	2
5	Limpieza de filtro de aceite	1	3
6	Reemplazo de cojinetes	3	7

En cuanto al parámetro de TPFS de la tabla 5.7, se obtiene lo siguiente aplicándola Ec. (3.3)

$$I = \frac{33,67 - 1}{3} = 10,89$$

Luego se obtiene el intervalo con respecto a las fallas de la tabla 5.8

$$I = \frac{3 - 1}{3} = 0,67$$

Estos intervalos se obtuvieron de diferencia del valor más alto y el valor más bajo que se desea evaluar entre los números de clase. Se consideran tres clases de impacto asociados estos a impacto leve, impacto intermedio y alto, según el caso, se muestra en la tabla 4.6

Tabla 5.8 Parámetros de evaluación del impacto a nivel operacional (Elaboración propia,2017)

CANTIDAD DE FALLAS	TPFS (HRAS AÑOS)	PONDERACIÓN
1 a 1,67	0 a 10,89	1
1,67 a 2,34	10,89 a 22,78	2
2,34 a 3	22,78 a 33,67	3

En la tabla 5.8, Se muestran los resultados de intervalos de clases para los parámetros considerados para la valuación a nivel operacional del impacto que han generado fallas.

La finalidad de obtenerte la ponderación de las distintas fallas que ocurren con respecto a los cojinetes en el periodo en estudio, es para conocer el nivel de gravedad de cada falla a nivel operacional, ya que esto es primordial al momento de conocer el impacto global que genera a la máquina.

En las tablas 5.9 y 5.10 se presentan las distintas ponderaciones designadas a cada falla, según el impacto que ocasionan a nivel operacional por el TPFS y por el número de fallas, usando dos datos de la tabla 4.6 anterior, la ponderación se le dio

mediante encuesta no estructurada a los trabajadores de mantenimiento encargados de reparar estas fallas.

Tabla 5.9 Ponderación designada a las fallas según el impacto que ocasionan a nivel operacional por el TPFs (Elaboración propia,2017)

EVENTOS	TPFS(HRS)	PONDERACION
Fuga de aceite lado del sello mecánico	4	1
Rotura del sello	33,67	3
Vibración en ejes de acople	1	1
Mantenimiento a sellos mecánicos	2	1
Limpieza de filtro de aceite	3	1
Reemplazo de cojinetes	7	1

Tabla 5.10 Ponderación designada a las fallas según el impacto que ocasionan a nivel operacional por el número de fallas. (Elaboración propia,2017)

EVENTOS	N° FALLAS	PONDERACION
Fuga de aceite lado del sello mecánico	2	1
Rotura del sello	3	3
Vibración en ejes de acople	1	1
Mantenimiento a sellos mecánicos	2	2
Limpieza de filtro de aceite	1	1
Reemplazo de cojinetes	2	2

Estos valores permitieron observar la ponderación correspondiente a las distintas fallas presentadas por los cojinetes deslizantes durante el periodo en estudio, según la cantidad de fallas t tiempos promedios fuera de servicio (TPFS).

Tabla 5.11 Ponderaciones de TPFS y numero de fallas y total de ponderaciones.
(Elaboración propia,2017)

EVENTOS	TPFS(HRS)	PONDERACION	N° FALLAS	PONDERACION	TOTAL
Fuga de aceite lado del sello mecánico	4	1	2	1	2
Rotura del sello mecánico	33,67	3	3	3	6
Vibración en ejes de acople	1	1	1	1	2
Mantenimiento a sellos mecánicos	2	1	2	2	3
Limpieza de filtro de aceite	3	1	1	1	2
Reemplazo de cojinetes	7	1	2	2	3

5.1.1.2 Impacto en seguridad

Para la determinación del impacto se seguridad se procedió a realizar entrevistas estructuradas (ver anexo) al personal de mantenimiento y al personal de seguridad ambiente e higiene ocupacional, con el fin de identificar los riesgos que corre el ambiente ante la presencia de las fallas anteriormente expuestas. Se dio un valor a cada respuesta, resultando:

Respuesta:

SI: = 1

NO= 0

5.1.1.3 Impacto ambiental

Igual que el impacto en seguridad Para la determinación del impacto ambiental se procedió a realizar entrevistas estructuradas (ver anexo), al personal de mantenimiento y al personal de seguridad ambiente e higiene ocupacional, con el fin de identificar los riesgos que corre el ambiente ante la presencia de las fallas anteriormente expuestas. Se dio un valor a cada respuesta, resultando:

Respuesta:

SI: = 1

NO= 0

En las tablas 5.12 y 5.13 se pueden observar las ponderaciones obtenidas para cada una de las fallas presentadas por la turbina a nivel de seguridad y ante el impacto ambiental.

Tabla 5.12. Impacto generado según trabajadores a nivel de seguridad
(Elaboración propia,2017)

EVENTOS	¿AFECTA?	PONDERACION
Fuga de aceite lado del sello mecánico	SI	1
Rotura del sello mecánico	SI	1
Vibración en ejes de acople	SI	1
Mantenimiento a sellos mecánicos	NO	0
Limpieza de filtro de aceite	NO	0
Reemplazo de cojinetes	SI	1

Tabla 5.13 Impacto generado según trabajadores a nivel ambiental (Elaboración propia,2017)

EVENTOS	¿AFECTA?	PONDERACION
Fuga de aceite lado del sello mecánico	SI	1
Rotura del sello mecánico	SI	1
Vibración en ejes de acople	NO	0
Mantenimiento a sellos mecánicos	SI	1
Limpieza de filtro de aceite	SI	1
Reemplazo de cojinetes	NO	0

Una vez obtenida la ponderación de impacto seguridad y ambiente de cada una de las fallas, se procedió a realizar una sumatoria con el fin de obtener el impacto total que generan las mismas, tal como se muestra en la tabla 5.14

Tabla 5.14. Ponderación de cada falla con respecto al impacto global (Elaboración propia,2017)

EVENTOS	IMPACTO			
	Operacional	Seguridad	Ambiental	Global
2	1	1	3	
6	1	1	8	
2	1	0	4	
3	0	1	4	
2	0	1	2	
3	0	0	3	

De la tabla 5.14 se puede observar que la falla de mayor criticidad corresponde al evento 2 “rotura del sello” por cuanto corresponde a la falla que muestra mayor impacto global.

Seguidamente se aplica la siguiente ecuación y se obtuvo el intervalo de clases para ponderar el impacto global, tal como se indica a continuación, lo que permitió posteriormente identificar el nivel de criticidad de cada evento.

$$I = \frac{8 - 2}{3}$$

$$I = 2$$

En la tabla 5.15 se observa el nivel de criticidad obtenido a partir del impacto global que generó la falla.

Tabla 5.15. Identificación del nivel de criticidad a partir del impacto global (Elaboración propia,2017)

Impacto global	Nivel de criticidad
(2 a 3,9)	Bajo
(4 a 5,9)	Medio
(6 a 8)	alto

En la tabla 5.16. Se puede apreciar el nivel de criticidad que represento a cada falla durante el periodo en estudio.

Tabla 5.16. Nivel de criticidad de las fallas en los cojinetes (Elaboración propia,2017)

Items	EVENTOS	Ponderación	Nivel de criticidad	
1	Fuga de aceite lado del sello mecánico	3	Bajo	Yellow
2	Rotura del sello mecánico	8	Alto	Red
3	Vibración en ejes de acople	4	Medio	Yellow
4	Mantenimiento a sellos mecánicos	4	Medio	Yellow
5	Limpieza de filtro de aceite	2	Bajo	Yellow
6	Reemplazo de cojinetes	3	Bajo	Yellow

Falla de criticidad alta, del análisis de criticidad aplicado a los cojinetes se obtuvo que la falla de mayor jerarquía o criticidad es por causa de rotura del sello mecánico, el resultado definido primordialmente por el número de fallas y el TPFs que integran el impacto operacional

Falla de criticidad media, dentro de estas se encontraron aproximadamente el 33% del total de las fallas en estudio, observándose el impacto a nivel operacional como factor predominante ante los impactos en ambiente y seguridad

Algunas fallas de este nivel de criticidad presentaron impactos de globales bajos debido a que según los estudios realizados estas no generaron impacto en seguridad y ambiente o tuvieron bajas ponderaciones por lo que no se consideraron como peligrosas al momento de evaluarlas.

Análisis de criticidad bajos, se encontraron que el 50% de fallas evaluadas fueron bajas motivado a que el impacto global se constituyó únicamente por impacto operacional, ya que en el impacto ambiental y seguridad sus valores de ponderación fueron bajos presentando pocas repeticiones y tiempo promedio fuera de servicio cortos en el tiempo estudiado.

5.2 Identificar las causas raíces, humanas y latentes que provocan las fallas frecuentes de los cojinetes deslizantes

Una vez aplicado el AC e identificados los diferentes problemas que ocasionan que fallen los cojinetes de deslizamiento, determinando el evento o falla más crítica, para luego aplicarle un árbol lógico de fallas y se describe a continuación.

5.2.1 Problema

Debido a que los cojinetes de deslizamientos han presentado una serie de fallas críticas se planteó la idea de realizar un estudio mediante un análisis de Caura raíz, para la disminución de eventos indeseados que puedan afectar el funcionamiento de los equipos en la sala de bombas principal de diluyente dichas fallas ocasionan altos tiempos promedios de fallas fuera de servicios entre otros aspectos que afectan las condiciones de operatividad de los equipos.

5.2.2 Modo de falla

Estos fueron representados por los distintos eventos de fallas evaluados, con la anterior matriz de criticidad se determinó la falla de mayor criticidad dando como resultado “roturas del sello mecánico”.

5.2.3 Hipótesis y su validación

El modo de falla crítico, a su vez se derivó dos posibles causas o hipótesis, siendo estas:

- ✓ Fractura de las caras del sello mecánico
- ✓ Falla de instalación del sello mecánico

En cuanto a la falla por fractura de las caras del sello mecánico cuando ocurre se detiene totalmente el componente motor-bomba siendo el más perjudicado el cojinete de deslizamiento debido a que el sello protege el cojinete del petróleo, se procedió a su evaluación con la revisión del historial de fallas y revisión de procedimientos de trabajos antes y después de ocurrida dicha falla para así verificar en el sitio como proceden a reparar esta falla.



Figura 5.4 Cara de los cojinetes contaminados con petróleo (Taller de Mantenimiento,2017)

En la figura 5.5 se muestra la estructura del árbol lógico de fallas, para determinar las causas raíces físicas, humanas y latentes que provocan la falla.

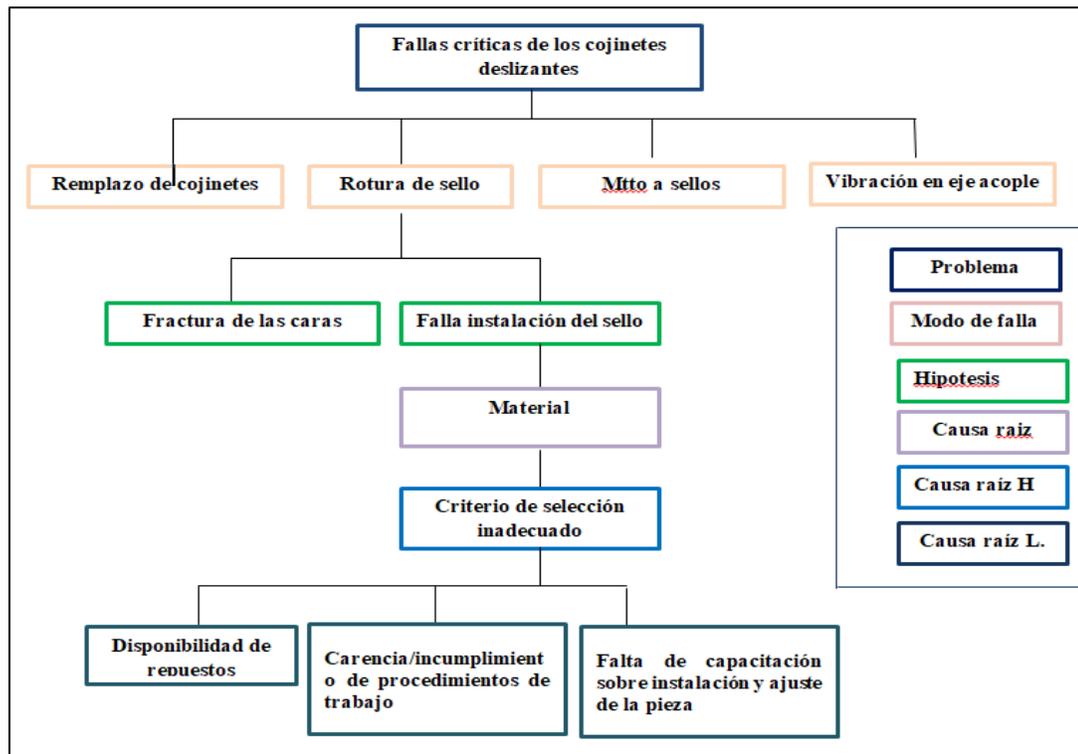


Figura 5.5. Árbol lógico de fallas causas raíces físicas, humanas y latentes (Elaboración propia 2017)

5.2.4 Causa raíz física

Lo primero fue ubicar el catálogo de fabricantes de sellos mecánicos utilizados por la empresa para la selección del sello adecuado, según el medio de operación. Según información de los trabajadores esta selección se realizó en base a la sustancia manejada que en este caso es petróleo por lo que este sello es muy resistente para este tipo de sustancia.

5.2.6 Causa raíz humana

Una de las razones por las cuales se incurre a las causas de raíces humanas es porque se orienta a criterio de instalación inadecuado por parte del equipo de mano de obra que está involucrada y toma acciones al momento del mantenimiento.

5.2.6 Causa raíz latente

La causa raíz humana indicada anteriormente fue motivada por causas latentes tales como:

a) Disponibilidad de repuestos, a su vez es originada por retardos en procesos de procura y selección de stock de insumos para ensamble y/o repuestos.

b) Carencia o incumplimiento de procedimientos de trabajo, esta causa raíz está motivada por posibles faltas de supervisión de personal durante el proceso de instalación, en ocasiones los procedimientos de trabajos están desactualizados por lo que a la fecha del estudio ya han cambiado la manera o el equipo de instalación.

c) Falta de adiestramiento de personal, es una de las raíces latentes fundamentales corresponde a la falta de adiestramiento y actualización del personal, en cuanto a operación y mantenimiento del equipo considerado para el estudio, además de fundamentos en metalurgia; todo esto permitirá a personal involucrado a poseer un criterio técnico adecuado para a toma de decisiones asertivas, una vez que se presenten las causas latentes anteriormente descritas.

5.3 Proponer acciones para la disminución de las fallas presentes en los cojinetes deslizantes

Después de realizar el árbol lógico de fallas y analizar las raíces físicas, humanas y latentes, se procedió a la proposición de acciones para minimizar la ocurrencia de fallas y mejorar la disponibilidad de los cojinetes de deslizamientos.

La realización e implementación de las acciones propuestas mejoraran y lograran minimizar la ocurrencia de fallas tanto para el cojinete de deslizamiento como para otras partes que se encuentran alrededor del cojinete y que su falla esta directa e indirectamente relacionados y pueden ocasionar paradas inesperadas.

Tabla 5.17 Acciones para la disminución de la ocurrencia de las fallas (elaboración propia)

ITEMS	ACCIONES	RESPONSABLE
1	Seguimientos a los procesos de compra de repuestos de los cojinetes	Mantenimiento
2	Supervisión de personal de mantenimiento al momento de ensamble	Mantenimiento, SIAHO
3	Actualizar los procedimientos de trabajo y manuales de seguridad	Mantenimiento, supervisores, operadores y obreros
4	Capacitación de personal de los departamentos de operaciones y mantenimiento	Mantenimiento, supervisores
5	Elaborar manuales que permitan el cumplimiento de los procedimientos de trabajo	Mantenimiento
6	Hacer seguimiento de la condición del equipo en la parte de vibración para predecir fallas potenciales.	Mantenimiento
7	Realizar mantenimiento predictivo y que se cumpla	
8	Crear registros diarios documentados de las fallas ocurridas.	
9	Motivar a los trabajadores para que creen propuestas para las disminución de dependencia de servicios externos.	Mantenimiento, supervisores, operadores y obreros
10	Adquirir equipos automatizados nuevos para la instalación de cojinetes, medidor de temperatura y vibración	Mantenimiento

Con estas acciones propuestas se busca mejorar el comportamiento de los equipos en la sala de bombas en especial disminuir el número de fallas producidas por los cojinetes de deslizamiento, con la implementación de capacitación al personal y a los operadores que a diario maniobran estos equipos, disminuyendo los peligros en la sala de bombas.

5.4 Determinar el análisis costo-riesgo-beneficio de las acciones propuestas, para verificar factibilidad de estas

5.4.1 Costo de fuerza laboral

Para el cálculo de los costos de fuerza laboral, se tomó en cuenta la frecuencia de ejecución de las actividades de mantenimiento a los cojinetes de deslizamientos, de igual forma se consideró el tiempo de ejecución de la misma. En la tabla se muestra el monto cancelado por horas de trabajo.

Según el portar web, de el Nacional 13 de Enero de 2017 de acuerdo a la gaceta oficial n° 41.070 se establece la escala general de sueldo para funcionarios de la administración pública. El mismo contempla las diferencias de sueldos dependiendo de los tres grados de instrucción: bachiller (B), técnico superior universitario (T) y profesional universitario (P).

El salario mínimo mensual quedó establecido en 40.638,15 bolívares.
169,325 salarios hora

Tabla 5.18 Salarios horas y salarios diario del personal (Elaboración Propia, 2017)

Personal	Sueldo	Salarios Diario	Salarios horas
Mecánico			
electricista	40.638,15	1.354,6	169.325
Obrero			

Se determinó el salario diario de cada trabajador y el salario devengado por horas de trabajo con esto así, se estima el costo por cada hora que se estaría gastando al emplear las acciones propuestas como se muestra en la tabla 5.19.

Tabla 5.19. Costo de acciones propuestas (Elaboración Propia, 2017)

ACCIONES	Personal utilizado	costo (bsf)	Ejecución hrs
Seguimientos a los procesos de compra de repuestos de los cojinetes	1 analista	169.325	1
Supervisión de personal de mantenimiento al momento de ensamble	1 supervisor	338.65	2
Actualizar los procedimientos de trabajo y manuales de seguridad	1 superintendente	507.98	3
Capacitación de personal del departamentos de mantenimiento	1 superintendente	338.65	2
Elaborar manuales que permitan el cumplimiento de los procedimientos de trabajo	1 superintendente	169.325	1
Hacer seguimiento de la condición del equipo en la parte de vibración para predecir fallas potenciales.	2 mecánico	677.3	4
Realizar mantenimiento predictivo y que se cumpla	2 mecánico	338.65	2
Crear registros diarios documentados de las fallas ocurridas.	1 analista	1354,6	8
Adquirir equipos automatizados nuevos para la instalación de cojinetes, medidor de temperatura y vibración	1 superintendente	1354,6	8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Las acciones propuestas serán un apoyo para la toma de decisiones en el departamento de mantenimiento.
2. El análisis de criticidad en base al impacto global cuyo valor fue de 8, determinó la falla más crítica fue por rotura del sello mecánico.
3. La causa de que los cojinetes se fracturen y se contaminen por aceite es debido a rotura del sello mecánico.
4. La rotura del sello mecánico es debido a manipulación e instalación de los sellos mecánicos.
5. Según encuestas los trabajadores no reciben desde hace mucho tiempo adiestramiento de ningún tipo quedando desactualizados con respecto a procedimientos de trabajo.
6. La falla de criticidad media corresponde a un 33 % de las fallas en estudio, observándose el impacto a nivel operacional como factor predominante ante los impactos ambiente y seguridad.
7. Se encontraron que el 50% de fallas evaluadas fueron bajas motivadas a que el impacto global se constituyó con respecto a los impactos de seguridad y ambiente.

Recomendaciones

1. Se recomienda poner a prueba las acciones propuestas
2. Se recomienda actualización de manuales y procedimientos ya que estos no se actualizan desde el año 2004
3. Se recomienda llevar un registro diario documentado en un sistema SAP de computadora de los eventos ocurridos y adiestrar el personal en la utilización de dicho sistema para que en caso de que alguno falte cualquier que este pueda realizarlo.
4. Se recomienda realizar planes de mantenimiento preventivo para que así puedan prevenir fallas por desgaste.

REFERENCIAS

Acosta J. (1994), **MANUAL BÁSICO DE BOMBAS CENTRIFUGAS**. Sección equipos rotativos, Lagoven Copy Right .

Appold H. (2005) **TECNOLOGÍA DE LOS METALES PARA PROFESIONALES TÉCNICOS-MECANICAS**. Editorial reverté, S.A. España, pp 29.

Budaynas R., Keith Nisbett “**DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA DE SHIGLEY**”. Octava edición. Departamento de ingeniería mecánica, instituto tecnológico y de estudio superiores de monterrey, campus estado de México. Pp 549-651.

Carmona F. (2005). **MANUAL DEL TRANSPORTISTA**. Ediciones Diaz de santos S.A. España, pp 19.

Córdova M. (2009) **ANÁLISIS DE FALLAS DE LOS SELLOS MECÁNICOS EN LAS BOMBAS DE PROCESO DE UNA PLANTA CERVECERA**. Universidad De Oriente, Barcelona.

Covenin (1534: 1996). **PETRÓLEO CRUDO Y SUS DERIVADOS**. Norma venezolana 1ra revisión.

Gonzales F. (2004). **AUDITORIA DEL MANTENIMIENTO E INDICADORES DE GESTION**. Fc editorial. España. pp 34-45.

Harper G. (2004). “**LIBRO PRACTICO DE LOS GENERADOES Y MOTORES ELECTRICOS**”. Editorial limusa S.A de C.V. México, pp 146

De Rus G. (2008). **ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO**. Tercera Edición. Evaluación Económica De Políticas Y Proyectos De Inversión, pp 35-40

Horne V., Wachowicz J. (2010). **FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACIÓN FINANCIERA**. Décimotercera edición, Pearson educación, México pp 83

López M. (2009). **ANÁLISIS CAUSA RAÍZ DE UNA TURBINA A GAS .** Caso: nuevo pignone modelo pgt5 del turbocompresor d4-81001 de la planta de fraccionamiento y despacho José, Universidad De Oriente, Puerto La Cruz.

Martínez J. (2009). **PROPUESTA PARA EL INCREMENTO DE LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS, BASADO EN UN ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ,** caso: sistema de alimentación de agua de calderas de una planta productora de metanol”. Universidad De Oriente, Barcelona.

Martínez L. (2007). **ORGANIZACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE SISTEMAS DE MANTENIMIENTO.** Centro De Altos Estudios Gerenciales, Instituto Superior De Investigación y Desarrollo. Segunda edición. Caracas, pp 08-41.

Pérez A. Sánchez F. (2007). **MANTENIMIENTO MECÁNICO DE MAQUÍNAS.** Segunda edición revisada. Universidad de jaumes I, D.L,pp 7-27.

Petróleos de Venezuela S.A –marco legal., [<http://pdvsa.com>].

Roldan J. (2008). **FUENTES DE ENERGÍAS.** Cengage learning paraninfo, S.A. España, pp 124-134.

ANEXOS



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
 NUCLEO DE BOLÍVAR
 ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
 TRABAJO DE GRADO



<p>PROYECTO: (ANÁLISIS DE LAS FALLAS PRESENTES EN LOS COJINETES DESLIZANTES, DEL COMPONENTE MOTOR-BOMBA, EN LA SALA DE BOMBAS PRINCIPAL DILUENTE, PATIO TANQUE OFICINA, SAN TOMÉ-ESTADO ANZOÁTEGUI).</p>	<h2>Validación de Encuesta</h2>		
<p>ELABORADO POR: Eva Rodríguez</p>			
<p>REVISADO POR: (Alexis perales)</p>			
<p>APROBADO POR: ((Alexis perales)</p>	<p>FECHA: 31/julio/2018</p>	<p>REFERENCIAS:</p>	<p>ANEXO N°</p>
<p>DIBUJADO POR:</p>	<p>ESCALA (S):</p>	<p>DATUM:</p>	<p>1</p>



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SUB-COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO

CONSTANCIA

Yo profesor de la Universidad de Oriente hago constar que he leído, validado y aprobado el instrumento de recolección de información de la alumna Rodríguez Eva , por lo cual autorizo su implementación en el trabajo de investigación, cuyo título es: ANÁLISIS DE LAS FALLAS PRESENTES EN LOS COJINETES DESLIZANTES, DEL COMPONENTE MOTOR-BOMBA, EN LA SALA DE BOMBAS PRINCIPAL DILUENTE, PATIO TANQUE OFICINA, SAN TOMÉ-ESTADO ANZOÁTEGUI

Profesor



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SUB-COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADO

CONSTANCIA

Yo profesor de la Universidad de Oriente hago constar que he leído, validado y aprobado el instrumento de recolección de información de la alumna Rodríguez Eva , por lo cual autorizo su implementación en el trabajo de investigación, cuyo título es: ANÁLISIS DE LAS FALLAS PRESENTES EN LOS COJINETES DESLIZANTES, DEL COMPONENTE MOTOR-BOMBA, EN LA SALA DE BOMBAS PRINCIPAL DILUENTE, PATIO TANQUE OFICINA, SAN TOMÉ-ESTADO ANZOÁTEGUI

Profesor

Profesor

Simbología de la Matriz Anexa	
SI	1
NO	0

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	ANÁLISIS DE LAS FALLAS PRESENTES EN LOS COJINETES DESLIZANTES, DEL COMPONENTE MOTOR-BOMBA, EN LA SALA DE BOMBAS PRINCIPAL DILUENTE, PATIO TANQUE OFICINA, SAN TOMÉ-ESTADO ANZOÁTEGUI
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
RODRIGUEZ EVA YOMAIRA	CVLAC	19.730.940
	e-mail	evayomi1989@gm
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Análisis De Criticidad
Análisis De Causa Raíz
Diagnósticos De Situación Actual
Procedimientos de trabajo
Documentación
Árbol Lógico De Fallas
Acciones Propuestas

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Departamento De Mantenimiento	Sala De bombas Principal De Diluyente

Resumen (abstract):

El siguiente trabajo de investigación consistió en la realización de un Análisis De Fallas de los Cojinetes Deslizantes del Componente Motor-Bomba, de Sala de Bombas Principal de Diluyente, Patio de Tanque Oficinas, en San Tome Estado Anzoátegui, con el fin de encontrar las fallas que se han venido presentando en los cojinetes, trayendo así paradas inesperadas de los equipos y también se ve afectado el bombeo de petróleo disminuyendo la capacidad diaria de flujo de petróleo diluido bombeado, se aplicaron diferentes métodos para la realización del trabajo de grado como por ejemplo la descripción de la situación actual de los cojinetes, seguidamente realizar un análisis de criticidad basado en ponderaciones suministradas por el personal que allí labora, para jerarquizar la falla de los cojinetes con esto se procede a determinar las causas raíces físicas y humanas que producen dicha falla dando como resultado que el cojinete falla por causas del sello mecánico ya que este, no lo cambian cuando termina su vida útil si no hasta que este falle. Las acciones propuestas una de ellas fue actualizar los procedimientos de trabajo, supervisión de personal al momento del ensamble, realizar mantenimiento predictivo entre otros, las principales conclusiones tenemos que el análisis de criticidad en base al impacto global determino que los cojinetes fallan por rotura del sello mecánico y que la posible causa de la rotura del sello es debido a manipulación indebida de trabajadores, según a encuestas no estructuradas a trabajadores no se reciben desde hace mucho tiempo adiestramiento de ningún tipo, se recomienda. El departamento de mantenimiento tiene una dura tarea de mantener los equipos en funcionamiento por lo que es recomendable el adiestramiento del personal en cuanto a instalación, seguridad y operación con el fin de minimizar las fallas presentadas.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail
Perales, Alexis	ROL C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input checked="" type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/>
	CVLA 10.927.514
	e-mail <u>alexisperales@hotmail.com</u>
Valles, Max	ROL C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLA
	e-mail
Gamboa, Daylín	ROL C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input checked="" type="checkbox"/>

	CVLA	18.013.559
	e-mail	davlinblanco@hotmail.com
	ROL	C <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> J <input type="checkbox"/>
	CVLA	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2018	07	31

Lenguaje Spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
ANÁLISIS DE LAS FALLAS PRESENTES EN LOS COJINETES DESLIZANTES, DEL COMPONENTE MOTOR-BOMBA, EN LA SALA DE BOMBAS PRINCIPAL DILUENTE, PATIO TANQUE OFICINA, SAN TOMÉ-ESTADO ANZOÁTEGUI.

Caracteres permitidos 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: PDVSA, Patio Tanque Oficina, Departamento de
Mantenimiento Operacional San Tomé-Estado Anzoátegui.

Temporal: _____

Título o Grado asociado con el trabajo:

Ingeniero Industrial

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Pregrado

Área de Estudio:

Ingeniería Industrial

Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

Universidad de Oriente

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

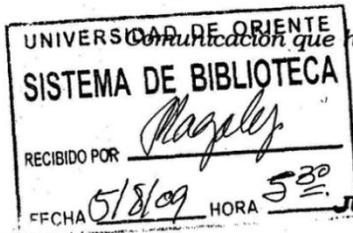
Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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



Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario

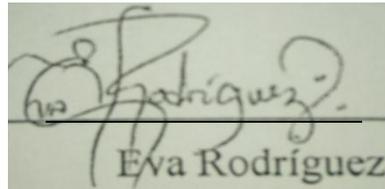


C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación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

JABC/YGC/maruja

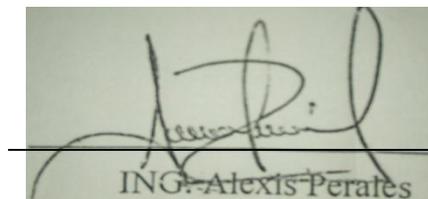
Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : “Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”



Eva Rodríguez

AUTOR



ING. Alexis Perates

TUTOR