

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



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN
LA FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (MCC) PARA LOS MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4
PERTENECIENTES A LA PLANTA COMPRESORA MATA R FASE I DE
PDVSA GAS ANACO ESTADO ANZOÁTEGUI**

Elaborado por:

Pérez, Ariana C.

**Trabajo Especial de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como
Requisito para optar al Título de:**

INGENIERO INDUSTRIAL

Anaco, Noviembre de 2016

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



DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN
LA FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (MCC) PARA LOS MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4
PERTENECIENTES A LA PLANTA COMPRESORA MATA R FASE I DE
PDVSA GAS ANACO ESTADO ANZOÁTEGUI

Revisado por:

Ing. Ledezma, Melchor
Asesor Académico

Ing. García, Antonio
Asesor Industrial

Anaco, Noviembre de 2016

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



DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
BASADO EN LA FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (MCC) PARA LOS MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4
PERTENECIENTES A LA PLANTA COMPRESORA MATA R FASE I DE
PDVSA GAS ANACO ESTADO ANZOÁTEGUI

Jurado Calificador:

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

APROBADO

Ing. Ledezma, Melchor

Asesor Académico

Ing. Valderrama, Rita

Jurado Principal

Msc. Bousquet, Juan

Jurado Principal

Anaco, Noviembre de 2016

RESOLUCIÓN

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

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por ser mi guía constante y conductor de nuestros destinos, a mis padres José Bolívar y Crisálida Pérez los que con sus ejemplos, constancia y esfuerzos se han esmerado para que cada día sea una excelente persona espiritual y moralmente, a pesar de las dificultades que se presentan en el camino siempre me han enseñado a luchar, ser fuerte y valiente porque los hijos de DIOS no se rinden jamás.

A mis hermanos Cristhian Pérez y Ariannys Pérez por sus múltiples ayudas prestadas durante mis estudios, a los que espero servir como ejemplos de perseverancia, dedicación y madurez en la vida, para que continúen por un buen camino y así logren concluir con sus estudios de manera exitosa. A mi novio Freddy Fuentes quien con su cariño, paciencia, comprensión y ayuda ha sido participe de este logro, además con sus palabras de aliento ese apoyo incondicional que cada día me brindó, soportando mi carácter debido a mi estrés universitario, a mi abuelo Jesús Pérez que está con nuestro Padre Celestial este logro también se lo debo a el que siempre me decía cada mañana que yo había nacido para triunfar, que yo era princesa y la princesas no se rinden.

A mi abuela Margarita de Pérez que son su carácter me mostró muchas cosas de la vida que nunca pensé que eran ciertas. A mis amigas Cesmir Cabello, Mari Duran, Natalie Tovar, que me mostraron ser más que unas amigas sino mis hermanas siempre apoyándome en todo y siempre unidas. Tíos, primos y familia en general para que este logro lo tomen como una victoria suya, a los cuales estimulo para tengan constancia y perseverancia en sus metas, a todas las personas que de una u otra forma han contribuido en mi formación académica y humana.

Ariana Pérez

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fortaleza y la confianza en los momentos difíciles para salir siempre hacia adelante, a mis padres por todo su apoyo cariño, comprensión y preocupaciones constantes para conmigo, así como inculcar reiteradamente el deseo de superación, a mis hermanos, amigos y familiares que siempre me dieron su apoyo moral y espiritual que tanto necesitamos cuando estamos haciendo tantas cosas a la vez.

A mi tutor académico Ingeniero Melchor Ledezma que aun estando ocupado buscaba tiempo para atenderme y cada vez que lo llamaba siempre me orientaba y me guiaba, a mi tutor Industrial Ingeniero Antonio García por orientarme y prestarme todo su apoyo debido a sus conocimientos en el área de motocompresores, al señor Moisés Rivas supervisor de operaciones que no siendo mi tutor, ni perteneciendo a su área de trabajo pero si a su gerencia me prestó todo su apoyo, indicándome todo el funcionamiento de lo que era un motocompresor y toda la información de la planta debido a que está especializado en motocompresores,

A las siguientes personas: Manuel Bucarito, José Aparicio, Jesús Velásquez, José Sánchez, José Quijada, por su calidad como personas, por la orientación, responsabilidad y ayuda durante la realización de este trabajo siempre guiándome en todo momento los cuales aprecio mucho y les manifiesto todo mi cariño y respeto.

A todos ellos.

Gracias.

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



**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
BASADO EN LA FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (MCC) PARA LOS MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4
PERTENECIENTES A LA PLANTA COMPRESORA MATA R FASE I DE
PDVSA GAS ANACO ESTADO ANZOÁTEGUI**

Autor: Pérez, Ariana

Asesor: Ing. Ledezma, Melchor

Fecha: Noviembre / 2016

RESUMEN

En el presente trabajo de grado se diseñó un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la filosofía del MCC para los Motocompresores K1, K2 y K4 de la Planta Compresora Mata R Fase I pertenecientes a la Gerencia de Compresión de PDVSA Gas Anaco, con el fin de establecer lineamientos y procedimientos que permitan mantener la vida útil y la operatividad de estos equipos, aumentando la productividad de dicha Gerencia. En primer lugar se describió el contexto operacional de los motocompresores, luego se realizó un análisis de criticidad a los componentes de los motocompresores, posterior a esto se elaboró un análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF), luego a través del árbol lógico de decisión (ALD) se definieron las acciones de mantenimiento para finalmente establecer una metodología de mantenimiento con su frecuencia de aplicación a los motocompresores en estudio. La investigación estuvo enmarcada en un tipo descriptivo con un diseño de campo, utilizando como técnicas la observación, la revisión documental y la encuesta. Como instrumentos de procesamiento y análisis de datos se utilizaron la Matriz de Análisis de Criticidad con metodología DS, el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), métodos de tabulación y gráficos y Árbol Lógico de Decisión (ALD).

Descriptor: Mantenimiento, AMEF, ALD Motocompresor, MCC, PDVSA.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPÍTULO I.....	21
EL PROBLEMA	21
1.1 Planteamiento del problema.....	21
1.2. Objetivos de la investigación	24
1.2.1. Objetivo general.....	24
1.2.2. Objetivos específicos	25
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	25
1.4 Generalidades de la empresa.....	27
1.4.1 Reseña histórica de la empresa	27
1.4.2 Estructura de PDVSA Gas	28
1.4.3 Descripción de PDVSA Gas Anaco.....	29
1.4.4 Razón social	29
1.4.5 PDVSA Gas	29
1.4.6 Visión PDVSA Gas.....	30
1.4.7 Misión PDVSA Gas.....	30
1.4.8 Objetivos de PDVSA Gas	31
1.4.9 Ubicación geográfica PDVSA Producción Gas Anaco	31
1.4.10 Planta compresora Mata R	32
CAPÍTULO II	33
MARCO TEÓRICO.....	33
2.1 Antecedentes	33
2.2 Fundamentos teóricos.....	36
2.2.1 Mantenimiento	36
2.2.2 Tipos de mantenimiento.....	37
2.2.2.1 Mantenimiento preventivo	37
2.2.2.2 Mantenimiento predictivo	37
2.2.2.3 Mantenimiento correctivo	38
2.2.2.4 Mantenimiento proactivo	38
2.2.3 Objetivos del mantenimiento	38
2.2.4 Objetivos del mantenimiento preventivo	39

2.2.5 Sistema de mantenimiento	39
2.2.6 Planificación del mantenimiento.....	40
2.2.7 Tipo de planes	41
2.2.8 Niveles del mantenimiento.....	41
2.2.8.1 Niveles de mantenimiento preventivo de los activos	41
2.2.9 Análisis de criticidad.....	43
2.2.10 Metodología D.S para determinar criticidad.....	43
2.2.10.1 Factores que intervienen en el área de mantenimiento	44
2.2.10.2 Factores que intervienen en el área operacional	45
2.2.11 Antecedentes del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC).....	46
2.2.12 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)	47
2.2.13 Pasos para la aplicación del MCC.....	48
2.2.14 Beneficios del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC).....	48
2.2.15 Características del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)	50
2.2.16 Finalidad de la implantación del MCC	50
2.2.17 Equipo natural de trabajo (ENT).....	50
2.2.18 Características de un equipo natural de trabajo (ENT)	51
2.2.19 Fallas	51
2.2.19.1 Fallas funcionales.....	52
2.2.19.2 Modos de falla.....	52
2.2.19.3 Consecuencias de las fallas	52
2.2.20 Tareas a condición cíclica	53
2.2.21 Tareas de reacondicionamientos cíclico	53
2.2.22 Tareas de sustitución cíclica	54
2.2.23 Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF).....	54
2.2.24 Árbol lógico de decisiones (ALD)	54
2.2.25 Compresor centrífugo	55
2.2.26 Compresores de desplazamiento positivo	55
2.2.27 Compresores recíprocos	55
2.2.28 Motocompresores	56
CAPÍTULO III	57
MARCO METODOLÓGICO	57
3.1 Tipo de investigación	57
3.2 Diseño de la investigación	57
3.3 Población y muestra	58
3.3.1 Población.....	58
3.3.2 Muestra.....	58
3.4 Técnicas de recolección de datos	59
3.4.1 Revisión bibliográfica	59
3.4.2 Observación directa.....	60
3.4.3 Entrevista no estructurada	60

3.4.4 Encuesta	61
3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	61
3.5.1 Matriz de análisis de criticidad usando metodología D.S	61
3.5.2 Matriz de análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)	62
3.5.3 Métodos de tabulación y gráficos	62
3.5.4 Árbol lógico de decisión (ALD)	62
3.6 Procedimiento metodológico	62
3.6.1 Descripción del contexto operacional de los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui	63
3.6.2 Realización de un análisis de criticidad a los componentes de los motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui	63
3.6.3 Análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF) a los motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui	65
3.6.4 Definición de las tareas de mantenimiento mediante la aplicación del árbol lógico de decisión (ALD) a los motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui	67
3.6.5 Propuesta de acciones de mantenimiento con sus frecuencias de aplicación para los componentes críticos de los motocompresor K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui	69
CAPÍTULO IV	70
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	70
4.1. Descripción del contexto operacional de los motocompresores K1, K2 Y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui	70
4.1.1 Descripción general del proceso del motocompresor	70
4.1.2 Características del motor en estudio	72
4.1.3 Características del compresor en estudio	82
4.1.4 Información técnica del motor caterpillar	83
4.1.5 Información técnica del compresor ariel	84
4.2 Realización de un análisis de criticidad a los componentes de los motocompresores K1, K2 Y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui	86
4.2.1 Aplicación del análisis de criticidad según el Ing. Diógenes Suarez	87
4.2.2 Ejecución del análisis de criticidad	87
4.2.2.1 Resultados a la encuesta realizada al personal de la planta	88
4.3 Analizar los modos y efectos de fallas (AMEF) de los motocompresores K1, K2 y K4 perteneciente a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA gas Anaco estado Anzoátegui	148

4.3.1 Definición de las funciones principales de los elementos críticos.....	148
4.3.2 Fallas funcionales.....	148
4.4 Definición de las tareas de mantenimiento mediante la aplicación del árbol lógico de decisión (ALD) a los motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui	164
4.4.1 Metodología para la Aplicación del ALD.....	165
4.4.2 Resultados de la aplicación del árbol lógico de decisión.....	182
4.5 Proponer acciones de mantenimiento con sus frecuencias de aplicación para los componentes críticos de los motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui	187
MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	190
4.5.1 Formatos para la recolección de información acerca del Mantenimiento	210
CAPÍTULO IV.....	211
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	211
5.1 Conclusiones	211
5.2 Recomendaciones.....	212
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	213
ANEXOS	215
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO.....	238

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Ubicación Geográfica de la Empresa.	31
Fuente: PDVSA GAS 2015.....	31
Figura 2. Matriz de Criticidad de la Metodología D.S.....	44
Gráfico 1: Distribución Porcentual de las Funciones, Fallas Funcionales y Modos de Fallas de los Elementos de los Motores Caterpillar 3516 K1, K2 y K4.....	185
Gráfico 2: Distribución Porcentual de las Funciones, Fallas Funcionales y Modos de Fallas de los elementos del compresor ARIEL JGT-4 de los Motocompresores K1, K2 y K4	186
Gráfico 3: Distribución porcentual de la cantidad de Funciones, Fallas Funcionales y Modos de Fallas de los Motocompresores K1,K2 Y K4	186

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1: Matriz de Criticidad	64
Tabla 3. 2 Parámetros para clasificar la Criticidad de los Elementos en estudio.....	65
Tabla 3.3 Información del AMEF.....	66
Tabla 3. 4 Hoja de Decisión del ALD.....	68
Tabla 4.1:Parámetros de funcionamiento del motor Caterpillar Modelo 3516.....	82
Cuadro 4.1.1: Especificaciones Técnicas de Motor Caterpillar 3516 K1	83
Cuadro 4.1.2: Especificaciones Técnicas de Compresor Ariel JGT-4 K1	84
Tabla 4.2: Parámetros de funcionamiento del compresor Ariel JGT-4	85
Tabla 4.3: Integrantes del Equipo Natural de Trabajo	86
Tabla 4.3: Parámetros para clasificar la Criticidad de los Elementos en estudio	87
Tabla 4. 4: Matriz de Criticidad para los Cigüeñales.....	88
Tabla 4. 5: Matriz de Criticidad para los Cilindros.....	89
Tabla 4. 6: Matriz de Criticidad para los Pistones	89
Tabla 4. 7: Matriz de Criticidad para los Anillos.....	90
Tabla 4. 8: Matriz de Criticidad para los Cojinetes	91
Tabla 4. 9: Matriz de Criticidad para las Bielas.....	92
Tabla 4. 10: Matriz de Criticidad para el árbol de Levas.....	92
Tabla 4.11: Matriz de Criticidad para la Bomba de Lubricación.....	93
Tabla 4.12: Matriz de Criticidad para las Bombas de Pre-Lubricación	94
Tabla4.13: Matriz de Criticidad para las Bombas de Post-lubricación.....	95
Tabla 4.14: Matriz de Criticida para la Bomba de Aceite.....	96
Tabla 4.15: Matriz de Criticidad para la Bomba Auxiliar	97
Tabla 4.16: Matriz de Criticida para los Filtros de Aceite	98
Tabla 4.17: Matriz de Criticida para los Filtros Metálicos	99
Tabla 4.18: Matriz de Criticida para los Filtros de Elementos	100
Tabla 4.19: Matriz de Criticida para los Filtros de Aire	101
Tabla 4.20: Matriz de Criticida para los Filtros de Gas Combustible.....	102
Tabla 4.21: Matriz de Criticida para el Hidrax	103
Tabla 4.22: Matriz de Criticida para la Válvula Reguladora de combustible.....	104
Tabla 4.23: Matriz de Criticida para El Modulo de Ignición	105
Tabla 4.24: Matriz de Criticida para la Bobina.....	106
Tabla 4.25: Matriz de Criticida para las Bujías.....	107
Tabla 4.26: Matriz de Criticidad para los Cables de Bujías.....	108
Tabla 4.27: Matriz de Criticida para Los Arrancadores.....	109
Tabla 4.28: Matriz de Criticida para El Escape	110
Tabla 4.29: Matriz de Criticida para los Radiador.....	111
Tabla 4.30: Matriz de Criticidad para la Bomba de Agua	112

Tabla 4.31: Matriz de Ponderación de los Elementos Evaluados a los Motores de los Motocompresores K1, K2 y K4.....	113
Tabla 4. 32: Matriz de criticidad para los Cigüeñales.....	115
Tabla 4. 33: Matriz de criticidad para los Cilindros.....	115
Tabla 4. 34: Matriz de Criticidad para los Pistones	115
Tabla 4. 35: Matriz de criticidad para los Anillos.....	115
Tabla 4. 36: Matriz de Criticidad para los Cojinetes	116
Tabla 4. 37: Matriz de criticidad para la Bielas	116
Tabla 4. 38: Matriz de criticidad para el Árbol de Levas.....	116
Tabla 4. 39: Matriz de Criticidad para la Bomba de Lubricación.....	116
Tabla 4. 40: Matriz de Criticidad para la Bomba de Pre- Lubricación	117
Tabla 4. 41: Matriz de Criticidad para la Bomba de Post- Lubricación	117
Tabla 4. 42: Matriz de Criticidad para la Bomba de Aceite.....	117
Tabla 4. 44: Matriz de Criticidad para los Filtros de Aceite	118
Tabla 4. 45: Matriz de Criticidad para los Filtros Metálicos	118
Tabla 4. 46: Matriz de Criticidad para los Filtros de Elemento	118
Tabla 4. 47: Matriz de Criticidad para los Filtros de Aire	118
Tabla 4. 48: Matriz de Criticidad para los Filtros de Gas Combustible.....	119
Tabla 4. 49: Matriz de Criticidad para el Hidrax	119
Tabla 4. 50: Matriz de Criticidad para la Válvula Reguladora de Combustible	119
Tabla 4. 51: Matriz de Criticidad para el Modulo de Ignición.....	119
Tabla 4. 52: Matriz de Criticidad para la Bobina.....	120
Tabla 4. 53: Matriz de Criticidad para las Bujías.....	120
Tabla 4. 54: Matriz de Criticidad para los Cables de las Bujías	120
Tabla 4. 55: Matriz de Criticidad para los Arrancadores	120
Tabla 4. 56: Matriz de Criticidad para el Escape	121
Tabla 4 .57: Matriz de Criticidad para el Radiador.....	121
Tabla 4. 58: Matriz de Criticidad para la Bomba de Agua	121
Tabla 4. 59: Resultados del Análisis de Criticidad	121
Tabla 4. 61: Matriz de Criticidad para los Cigüeñales.....	123
Tabla 4. 62: Matriz de Criticidad para la Bomba de Aceite.....	124
Tabla 4. 63: Matriz de Criticidad para el Medidor de Nivel de Lubricación.....	125
Tabla 4. 64: Matriz de Criticidad para los Ductos Transportadores de Aceite	126
Tabla 4. 65: Matriz de Criticidad para los Filtros de Aceite	127
Tabla 4. 66: Matriz de Criticidad para el Enfriador de Aceite.....	128
Tabla 4. 67: Matriz de Criticidad para los Anillos.....	129
Tabla 4. 68: Matriz de Criticidad para los Pistones	130
Tabla 4. 69: Matriz de Criticidad para las Biela	131
Tabla 4. 70: Matriz de Criticidad para los Cojinetes	132
Tabla 4. 71: Matriz de Criticidad para las Válvulas de Succión.....	133
Tabla 4. 72: Matriz de Criticidad para las Válvulas de Descarga.....	134
Tabla 4. 73: Matriz de Criticidad para El Sensor de Temperatura de Aceite	135
Tabla 4. 74: Matriz de Criticidad para el Coupling	136

Tabla 4. 75: Matriz de Criticidad para la Caja de Lubricación.....	137
Tabla 4.76: Matriz de Criticidad para El Sensor de Temperatura de los Cilindros.....	138
Tabla 4.77: Matriz de Criticidad para la Bomba de Pre-Lubricación.....	139
Tabla 4.78: Matriz de Criticidad para la Bomba de Post-Lubricación.....	140
Tabla 4. 79: Matriz de Ponderación de los Elementos Evaluados a los Compresores de los Motocompresores K1, K2 y K4.....	141
Tabla 4. 80: Matriz de criticidad para los Cigüeñal.....	143
Tabla 4. 81: Matriz de criticidad para la Bomba de Aceite.....	143
Tabla 4. 82: Matriz de criticidad para el Medidor de Nivel de Aceite.....	143
Tabla 4. 83: Matriz de criticidad para los Ductos Transportadores de Aceite.....	143
Tabla 4. 84: Matriz de criticidad para los Filtros.....	144
Tabla 4. 85: Matriz de criticidad para el Enfriador de Aceite.....	144
Tabla 4. 86: Matriz de criticidad para los Anillos.....	144
Tabla 4. 87: Matriz de criticidad para los Pistones.....	144
Tabla 4. 88: Matriz de criticidad para la Biela.....	144
Tabla 4. 89: Matriz de criticidad para los Cojinetes.....	145
Tabla 4. 90: Matriz de criticidad para las Válvulas de Succión.....	145
Tabla 4. 91: Matriz de criticidad para las Válvulas de Descarga.....	145
Tabla 4. 92: Matriz de criticidad para el Sensor de Temperatura de Aceite.....	145
Tabla 4. 93: Matriz de criticidad para el Coupling.....	145
Tabla 4. 94: Matriz de criticidad para la Caja de Lubricación.....	146
Tabla 4. 95: Matriz de criticidad para el Sensor de Temperatura de los Cilindros...	146
Tabla 4. 96: Matriz de criticidad para la Bomba de Pre-Lubricación.....	146
Tabla 4. 97: Matriz de criticidad para el Sensor la Bomba de Post-Lubricación.....	146
Tabla 4. 98: Resultados del Análisis de Criticidad.....	147
Tabla 4. 99: Información del AMEF Motor, Sistema de lubricación.....	149
Tabla 4. 100: Información del AMEF Motor, Sistema de lubricación.....	150
Tabla 4. 101: Información del AMEF Motor,Sistema de Lubricación.....	151
Tabla 4. 102: Información del AMEF Motor, Sistema de Lubricación.....	152
Tabla 4. 103: Información del AMEF Motor, Sistema de Ignicion.....	153
Tabla 4. 104: Información del AMEF Motor, Sistema de Ignición.....	154
Tabla 4. 105: Información del AMEF Motor, Sistema de Enfriamiento.....	155
Tabla 4. 106: Información del AMEF Motor, Sistema de Refrigeración.....	156
Tabla 4. 107: Información del AMEF Compresor, Sistema de Lubricación.....	157
Tabla 4. 108: Información del AMEF Compresor, Sistema de Enfriamiento.....	158
Tabla 4. 109: Información del AMEF Compresor, Sistema de Lubricación.....	159
Tabla 4. 110: Información del AMEF Compresor, Sistema de lubricación.....	160
Tabla 4. 111: Información del AMEF Compresor. Sistema de Tracción thomas....	161
Tabla 4. 112: Información del AMEF Compresor, Sistema de lubricación.....	162
Tabla 4. 113: Información del AMEF Compresor, Sistema de Lubricación.....	163
Tabla 4. 114: Resultado del Análisis de Modos y Efectos de Fallas de los motocompresores K1, K2 Y K4.....	164

Tabla 4. 115: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bomba de Lubricación.....	167
Tabla 4. 116: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bomba de Pre-Lubricacion.....	168
Tabla 4. 117: Hoja de Decisión del ALD para los componentes K1,K2 y K4 Bomba de Post- Lubricación.....	169
Tabla 4. 118: Hoja de Decisión del ALD para los componentes K1,K2 y K4 Bomba de Aceite.....	170
Tabla 4. 119: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bobina.....	171
Tabla 4.120: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bujias	172
Tabla 4. 121: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Radiador	173
Tabla 4.122: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bomba de Agua	174
Tabla 4. 123: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bomba de Aceite (estandar).....	175
Tabla 4. 124: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Enfriador de Aceite	176
Tabla 4. 125: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Sensor de Temperatura.....	177
Tabla 4.126: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bomba de Lubricación.....	178
Tabla 4.127: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Coupling Flexible Thomas.....	179
Tabla 4.128: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bomba de Post-Lubricacion	180
Tabla 4. 130: Funciones, Fallas Funcionales y Modos de fallas de los Motocompresores K1, K2 Y K4	183
Tabla 4. 132: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	191
Tabla 4. 133: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	192
Tabla 4. 134: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	193
Tabla 4. 135: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	194
Tabla 4. 136: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	195
Tabla 4. 137: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	196
Tabla 4. 138: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	197
Tabla 4. 139: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	198
Tabla 4. 140: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	199
Tabla 4. 141: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	200
Tabla 4. 142: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	201
Tabla 4. 143: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	202
Tabla 4. 144: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	203
Tabla 4. 145: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	204
Tabla 4. 146: Plan de Mantenimiento Preventivo.....	205

Tabla 4. 147: Planificación de Mantenimiento preventivo	206
Tabla 4. 150: Hoja de Información de fallas.....	209

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento así como otras ciencias de la ingeniería ha evolucionado a gran escala con el pasar de los años, este cambio ha traído nuevas filosofías y técnicas que han marcado pautas en las empresas, por lo que es innegable que las filosofías de mantenimiento cada día adquieran una posición más relevante en el plano internacional. Esta posición matiza los esfuerzos en la búsqueda de mecanismos capaces de sortear las actuales contingencias económicas. Por ello, al pesar del tiempo y de lo que para algunos resulta una vuelta a esfuerzos anteriores que nunca debieron eludirse, el uso de nuevas técnicas de mantenimiento, como herramienta indispensable de la disciplina tecnológica, ha obtenido un lugar importante en lo económico.

Entre las técnicas de mantenimiento de avanzada con filosofías de punta se encuentra el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), el cual constituye una política de mantenimiento basada en la confiabilidad de las funciones proactivas de la planta o equipo, que recurriendo a un programa de mantenimiento preventivo busca mejorar la confiabilidad funcional de los sistemas aseguradores de la seguridad y disponibilidad, pero a la vez minimizando el costo del mantenimiento implicado.

El MCC tuvo sus inicios en los años sesenta (60) en la industria de la aviación civil norteamericana. A mediados de 1970 el Gobierno de los Estados Unidos quiso saber más acerca de esta filosofía de mantenimiento y solicitó un reporte a la industria aérea, el cual fue escrito por Stanley Nowland y Howard Heap de United Airlines. Ellos lo titularon Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, fue publicado en 1978 y fundó las bases para la planeación de programas de mantenimiento, desde entonces el reporte ha sido usado para varios modelos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad difundiéndose en diferentes procesos de manufactura y servicios entre

los que se incluyen la industria petrolera y sus dependencias. La corporación Venezolana estatal PDVSA, en su búsqueda permanente de estrategias que permitan asegurar la integridad de los procesos y los activos de la corporación, ha adoptado al MCC como herramienta importante para lograr su cometido.

Ahora bien, la Gerencia de Compresión de Gas de PDVSA Gas Anaco, encargada de recolectar, comprimir, y entregar el Gas a las diversas Plantas de procesamiento, con el objeto de estar actualizada con las filosofías y técnicas que pautan a nivel mundial, por ser las que permiten mejoras en la productividad y operatividad en este caso de los motocompresores colocados en las distintas plantas compresoras, específicamente en la Planta Compresora Mata R, se le ha propuesto por parte del investigador este trabajo de grado el cual está conformado por cinco capítulos, que enlazados han permitido elaborar un plan de mantenimiento basado en la filosofía del MCC para preservar la operatividad y rendimiento de sus equipos. El presente trabajo está estructurado de la siguiente manera:

CAPÍTULO I EL PROBLEMA: Este capítulo comienza con el problema que se plantea por el investigador, donde el mismo busca dar una posible solución para los equipos estudiados, manteniéndolos así en óptimas condiciones operativas donde generan mayor rendimiento y productividad, luego se hace referencia al objetivo general, los objetivos específicos de la investigación, el alcance y las generalidades de la empresa.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO: En este capítulo se resaltan los antecedentes relacionados con el tema objeto de estudio realizado por otros investigadores y los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO: El mismo está referido al conjunto de procedimientos, técnicas y métodos que fueron utilizados para llevar a cabo la investigación. Además se destaca el tipo y diseño de investigación, las técnicas de recolección de datos y las técnicas y herramientas de procesamiento y análisis de datos.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS: Se desarrollan los objetivos específicos planteados, de tal manera se presentan los resultados obtenidos en el proceso de la investigación con su respectivo análisis.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES: Luego se presentan las Conclusiones y Recomendaciones de la Investigación. Finalmente se presentan las Referencias Bibliográficas y los Anexos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

PDVSA GAS Distrito Anaco, específicamente la Gerencia de Compresión Gas está integrada por dos áreas operacionales, Área Mayor de Anaco (AMA) ubicada geográficamente en el área operacional de San Joaquín y Área Mayor Oficina (AMO) en el área de Campo Mata correspondiente al Municipio Freites. Esta Gerencia está encargada de recolectar comprimir y entregar el gas a las distintas plantas de procesamiento en Anaco y al sistema de gas ventas.

El Área Mayor de Anaco (A.M.A), integrada por los campos de Santa Rosa, San Joaquín, Santa Ana, El Toco y El Roble, esta área cuenta con una infraestructura para manejar y procesar 1.419,5 millones de pies cúbicos de gas diarios (MMPNCD). El Área Mayor de Oficina (A.M.O), integrada por los campos de Soto/Mapiri, la Ceibita, Zapato, Mata R y Aguasay/El Caro, esta área cuenta con una infraestructura para manejar y procesar 282 millones de pies normales de gas diarios (MMPCND), con un potencial de extracción de líquidos de 4.813,9 barriles normales por día (BNPD).

La planta Compresora Mata R se encuentra ubicada geográficamente en el área operacional Campo Mata de PDVSA Gas Anaco, correspondiente al municipio Freites, aproximadamente a 25 Km del área administrativa Campo Mata. La Planta Compresora Mata R tiene aproximadamente 47 años de fundada, en ella el gas separado del petróleo en las distintas fases del proceso de producción en la zona de campo Mata es comprimido a altas presiones a fin de ser utilizados posteriormente.

Es necesario destacar que el desarrollo y perfección de la tecnología del gas, el hecho de poseer la característica de ser un combustible eficiente y limpio, no contaminante del medio ambiente y lo económico que este resulta, tanto para el productor como para el consumidor final, han contribuido a que el gas natural, actualmente sea utilizado en todas parte del mundo como materia prima para la elaboración de insumos, o como combustible en los sectores industrial, petroquímico, termoeléctrico, domestico, comercial y de transporte terrestre.

El departamento de compresión de la empresa PDVSA Gas del distrito Anaco necesita conservar los equipos motocompresores en condiciones óptimas de funcionamiento ya que la paralización de la producción, acompaña siempre a la disminución de la capacidad productiva, por lo que es una preocupación generalizada de la empresa, de allí que las fases de mantenimiento y operación deben tener como objetivo garantizar el buen funcionamiento de los equipos, sistemas e instalaciones durante el transcurso de su vida útil, ya que de no existir interacción entre estas fases es evidente que el mantenimiento encontrara dificultades para desempeñar con éxito sus actividades.

Uno de los factores de mayor importancia en el negocio del gas natural tienden a ser los compresores, éstos equipos mecánicos se encargan de disminuir un volumen de gas, así como también aumentar su presión. Los compresores suelen ser complejos, son construidos con presión, y por lo general son costosos, por ello su selección, operación y mantenimiento deben ser cuidadosos debido a su alto riesgo al ser manipulados. En la Planta Compresora Mata R estos equipos han sido sometidos a extensos periodos de trabajo, por tal motivo los mismos han presentado una serie de problemas asociados a funcionamiento y rendimiento como: paradas inesperadas, aumento de costos en reparaciones, desgaste excesivos en las piezas dando origen a una depreciación acelerada, incapacidad para la continuidad de sus funciones, y en algunos casos deterioro total del motocompresor. Esta situación se debe a que en los

actuales momentos estos equipos no poseen un plan de mantenimiento preventivo acorde a un registro de fallas y a las condiciones operacionales actuales en que se encuentran, focalizándose en una baja productividad e incremento de costos de mantenimiento para la empresa.

Por lo anteriormente dicho, este trabajo de investigación propondrá el diseño de un conjunto de actividades de mantenimiento, que involucre la experiencia técnica y los conocimientos teóricos asociados al área de estudio, que busque minimizar las fallas potenciales que puedan presentar los motocompresores Ingersoll Rand K1, K2 y K4 de PDVSA Gas Anaco ubicados en la Planta Compresora Mata R Fase I, utilizando la filosofía de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), también se le realizará un análisis de criticidad utilizando metodología D.S, analizar los modos y efectos de fallas (AMEF) y el árbol lógico de decisión (ALD) de todos los componentes de los motocompresores bajo estudio, para finalmente poder diseñar los planes de mantenimiento preventivo.

Todo esto con el objetivo de mitigar la ocurrencia de fallas potenciales en los motocompresores Ingersoll Rand, con lo cual se podrá obtener un soporte técnico en la gerencia de mantenimiento de PDVSA Gas que permita realizar las actividades de mantenimiento preventivo y así mejorar los controles de calidad de los equipos y procesos productivos de la Planta Mata R.

El aporte de esta investigación se centro en la realización de un Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Filosofía del MCC para los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui, con el cual se buscara la reducción de fallas de los Motocompresores por falta de un mantenimiento preventivo, con lo cual se podrá mantener la producción que sea necesaria por parte de los mismos.

La investigación busca brindar beneficios a la empresa, al implementar un Plan de Mantenimiento basado en la filosofía del MCC, que es razón vital para la disminución de los costos en cuanto a reparaciones imprevistas. También le permite a la empresa optimizar el tipo y la frecuencia de las acciones de mantenimiento a realizar a los motocompresores, la cual es de especial relevancia para mejorar el rendimiento y funcionalidad de los mismos. Por otro lado permite al investigador afianzar su calidad de conocimiento en el desarrollo de la carrera, a la contribución a estudiantes en investigaciones futuras, al conocimiento y aplicación de herramientas modernas de gestión en el área de mantenimiento, así como también puede ser utilizado para impulsar investigaciones similares a otros investigadores.

El estudio basado en Mantenimiento Preventivo Centrado en Confiabilidad se aplicó a los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de la empresa PDVSA GAS Anaco Estado Anzoátegui.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en la Filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) para los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui.

1.2.2. Objetivos específicos

- Describir el contexto operacional de los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui.
- Realizar un Análisis de Criticidad a los Componentes de los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui.
- Analizar los Modos y Efectos de Fallas (AMEF) de los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui.
- Definir las tareas de Mantenimiento mediante la aplicación del Árbol Lógico de Decisión (ALD) a los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui.
- Proponer acciones de Mantenimiento con sus frecuencias de aplicación para los componentes críticos de los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui.

1.3. Justificación e importancia de la investigación

En virtud de la existencia de un mercado cada vez más exigente como es el de la compresión, ha resultado indispensable, la creación de programas o sistemas que evidencien los trabajos de mantenimiento realizados a sus equipos, en este caso el de los Motocompresores pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de la empresa PDVSA Gas Anaco. Esto con el objeto de poder llevar un control en cuanto

a la confiabilidad y operatividad de los mismos, ya que estos son el pulmón en las actividades de compresión.

Es por ello que, un programa de Mantenimiento no es completo sin un análisis de los datos obtenidos de dichos sistemas, debido que se dejaría a un lado la seguridad de las operaciones, la calidad de los servicios, pérdidas económicas y se pondría en riesgo la operatividad de los equipos, pudiendo generar daños al ambiente y al personal que los manipula.

Por ende, un análisis de criticidad en los equipos podría contribuir a que dichas consecuencias se minimicen, ya que ésta es la esencia de un análisis de fiabilidad del sistema, por su contribución a la jerarquización de las prioridades de los procesos, creando una estructura que facilite la toma de decisiones acertadas y efectivas. Así mismo disponer de una lista jerarquizada mediante la criticidad que conforman los componentes de los equipos de compresión, permitiendo identificar claramente cual punto debe ser atacado para así optimizar los planes de mantenimiento y solucionar problemas específicos, entre otros.

Todo lo antes expuesto se traduce en la obtención de numerosos beneficios para la empresa en función de los objetivos de producción, ya que mediante la aplicación de una metodología de mantenimiento para sus equipos podrá garantizar su operatividad y funcionabilidad de los mismos, generando nuevos cambios operacionales, estructurales y de crecimiento en la organización.

1.4 Generalidades de la empresa

1.4.1 Reseña histórica de la empresa

Petróleo de Venezuela S.A. (PDVSA), fue creado por el decreto presidencial N° 1.123 del 30 de Agosto de 1.975 para ejercer funciones de planificación, coordinación y supervisión de la industria petrolera nacional, efectivamente el 1ero de Enero de 1.976 comenzó PDVSA a desempeñarse como casa matriz. Desde su creación, petróleos de Venezuela S.A. se han convertido en una de las corporaciones energéticas más importantes del mundo.

PDVSA es la casa matriz de la corporación, propiedad de la República Bolivariana de Venezuela, que se encarga del desarrollo de la industria petrolera, Carbonífera y Petroquímica, y de planificar, controlar supervisar todas las actividades operativas de sus divisiones, tanto en Venezuela como en el exterior. Esta constantemente en la búsqueda de un óptimo desempeño ambiental, mediante una estrategia que abarca desde la atención de las áreas adyacentes a las operaciones hasta el desarrollo de nuevas tecnologías y productos para el mercadeo, cuenta con las mayores reservas de hidrocarburos en el Continente Americano lo cual lo coloca en el 5to lugar Mundial en disponibilidad de reservas probadas. En el período de 1.980-1.984, Petróleos de Venezuela y sus filiales avanzaron decididamente en definir y poner en práctica las estrategias cooperativas necesarias, teniendo como meta la exportación de crudos y productos.

En 1.985, PDVSA y sus filiales cumplieron 10 años al servicio del país gerenciado con idoneidad el fortalecimiento de la industria Venezolana, se robusteció, se expandió y conquistó un puesto de vanguardia entre un (1) grupo de empresas petroleras multinacionales más poderosas del mundo.

En el trienio de 1.994-1.995-1996, presentó una etapa de mayor precipitación en el escenario petrolero mundial por su capacidad y eficiencia operativa, no obstante los altibajos registrados aquí y en el exterior. Hoy en día, la Industria Petrolera es un hecho, la importancia y la necesidad del desarrollo y la información de los recursos humanos para todas las actividades y todas las dependencias de la empresa.

Un nuevo proceso de integración que se realizó en 1998, dio origen a la nueva gerencia de PDVSA para el procesamiento de gas, producto de una fusión entre las cuatro (4) operadoras existentes involucradas con la industria, este proceso de reorganización de la empresa tuvo lugar el 1 de Enero de 1998 con la creación de PDVSA GAS, convirtiéndose en responsable del procesamiento, transmisión, distribución y comercialización de todo el LGN, metano y gas natural producido por PDVSA.

1.4.2 Estructura de PDVSA Gas

La sede principal de PDVSA Gas se encuentra en la avenida Francisco de Miranda, urbanización La Floresta, Caracas, Venezuela. PDVSA Gas dispone de oficinas gerenciales y comerciales a lo largo del territorio nacional donde mantiene operaciones. Está dividida en dos grupos regionales de operación: región oriente y región occidente.

La región oriente lo conforman las plantas: fraccionamiento JOSE, Extracción San Joaquín, Extracción Jusepín y Extracción Santa Bárbara. La región occidental lo conforman las plantas: fraccionamiento Ulé y fraccionamiento Bajo Grande en occidente. A su vez PDVSA Gas posee dos puertos de desembarque: despacho JOSE en oriente y Ulé en Occidente.

1.4.3 Descripción de PDVSA Gas Anaco

En la ciudad de Anaco, la labor fundamental desarrollada por PDVSA es la explotación de Gas, cuya empresa asociada es PDVSA GAS, y tiene como principal función la exploración, producción, transporte, procesamiento, distribución y comercialización de Gas Natural y sus derivados.

PDVSA GAS, Distrito Producción Gas Anaco, dispone de Plantas Compresoras con características de funcionamiento, adaptado a un esquema de compresión, transmisión y distribución hacia los complejos industriales y zonas comerciales del país, entre las cuales se tiene: Santa Rosa Booster, Santa Rosa II, San Joaquín II, San Joaquín Booster, El Toco II, Zapatos, Mata R y Aguasay.

1.4.4 Razón social

PDVSA es una Sociedad Anónima, propiedad de la República Bolivariana de Venezuela, cuyo directorio responde ante una asamblea constituida por el Ministro de Energía y Petróleo, quien preside, y de los demás miembros del gabinete ejecutivo que pueda designar el Presidente de la República Bolivariana de Venezuela.

1.4.5 PDVSA Gas

PDVSA Gas, Producción Gas Anaco, filial de Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima, es una filial de Petróleos de Venezuela y una división de PDVSA – Petróleo y Gas S.A. que se encarga de las actividades de extracción, procesamiento, transmisión, distribución y comercialización de gas metano, y como consecuencia del procesamiento del gas natural (LNG) que se comercializa en mercados nacionales e internacionales.

Fue precisamente Mene Grande Oíl Company la primera en establecer un pozo en el área: Santa Ana N° 1, perforado el 07 de noviembre de 1936. Iniciaba así la historia petrolera de la ciudad de Anaco que hoy día es conocida como el “CORAZÓN GASÍFERO” de Venezuela.

PDVSA GAS, es la primera empresa relacionada con el ejercicio del gas en Venezuela, la cual posee en el área de Anaco reservas de Gas superiores a los 15.600 MMMPCG, con un área aproximada de trece mil cuatrocientos kilómetros cuadrados (13.400 Km²).

1.4.6 Visión PDVSA Gas

“Ser la organización que valore el negocio del Gas natural, aplicando las mejores prácticas mundiales, en armonía con el ambiente, y contribuyendo con el desarrollo socio-económico del país y con visión solidaria de nuestro entorno internacional”.

1.4.7 Misión PDVSA Gas

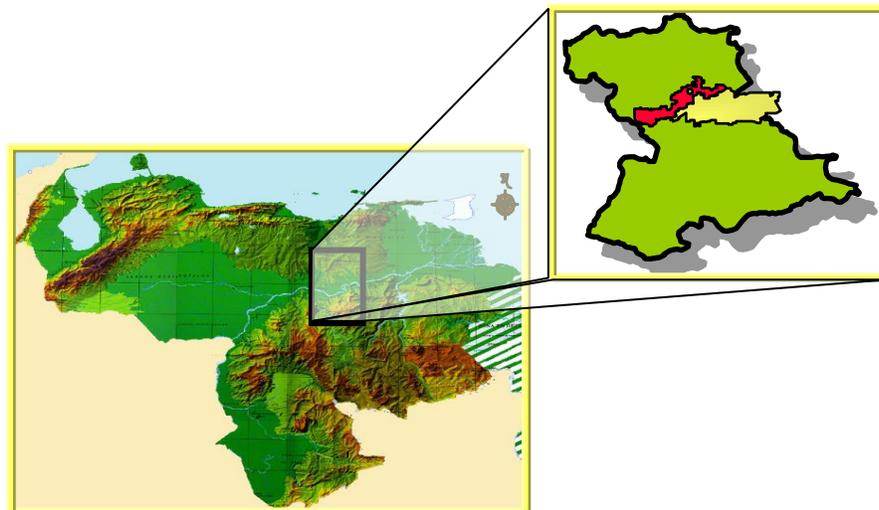
Explorar, explotar, procesar, transportar, distribuir y comercializar en forma oportuna y confiable Gas Natural, Líquidos del Gas Natural y Gas Metano, soportado por capital humano competente, dentro de un ambiente organizacional favorable con seguridad e higiene, con tecnología actualizada que impulse la máxima rentabilidad del negocio y sustente el desarrollo endógeno del País, en armonía con nuestro entorno y medio ambiente.

1.4.8 Objetivos de PDVSA Gas

El principal objetivo de PDVSA es realizar actividades de exploración, explotación, producción, procesamiento de gas, mercadeo nacional e internacional de crudo, gas y sus derivados; con la finalidad de optimizar las diferentes operaciones y procesos que involucra la industria Petrolera y Gasífera Nacional, y atendiendo a las estrategias geopolíticas emanadas del Ejecutivo Nacional.

1.4.9 Ubicación geográfica PDVSA Producción Gas Anaco

PDVSA Gas, Producción Gas Anaco, se encuentra ubicada en la parte central del Estado Anzoátegui, abarcando parte de los estados Guárico y Monagas, con un área aproximada de trece mil cuatrocientos kilómetros cuadrados (13.400 Km²). La Figura 1 indica la ubicación geográfica de la Ciudad de Anaco en un mapa representativo de los Estados Anzoátegui, Monagas, Nueva Esparta, Delta Amacuro y Sucre.



**Figura 1 Ubicación Geográfica de la Empresa.
Fuente: PDVSA GAS 2015**

1.4.10 Planta compresora Mata R

La Planta Compresora Mata R, se encuentra ubicada en el área de Mata, específicamente en el Municipio Freites del Estado Anzoátegui, a unos 3 Km de Campo Mata, en dirección Este; y a unos 60 Km de la ciudad de Anaco, en dirección Sur – Este. La Planta Compresora de Gas Mata R cuenta con 13 Técnicos de Operaciones, 01 Supervisor de Operaciones, 01 Supervisor Mayor y 01 Líder de Área.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

A continuación se mencionan algunos trabajos de investigación, que servirán de ayuda para el desarrollo de ésta, ya que guardan relación e importancia y trascendencia de la misma.

Moya F, (2010), *“Propuesta de Acciones de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Equipos Rotativos, Nueva Sección de Destilación de Metanol, Proyecto de Expansión de METOR S.A.”* Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. El objetivo del desarrollo de este trabajo consistió en proponer acciones de mantenimiento basada en la filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), para equipos críticos de la nueva sección de destilación del proyecto de expansión METOR S.A. Para el logro del objetivo propuesto se procedió a describir el contexto operacional de los equipos y las especificaciones de los mismos para su funcionamiento y el tipo de mantenimiento que recomienda su fabricante, posteriormente se hizo un análisis de criticidad para determinar los equipos rotativos críticos que forman parte de la sección de destilación de la nueva Planta, luego se identificaron las funciones, fallas funcionales, modos de fallas y los efectos que generan las mismas a la hora de presentarse dicha falla, procesándose mediante la herramienta de análisis de modo y efecto de falla (AMEF), posteriormente se aplicó el Árbol Lógico de Decisión ALD, con la finalidad de establecer el tipo de mantenimiento y así mitigar los modos de fallas y por ende sus efectos en los equipos rotativos críticos.

Finalmente se propusieron las acciones de mantenimiento que buscan garantizar el buen funcionamiento de estos equipos con la realización del AMEF a los equipos rotativos que resultaron críticos.

A través de esta investigación, y sirviendo de guía se pudo desarrollar el contexto operacional de los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui.

Rodríguez M, (2009), *“Estudio del Mantenimiento de los Equipos Críticos de un Sistema de Deshidratación de Gas Natural Basado en MCC en la Planta de Extracción San Joaquin de PDVSA-GAS”*, Universidad Central de Venezuela. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. El objetivo fundamental de este trabajo de investigación fue establecer los requerimientos de mantenimiento de los sistemas de deshidratación con Trietilenglicol de la Planta de Extracción de San Joaquin, PDVSA-Gas. Para el desarrollo se utilizaron herramientas basadas en confiabilidad operacional, de manera de comenzar a impulsar en la empresa una conducta de mantenimiento de clase mundial, involucrando a la confiabilidad de los equipos como el parámetro fundamental para la evaluación de la gestión de mantenimiento. En este sentido, se comenzó por clasificar los equipos en dos grupos, (Equipos dinámicos y equipos estáticos), con la finalidad de aplicar a cada uno de ellos la metodología que permitiese sacar el mayor provecho de la información obtenida en planta, dando como resultado la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC).

Esta investigación aportó la base de cómo realizar el mantenimiento preventivo Basado en la Filosofía de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), a los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui.

Pérez G, (2009), *“Propuesta de Acciones de Mantenimiento Basadas en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) a los Ventiladores de Enfriamiento, Área 200 Planta de Hidroprocesos, Refinería de Puerto La Cruz”*, Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. Este trabajo de investigación tuvo como objetivo proponer acciones de mantenimiento, basadas en la metodología MCC, aplicada a los ventiladores de enfriamiento en el área 200, Planta de Hidroprocesos, Refinería Puerto la Cruz. Para lograr este objetivo, fue necesario describir el contexto operacional actual de los ventiladores de enfriamiento, jerarquizar los equipos críticos aplicando la metodología DS, analizar los modos y efectos de fallas (AMEF) de los ventiladores críticos y definir las tareas de mantenimiento mediante la elaboración del Árbol Lógico de Decisiones, que permitirá minimizar las fallas de los equipos críticos, los cuales fueron cuatro (4): el E-2003 C5, E-2006 2, E-2013 B1 y E-2015 1.

El aporte de esta investigación estuvo centrado en cómo realizar el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) y la metodología D.S para la realización de Criticidad a los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui.

Salazar C, (2009), *“Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) para Sistemas de Aire en Plantas de Extracción de Líquidos del Gas Natural en San Joaquín, Buena Vista Estado Anzoátegui ”*, Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico. En esta investigación se realizó el diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para sistemas de aire en plantas de extracción de líquido de gas natural, como caso específico la Planta de Extracción San Joaquín, con fines de mejorar la confiabilidad de los equipos, evitar la utilización excesiva de las horas extras de mantenimiento, las recurrentes alarmas, fallas y paradas en los equipos. En vista de no contar con historiales de mantenimiento, fue conveniente utilizar la

metodología del Mantenimiento centrado en Confiabilidad, donde se realizó un diagnóstico de la situación actual del sistema, se determinó el contexto operacional del sistema y se aplicó un análisis de criticidad para enfatizar estudios y destinar recursos en los componentes de mayor relevancia, luego se realizó un Análisis de Modos y Efecto de Falla a los componentes críticos, asentándolos en la hoja de información para luego determinar el tipo de mantenimiento mediante el Árbol Lógico de Decisiones y registrarlas en la hoja de decisión, de allí se elaboró el Plan de Mantenimiento donde se generaron 83% de tareas preventivas, para una totalidad de 465 Horas Hombres, de las cuales 78% son atribuidas al departamento de Mecánica. Las tareas son variadas y con paridad de porcentajes, entre las cuales figuran tareas a condición, reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y búsqueda de falla, donde el compresor generó la mayor cantidad de ellas.

El aporte de esta investigación se basó en cómo utilizar el árbol lógico de Decisión (ALD), para la exanimación de las mejores actividades de Mantenimiento preventivo a los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui.

2.2 Fundamentos teóricos

2.2.1 Mantenimiento

Según el Centro Internacional de Educación y Desarrollo CIED (1998). “Es el conjunto de actividades que deben realizar a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados”. (p.46)

2.2.2 Tipos de mantenimiento

2.2.2.1 Mantenimiento preventivo

Citado de Knezevic, (1996), define que:

Son las acciones que se planean y programan con el objetivo de ajustar, reparar o cambiar partes en equipos, antes de que ocurra una falla o daños mayores, reduciendo al mínimo los gastos producto de paradas no programadas. Entre las ventajas de la aplicación de un buen plan de mantenimiento preventivo, se puede citar las siguientes:

- Disminuye el tiempo de parada de los equipos.
- Disminuye el pago de tiempo extra al personal.
- Disminuye los costos por reaparición.
- Mejora el control de la existencia de repuestos el almacén.
- Disminuye el costo unitario de producción.
- Aumenta la seguridad de los trabajos.(Pag 45)

2.2.2.2 Mantenimiento predictivo

Citado de Knezevic, (1996), el cual define que:

Este tipo de mantenimiento se practica para detectar anomalías en los equipos, generalmente en funcionamiento, mediante la interpretación de datos obtenidos con instrumentos previamente colocados en diferentes partes de la máquina o mediante la toma de muestras. El mantenimiento predictivo pudiera ser considerado como preventivo, la diferencia está, en que debido a la tecnología utilizada, cada vez más sofisticada, da la posibilidad de obtener datos de los diferentes parámetros que se presentan en la operación normal de los equipos, los datos así obtenidos pueden ser procesados por computadoras y dar aportes o accionar alarmas e inclusive parar el equipo evitando daños mayores. Así pues, se cuenta con numerosas técnicas que permiten anticipar a la falla mediante el seguimiento de la operación de los equipos.

2.2.2.3 Mantenimiento correctivo

Citado de Knezevic, (1996), define que:

Es el mantenimiento que se ejecuta después de la reparación de una falla, para reestablecer cualquier infraestructura, sistema, dispositivo o equipo a una condición en la cual pueda cumplir con la función para el cual está diseñado. El mantenimiento correctivo, puede ser producto de la falla de un equipo, que lo obliga a no estar disponible para operar, o se puede derivar de una inspección que arroje como resultado, el daño de una o varias partes. A diferencia de otras técnicas de mantenimiento, este debe realizarse en forma inmediata, con la correspondiente pérdida de tiempo, que normalmente es más larga que una parada programada, por las siguientes razones:

- No se conoce cuales piezas deberían ser reemplazadas si hay existencia en el almacén.
- No se conoce la magnitud del daño, por lo que se debe desmontar e inspeccionar la pieza dañada y las que trabajan junto con ella.
- El daño puede ocurrir en horas no laborales, por lo que es frecuente incurrir en pérdidas de producción.
- La falla puede causar accidentes a los operarios de los equipos.

2.2.2.4 Mantenimiento proactivo

Citado de Knezevic, (1996), define que:

Este tipo de mantenimiento, consiste en el seguimiento de las fallas repetitivas con el fin de conseguir su causa y rediseñar el sistema de ser necesario.

2.2.3 Objetivos del mantenimiento

Según Duffuaa, (2000) dice que los objetivos de mantenimiento son:

- Mejorar continuamente los equipos hasta su más alto nivel operativo, mediante el incremento de la disponibilidad, efectividad y confiabilidad.

- Aprovechar al máximo los componentes de los equipos, para disminuir los costos de mantenimiento.
- Garantizar el buen funcionamiento de los equipos, para aumentar la producción.
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.
- Maximizar el beneficio global. (p.113)

2.2.4 Objetivos del mantenimiento preventivo

Según Duffuaa, (op,cit) dice que:

Para saber si el mantenimiento que se lleva a cabo es el correcto hay que observar el nivel de consecución de los objetivos siguientes.

- Evitar las paradas de máquinas por avería.
- Evitar anomalías causadas por un mantenimiento insuficiente y minimizar la gravedad de las averías.
- Conservar toda la maquinaria en condiciones óptimas de seguridad y productividad.
- Alcanzar alargar la vida útil de los bienes productivos.
- Innovar, tecnificar y automatizar el proceso productivo.
- Reducción de los costos de la empresa.
- Integración de los departamentos de mantenimiento y producción. (p.125)

2.2.5 Sistema de mantenimiento

Según Duffuaa, (op,cit) dice que:

Un sistema es un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo en común. El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción.

Los sistemas de mantenimiento también contribuyen en el logro de las metas al incrementar las utilidades y la satisfacción del cliente. Estas se logran reduciendo el mínimo el tiempo muerto de la planta, mejorando la utilidad, incrementando la productividad y entregando oportunamente los

pedidos a los clientes. El Objetivo del mantenimiento es asegurar la competitividad de la empresa por medio de:

- Garantía de la disponibilidad y confiabilidad planeada.
- Satisfacción de todos los requisitos de calidad
- Maximizar el beneficio global.
- Adecuada disponibilidad de equipos e instalaciones al costo más conveniente. (p.86)

2.2.6 Planificación del mantenimiento

Según el Manual de Mantenimiento MM-01-01-01 (2005):

Es el diseño de programas de actividades de mantenimiento, distribuidas en el tiempo, donde la frecuencia puede ser conocida o desconocidas, los recursos asignados dependiendo de la situación actual y contexto de los equipos y permite mantener los equipos en operación para cumplir con las metas de producción preestablecidas por la organización.

El inicio de mantenimiento es la planificación, donde se prepara la ejecución de los trabajos, consiguiendo la participación de todos los recursos y resolviendo todos los problemas que puedan afectar su eficiente ejecución. Se pueden establecer dos (2) enfoques, a saber:

- Plan Estratégico: es el plan corporativo que consolida las instalaciones y/o equipos que serán sometidos a mantenimiento mayor en un período determinado y que establece el nivel de inversión y recursos que se requiere para ejecutar dicho plan.
- Plan Operativo: se emplea para definir y establecer todos los parámetros de cómo hacer el trabajo, es decir, se relaciona con la formulación de objetivos específicos, medibles y alcanzables, que los departamentos dentro de una organización deben lograr comúnmente a corto plazo.

Pueden prepararse en tres (3) niveles, dependiendo de su horizonte; el primero es a largo plazo o plan maestro, que abarca un período de tres (3) meses a un (1) año, el segundo es un plan semanal y por último el plan diario que cubre el trabajo que debe realizarse de forma rutinaria.(p.123)

2.2.7 Tipo de planes

Citado de Knezevic (op cit).

El proceso de planificación puede dividirse en tres niveles básicos, dependiendo de horizonte de la planificación. Los cuales son:

- Planes a largo plazo (cubre un período de hasta de 5 años).
- Planes a mediano plazo (cubre un período de hasta de un año).
- Planes a corto plazo (corresponde a los planes semanales y diarios).

2.2.8 Niveles del mantenimiento

Citado del Manual de Mantenimiento MM-01-01-01 (op,cit) dice: Categoría de jerarquización de actividades de mantenimiento basadas en esfuerzo y consecuencias de acuerdo al contexto operacional en el cual se desempeñe el activo. (p.128)

2.2.8.1 Niveles de mantenimiento preventivo de los activos

- Nivel 1: en este nivel se describe el mantenimiento que involucra servicios básicos y las actividades de prevención, que no requieren desmontaje, apertura o parada del activo, así como registros de parámetros operacionales y la conservación de los aspectos de Seguridad Industrial, Higiene Ocupacional y Ambiente. Por ejemplo: todas las actividades dirigidas a la conservación

externa, inspección visual, completación de niveles de fluidos de lubricación y/o enfriamiento de los equipos, orden y limpieza del activo en general.

- Nivel 2: en este nivel se describen todas las actividades de inspección no intrusiva, pruebas, ensayos no destructivos, mantenimiento de elementos que requieran o no paradas del activo y adicionalmente, monitoreo, registro de datos de mantenimiento y confiabilidad que permitan establecer la condición del elemento. Las paradas en este nivel no comprometen la continuidad operacional o el arranque del activo. Ejemplo: cambio de elementos consumibles.
- Nivel 3: en este nivel se describen todas las actividades de inspección intrusiva, pruebas, ensayos no destructivos especializados, ensayos destructivos y mantenimiento preventivo para restituir las condiciones operacionales que requieran, con o sin parada del activo. La parada en este nivel compromete la continuidad operacional o el arranque del activo.
- Nivel 4: en este nivel se describen en general las actividades de restitución parcial del activo llevándolo a las condiciones de diseño, que permitan prolongar su vida útil e impliquen parada. Por ejemplo: Fabricación y/o reparación de piezas, armado y reparación de conjuntos.
- Nivel 5: en este nivel se realizan todas aquellas actividades de restitución total de las condiciones originales de diseño, que impliquen parada del activo. Igualmente, reparaciones del Nivel 4 asignadas a este nivel por razones económicas o de oportunidad, pudiéndose referir a mejoras operacionales, ampliación de la capacidad instalada o incorporación de nuevas tecnologías.

2.2.9 Análisis de criticidad

Citado de Moubray (1997). El análisis de criticidad es una metodología que se utiliza para jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los equipos y sistemas objeto del análisis. (p.87)

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía del proceso, sistema y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable. La información recolectada en el estudio podrá ser utilizada para:

- Priorizar ordenes de trabajo de operaciones y mantenimiento.
- Priorizar proyecto de inversión.
- Diseñar políticas de mantenimiento.
- Seleccionar una política de manejo de repuesto y materiales.
- Dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos.

2.2.10 Metodología D.S para determinar criticidad

Según la Guía Teórico Practico de Mantenimiento Mecánico (2001) dice que: Es un método diseñado por el Ing. Msc. Diógenes Suárez, el cual se encarga de determinar la criticidad de equipos o componentes, basado en estudiar por separado factores del área de mantenimiento y el de operación, con fin de ponderarlos y determinar la criticidad. (p.38) Ver figura 2



Figura 2. Matriz de Criticidad de la Metodología D.S.

Fuente: Ing Msc. Diógenes Suarez (2010)

2.2.10.1 Factores que intervienen en el área de mantenimiento

- Cantidad de Fallas Ocurridas:

Número de fallas que ocurren en el período a evaluar.

- Media de los Tiempo Fuera de Servicio (MTFS):

Es el tiempo promedio que el equipo se encuentra fuera de servicio, es decir, desde que aparece una falla imputable al equipo hasta que se logra poner en marcha en el periodo a evaluar.

- Disponibilidad de Repuestos (DR):

Es la relación entre la cantidad satisfecha y la demandada, es decir, representa el cociente entre las veces que se solicite un repuesto en almacén y es encontrado, con respecto a la cantidad total de oportunidades que solicite el repuesto.

- Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo (CMP):

Es la relación de ejecución de las órdenes de trabajo durante un período de tiempo determinado, con respecto al total de las emitidas.

- Efectividad de Equipos:

Es el tiempo de aprovechamiento real de los equipos para la producción, representa el factor de utilización de los equipos.

- Backlog:

Indica la cantidad de horas hombre pendiente por realizar mantenimiento en función de las horas disponibles. Es el tiempo que el personal seleccionado de mantenimiento deberá trabajar para ejecutar las actividades pendientes, partiendo del hecho de que no se incorporen nuevas actividades en las órdenes de trabajo durante la ejecución de los trabajos por realizar.

2.2.10.2 Factores que intervienen en el área operacional

- Tipo de Conexión:

Se refiere a la configuración que están los equipos dispuestos para producción. Las configuraciones pueden ser serie, paralelo, mixto (k de n), compleja o una combinación de las mismas.

- Costo de Producción:

Son los desembolsos que se generan debido a la operación y aplicación de mantenimiento, por ejemplo: adquisición de equipos, personal de labores y servicios en general, a fin de mantener la producción.

- SIAHO (Seguridad Industrial, Ambiente e Higiene Ocupacional):

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.

2.2.11 Antecedentes del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)

Según Moubray (op, cit) dice que:

El MCC se desarrolló en los años cincuenta (50) en la industria de la aviación civil de U.S.A en cooperación con entidades gubernamentales como la NASA y privadas y United Airlines. Desde los años setenta (70), se ha usado en los sistemas de militares aéreos de U.S.A. En los años ochenta (80) se inició en otros sectores, como: Generación de energía, industria petrolera, química y refinación.

En Venezuela (MARAVEN), comenzó a implantar el MCC en el año 1994 (Refinería Cardón), en el año 1996 (Producción-Lagunillas y Petroquímica-Pequiven). En CALEV comienza a implantarse en los años noventa (90), y en EDELCA para finales de los años noventa (90) y principios de del dos mil (2000).

Actualmente la Gestión de Mantenimiento de empresas líderes, basan su éxito en la aplicación del MCC. Dupont, Cemex, Shell y Exxon Mobil, Toyota y Airbus entre otras a nivel mundial. (p.99)

2.2.12 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)

Según el Centro Internacional de Educación y Desarrollo CIED (op,cit) dice que:

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente. Un aspecto clave de la metodología MCC es reconocer que el mantenimiento asegura que un activo continúe cumpliendo su misión de forma eficiente en el contexto operacional. La definición de este concepto se refiere a cuando el valor del estándar de funcionamiento deseado sea igual, o se encuentre dentro de los límites del estándar de ejecución asociado a su capacidad inherente (de diseño) o a su confiabilidad inherente (de diseño).

Desde este punto de vista, el MCC, es más que una herramienta de gestión del mantenimiento, que permitirá maximizar la confiabilidad de los activos en su contexto operacional, a partir de la determinación de los requerimientos reales de mantenimiento. El MCC es necesario porque: responde a las debilidades derivadas de los enfoques tradicionales de mantenimiento, permite asociar y sopesar el riesgo del negocio con la falla de los activos, facilita de manera sistemática, la determinación del enfoque que se le debe dar a los recursos de la función mantenimiento.

La metodología MCC, propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes siete preguntas:

- ¿Cuál es la función del activo?
- ¿De qué manera puede fallar?
- ¿Qué origina la falla?

- ¿Qué pasa cuando falla?
- ¿Importa si falla
- ¿Se puede hacer algo para prevenir la falla?
- ¿Qué pasa si no podemos prevenir la falla?

2.2.13 Pasos para la aplicación del MCC

Citado del Centro Internacional de Educación y Desarrollo CIED (op,cit)

- Justificar la necesidad de implantar el MCC.
- Jerarquizar las áreas de la organización y seleccionar un área piloto.
- Sensibilizar al personal, en especial a los integrantes de área piloto.
- Formar el equipo de trabajo multidisciplinario.
- Realizar el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF).
- Seleccionar los tipos de actividades de mantenimiento, utilizando el Árbol Lógico de Decisión (ALD).
- Implantar las acciones de mantenimiento.
- Evaluar y comparar los resultados.

2.2.14 Beneficios del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)

Citado del Centro Internacional de Educación y Desarrollo CIED (op,cit)

- Mayor seguridad y protección del entorno:
 - ✓ Mejoras en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
 - ✓ Disposición de nuevos dispositivos de seguridad.
 - ✓ Revisión sistemática de las consecuencias de cada falla, antes de considerar la cuestión operacional.
 - ✓ Menos fallas causadas por un mantenimiento innecesario.

- Reducción de los costos de mantenimiento:
 - ✓ Menor mantenimiento rutinario innecesario.
 - ✓ Prevención o eliminación de las fallas costosas.
 - ✓ Políticas de funcionamiento más claras, especialmente en cuantos a los equipos de reservas.
 - ✓ Menor necesidad de usar personal experto (costoso), porque todo el personal tiene mejor conocimiento de la planta.
 - ✓ Pautas más clara para la adquisición de nueva tecnología de mantenimiento.

- Vida útil de los equipos más larga:
 - ✓ Aumento del uso de las técnicas de mantenimiento a “a condición”.

- Una amplia base de datos de mantenimiento:
 - ✓ Reduce los efectos de la rotación del personal.
 - ✓ Provee un conocimiento general de la planta más profunda en su contexto operacional.
 - ✓ Conduce a la realización de planos y manuales más exactos.

- Mayor motivación de las personas:
 - ✓ Mejor conocimiento operacional de la planta.
 - ✓ Reparto más amplio de los problemas de mantenimiento.
 - ✓ Soluciones con mayores probabilidades de éxito.

- Mejor trabajo de equipo:
 - ✓ Mejor comunicación y coordinación entre:
 - ✓ Los departamentos.

- ✓ Personal de diferentes niveles.
- ✓ Especialistas internos y externos.

2.2.15 Características del mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC)

Citado del Centro Internacional de Educación y Desarrollo CIED (op,cit)

- Es una herramienta que permite ejecutar las acciones de control de fallas al entorno operacional.
- Metodología basada en un procedimiento sistemático que genera planes de mantenimiento.
- Filosofía de trabajo que exige un intercambio cultural.
- Permite detectar oportunidades de mejoras y soluciones de problemas a través de rediseño y otros análisis específicos, mediante un diagrama de decisión.
- El proceso de implementación es de mediano plazo a largo plazo.

2.2.16 Finalidad de la implantación del MCC

Citado del Centro Internacional de Educación y Desarrollo CIED (op,cit)

- Que los activos cumplan con su vida útil.
- Motivar al personal tanto de operación como de mantenimiento.
- Mejorar el trabajo en equipo y conseguir el consenso.
- Incrementar el rendimiento operacional de los activos.
- Mejorar las relaciones costo/efectividad del mantenimiento.
- Aumentar la seguridad e integridad ambiental.
- Disposición de bases de datos documentadas.

2.2.17 Equipo natural de trabajo (ENT)

Citado de Manual de Estrategias Tecnológicas del CIED (1999):
Grupo multidisciplinario que pertenecen a una misma organización y

trabajan en conjunto, durante un periodo de tiempo, para solucionar problemas específicos con ayudas del valor agregado que suministra cada miembro para mejorar la gestión a corto plazo. (p.88)

2.2.18 Características de un equipo natural de trabajo (ENT)

Citado de Manual de Tecnología Estratégica del CIED (op,cit)

- Involucrar cada miembro, para la búsqueda de solución de problema con sentido de pertenencia.
- Participación de todos los miembros de las discusiones. Consciente de que los roles de los integrantes son diferentes, pero complementario.
- Se atiende a cada miembro y no hay temor de hacer sugerencias, existe consenso y compromiso.
- Los desacuerdos no se ocultan, se discuten para resolverlo.
- Las críticas son sinceras y frecuentes, pero sin ataques personales.
- Utiliza ayuda externa cuando es requerida.
- Los resultados son validados por el mismo proceso de análisis y la implementación de acciones deben garantizarse.

2.2.19 Fallas

Citado de Benítez, E (2008). Se dice que un componente o equipo ha fallado cuando:

- Llega a ser completamente inoperante
- Puede todavía operar, pero no puede realizar satisfactoriamente la función para la cual fue diseñado
- Por serios daños es inseguro su uso.

2.2.19.1 Fallas funcionales

Citado de Benítez, E (op,cit):

Es la capacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado. La pérdida parcial de una función es razón por lo que la misma pueda tener más de una falla funcional, una función puede incorporar varios criterios de prestación y si no se cumplen alguno ya es una falla funcional. (p.122)

2.2.19.2 Modos de falla

Citado de Benítez, E (op,cit):

Son las causas de las fallas funcionales. En otras palabras, el modo de falla es el que provoca la pérdida de funciones total o parcial de un activo en su contexto operacional (cada falla funciona puede tener más de un modo de falla). (p.133)

2.2.19.3 Consecuencias de las fallas

Citado de Benítez, E (op,cit):

Es como y cuanto importa cada falla, son los impactos que produce cada modo de falla en el negocio. Estas indican si se necesita prevenirlas y con que esfuerzo, es decir proporciona una base para decidir si merece la pena realizar el mantenimiento preventivo. (p.145)

Las consecuencias de las fallas se clasifican en:

- Consecuencias Operacionales: las fallas tienen efecto sobre la capacidad operacional, es decir: capacidad de producción, calidad del producto, servicios al cliente, costo de operación o una combinación de los anteriores.
- Consecuencias no operacionales: la única consecuencia de esta falla son los

costos directos de la reparación, es decir, representan consecuencias económicas.

- Consecuencia de fallas ocultas: son aquellas que ocurren de tal forma que nadie sabe que el elemento se ha dañado, a menos que se produzca otra falla. Comúnmente se asocian con los dispositivos de seguridad, cuya falla solo se aprecia, cuando falla el sistema que protege.
- Consecuencia en la seguridad y el medio ambiente: causa pérdida de funciones u otros daños que puedan herir o causar la muerte a alguien y conduce la infracción de una normativa ambiental.

2.2.20 Tareas a condición cíclica

Citado de Benítez, E (op,cit).

Características Principales

- Las tareas a condición se llaman así porque los elementos que se inspeccionan se dejan en funcionamiento a condición de que continúe desempeñando satisfactoriamente sus estándares de operación.
- Consiste en chequear los equipos y sistemas, para tomar medidas dirigidas a prevenir la falla funcional o para evitar sus consecuencias.
- Es importante tomar en cuenta el tiempo necesario para planificar la acción preventiva y para organizar tanto el personal como los materiales.

2.2.21 Tareas de reacondicionamientos cíclico

Citado de Benítez, E (op,cit) “Consiste en reparar los componentes a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento, para lograr la restauración del componente”. (p.174)

2.2.22 Tareas de sustitución cíclica

Citado de Benítez, E (op,cit). “Consiste en reemplazar un elemento o componente por uno nuevo a intervalos fijos, independientemente de su estado en ese momento, para lograr renovar el componente a sus condiciones originales”. (p.176)

2.2.23 Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)

Citado de Moubray (op,cit) el Análisis de los modos y efectos de Fallas (AMEF), constituye la herramienta principal del MCC, para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada. El AMEF es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. Hay que tener presente que la realización del AMEF, constituye la parte más importante del proceso de implantación del MCC, ya que a partir del análisis realizado por los grupos de trabajo MCC, a los distintos activos en su contexto operacional, se obtendrá la información necesaria para poder prevenir las consecuencias o efectos de las posibles fallas, a partir de la selección adecuada de actividades de mantenimiento, las cuales actuarán sobre cada modo de falla y sus posibles consecuencias. El AMEF busca responder las 5 primeras preguntas básicas del MCC, definiendo así para cada activo sus funciones, sus fallas funcionales, los modos de falla y su efecto de fallas. (p.107)

2.2.24 Árbol lógico de decisiones (ALD)

Según el Manual Estrategias Tecnológicas del CIED (op,cit): una vez realizado el AMEF, el equipo natural de trabajo ENT, deberá seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento que ayude a prevenir la aparición de cada modo de falla previamente indicado, a partir del Árbol Lógico de Decisión (herramienta diseñada por el MCC, que permite seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento más adecuada para minimizar la ocurrencia de cada modo de falla o disminuir sus posibles efectos). Con esto se busca dar respuesta a las tres últimas preguntas del MCC, basándose en el

flujograma de preguntas. El tipo de pregunta busca jerarquizar las actividades. (p.98)

2.2.25 Compresor centrífugo

Citado de Manual de Instrucciones y de Operación de Compresores Dresser-Rand de PDVSA (2000)

En un compresor centrífugo se produce la presión al aumentar la velocidad del gas que pasa por el impulsor y luego al recuperarla en forma controlada para producir el flujo y presión deseada. Estos compresores suelen ser unitarios, salvo que el flujo sea muy grande o que las necesidades del proceso exijan otra cosa. (p.66)

2.2.26 Compresores de desplazamiento positivo

Citado de Manual de Instrucciones y de Operación de Compresores Dresser-Rand de PDVSA (op,cit)

Son aquellos de capacidad constante y tienen descarga de presiones variables. La capacidad se cambia por la velocidad o con el descargador de la válvula de succión. Además, solo hay una pequeña variación en el flujo en una amplia gama de presiones. (p.70)

2.2.27 Compresores reciprocantes

Citado de Manual de Instrucciones y de Operación de Compresores Dresser-Rand de PDVSA (op,cit)

Los compresores Reciprocantes funcionan con el principio adiabático mediante el cual se introduce el gas en el cilindro por las válvulas de entrada, se retiene y comprime el cilindro y sale por las válvulas de descarga, en contra de la presión de descarga. Estos compresores rara vez se

emplean como unidades individuales, salvo que el proceso requiera funcionamiento intermitente. (p.72)

2.2.28 Motocompresores

Citado de Manual de Instrucciones y de Operación de Compresores Dresser-Rand de PDVSA (op,cit)

Son máquinas integradas por dos partes perfectamente diferenciales (motora y compresora), pero que trabajan de manera dependiente, de acuerdo al modelo y al fabricante se pueden encontrar diferentes arreglos y características de estos. Existen Motocompresores integrales donde los cilindros de potencia y los de compresión están acoplados al mismo a través de un acople.

La admisión y el escape son las fases que llamamos proceso de renovación de la carga, la compresión, combustión y expansión integran lo que podríamos definir como proceso termodinámico básico, que permite transformar el estado térmico generado en el proceso de combustión en trabajo mecánico. (p.79)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

La investigación se considera de tipo descriptiva, ya que abarca la descripción, evaluación y el análisis de la situación actual de los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui.

Arias F, (2006) define:

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o compartimiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de conocimiento se refiere. (Pág.24)

3.2 Diseño de la investigación

Esta investigación se desarrolló bajo un diseño de campo, debido a que los datos de interés se recogen en forma directa de los motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui, según los objetivos propuestos por el investigador.

Según Arias (op.cit) señala que “la investigación de campo “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren, sin manipular o controlar variable alguna”, (p. 31).

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

De acuerdo con Balestrini (2006):

“La población se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación”. (p. 17).

En la presente investigación la unidad de análisis objeto de observación o estudio, la constituye una población de nueve (9) personas y tres (3) equipos motocompresores ubicados en la Planta Compresora Mata R Fase I pertenecientes a la empresa PDVSA Gas Anaco cuyos nombres son K1, K2 y K4 a los cuales se les aplicó el MCC para finalmente proponer acciones de mantenimiento adecuadas a las necesidades de cada equipo.

3.3.2 Muestra

Según Balestrini (op, cit)

“La muestra estadística es una parte de la población, o sea, un número de individuos u objetos seleccionados científicamente, cada uno de los cuales es un elemento del universo. La muestra es obtenida con el fin de investigar, a partir del conocimiento de sus características particulares, las propiedades de una población.” (p.141)

En la presente investigación no es necesario tomar una muestra, ya que la población es de tipo finita y se trabaja directamente con todos los elementos de la población.

Cuando no es posible medir cada uno de los individuos o elementos de una población, se toma una muestra representativa de la misma. La muestra descansa en el principio de que las partes representan al todo, y por tal, refleja las características que definen a la población de la que fue extraída, lo cual nos indica que es representativa. Por lo tanto, la validez de la generalización depende de la validez y tamaño de la muestra.

Dada las características de esta población pequeña y finita, se tomarán como unidades de estudio e indagación a todos los individuos o elementos que la integran. Por consiguiente, en esta investigación no se aplicarán criterios muestrales, a objeto de extraer una muestra reducida del universo, y extender la indagación a esta parte elegida de la población, para posteriormente efectuar la inferencia o generalización en el universo estudiado.

3.4 Técnicas de recolección de datos

3.4.1 Revisión bibliográfica

Según Arias (op, cit) la revisión bibliográfica consiste en “una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación” (p.58)

Esta técnica se fundamentó en la revisión y búsqueda de información referente al tema, consultando informes, manuales de procedimientos, normas, documentos técnicos, libros de diferentes autores, Internet, entre otros relacionados con los Motocompresores sometidos a estudio.

3.4.2 Observación directa

Tamayo y Tamayo (1998) expresa que:

La observación directa es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación. Por medio de esta técnica se requiere constar las evidencias de los procedimientos, los medios de trabajo, del personal, y otros elementos útiles para el desarrollo de la investigación (p. 71)

Se utilizó como técnica ya que se requirió realizar visitas a la Planta Compresora Mata R donde se encuentran ubicados los Motocompresores K1, K2 y K4 y visualizar el modo en el que operan en la Planta antes mencionado.

3.4.3 Entrevista no estructurada

Según Arias F (op, cit) “mas que un simple interrogatorio es una técnica basada en el diálogo o conversación cara a cara con el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida” (p.73)

Para el desarrollo de esta investigación, se recurrió a interrogar a los operadores con la finalidad de obtener datos básicos sobre la operatividad, mantenimiento, funcionamiento, fallas, componentes, tips de opinión de los Motocompresores K1, K2 y K4.

3.4.4 Encuesta

Según Balestrini (op,cit):

Es considerado como un medio de comunicación escrito y básico entre el encuestador y el encuestado, facilita traducir los objetivos a través de una serie de preguntas muy particulares, previamente preparadas en forma muy cuidadosa, susceptibles de analizar en relación al problema estudiado (p. 138)

Esta técnica se utilizó para recabar información de forma escrita en cuanto al área de Mantenimiento como el área de operación de los Motocompresores, como complemento a las entrevistas antes realizadas. Para ello se elaboraron una serie de formularios con la finalidad de que el personal pudiera expresar sus ideas, opiniones de forma precisa para contribuir con el logro de los objetivos propuestos.

3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.5.1 Matriz de análisis de criticidad usando metodología D.S

Es una metodología que permitió establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, orientando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la Confiabilidad Operacional, basado en la realidad actual. La aplicación de esta metodología se adapta a los Motocompresores K1, K2 y K4 permitiendo jerarquizar dichos equipos de acuerdo a la influencia que tiene tanto el área de operaciones como el área de Mantenimiento, estableciendo una escala (critico, semi critico y no critico) que permitió evaluar los resultados obtenidos en dicha matriz.

3.5.2 Matriz de análisis de modos y efectos de fallas (AMEF)

Es una herramienta que permitió describir el comportamiento de los equipos Motocompresores, partiendo de lo general a lo específico, identificando todas las posibles causas de las fallas del activo, teniendo un conocimiento más detallado referente a sus funciones, fallas funcionales y los efectos que causa cada modo de falla, posteriormente estos datos fueron introducidos en una hoja de información.

3.5.3 Métodos de tabulación y gráficos

Técnica que se utilizó para reconocer los datos, ordenarlos, presentarlos y finalmente analizarlos.

3.5.4 Árbol lógico de decisión (ALD)

Herramienta que permitió seleccionar las tareas de Mantenimiento más adecuadas para evitar la ocurrencia de cada modo y efecto de falla según la filosofía del MCC. Se considera un diagrama de decisión, mediante el cual se analizan los modos de fallas basándose en las consecuencias de estos sobre los procesos, seguridad y ambiente.

3.6 Procedimiento metodológico

Para el desarrollo de este trabajo se plantearon una serie de etapas, las cuales permitieron darle forma y conclusión a la investigación. A continuación se exponen cada una de estas:

3.6.1 Descripción del contexto operacional de los Motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui

En esta etapa se realizó una descripción detallada del funcionamiento de cada equipo Motocompresor pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I. Primeramente se realizó una descripción conceptual de los componentes de los Motocompresores, la función de los mismos, así como la elaboración de fichas técnicas de cada uno de los equipos en estudio. Luego se realizaron visitas a la Planta Compresora Mata R Fase I para así determinar el estado de los equipos, se hicieron entrevistas al personal de operación que laboran en el área para determinar las condiciones reales de los mismos con la ayuda de manuales de fabricantes facilitados por la empresa.

3.6.2 Realización de un análisis de criticidad a los componentes de los motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui

En esta etapa el investigador procedió a jerarquizar los elementos de los equipos debido al nivel crítico del mismo, analizando cada elemento del equipo en una matriz de Criticidad de Metodología DS del Ing. Msc. Diógenes Suarez, basándose en dos áreas de impacto como lo son Mantenimiento y Operación, enfocado en distintos factores como lo son cantidad de fallas, tiempo promedio fuera de servicio, Confiabilidad, seguridad del personal-equipos-ambiente, disponibilidad de los repuestos, cumplimiento del Mantenimiento Preventivo y la efectividad. En base a lo anterior se definen tres niveles de criticidad, de acuerdo al que presente cada elemento del equipo que son: Crítico, semi-crítico y no crítico. Todos los datos o criterios necesarios para este análisis fueron suministrados por los integrantes como lo es el Super. Mantenimiento, Super. Electricidad, Técnico Mecánico, Técnico

Electricista, Operador de guardia y Super. Operaciones los cuales conforman el Equipo Natural de Trabajo.

A continuación se presenta la siguiente tabla de matriz de Criticidad que muestran las ponderaciones según lo establece la Metodología D.S para determinar cuál es el menor y mayor impacto, entendiéndose como uno para el menor y tres para el mayor.

Tabla 3.1: Matriz de Criticidad

		Equipo:	Sistema	Realizado:
		Código:	Evento de Control	
ÁREA DE ARE MANTENIMIENTO				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
1) Cantidad de fallas en el periodo evaluado	1a) Fallas = 1	1		
	1b) $1 < \text{Fallas} \leq 12$	2		
	1c) Fallas > 12	3		
2) Tiempo Promedio fuera de servicio en el periodo evaluado (MTFS) en horas	2a) $\text{MTFS} \leq 4$	1		
	2b) $4 < \text{MTFS} < 8$	2		
	2c) $\text{MTFS} \geq 8$	3		
3) Disponibilidad de repuestos en el evaluado (DR)	3a) $\text{DR} \geq 80\%$	1		
	3b) $50 \leq \text{DR} < 80\%$	2		
	3c) $\text{DR} < 50\%$	3		
4) Cumplimiento del mantenimiento preventivo (CMP)	4a) $75\% \leq \text{CMP} \leq 100\%$	1		
	4b) $50\% \leq \text{CMP} < 75\%$	2		
	4c) $0\% \leq \text{CMP} < 50\%$	3		
5) Efectividad (E)	5a) $E \geq 80\%$	1		
	5b) $50\% \leq E < 80\%$	2		
	5c) $E < 50\%$	3		
Total puntos obtenidos en el área de mantenimiento ($\Sigma \text{A.M.}$)				
ÁREA OPERACIONAL				
Factor a Evaluar	Criterios	Ponderación	Criterio Elegido	Puntos
6) Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo	1		
	6b) Sistema Combinación	2		
	6c) Sistema en Serie	3		
7) Seguridad Industrial ambiente e higiene ocupacional (SIAHO)	7a) Sin Consecuencia	1		
	7b) Efecto Temporal	2		
	7c) Efecto Permanente	3		
8) Costo de Producción	8a) Igual a la meta	1		
	8b) Menor a la meta	2		
	8c) Mayor a la meta	3		
Total puntos obtenidos en el área Operacional ($\Sigma \text{A.M.O.}$)				
% Criticidad del Equipo = $[\text{K1} * (\Sigma \text{A.M.}) + \text{K2} * (\Sigma \text{A.M.O.}) \times 100]$				

Fuente: Metodología D.S

A continuación se presenta la tabla que establece los parámetros de Criticidad de los elementos de los equipos en estudio, el cual luego de obtenido los datos en valores numéricos de la tabla anterior, se compraran con la siguiente para poder determinar cuál es el nivel de Criticidad del equipo.

Tabla 3. 2 Parámetros para clasificar la Criticidad de los Elementos en estudio

PARAMETROS PARA ESTABLECER CRITICIDAD
Crítico (Ponderación total > 70%)
Semi-Crítico (Ponderación total \leq 70%)
No Crítico (Ponderación total < 50%)

Fuente: Metodología D.S

3.6.3 Análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF) a los motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui

Se realizó un análisis de modo y efectos de falla (AMEF) a los Motocompresores, el cual esta estructurado por las funciones, fallas funcionales, modos de fallas y efectos de fallas. Para el desarrollo de esta etapa se contó con el apoyo del equipo natural de trabajo con el fin de reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas al diseño, operación y ensamblaje de cada componente que conforma los equipos en estudio. Para este análisis se diseñó una hoja o formato de información para asentar los datos sobre las funciones, falla funcional, modos y efectos de fallas. En este formato se recolectó toda la información necesaria de los equipos tomando como referencia los históricos de fallas, manuales de fabricantes y la experiencia del personal que conocen y manejan los equipos en estudio. (Ver Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Información del AMEF

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)				
Equipo: Función:		Sistema:		Estación:	Realizado por: Ariana Pérez	Hoja N°:
				Revisado por:	Aprobado por:	
COMPONENTE	FUNCION	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFEECTO DE FALLAS

Fuente: El autor

3.6.4 Definición de las tareas de mantenimiento mediante la aplicación del árbol lógico de decisión (ALD) a los motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui

Para esta etapa luego de haber realizado el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) a cada componente que comprenden los Motocompresores en estudio, se procedió con ayuda del equipo natural de trabajo a aplicar el Árbol Lógico de Decisión (ALD) con el cual se buscó seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento que impida la causa que provoca la falla a cada componente de los Motocompresores K1, K2 y K4. Primeramente se analizaron cada uno de los efectos de falla registrados en la hoja de información del (AMEF) luego se respondieron las preguntas correspondientes al (ALD) en una hoja de decisión basada en la norma SAE JA 1012 para asentar los datos obtenidos de dichas preguntas. En la hoja de decisión además de mostrar las respuestas a las preguntas del ALD, también se muestra la frecuencia y departamento encargado para realizar las actividades de mantenimiento en las condiciones reales de operación, con la finalidad de evitar la ocurrencia de cada modo de falla descrito por el (AMEF). Mediante el programa Microsoft Excel 2007 se presentó un formato de hojas del AMEF y del ALD. A continuación se muestra la hoja del Árbol Lógico de Decisiones (Ver Tabla 3.4)

Tabla 3. 4 Hoja de Decisión del ALD

Equipo:		Función:		Sistema:		Hoja N°:		HOJA DE DECISIÓN ALD									
								Elaborado por:								Revisado por:	
Componentes	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable	
	S1	S2	S3	O1	O3	O3	H4	H4	H6								
	O1	O3	O3														
	N1	N2	N3														

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor 2014

3.6.5 Propuesta de acciones de mantenimiento con sus frecuencias de aplicación para los componentes críticos de los motocompresor K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui

Una vez aplicado el Análisis de Criticidad, el AMEF y el ALD a los Motocompresores en estudio, se diseñó un plan de mantenimiento, asentando las principales características que conllevan un proceso de mantenimiento. Este formato comprende la siguiente información: actividad a realizar, frecuencia de las acciones de mantenimiento, responsables de la actividad, cantidad de personal requerido, horas-hombre estimadas para realizar cada tarea y los materiales a utilizar para llevar a cabo la tarea de mantenimiento.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Descripción del contexto operacional de los motocompresores K1, K2 Y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui

4.1.1 Descripción general del proceso del motocompresor

La operación de los motocompresores está ligada al proceso de compresión de gas, las actividades que realizan estos equipos contribuyen a la eficacia del proceso operativo de la compresión, el ciclo de compresión de gas tiene como finalidad la entrega de gas a una presión mayor que la recibida, para ser usado con un fin preestablecido como: transporte, proceso petroquímico, inyección, combustión entre otras.

El proceso que realizan los motocompresores está ligado a dos procesos básicos, el primer proceso es llamado isotérmico el cual ocurre cuando se mantiene la temperatura constante a medida que aumenta la presión, para lo cual es necesario extraer todo el calor generado durante el proceso, incluyendo el calor de compresión y el de fricción. El segundo proceso es llamado politrópico en el cual se le extrae al gas una cantidad de calor diferente al total generado durante el proceso, incluso puede que no se le remueva ningún calor al gas.

Ahora bien, la Planta Compresora Mata R fase I ubicada en el área de Mata, específicamente en el municipio Freites del Estado Anzoátegui cuenta con tres motocompresores con un motor marca Caterpillar Modelo 3516- acoplado a un compresor Ariel JGT-4 dispuestos para la transmisión. Cabe destacar que los

motocompresores que posee actualmente la planta tienen motores de 16 cilindros, de 3 etapas, con precámara con posición del motor en V, con una capacidad de presión de succión de 500 PSIG y presión de descarga de 1.200 PSIG con una capacidad de manejo de Gas de 17 MMPCED a 60 PSI con una velocidad angular de diseño de 1.000 rpm con una potencia de motor de 1.480 hp.

La función principal del motocompresor es comprimir el gas separado del crudo, el cual proviene de las fosas o estaciones de flujo. El gas ingresa a la Planta Compresora Mata R fase I a través de gasoductos, pasando primeramente por los separadores verticales de entrada y de allí a cada uno de los cabezales de succión de los motocompresores que tienen una capacidad de manejo de Gas de 5 millones de pies cúbicos diarios cada uno. El volumen de gas pasa por un separador principal y luego cae a otro cabezal de succión que se conecta con el depurador de succión de la primera etapa del motocompresor, esto con la finalidad de separar pequeñas partículas de líquido que pudiesen venir acompañando al gas, seguidamente el gas sale del depurador hacia una botella de anti-pulsación que actúa como un amortiguador debido a las vibraciones que se genera por la entrada o succión del gas a presión en el cilindro, una vez controlada la turbulencia del gas, sale por la botella para entrar al cilindro a través de las válvulas de succión.

El gas es comprimido por el pistón, aumentando su presión de 60 a 250 PSIG, una vez comprimido el gas pasa a una botella de anti-pulsación, esta vez de descarga, y posteriormente lleva el gas hacia el proceso de enfriamiento. Una vez que baja la temperatura del gas, es enviado al depurador de la segunda etapa de compresión donde ocurre el mismo proceso, y así hasta la última etapa donde es comprimido a 1200 PSIG.

4.1.2 Características del motor en estudio

A continuación se presentan la función y características de los componentes del motor marca Caterpillar modelo 3516:

Características del motocompresor caterpillar modelo 3516:

Cigüeñal

Se considera la columna vertebral del motor, sus funciones principales son:

- Transformar el movimiento rectilíneo del pistón en movimiento rotativo.
- Transmitir la potencia generada por la máquina.

El cigüeñal es fabricado de acero forjado y maquinado cuidadosamente para proporcionar la resistencia adecuada. Durante el proceso de fabricación se le perforan los canales de lubricación.

Cilindros

Su función principal es la de servir de recipiente a la mezcla aire-gas, y adicionalmente guiar al pistón en su movimiento recíprocante. Los cilindros pueden fabricarse en bloques o individuales. Esto se diseña para resistir los diferentes tipos de cargas y temperaturas a que serán expuestos durante la operación de la máquina.

Componentes del cilindro

Cuerpo del cilindro, camisa del cilindro, cabeza o culata del cilindro. Algunos fabricantes no usan camisas de cilindro, en estos casos la pared del cilindro es cromada para mejorar la resistencia al desgaste por fricción.

El cuerpo del cilindro tiene canales que permiten la circulación del agua de enfriamiento, para remover el calor generado durante la combustión. En el cabezal del cilindro se encuentran los asientos para las diferentes válvulas (combustible, admisión, escape y aire de arranque)

Pistón

El pistón es el encargado de transmitir la fuerza generada por la combustión al cigüeñal a través de la biela. Otra función de este componente es la de portar los anillos de compresión y control de aceite. Los pistones operan en condiciones extremas, tanto mecánicas como térmicas, en consecuencia esto se diseña para soportar el calor generado por la combustión, el calor ocasionado por la fricción, y las fuerzas producidas por la combustión.

La mayoría de los pistones que se usan en los motores se fabrican con aleaciones de hierro fundido; aunque no es extraño encontrar pistones hechos con aleaciones de aluminio. El enfriamiento de los pistones se realiza mediante aceites, a través de su interior, para remover el calor especialmente en el tope del pistón.

Anillos

En los pistones se emplean básicamente dos tipos de anillos: de compresión y de control de aceite. Los anillos no representan ningún problema si los cilindros y pistones no sufrieran expansión y distorsión durante la operación de la máquina.

Pero esto ocurre y los anillos deben compensar estos cambios de disminución para evitar el pase o escape de compresión al cárter de la máquina y detener el flujo de aceite hacia las cámaras de combustión.

Cojinetes

Los cojinetes son los encargados de soportar la fuerza producida por la biela sobre el cigüeñal y facilitar la rotación de este último. Generalmente en los motores sometidos a consideración, las bases de los cojinetes principales están integradas al bloque del motor, mientras que la parte superior o tapa son desmontables.

Tradicionalmente los cojinetes se fabrican con aleaciones de aluminio. Pero ahora se recomienda el uso de cojinetes trimetalicos. Este tipo de cojinetes posee tapas de acero, bronce y babbitt. Las formas de los bloques de bancadas demuestran que los cojinetes trimetalicos prestan un mejor servicio a la industria petrolera por su capacidad de soportar acumulaciones de sucio y absorber desaliamiento.

Existen dos clases de cojinetes: el tipo pasador, el cual se fija en la base mediante un pin, y el tipo deslizante (concha) que encaja en la base del cojinete.

Biela

Es el elemento de conexión entre el pistón y el cigüeñal, por lo tanto transmite el movimiento recíproco del pistón. Durante un ciclo normal de trabajo, la biela es sometida a cargas de tensión y compresión en forma alternas, y por esta razón se construyen de acero forjado de gran calidad. Las bielas poseen canales para permitir el paso de lubricante a lo largo de su estructura. Estos canales se usan a fin de suministrar aceite para el enfriamiento del pistón. Los componentes de las bielas son: cuerpo, cojinete, pasador y bocina.

Árbol de levas

El árbol de levas está conectado al cigüeñal mediante un sistema de cadenas y ruedas dentadas, el cual es el encargado de transmitir el movimiento rotativo del cigüeñal de levas. Su función es:

- Suministrar el movimiento recíprocante necesario para la operación de las válvulas (admisión, escape, combustible)
- Proveer a otros componentes, tales como: gobernador, rotor y otros.

El árbol de levas se fabrica en acero, y se máquina y se rectifica para asegurar la exactitud de sus dimensiones. Las levas pueden maquinarse en árbol o se pueden ensamblar usando cuñas y ajustes de interferencias.

Bombas de Lubricación

El sistema de lubricación cuenta con tres bombas y dos sistemas de filtrado de aceite; cumple con los siguientes objetivos:

- Reducir la fricción entre las partes en movimiento
- Enfriar partes sometidas a intenso calor

✓ Bombas de pre lubricación y post lubricación

Estas bombas se encargan de lubricar las partes móviles del motor como los cojinetes, turbina y paredes de los cilindros, momentos antes del arranque, con el propósito de evitar un excesivo roce entre las partes cuando se produce el arranque. Y luego que se para el motor para evitar que las mismas se sequen por completo, lo que ocasionaría un aumento de la temperatura y posibles daños a las mismas.

✓ Bomba principal de aceite

Esta es accionada directamente por el cigüeñal a través de un acople rígido tan pronto como el mismo comienza a girar y tiene como propósito lubricar partes móviles como: cojinetes, bocinas, crucetas de zapatas, bielas de crucetas de zapatas y otros.

Filtros de Aceite

Estos tienen como función evitar que se obstruya el sistema de lubricación por partículas metálicas provenientes de los desgastes de elementos internos.

✓ Filtros metálicos

Se encuentran ubicados en una caja metálica ubicada en la parte posterior del motor acoplado de forma directa con la bomba principal, con el propósito de atrapar gran parte de impurezas que arrastra el aceite al ser succionado del cárter.

✓ Filtros de elemento

Están divididos en dos conjuntos y tienen la función de capturar las impurezas que aun después de pasar por los filtros metálicos continúan en el aceite, para evitar su paso al motor y así futuros daños al mismo.

Filtros de Aire

Su función es purificar el aire que es succionado desde la atmósfera a través de la turbina, con el propósito de evitar el paso de partículas hasta los cilindros de fuerza, y así poder obtener una buena combustión.

Filtros de Gas de Combustible

Cumple la función de retener las partículas que se encuentran suspendidas en el combustible antes que este pase a ser dosificado en cada cilindro de fuerza, con el objeto de impedir daños en el sistema de inyección, están ubicados en el lateral izquierdo del motor.

Hidrax

Es un sistema de actuadores hidráulicos el cual se encarga de accionar los actuadores de la válvula choke y la válvula de combustible. El sistema está constituido por:

- Una bomba accionada por un engranaje que provee la presión requerida por el sistema. Suministra aproximadamente 8 galones por minuto de aceite hidráulico a una velocidad de 1.000 rpm.
- Filtro de aceite hidráulico que evita partículas indeseadas en el sistema.
- Una válvula check que evita el drenaje de aceite y genera mejor respuesta al sistema.
- Acumulador que posee una carga de nitrógeno que permite mantener la presión por cortos periodos de tiempo luego de una parada del motor.
- Una válvula de alivio de presión que está en paralelo con los actuadores de cada una de las válvulas, su función es mantener la presión adecuada en el sistema.

✓ Válvula reguladora de combustible.

Es una válvula de tipo manual y se encuentra ubicada en la línea de entrada de combustible y su función es regular la presión de combustible que entra a los cilindros de fuerza.

Elementos de Ignición.

La función básica de este sistema es proveer la chispa necesaria para encender la mezcla explosiva en la cámara de combustión de cada cilindro. Esta chispa es suministrada en el momento preciso, para aprovechar el máximo de la potencia de la máquina.

✓ Modulo de Ignición.

Distribuye la corriente a cada uno de los cilindros de fuerza a través de cables mediante una secuencia de giro.

✓ Bobinas

Tienen la función de aumentar la corriente que recibe del modulo de ignición.

✓ Bujías

Reciben la corriente que les suministran las bobinas a través de los cables de alta y la transforman en chispa, utilizada para la combustión, se encuentran ubicadas en las cámaras de cada cilindro de fuerza.

✓ Cables de Bujías.

También denominados cables de alta, llevan la corriente desde las bobinas hasta el extremo superior de las bujías.

Elementos de Arranque

La función del sistema de arranque es la de proveer el impulso o movimiento inicial del motor, de tal manera que este alcance una velocidad de rotación que facilite su ignición.

✓ Arrancadores

Son unos dispositivos colocados a los lados del volante del motor, y cumplen la función de suministrar el movimiento del giro al cigüeñal hasta los momentos en que el motor ha alcanzado la velocidad necesaria para un normal funcionamiento.

Elementos de Combustible

Está constituido por un motor de combustión interna de 4 tiempos con 16 cilindros. El combustible empleado es el gas natural generalmente tomando una derivación del cabezal de succión.

El ciclo de potencia está constituido por 4 fases (admisión, compresión, explosión y escape)

- Admisión

En esta fase el pistón se encuentra en carrera descendente y se abre la válvula de admisión, permitiendo la entrada de la mezcla aire-combustible (14 partes de aire por 1 de gas)

- Compresión

El pistón comienza su carrera ascendente, permaneciendo las válvulas cerradas, comprimiéndose la mezcla en el interior del cilindro.

- Explosión

Unos grados antes de alcanzar el punto muerto superior, se produciría la chispa que enciende la mezcla produciéndose trabajo sobre el cigüeñal al realizar el pistón su carrera descendente.

- Escape

Por último se abre la válvula de escape y los gases producto de la combustión son expulsados a través del múltiple de escape.

Elementos de Enfriamiento

Los procesos mecánicos (dilatación, fricción, resistencia al calor del aceite y otros), y los intercambios térmicos que ocurren en la cámara de combustión y sus paredes, hacen necesaria la presencia de los sistemas de refrigeración para el motor, los cuales son denominados de refrigeración directa (por aire) y de refrigeración indirecta (por agua).

Refrigeración directa: es un sistema que expelle el calor, aumentando las superficies externas por medio de aletas de ventilación apropiadas.

Refrigeración Indirecta: en este sistema el agua circula internamente por el motor y refrigera las paredes de las cámaras que rodea los cilindros y las culatas, luego el agua es enfriada en intercambiadores de calor.

- ✓ Radiador de enfriamiento de aire de barrido completo.

Tiene como propósito enfriar el aire de barrido antes de que éste entre a los cilindros de fuerza y se encuentran ubicados en el lateral izquierdo del bloque.

- ✓ Bomba de Agua

Se encuentra ubicada en el lateral derecho del bloque y tiene como propósito tomar el agua que entra del tanque y enviarla a presión al interior del motor (camisas y cámaras de fuerza, cilindros compresores, enfriadores de barrido y otros) Es accionada por el cigüeñal una vez que este entra en movimiento a través de una cadena.

Donde se muestra en la siguiente Tabla 4.1 los parametros de presion de agua, temperatura tanto de agua como de aceite, apreciando sus datos reflejados en PSI

Tabla 4.1: Parámetros de funcionamiento del motor Caterpillar Modelo 3516

Descripción	Caterpillar Diseño	Modelo 3516 Operativo
Presión de agua del motor principal	15 a 40 PSI	40 PSI
Presión diferencial de filtro de aceite del motor	0 a 15 PSI	7 PSI
Presión de aceite	45 a 90 PSI	66 PSI
Temperatura de aceite	Máximo de 210 °f	174 °f
Temperatura de agua del motor	Máximo de 215 °f	180 °f

Fuente: El autor (2016)

4.1.3 Características del compresor en estudio

El compresor Marca Ariel modelo JGT-4 está compuesto por 4 cilindros compresores, cigüeñal, bomba de aceite, medidor de nivel de lubricante, ductos transportadores de aceite, filtros de aceite, enfriador de aceite, conjunto de anillo-piston, bielas, cojinetes, válvulas de succión, válvulas de descarga, sensor de temperatura de aceite, coupling, caja de packing, caja de lubricación, sensor de temperatura de los cilindros compresores, tres bombas de aceite, pre lubricación, post lubricación y principal, las cuales tienen como función elevar la presión de aceite antes, después y mientras opera el equipo para distribuirlo internamente a todos los elementos del compresor, la presión es elevada de 0 hasta 70 psi aproximadamente con el objeto de evitar desgaste y el calentamiento excesivo de los componentes que se encuentran en movimiento como son: los pistones, cojinetes, camisas, anillos, bielas, entre otros. Cabe mencionar que cada cilindro compresor del equipo está acoplado a un distanciador el cual permite que el pistón se desplace hacia adelante y

hacia atrás, haciendo su recorrido (reciprocante). A continuación se muestran las fichas técnicas del motor y compresor del equipo KI, las fichas de los motores y compresores de los equipos K2 y K4 se presentan en el Anexo A.

4.1.4 Información técnica del motor caterpillar

Cuadro 4.1.1: Especificaciones Técnicas de Motor Caterpillar 3516 K1

INFORMACIÓN TÉCNICA DEL MOTOR CATERPILLAR	
	
Equipo	K1
Marca	Caterpillar
Modelo	3516
RPM	1400
Serial	WPW02140
Etapas	3
N° de Cilindros	16
Caballos de Potencia	1480 Hp
Potencia Nominal	2000 kVA
Corriente	3175 A
Tensión Nominal	400 V
Peso	1500 kg
Función	Potencia
Año de Fabricación	2000

Fuente: El autor (2016)

4.1.5 Información técnica del compresor ariel

Cuadro 4.1.2: Especificaciones Técnicas de Compresor Ariel JGT-4 K1

INFORMACIÓN TÉCNICA DEL COMPRESOR ARIEL	
	
Equipo	K1
Marca	Ariel
Modelo	JGT-4
Serial	F31487
Etapas	3
N° de Cilindros	4
Caballos de Potencia	1265
Relación Compresión	20.0
Presión de Succión y Descarga	500 a 1200 PSIG
Capacidad Manejo de Gas	17 MMPCED
Peso	1150 kg
Función	Comprimir
Año de Fabricación	2000

Fuente: el autor (2016)

Tabla 4.2: Parámetros de funcionamiento del compresor Ariel JGT-4

Descripción	Compresor Diseño	Ariel JGT-4 Operativo
Descarga de la primera etapa (PSI)	Mínimo : 100 PSI Máximo: 250 PSI	180 PSI
Descarga de la segunda etapa (PSI)	Mínimo : 280 PSI Máximo: 500 PSI	400 PSI
Descarga de la tercera etapa (PSI)	Mínimo : 900 PSI Máximo: 1250 PSI	1000 PSI
Presión de succión (PSI)	Mínimo : 54 PSI Máximo: 66 PSI	60 PSI
Presión de aceite del compresor (PSI)	Mínimo : 45 PSI Máximo: 80 PSI	50 PSI
Temperatura de aceite del compresor (PSI)	Máximo : 200 °f	180 °f
Temperatura de descarga de la primera etapa (PSI)	Máximo : 260 °f	191 °f
Temperatura de descarga de la segunda etapa (PSI)	Máxima: 260 °f	136 °f
Temperatura de descarga de la tercera etapa (PSI)	Máximo : 260 °f	232 °f

Fuente: El autor (2016)

Cabe destacar que los motocompresores en estudio (K1, K2 y K4) están en condiciones operativas a pesar de que no cumplen con el rendimiento requerido por la Gerencia de Compresión, sin embargo se sugiere ejecutarles una serie de actividades de mantenimiento con el fin de evitar paradas imprevistas y retrasos en los procesos de producción.

4.2 Realización de un análisis de criticidad a los componentes de los motocompresores K1, K2 Y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui

Debido al gran número de elementos que conforman el equipo motocompresor (motor-compresor), es necesario establecer hacia donde se deben dirigir todos los esfuerzos y la gestión del mantenimiento para así atender sus elementos más críticos, esto con el objetivo de que las actividades de mantenimiento preventivo implementadas, tengan en el buen funcionamiento del equipo como tal.

Para la realización de este objetivo se conformo el Equipo Natural de Trabajo (ENT), el cual está formado por personas que laboran en la planta y están familiarizados con los equipo en estudio (motocompresores). Este equipo está conformado por:

Tabla 4.3: Integrantes del Equipo Natural de Trabajo

ÀREA	CARGO	CANTIDAD
Mantenimiento	Super. Mantenimiento	1
Electricidad	Super. Electricidad	1
Mantenimiento Operacional	Técnico Mecánico	2
Operaciones	Técnico Electricista	2
Operaciones	Operador de Guardia	2
Operaciones	Super. Operaciones	1

Fuente: El autor (2016)

Una vez conformado el Equipo Natural de Trabajo (ENT), se realizaron reuniones periódicas con el objetivo de compartir información y discutir ideas que permitan definir la problemática y su respectiva y mejor solución. Se decidió y por la experiencia de los integrantes del equipo escoger una serie de elementos considerados

por ellos como primordiales para los equipos en estudio para aplicarles el análisis de criticidad.

4.2.1 Aplicación del análisis de criticidad según el Ing. Diógenes Suarez

Ya que en la Planta "Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui" no se cuenta con un registro de fallas para estos equipo, fue necesario para la realización de este objetivo una encuesta al personal de mayor experiencia que laboran en la ya anteriormente mencionada planta (ANEXO B). Para ello fue necesaria la elaboración de un formato de encuesta sencillo y explícito bajo los parámetros de la metodología DS, por parte del autor de esta investigación.

A continuación se muestra la tabla de parámetros para clasificar la criticidad del elemento en estudio.

Tabla 4.3: Parámetros para clasificar la Criticidad de los Elementos en estudio

PARAMETROS PARA ESTABLECER CRITICIDAD
Critico (Ponderación total > 70%)
Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)
No Critico (Ponderación total < 50%)

Fuente: Metodología D.S

4.2.2 Ejecución del análisis de criticidad

Ya con todos los criterios seleccionados, mediante la metodología previamente expuesta, se procedió a vaciarlos en la matriz de criticidad, para obtener la criticidad de cada elemento en estudio de los equipos en estudio (motocompresores).

4.2.2.1 Resultados a la encuesta realizada al personal de la planta

De igual manera se muestran los resultados de la ponderación de los factores evaluados y el cálculo de la criticidad para cada elemento a los motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la Planta Compresora Mata R Fase I de PDVSA Gas Anaco Estado Anzoátegui.

Tabla 4. 4: Matriz de Criticidad para los Cigüeñales

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Cigüeñal	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1ª	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	9	2a
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%	3a	3ª	3a	3	
	3b) Entre 50% y 80%	3b	3b	3b	6	3b
	3c) Menor a 50%					
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%	4b	4b	4b	2	
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	7	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia	7a	7ª	7a	2	
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	7	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8ª	8a	4	
	8b) Menor a la meta	8b	8b	8b	5	8b
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 5: Matriz de Criticidad para los Cilindros

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Cilindros	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a		1a	7	1a
	1b) Entre 2 y 12		1b		2	
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2a	2a	2a	4	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%	3b	3b	3b	1	
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	8	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%	4a	4a	4a		
	4b) Entre 50% y 75%	4b	4b	4b	4	
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	5	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
AREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia	7a	7a	7a		
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	6	8a
	8b) Menor a la meta	8b	8b	8b	3	
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 6: Matriz de Criticidad para los Pistones

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Pistones	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2a	2a	2a	3	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	6	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%	3b	3b	3b	2	
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	7	3c

Fuente: El autor (2016)

Continuación, Tabla 4. 6: Matriz de Criticidad para los Pistones

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Pistones	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%	4a	4a	4a	2	
	4b) Entre 50% y 75%	4b	4b	4b	2	
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	5	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia	7a	7a	7a	2	
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	7	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	4	
	8b) Menor a la meta	8b	8b	8b	5	8b
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 7: Matriz de Criticidad para los Anillos

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Anillos	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1 ^a	1 ^a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b		2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%	4b	4b	4b	3	
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	6	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					

Fuente: El autor (2016)

Continuación, Tabla 4. 7: Matriz de Criticidad para los Anillos

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Anillos	
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia	7a	7 ^a	7 ^a	9	7a
	7b) Efecto Temporal					
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8 ^a	8 ^a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 8: Matriz de Criticidad para los Cojinetes

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Cojinetes	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1 ^a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b		5	2b
	2c) Más de 8 hrs			1 ^a	4	
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8 ^a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 9: Matriz de Criticidad para las Bielas

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bielas	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1 ^a	1 ^a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	9	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%	3b	3b	3b	5	3b
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	4	
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
AREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8 ^a	8 ^a	3	
	8b) Menor a la meta	8b	8b	8b	5	8b
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	1	

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 10: Matriz de Criticidad para el árbol de Levas

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Árbol de Levas	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1 ^a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	9	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c

Fuente: El autor (2016)

Continuación, Tabla 4. 10: Matriz de Criticidad para el árbol de Levas

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Árbol de Levas	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8 ^a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.11: Matriz de Criticidad para la Bomba de Lubricación

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bomba de Lubricación	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1					
	1b) Entre 2 y 12	2a	2a	2a	9	2a
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	6	2b
	2c) Más de 8 hrs	2c	2c	2c	3	
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	6	5b
	5c) Menor a 60%	5c	5c	5c	3	

Fuente: El autor (2016)

Continuación, Tabla 4.11: Matriz de Criticidad para la Bomba de Lubricación

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bomba de Lubricación	
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	3	
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	6	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.12: Matriz de Criticidad para las Bombas de Pre-Lubricación

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bombas de Pre-Lubricación	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1a	3	
	1b) Entre 2 y 12	2a	2a	2a	6	2a
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	9	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%	4b	4b	4b	3	
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	6	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	3	
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	6	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.13: Matriz de Criticidad para las Bombas de Post-lubricación

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bombas de Post-lubricación	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1a	3	
	1b) Entre 2 y 12	2a	2a	2a	6	2a
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	9	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%	4b	4b	4b	3	
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	6	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	3	
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	6	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.14: Matriz de Criticida para la Bomba de Aceite

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bomba de Aceite	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs	2c	2c	2c	4	
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	3	
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	6	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.15: Matriz de Criticidad para la Bomba Auxiliar

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bomba Auxiliar	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs	2c	2c	2c	4	
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.16: Matriz de Criticida para los Filtros de Aceite

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Filtros de Aceite	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	1a	1a	1a	3	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	6	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%	3b	3b	3b	6	3b
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	3	
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.17: Matriz de Criticada para los Filtros Metálicos

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Filtros Metálicos	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2a	2a	2a	4	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%	3b	3b	3b	6	3b
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	3	
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.18: Matriz de Criticida para los Filtros de Elementos

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Filtros de Elementos	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2a	2a	2a	3	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	6	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.19: Matriz de Criticada para los Filtros de Aire

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Filtros de Aire	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1 ^a	3	
	1b) Entre 2 y 12	2a	2a	2 ^a	6	2a
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2a	2a	2 ^a	9	2a
	2b) Entre 5 y 8 hrs					
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8 ^a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.20: Matriz de Criticada para los Filtros de Gas Combustible

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Filtros de Gas Combustible	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2a	2a	2a	6	2a
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	3	
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.21: Matriz de Criticida para el Hidrax

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Hidrax	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1 ^a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	9	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8 ^a	7	8a
	8b) Menor a la meta	8b	8b	8b	3	
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.22: Matriz de Criticida para la Válvula Reguladora de combustible

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Válvula Reguladora de combustible	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs	2c	2c	2c	4	
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	7	8a
	8b) Menor a la meta	8b	8b	8b	2	
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.23: Matriz de Criticada para El Modulo de Ignición

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Modulo de Ignición	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs	2c	2c	2c	4	
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.24: Matriz de Criticida para la Bobina

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bobina	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1					
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	9	1b
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	1b	1b	1b	4	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%	4b	4b	4b	2	
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	7	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia	7a	7a	7 ^a	2	
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	7	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8 ^a	2	
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	7	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.25: Matriz de Criticida para las Bujías

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bujías	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1 ^a	3	
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	6	1b
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	1b	1b	1b	9	2a
	2b) Entre 5 y 8 hrs					
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%	4b	4b	4b	2	
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	7	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia	7a	7a	7 ^a	3	
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	6	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8 ^a	2	
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	7	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.26: Matriz de Criticidad para los Cables de Bujías

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Cables de Bujías	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	1b	1b	1b	9	1a
	2b) Entre 5 y 8 hrs					
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación					
	6c) Sistema en Serie	6c	6c	6c	9	6c
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.27: Matriz de Criticada para Los Arrancadores

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Arrancadores	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1					
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	9	1b
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2a	2a	2a	9	2a
	2b) Entre 5 y 8 hrs					
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%	4b	4b	4b	4	
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	5	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.28: Matriz de Criticida para El Escape

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Escape	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1a	1a	1 ^a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	1b	1b	1b	9	2a
	2b) Entre 5 y 8 hrs					
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8 ^a	7	8a
	8b) Menor a la meta	8b	8b	8b	2	
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.29: Matriz de Criticida para los Radiador

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Radiador	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1					
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	9	1b
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	1b	1b	1b	4	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%	4b	4b	4b	4	
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	5	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia	7a	7a	7 ^a	4	
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	5	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8 ^a	2	
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	7	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.30: Matriz de Criticidad para la Bomba de Agua

Equipo	Motor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bomba de Agua	
AREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1					
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	9	1b
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	1b	1b	1b	4	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%	4b	4b	4b	4	
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	5	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÀREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia	7a	7a	7a	4	
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	5	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8a	8a	8a	2	
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	7	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.31: Matriz de Ponderación de los Elementos Evaluados a los Motores de los Motocompresores K1, K2 y K4

Matriz de Criticidad para los motores de los Motocompresores K1, K2 y K4										
Elementos	AREA DE MANTENIMIENTO					Puntuación Obtenida	ÀREA OPERACIONAL			Puntuación Obtenida
	Frecuencia de Fallas	TFS	DR	CMP	Confiabilidad		Tipo de Conexión	Costo de Producción	SIHAO	
Cigüeñal	1	2	2	3	2	10	2	2	2	6
Cilindros	1	2	3	3	2	11	2	1	2	5
Pistones	1	2	3	3	2	11	2	2	2	6
Anillos	1	2	3	3	2	11	2	1	1	4
Cojinetes	1	2	3	3	2	11	2	2	1	5
Biela	1	2	2	3	2	10	2	2	2	6
Árbol de Levas	1	2	3	3	2	11	2	2	1	5
Bomba de Lubricación	2	2	3	3	2	12	2	2	3	7
Bomba de pre..	2	2	3	3	2	12	2	2	1	5
Bomba de post Lubri										
Bomba de Aceite	2	2	3	3	2	12	2	2	3	7
Bomba Auxiliar	1	2	3	3	2	10	2	2	1	5
Filtros de Aceite	1	2	2	3	2	10	2	2	1	5

Fuente: El autor (2016)

Continuación, Tabla 4. 31: Matriz de Ponderación de los Elementos Evaluados a los Motores de los Motocompresores K1, K2 y K4

Matriz de Criticidad para los motores de los Motocompresores K1, K2 y K4										
Elementos	ÁREA DE MANTENIMIENTO					Puntuación Obtenida	ÁREA OPERACIONAL			Puntuación Obtenida
	Frecuencia de Fallas	TFS	DR	CMP	Confiabilidad		Tipo de Conexión	Costo de Producción	SIHAO	
Filtros metálicos	1	2	2	3	2	10	2	2	1	5
Filtros de elementos	1	2	2	3	2	10	2	2	1	5
Filtro de aire	2	1	3	3	2	11	2	2	1	5
Filtro de gas combustible	1	1	3	3	2	10	2	2	1	5
Hidrax	1	2	3	3	2	11	2	2	1	5
Valvula reg. Combustible	1	2	3	3	2	11	2	2	1	5
Modulo de ignición	1	2	3	3	2	11	2	2	1	5
Bobina	2	2	3	3	2	12	2	2	3	7
Bujías	2	1	3	3	2	11	2	2	3	7
Cables de bujías	1	1	3	3	2	10	3	2	1	6
Arrancadores	2	1	3	3	2	11	2	2	1	5
Escape	1	1	3	3	2	10	2	2	1	5
Radiador	2	2	3	3	2	12	2	2	3	7
Bomba de agua	2	2	3	3	2	12	2	2	3	7

Fuente: El autor (2016)

Una vez obtenido los resultados tanto en el área de mantenimiento como operacional a través de la encuesta realizada aplicando la metodología D.S, se procedió a calcular la criticidad para cada elemento de los motores de los equipos en estudio.

Tabla 4. 32: Matriz de criticidad para los Cigüeñales

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(10) + (0,0555)*(6)]*100\% = 66,60$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 33: Matriz de criticidad para los Cilindros

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 34: Matriz de Criticidad para los Pistones

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(6)]*100\% = 69,93$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 35: Matriz de criticidad para los Anillos

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(4)]*100\% = 58,83$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 36: Matriz de Criticidad para los Cojinetes

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 37: Matriz de criticidad para la Bielas

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(10) + (0,0555)*(6)]*100\% = 66,60$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 38: Matriz de criticidad para el Árbol de Levas

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 39: Matriz de Criticidad para la Bomba de Lubricación

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 40: Matriz de Criticidad para la Bomba de Pre- Lubricación

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 41: Matriz de Criticidad para la Bomba de Post- Lubricación

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 42: Matriz de Criticidad para la Bomba de Aceite

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 43: Matriz de Criticidad para la Bomba Auxiliar

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(10) + (0,0555)*(5)]*100\% = 61,10$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 44: Matriz de Criticidad para los Filtros de Aceite

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(10) + (0,0555)*(5)]*100\% = 61,10$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 45: Matriz de Criticidad para los Filtros Metálicos

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(10) + (0,0555)*(5)]*100\% = 61,10$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 46: Matriz de Criticidad para los Filtros de Elemento

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(10) + (0,0555)*(5)]*100\% = 61,10$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 47: Matriz de Criticidad para los Filtros de Aire

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 48: Matriz de Criticidad para los Filtros de Gas Combustible

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(10) + (0,0555)*(5)]*100\% = 61,10$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. .49: Matriz de Criticidad para el Hidrax

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 50: Matriz de Criticidad para la Válvula Reguladora de Combustible

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 51: Matriz de Criticidad para el Modulo de Ignición

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 52: Matriz de Criticidad para la Bobina

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(7)]*100\% = 75,48$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 53: Matriz de Criticidad para las Bujías

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(7)]*100\% = 75,48$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 54: Matriz de Criticidad para los Cables de las Bujías

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(10) + (0,0555)*(6)]*100\% = 66,60$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 55: Matriz de Criticidad para los Arrancadores

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 56: Matriz de Criticidad para el Escape

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(10) + (0,0555)*(5)]*100\% = 61,10$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 57: Matriz de Criticidad para el Radiador

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 58: Matriz de Criticidad para la Bomba de Agua

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

A continuación en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del análisis de criticidad a cada elemento de los motores de los motocompresores K1, K2 y K4.

Tabla 4. 59: Resultados del Análisis de Criticidad

Equipo: Motor	Criticidad del elemento (%)	Evaluación Obtenida
Cigüeñal	66,60	Semi-Critico
Cilindros	64,34	Semi-Critico
Pistones	69,93	Semi-Critico
Anillos	58,83	Semi-Critico
Cojinetes	64,38	Semi-Critico
Biela	66,60	Semi-Critico

Fuente: El autor (2016)

Continuación, Tabla 4. 60: Resultados del Análisis de Criticidad

Equipo: Motor	Criticidad del elemento (%)	Evaluación Obtenida
Árbol de Levas	64,38	Semi-Critico
Bomba de Lubricación	78,81	Critico
Bomba de Pre-Lubricación	78,81	Critico
Bomba de Post Lubricación	78,81	Critico
Bomba de Aceite	78,81	Critico
Bomba Auxiliar	61,10	Semi-Critico
Filtros de Aceite	61,10	Semi-Critico
Filtros Metálicos	61,10	Semi-Critico
Filtros de Elemento	61,10	Semi-Critico
Filtros de Aire	64,38	Semi-Critico
Filtros de Gas Combustible	61,10	Semi-Critico
Hidrax	64,38	Semi-Critico
Válvula Reguladora de Combustible	64,38	Semi-Critico
Modulo de Ignición	64,38	Semi-Critico
Bobina	75,48	Critico
Bujías	75,48	Critico
Cables de las Bujías	66,60	Semi-Critico
Arrancadores	64,38	Semi-Critico
Escape	61,10	Semi-Critico
Radiador	78,81	Critico
Bomba de Agua	78,81	Critico

Fuente: El autor (2016)

El análisis de criticidad realizado a los componentes de los motores pertenecientes a los motocompresores K1, K2 y K4, arrojó como resultado nueve (9) elementos críticos y dieciocho (18) elementos semi-críticos, no se obtuvo ningún elemento como no crítico.

A continuación se muestra los resultados obtenidos en la encuesta al personal para los compresores K1, K2 y K4.

Tabla 4. 61: Matriz de Criticidad para los Cigüeñales

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Cigüeñal	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1 ^a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	9	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8 ^a	8a	6	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	3	

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 62: Matriz de Criticidad para la Bomba de Aceite

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bomba de Aceite	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1a	1a	3	
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	6	1b
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2a	4	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta					
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	9	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 63: Matriz de Criticidad para el Medidor de Nivel de Lubricación

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Medidor de Nivel de Lubricación	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1a	1a	6	1a
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	3	
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2a	9	2a
	2b) Entre 5 y 8 hrs					
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%	5 ^a	5a	5a	6	5a
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	3	
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8a	8a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 64: Matriz de Criticidad para los Ductos Transportadores de Aceite

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Ductos Transportadores de Aceite	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a		1a	6	1a
	1b) Entre 2 y 12		1b		3	
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2a	5	2a
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	4	
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%	3b	3b	3b	3	
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	6	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	3	
	5c) Menor a 60%	5c	5c	5c	6	3c
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8a	8a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 65: Matriz de Criticidad para los Filtros de Aceite

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Filtros de Aceite	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2a	9	2a
	2b) Entre 5 y 8 hrs					
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%					
	5c) Menor a 60%	5c	5c	5c	9	5c
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8a	8a	4	
	8b) Menor a la meta	8b	8b	8a	5	8b
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 66: Matriz de Criticidad para el Enfriador de Aceite

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Intercambiador de Calor	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1a	1a	3	
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	6	1b
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2a	3	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	6	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8a	8a	4	
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	5	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 67: Matriz de Criticidad para los Anillos

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Anillos	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1a	1 ^a	6	1a
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	3	
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2 ^a	4	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8a	8 ^a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 68: Matriz de Criticidad para los Pistones

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Pistones	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	9	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8a	8a	6	8a
	8b) Menor a la meta	8b	8b	8b	3	
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 69: Matriz de Criticidad para las Biela

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Biela	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1a	1 ^a	6	1a
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	3	
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2 ^a	4	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8a	8 ^a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 70: Matriz de Criticidad para los Cojinetes

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Cojinetes	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1a	1a	6	1a
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	3	
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2 ^a	2a	2a	9	2a
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8a	8a	6	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 71: Matriz de Criticidad para las Válvulas de Succión

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Válvulas de Succión	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1a	1a	6	1a
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	3	
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2a	9	2a
	2b) Entre 5 y 8 hrs					
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8a	8a	6	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	3	

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 72: Matriz de Criticidad para las Válvulas de Descarga

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Válvulas de Descarga	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1a	1a	9	1a
	1b) Entre 2 y 12					
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs					
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	9	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8a	8a	9	8a
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta					

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 73: Matriz de Criticidad para El Sensor de Temperatura de Aceite

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Sensor de Temperatura de Aceite	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1	1 ^a	1a	1a	7	1a
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	2	
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2a	6	2a
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	3	
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8a	8a	2	
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	7	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 74: Matriz de Criticidad para el Coupling

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Coupling	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1					
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	9	1b
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2 ^a	2a	3	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	6	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta	8 ^a	8 ^a	8a	3	
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	6	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 75: Matriz de Criticidad para la Caja de Lubricación

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Caja de Lubricación	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1					
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	5	1b
	1c) Más de 12	1c	1c	1c	4	
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2a	3	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	6	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%	3b	3b	3b	2	
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	7	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta					
	8b) Menor a la meta	8b	8b	8b	2	
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	7	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.76: Matriz de Criticidad para El Sensor de Temperatura de los Cilindros

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Sensor de Temperatura de los Cilindros	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1					
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	9	1b
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2a	4	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	5	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta					
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	9	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.77: Matriz de Criticidad para la Bomba de Pre-Lubricación

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bomba de Pre-Lubricación	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1					
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	9	1b
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2a	3	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	6	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta					
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	9	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.78: Matriz de Criticidad para la Bomba de Post-Lubricación

Equipo	Compresor K1, K2 y K4	Elemento en Análisis			Bomba de Post-Lubricación	
ÁREA DE MANTENIMIENTO						
Criterio a Evaluar	Criterios				Número de veces Seleccionado	Criterio Seleccionado
		K1	K2	K4		
Cantidad de Fallas en 1 año	1a) 1					
	1b) Entre 2 y 12	1b	1b	1b	9	1b
	1c) Más de 12					
Tiempo fuera de servicio en 1 año	2a) Entre 1 y 4 hrs	2 ^a	2a	2a	3	
	2b) Entre 5 y 8 hrs	2b	2b	2b	6	2b
	2c) Más de 8 hrs					
Disponibilidad de repuestos en 1 año	3a) Mayor a 80%					
	3b) Entre 50% y 80%					
	3c) Menor a 50%	3c	3c	3c	9	3c
Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo en 1 año	4a) Entre 75% y 100%					
	4b) Entre 50% y 75%					
	4c) Entre 0% y 50%	4c	4c	4c	9	4c
Confiabilidad de los Equipos en 1 año	5a) Entre 80 % y 100%					
	5b) Entre 60% y 80%	5b	5b	5b	9	5b
	5c) Menor a 60%					
ÁREA OPERACIONAL						
Tipo de Conexión	6a) Sistema Paralelo					
	6b) Sistema Combinación	6b	6b	6b	9	6b
	6c) Sistema en Serie					
Seguridad del personal, Equipos y/o Ambiente	7a) Sin Consecuencia					
	7b) Efecto Temporal	7b	7b	7b	9	7b
	7c) Efecto Permanente					
Costo de Producción en 1 año	8a) Igual a la meta					
	8b) Menor a la meta					
	8c) Mayor a la meta	8c	8c	8c	9	8c

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 79: Matriz de Ponderación de los Elementos Evaluados a los Compresores de los Motocompresores K1, K2 y K4

Matriz de Criticidad para los Compresores de los Motocompresores K1, K2 y K4										
Elementos	ÁREA DE MANTENIMIENTO					Puntuación Obtenida	ÁREA OPERACIONAL			Puntuación Obtenida
	Frecuencia de Fallas	TFS	DR	CMP	Confiabilidad		Tipo de Conexión	Costo de Producción	SIHAO	
Cigüeñal	1	2	3	3	2	11	2	2	2	6
Bomba de Aceite	2	2	3	3	2	12	2	2	3	7
Medidor del Nivel de Aceite	1	1	3	3	3	11	2	2	1	5
Ductos Transportadores de Aceite	1	1	3	3	3	11	2	2	1	5
Filtros de Aceite	1	1	3	3	3	11	2	2	2	6
Enfriador de Aceite	2	2	3	3	2	12	2	2	3	7
Anillos	1	2	3	3	2	11	2	2	1	5
Pistones	1	2	3	3	2	11	2	2	1	5
Biela	1	2	3	3	2	11	2	2	1	5
Cojinetes	1	2	3	3	2	11	2	2	1	5
Válvulas de Succión	1	2	3	3	2	11	2	2	1	5

Fuente: El autor (2016)

Continuación, Tabla 4. 79: Matriz de Ponderación de los Elementos Evaluados a los Compresores de los Motocompresores K1, K2 y K4

Matriz de Criticidad para los Compresores de los Motocompresores K1, K2 y K4										
Elementos	ÁREA DE MANTENIMIENTO					Puntuación Obtenida	ÁREA OPERACIONAL			Puntuación Obtenida
	Frecuencia de Fallas	TFS	DR	CMP	Confiabilidad		Tipo de Conexión	Costo de Producción	SIHAO	
Válvulas de Descarga	1	2	3	3	2	11	2	2	1	5
Sensor de Temperatura de Aceite	1	2	3	3	2	11	2	2	1	5
Coupling	2	2	3	3	2	12	2	2	3	7
Caja de Lubricación	2	2	3	3	2	12	2	2	3	7
Sensor de Temperatura de los Cilindros	2	2	3	3	2	12	2	2	3	7
Bomba de Pre-Lubricación	2	2	3	3	2	12	2	2	3	7
Bomba de Post-Lubricación	2	2	3	3	2	12	2	2	3	7

Fuente: El autor (2016)

Una vez obtenido los resultados tanto en el área de mantenimiento como operacional a través de la encuesta realizada aplicando la metodología D.S, se procedió a calcular la criticidad para cada elemento de los compresores de los equipos en estudio.

Tabla 4. 80: Matriz de criticidad para los Cigüeñal

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(6)]*100\% = 69,93$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 81: Matriz de criticidad para la Bomba de Aceite

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 82: Matriz de criticidad para el Medidor de Nivel de Aceite

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad Del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 83: Matriz de criticidad para los Ductos Transportadores de Aceite

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total ≤ 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 84: Matriz de criticidad para los Filtros

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(6)]*100\% = 69,93$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 85: Matriz de criticidad para el Enfriador de Aceite

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 86: Matriz de criticidad para los Anillos

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 87: Matriz de criticidad para los Pistones

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 88: Matriz de criticidad para la Biela

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 89: Matriz de criticidad para los Cojinetes

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 90: Matriz de criticidad para las Válvulas de Succión

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 91: Matriz de criticidad para las Válvulas de Descarga

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 92: Matriz de criticidad para el Sensor de Temperatura de Aceite

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(11) + (0,0555)*(5)]*100\% = 64,38$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	X
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 93: Matriz de criticidad para el Coupling

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 94: Matriz de criticidad para la Caja de Lubricación

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 95: Matriz de criticidad para el Sensor de Temperatura de los Cilindros

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 96: Matriz de criticidad para la Bomba de Pre-Lubricación

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

Tabla 4. 97: Matriz de criticidad para el Sensor la Bomba de Post-Lubricación

Criticidad del Elemento $[(0,0333)*(12) + (0,0555)*(7)]*100\% = 78,81$		
Evaluación Obtenida	Criticidad del Elemento	Marque con X
	Critico (Ponderación total > 70%)	X
	Semi-Critico (Ponderación total \leq 70%)	
	No Critico (Ponderación total < 50%)	

Fuente: Metodología D.S

A continuación en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del análisis de criticidad a cada elemento de los compresores de los motocompresores K1, K2 y K4.

Tabla 4. 98: Resultados del Análisis de Criticidad

Equipo: Compresor	Criticidad del elemento (%)	Evaluación Obtenida
Cigüeñal	69,93	Semi-Critico
Bomba de Aceite	78,81	Critico
Medidor de Nivel de Aceite	64,38	Semi-Critico
Ductos Transportadores de Aceite	64,38	Semi-Critico
Filtros de Aceite	69,93	Semi-Critico
Enfriador de aceite	78,81	Critico
Anillos	64,38	Semi-Critico
Pistones	64,38	Semi-Critico
Biela	64,38	Semi-Critico
Cojinetes	64,38	Semi-Critico
Válvulas de Succión	64,38	Semi-Critico
Válvulas de Descarga	64,38	Semi-Critico
Sensor de Temperatura de Aceite	64,38	Semi-Critico
Coupling	78,81	Critico
Caja de Lubricación	78,81	Critico
Sensor de Temperatura de los Cilindros	78,81	Critico
Bomba de Pre-Lubricación	78,81	Critico
Bomba de Post-Lubricación	78,81	Critico

Fuente: El autor (2016)

El análisis de criticidad realizada a los componentes de los compresores pertenecientes a los motocompresores K1, K2 y K4, arrojaron ocho (7) elementos críticos y once (11) elementos semi-críticos, no se obtuvo ningún elemento como no crítico.

4.3 Analizar los modos y efectos de fallas (AMEF) de los motocompresores K1, K2 y K4 perteneciente a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA gas Anaco estado Anzoátegui

Una vez obtenido los elementos críticos de los motores y compresores, se elaboró un Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) a los elementos que resultaron como críticos. Como primer paso el Equipo Natural de Trabajo (ENT) estableció las funciones y estándares de funcionamiento de los elementos, sus fallas, los modos de falla de cada falla funcional y los efectos que produce cada modo de falla.

4.3.1 Definición de las funciones principales de los elementos críticos

Primeramente se revisaron los manuales del fabricante, luego se hicieron consultas a los operadores y al personal que trabaja con los equipos.

4.3.2 Fallas funcionales

Para identificar los modos y efectos de las fallas, se revisaron manuales de funcionamiento de los equipos en estudio, se consultó y entrevistó al personal de la planta, también se tomó en cuenta bibliografías que hacen referencia a fallas características de estos equipos.

A continuación se muestra las tablas (4.99 a 4.114) del análisis de modo y efecto de fallas, realizadas a los componentes que resultaron críticos pertenecientes a los Motocompresores K1, K2 y K4.

Tabla 4. 99: Información del AMEF Motor, Sistema de lubricación

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)			
Equipo: Motor (K1,K2 y K4) Función:		Sistema: Sistema de Lubricación	Estación: Mata R	Realizado por: ENT	Hoja N°: 1
			Revisado por:	Aprobado por: Moisés Rivas	
COMPONENTE	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLAS	
Bomba de Lubricación	Bompear el aceite por el sistema del motor a un caudal de 25 l/min y una potencia 2,25 hp	A No Bombea el aceite por el sistema del motor a un caudal de 25 l/min y una potencia 2,25 hp	1 Fuga de aceite	Recalentamiento del motor	
			2 Los filtros sucios	Altas temperaturas del motor	
			3 Exceso de aceite en el carter	Parada del motor	
		B Bombea el aceite por el sistema del motor a un caudal menor a 25 l/min	1 Disminución de flujo de aceite	Desplazamiento bajo de partículas de zonas de fricción	
			2 Desgaste en cojinetes	Ocasiona recalentamiento y vibraciones en el equipo.	
			3 Baja presión de aceite	Pérdida de potencia	

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 100: Información del AMEF Motor, Sistema de lubricación

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)			
Equipo: Motor (K1,K2 y K4) Función:		Sistema: Sistema de Lubricación	Estación: Mata R	Realizado por: ENT	Hoja N°: 2
			Revisado por:	Aprobado por: Moisés Rivas	
COMPONENTE	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLAS
Bomba de pre-Lubricación	Bombear el aceite por el sistema del motor a un caudal de 20 l/min y una potencia 2,25 hp	A No Bombea el aceite por el sistema del motor a un caudal de 20 l/min y una potencia 2,25 hp	1 Fuga de aceite	Recalentamiento del motor	
			2 Baja presión de aceite	Perdida de potencia	
			3 Los filtros sucios	Altas temperaturas del motor	
		B El aceite circula a un caudal menor de 20 l/min	1 Desgaste de zapatas	Dificulta de salidas de partículas en zonas de fricción	
			2 Taponamiento	Posibles desgaste de las partes móviles del motor	
			3 Aumento de temperatura	Ruidos y vibraciones lo cual puede ocasionar la parada el equipo	

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 101: Información del AMEF Motor,Sistema de Lubricación

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)			
Equipo: Motor (K1,K2 y K4) Función:		Sistema: Bomba de Lubricación	Estación: Mata R	Realizado por: ENT	Hoja N°: 3
			Revisado por:	Aprobado por: Moisés Rivas	
COMPONENTE	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLAS
Bomba de post-Lubricación	Bombear el aceite por el sistema del motor a un caudal de 20 l/min y una potencia 2,25 hp	A No Bombea el aceite por el sistema del motor a un caudal de 20 l/min y una potencia 2,25 hp	1 Fuga de aceite	Recalentamiento del motor	
			2 Baja presión de aceite	No mantiene lubricado los componentes del motor	
			3 Los filtros sucios	Altas temperaturas del motor	
			4 Taponamiento	Posible desgaste de las partes móviles del motor	
		B Bombea el aceite del motor a un caudal menor a 20 l/min	1 Desgaste de bocinas	Dificulta de salidas de partículas en zonas de fricción	
			2 Aumento de temperatura	Genera ruidos y vibraciones lo cual puede ocasionar la parada del equipo	

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 102: Información del AMEF Motor, Sistema de Lubricación

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)				
Equipo: Motor (K1,K2 y K4) Función:		Sistema: Sistema de Lubricación	Estación: Mata R		Realizado por: ENT	Hoja N°: 4
			Revisado por:		Aprobado por: Moisés Rivas	
COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLAS	
Bomba de Aceite	Bompear el aceite por el sistema del motor a un caudal de 30 l/min y una potencia 2,25 hp	A No Bombea el aceite por el sistema del motor a un caudal de 30 l/min y una potencia 2,25 hp	1 Fuga de aceite	Recalentamiento del motor		
			2 Filtros sucios	Altas temperaturas en el motor		
			3 Baja presión	A falta de lubricación se realiza la parada del motor		
		B El aceite circula a un caudal menor de 30 l/min	1 Desgaste de cojinetes	Desplazamiento bajo de las partículas en zonas de fricción		
			2 Exceso de aceite en el carter	Parada del motor		
			3 Falta de lubricación	Alta temperatura de afecta la composición física – mecánica del lubricante		

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 103: Información del AMEF Motor, Sistema de Ignicion

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)			
Equipo: Motor (K1,K2 y K4) Función:		Sistema: Sistema de Ignicion	Estación: Mata R	Realizado por: ENT	Hoja N°: 5
			Revisado por:	Aprobado por: Moisés Rivas	
COMPONENTE	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO FALLA	DE	EFECTO DE FALLAS
Bobina	Envía corriente a las bujías del motor a una intensidad de 35mv	A No envía corriente a las bujías del motor a una intensidad de 35mv	1	No hay chispa	El motor no arranca
		B Envía corriente con una intensidad menor a 35 mv	2	Cables primarios dañados	Perdida de la carga

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 104: Información del AMEF Motor, Sistema de Ignición

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)				
Equipo: Motor (K1,K2 y K4)		Sistema: Sistema de Enfriamiento	Estación: Mata R		Realizado por: ENT	Hoja N°: 7
Función:			Revisado por:		Aprobado por: Moisés Rivas	
COMPONENTE	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLAS	
Radiador	Enfría el refrigerante que circula por el sistema de enfriamiento del motor a una temperatura de 165° F	A No enfría el refrigerante a la temperatura de 165° F	1	Tubos dañados	Sobrecalentamiento del motor	
			2	Aletas obstruidas	Parada del motor	
		B No hay paso de refrigerentes hacia las camaras de motor	1	Tubos aletados obstruidos	No permite enfriamiento del agua en el motor	
			2	Fuga de agua	Altas temperaturas	

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 105: Información del AMEF Motor, Sistema de Enfriamiento

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)				
Equipo: Motor (K1,K2 y K4)		Sistema: Sistema de Ignición	Estación: Mata R		Realizado por: ENT	Hoja N°: 6
Función:			Revisado por:		Aprobado por: Moisés Rivas	
COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLAS	
Bujias	Genera la chispa de encendido del motor a 35 mil V	A	No genera la chispa de ignición	1	Desbalanceo de potencia	Falla en el arranque
		B	Arco deficiente	2	Combustión incompleta	Perdida de potencia

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 106: Información del AMEF Motor, Sistema de Refrigeración

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)				
		Equipo: Motor (K1,K2 y K4) Función:	Sistema: Sistema de Refrigeración	Estación: Mata R	Realizado por: ENT	Hoja N°: 8
			Revisado por:	Aprobado por: Moisés Rivas		
COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFEECTO DE FALLAS	
Bomba de Agua	Hace circular el liquido refrigerante y garantizar el flujo correcto por el sistema del motor a un caudal de 30 min/ l y una potencia de 2,25 hp	A No hay circulación del refrigerante por el sistema del motor a un caudal de 30 min/l y una potencia de 2,25	1	Bajo nivel de liquido	Recalentamiento del motor	
			2	Eje roto	Parada del motor	
			3	Fuga por el sello	Perdida de fluido de enfriamiento	
		B La circulación del refrigerante por el sistema del motor es menor a un caudal de 30 min/l	1	Alta temperatura de agua	Ruidos y vibraciones lo cual puede ocasionar la parada el equipo	
			2	Cadenas dañadas	Vibraciones y ruidos	

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 107: Información del AMEF Compresor, Sistema de Lubricación

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)				
Equipo: Compresor (K1,K2 y K4) Función:		Sistema: Sistema de Lubricación		Estación: Mata R	Realizado por: ENT	Hoja N°: 9
				Revisado por:	Aprobado por: Moisés Rivas	
COMPONENTE	FUNCION	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLAS
Bomba de aceite (estándar)	Efectúa el suministro del aceite por el sistema del motor a un caudal de 30 l/ min y una potencia de 300 hp	A	No suministra el aceite por el sistema del motor a un caudal de 30 l/ min y una potencia de 300 hp	1	Fuga de aceite	Recalentamiento del motor
				2	Filtros sucios	Altas temperaturas en el motor
				3	Exceso de aceite en el cárter	Parada del motor por baja presión del aceite
		B	Aceite suministrado que pasa por sistema del motor esta a una potencia menor de 300hp	1	Alta temperatura de aceite	Desgaste excesivo de las partes móviles del compresor
				2	Baja presión de aceite	Desplazamiento bajo de partículas de zonas de fricción

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 108: Información del AMEF Compresor, Sistema de Enfriamiento

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)				
		Equipo: Compresor (K1,K2 y K4) Función:	Sistema: Sistema de Enfriamiento	Estación: Mata R	Realizado por: ENT	Hoja N°: 10
			Revisado por:	Aprobado por: Moisés Rivas		
COMPONENTE	FUNCION	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLAS	
Enfriador de Aceite	Enfría el aceite que circula por el sistema del compresor a través del intercambiador de calor	A	No enfría el aceite que circula por el sistema de lubricación a través del intercambiador de temperatura	1	Aceite emulsionado	Alta fricción de elementos mecánicos
				2	Tubos de circulación de aceite rotos	Baja presión de aceite
				3	Camisa de circulación de agua obstruida	Disparo de la alarma / parada del compresor por alta temperatura de aceite

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 109: Información del AMEF Compresor, Sistema de Lubricación

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)				
Equipo: Compresor (K1,K2 y K4) Función:		Sistema: Sistema de Lubricación		Estación: Mata R	Realizado por: Ariana Pérez	Hoja N°: 11
				Revisado por:	Aprobado por: Moisés Rivas	
COMPONENTE	FUNCION	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLAS	
Sensor de temperatura de Aceite	Registra la temperatura de trabajo del aceite a 180° F	A	No genera la lectura de la temperatura del sistema de lubricación	1	Conexiones flojas o termo pozo sucio	Problemas para el arranque del compresor
				2	Aguja magnéticas averiada	Disparo de la alarma / parada del compresor
		B	Genera una temperatura errónea menor o mayor a 180° F	1	Fuente de potencia dañada	Desgastes acelerados de las partes mecánicas (COJINETES, ZAPATAS)
				2	Cableado roto o dañado	Sobrecalentamiento del compresor

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 110: Información del AMEF Compresor, Sistema de lubricación

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)				
		Equipo: Compresor (K1,K2 y K4) Función:	Sistema: Sistema de lubricación	Estación: Mata R	Realizado por: Ariana Pérez	Hoja N°: 12
			Revisado por:	Aprobado por: Moisés Rivas		
COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLAS	
Bomba de pre-Lubricación	Bombee el aceite a los componentes del compresor antes del encendido a un caudal de 30 min/l y una potencia de 3 hp	A	1	Fuga de aceite	Sobrecalentamiento del compresor	
			2	Filtros sucios	Altas temperaturas	
		B	1	Temperatura acelerada	Parada del compresor	
			2	Taponamiento	Posible desgaste de los componentes del compresor por arrancadas en seco	

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 111: Información del AMEF Compresor. Sistema de Tracción thomas

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)				
		Equipo: Compresor (K1,K2 y K4) Función:	Sistema: Sistema de Tracción	Estación: Mata R	Realizado por: Ariana Pérez	Hoja N°: 13
			Revisado por:	Aprobado por: Moisés Rivas		
COMPONENTE	FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFEECTO DE FALLAS	
Coupling flexible thomas	Conecta y transmite potencia (Energía mecánica) al compresor a una potencia de 1480hp	A No transmite energía mecánica al compresor a una potencia de 1480hp	1	Tornillos del coupling flojo	Vibración excesiva	
			2	Mala alineación de ejes	Perdida de potencia del compresor	
			3	Laminas rotas	Parada del compresor	

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 112: Información del AMEF Compresor, Sistema de lubricación

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)						
Equipo: Compresor (K1,K2 y K4) Función:		Sistema: Sistema de Lubricación		Estación: Mata R	Realizado por: Ariana Pérez	Hoja N°: 14		
				Revisado por:	Aprobado por: Moisés Rivas			
COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFEECTO DE FALLAS		
Bomba de post-Lubricación	Bombea el aceite a los componentes del compresor después de apagado el equipo a un caudal de 30 l/min y una potencia de 3 hp	A	No bombea el aceite a los componentes del compresor a un caudal de 30 l/min y una potencia de 3 hp	1	Fuga de aceite	Sobrecalentamiento del compresor		
					2	Filtros sucios	Altas temperaturas	
		B	Bombea el aceite a los componentes del motor a un caudal menor de 30 l/min			1	Temperatura acelerada	desgastes de las partes del compresor
						2	Baja presión de aceite	Parada del compresor

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 113: Información del AMEF Compresor, Sistema de Lubricación

		Hoja de Información Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)				
		Equipo: Compresor (K1,K2 y K4) Función:	Sistema: Sistema de Lubricación	Estación: Mata R	Realizado por: Ariana Pérez	Hoja N°: 15
			Revisado por:	Aprobado por: Moisés Rivas		
COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLAS	
Caja de Lubricación	Se encarga de suministrar el aceite a los anillos del pistón compresor y de los anillos de la caja de parking	A	No suministra el aceite por lubricación forzada a los anillos de packing y anillos de pistón compresor	1	bajo nivel de aceite	El compresor no arranca
				2	Bombín dañado	Parada del motor
				3	Caja de lubricación rota	Desgaste de los anillos del compresor y parking

Fuente: El autor (2016)

En la siguiente tabla 4.116 se muestra el resumen del Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), en cuanto a la cantidad de funciones, fallas funcionales y modos de fallas considerados en los elementos críticos de motores y compresores en estudio.

Tabla 4. 114: Resultado del Análisis de Modos y Efectos de Fallas de los motocompresores K1, K2 Y K4

EQUIPO	FUNCIONES	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLAS
MOTOR	8	16	37
COMPRESOR	7	11	25

Fuente: El autor (2016)

En la tabla 4.116 se obtienen los resultados mostrados los cuales serian para funciones del motor (8) , falla funcional (16) y modo de fallas (37) y el compresor se tendrían funciones (7) , falla funcional (11) y modo de fallas (25)

4.4 Definición de las tareas de mantenimiento mediante la aplicación del árbol lógico de decisión (ALD) a los motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui

El último paso de la metodología del MCC comprende el análisis y la aplicación del Árbol Lógico de Decisiones (ALD); (Ver Anexo B) según la norma SAE- JA 1012. Tomando como insumo el Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF).

4.4.1 Metodología para la aplicación del ALD

Primeramente se analizaron cada uno de los modos de falla registrados en la hoja de información de cada elemento para los equipos en estudio (motocompresores), luego se hicieron las preguntas correspondientes del ALD, seguidamente se llenaron las hojas de decisión, con los resultados de la evaluación de consecuencias de cada modo de falla analizado, según corresponde con nomenclatura del ALD, después de hecho esto y con la colaboración de los integrantes del Equipo Natural de Trabajo (ENT), se determinaron las tareas propuestas, el personal que será encargado de ejecutar dichas tareas, y la frecuencia inicial para cada tarea propuesta, esto último implicó tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante de los equipos y la experiencia acumulada por el personal que labora en la planta.

Finalmente se vaciaron los resultados de la evaluación de las consecuencias, las tareas propuestas, sus frecuencias y los responsables de su ejecución en la Hoja de Decisión de elaboración propia correspondiente a cada elemento. La cual se describe a continuación:

- Referencia de falla: en esta sección se indica la información del AMEF para la identificación de la función (F) del equipo a estudiar, la falla funcional (FF) y el modo de falla (MF) que se estudia.
- Tipo de Falla: en esta sección se indica el tipo de modo de falla, si el modo de falla es evidente se identifica en la columna de las letras ABCD, las cuales indican el ramal de consecuencias evidentes del diagrama de decisión. Si el modo de falla es no evidente u oculto se señala en la columna de letras AEFG que indica el ramal de las consecuencias ocultas.
- Evaluación de las consecuencias: en esta sección se registra las respuestas a las interrogantes que propone el ALD, sobre las consecuencias que pueda tener el modo de falla analizado sobre la seguridad del personal (S), el medio

ambiente (A), operación (O), y las no operacionales (NO).

- Tipo de tarea o estrategia de mantenimiento: en esta sección se indica las actividades de mantenimiento a realizar para atacar el modo de falla estudiado, siguiendo la lógica del diagrama de decisión, las actividades de mantenimiento se identifican con las iniciales BC (Basada en condición). BT (Basada en tiempo), DT (Detección de falla), OT (Otras). Las tareas basadas en tiempo (BT), comprenden las actividades de reacondicionamiento cíclico y sustitución cíclica, mientras que las tareas identificadas como (OT) abarca aquellas actividades como rediseño combinación de tareas y mantenimiento no programado.

Para expresar las respuestas del diagrama de decisión en la hoja de decisiones se procedió a marcar la columna con la letra (S), para la respuesta afirmativa y con la letra (N), para las respuestas negativas. En la hoja de decisiones también se indicó una descripción de la tarea y la disciplina o área encargada de la realización de dicha tarea. La frecuencia inicial se tomó con base a la experiencia del personal que labora en la planta y los manuales de los fabricantes.

Tabla 4. 115: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bomba de Lubricación

Componentes		F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable				
									S1	S2	S3	O1	O3	O3				N1	N2	N3	H4
Bomba de Lubricación		1	A	1	S	N	N	S	S								Tarea basada en condición: reparar fuga de aceite en la bomba de lubricación	Eventual	1 Mecanico 1 Ayudante		
				2	S	N	N	S	N	S								Tarea de Reacondicionamiento Cíclico: Inspeccionar y Limpiar filtros	Trimestral	1 Mecanico 1 Ayudante	
				3	N					S								Tarea basada en condición: verificar que no haya exceso de aceite en el carter	Diario	1 Mecanico	
		1	B	1	S	N	N	S	S									Tarea basada en condición: chequear el flujo de aceite	Diario	1 Mecanico	
				2	N				N	N	S								Tarea de sustitución cíclica: reemplazar cojinetes	Anual	2 Mecanicos 1 Ayudante
				3	S	N	N	S	S										Tarea basada en condición: chequear la perdida de aceite	Diario	1 Mecanico 1 Ayudante

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 116: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bomba de Pre-Lubricacion

		HOJA DE DECISIÓN ALD																	
Equipo: Motor								Función: Bombear el aceite						Sistema: Compresión				Hoja N°: 2	
Elaborado por: ENT								Revisado por: Moisés Rivas						Fecha:					
Componentes	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable			
	S1	S2	S3	H4	H5	H6													
	O1	O3	O3																
	N1	N2	N3																
Bomba de pre-Lubricación	1	A	1	S	N	N	S	S								Tarea basada en condición: Inspeccionar y reparar fuga de aceite en la bomba de pre-lubricacion	Eventual	1 Mecanico 1 Ayudante	
			2	S	N	N	S	N	S							Tarea de reacondicionamiento cíclico: Revisar y reparar baja presion de aceite en la bomba	Eventual	1 Mecanico 1 Ayudante	
			3	S	N	N	S	N	N	S						Tarea de reacondicionamiento cíclico: Reemplazar los filtros en la bomba de pre-lubricacion	Semestral	1 Mecanico 1 Ayudante	
	2	B	1	N				S								Tarea basada en condición: chequear y reparar zapatas del motor	Anual	1 Mecanico 1 Ayudante	
			2	S	N	N	S	S								Tarea basada en condición: Revisar el taponamiento de las partes móviles del motor	Mensual	1 Mecanico 1 Ayudante	
			3	N				N	S							Tarea de reacondicionaminto cíclico: Revisar los parámetros para evitar altas temperaturas	Diario	1 Mecanico 1 Ayudante	

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 117: Hoja de Decisión del ALD para los componentes K1,K2 y K4 Bomba de Post- Lubricación

Componentes		F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable
									S1	S2	S3	O1	O3	O3			
Bomba de post-Lubricación	1	A	1	S	N	N	S	S							Tarea basada en condición: reparar fuga de aceite en la bomba de post-lubricacion	Eventual	1 Mecanico 1 Ayudante
			2	S	N	N	S	N	S						Tarea de Reacondicionamiento Cíclico: Revisar y reparar baja presion de aceite en la bomba de post-lubricacion	Eventual	1 Mecanico 1 Ayudante
			3	S	N	N	S	N	S						Tarea de Reacondicionamiento Cíclico: Inspeccionar y Limpiar filtros del motor	Semestral	1 Mecanico 1 Ayudante
			4	S	N	N	S	S							Tarea basada en condición: Inspeccionar los taponamientos para evitar parada del motor	Mensual	1 Mecanico 1 Ayudante
		B	1	N				S							Tarea basada en condición: chequear las bocinas para evitar posibles desgastes	Semestral	2 Mecanico 1 Ayudante
			2	N				N	S						Tarea de reacondicionamiento cíclico: revisar los intervalos para evitar altas temperaturas	Diario	1 Mecanico 1 Ayudante

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 118: Hoja de Decisión del ALD para los componentes K1,K2 y K4 Bomba de Aceite

		HOJA DE DECISIÓN ALD															
Equipo: Motor								Función: Bombar el aceite				Sistema: Compresión				Hoja N°: 4	
Elaborado por: ENT								Revisado por: Moisés Rivas						Fecha:			
Componentes	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable	
								S1	S2	S3							
								O1	O3	O3							
								N1	N2	N3	H4	H4	H6				
Bomba de Aceite	1	A	1	S	N	N	S	S						Tarea basada en condición: chequear fuga de aceite para evitar recalentamiento del motor	Diario	1 Mecanico 1 Ayudante	
			2	S	N	N	S	N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico: Inspeccionar y reemplazar filtros	Semestral	1 Mecanico 1 Ayudante	
			3	S	N	N	S	N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico: revisar altas temperaturas evitando baja presión de aceite por baja viscosidad	semestral	2 Mecanico 1 Ayudante	
		B	1	N				S						Tarea basada en reacondicionamiento cíclico: Chequear los cojinetes para evitar desgastes de los mismos	Semestral	2 Mecanico 1 Ayudante	
			2	N				N	S					Tarea de reacondicionamiento cíclico: Inspeccionar y mantener el nivel de aceite indicado	Diario	1 Mecanico 1 Ayudante	
			3	S	N	N	S	S						Tarea basada de condición: inspeccionar el lubricante para así evitar parada del motor	Trimestral	1 Mecanico 1 Ayudante	

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 119: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bobina

Componentes		F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable	
									S1	S2	S3	O1	O3	O3				N1
Elaborado por: ENT									Revisado por: Moisés Rivas						Fecha:			
Equipo: Motor		Función: Envía corriente						Sistema: Compresión				Hoja N°: 5						
Bobina		1	A	1	S	N	N	S	S							Tarea basada en condición: chequear y revisar la corriente de las bobinas	Mensual	1 Instrumentista 1 Ayudante
Bobina			B	1	S	N	N	S	S							Tarea basada en condición: Revisar y inspeccionar los cables de la bobina	Mensual	1 Instrumentista 1 Ayudante

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.120: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bujías

		HOJA DE DECISIÓN ALD															
Equipo: Motor								Función: Genera la chispa de encendido del motor				Sistema: Compresión				Hoja N°: 6	
Elaborado por: ENT								Revisado por: Moisés Rivas						Fecha:			
Componentes	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable	
							S1	S2	S3								
							O1	O3	O3								
							N1	N2	N3	H4	H4	H6					
Bujías	1	A	1	S	N	N	S	S							Tarea basada en condición: inspeccionar el desbalance de la potencia para evitar falla en el arranque	Mensual	1 Instrumentista 1 Ayudante
		B	1	S	N	N	S	S							Tarea basada en condición: Revisar bujías para evitar perdida de potencia	Mensual	1 Instrumentista 1 Ayudante

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 121: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Radiador

		HOJA DE DECISIÓN ALD															
Equipo: Motor								Función: Enfria el refrigerante del sistema				Sistema: Compresión				Hoja N°: 7	
Elaborado por: ENT								Revisado por: Moisés Rivas						Fecha:			
Componentes	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable	
								S1	S2	S3							
								O1	O3	O3							
								N1	N2	N3	H4	H4	H6				
Radiador	1	A	1	N				N	S						Tarea de Reacondicionamiento Cíclico: revisar y medir presión de agua antes después del radiador	Diario	1 Mecánico 1 Ayudante
			2	S	N	N	S	S							Tarea basada en condición: Revisar alas obstruidas para evitar parada del motor	Trimestral	1 Mecánico 1 Ayudante
	2	B	1	S	N	N	S	S							Tarea basada en condición: revisar conexiones del sistema de enfriamiento evitando parada de la unidad	Trimestral	1 Mecánico 1 Ayudante
			2	N				N	S						Tarea de reacondicionamiento cíclico; revisar y corregir fugas por sellos de la bomba y componentes	Diario	1 Mecánico 1 Ayudante

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.122: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bomba de Agua

		HOJA DE DECISIÓN ALD															
Equipo: Motor								Función: Bombeo del liquido por el sistema				Sistema: Compresión				Hoja N°: 8	
Elaborado por: ENT								Revisado por: Moisés Rivas						Fecha:			
Componentes	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable	
								S1	S2	S3							
								O1	O3	O3							
								N1	N2	N3	H4	H4	H6				
Bomba de Agua	1	A	1	S	N	N	S	N	S						Tarea de Reacondicionamiento Cíclico: Inspeccionar el nivel de liquido refrigerante	Diario	1 Mecanico 1 Ayudante
			2	S	N	N	S	S							Tarea basada en condicion: revisar y reparar los ejes dañados para así tener mas rendimiento del motor	Eventual	1 Mecanico 1 Ayudante
			3	S	S	S	S	S							Tarea basada en condicion: revisar fuga externa de la bomba	Diario	1 Mecanico
	2	B	1	S	N	N	S	S							Tarea basada en condicion: revisar parametros de funcionamiento	Diario	1 Mecanico
			2	N				N	S						Tarea de reacondicionamiento ciclico: reemplazo de las cadenas	Triannual	2 Mecanico 1 Ayudante

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 123: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bomba de Aceite (estandar)

Componentes		F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable		
									S1	S2	S3	O1	O3	O3				N1	N2
Bomba de Aceite (estándar)		1	A	1	S	N	N	S	S							Tarea basada en condición: reparar fuga de aceite para evitar el recalentamiento del motor	Eventual	2 Mecanico 1 Ayudante	
				2	S	N	N	S	N	S							Tarea de Reacondicionamiento Cíclico: Inspeccionar y Limpiar filtros	Semestral	2 Mecanico 1 Ayudante
				3	N					N	S						Tarea de reacondicionamiento cíclico: revisar nivel de aceite evitando parada del motor por baja presión de aceite	Diario	1Mecanico 1 Ayudante
		2	B	1	S	N	S	S	N	S							Tarea de reacondicionamiento cíclico: inspeccionar parámetros de temperatura que generan desgastes de las partes móviles	Diario	1 Mecanico 1 Ayudante
				2	S	N	N	S	N	S							Tarea de reacondicionamiento cíclico: revisar parámetros de presión evitando desgastes de partículas móviles	Semestral	2 Mecanico 2 Ayudante

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 124: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Enfriador de Aceite

		HOJA DE DECISIÓN ALD															
Equipo: Compresor								Función: Enfría el aceite que circula por el sistema				Sistema: Compresión				Hoja N°: 10	
Elaborado por: ENT								Revisado por: Moisés Rivas						Fecha:			
Componentes	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable	
								S1	S2	S3							
								O1	O3	O3							
								N1	N2	N3	H4	H4	H6				
Enfriador de Aceite	1	A	1	S	N	N	S	S						Tarea basada en condición: correccion de causa y Reemplazo de aceite	Eventual	1 Mecanico 1 Ayudante	
			2	S	N	N	S	S						Tarea basada en condicion: Correccion por taponamiento de tubos rotos	Eventual	2 Mecanico 1 Ayudante	
			3	N				N	S						Tarea de reacondicionamiento ciclico: limpieza y desplazamientos de sedimentos	Semestral	2 Mecanico 1 Ayudante

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 125: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Sensor de Temperatura

		HOJA DE DECISIÓN ALD																
Equipo: Compresor								Función: Registra la temperatura del aceite				Sistema: Compresión				Hoja N°: 11		
Elaborado por: ENT								Revisado por: Moisés Rivas						Fecha:				
Componentes	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable		
								S1	S2	S3								
								O1	O3	O3								
								N1	N2	N3	H4	H4	H6					
Sensor de Temperatura de Aceite	1	A	1	S	N	N	S	S								Tarea basada en condición: revisar conexiones del sensor al sistema de lubricacion	Semanal	1 Instrumentista 1 Ayudante
			2	S	N	N	S	N	S							Tarea de Reacondicionamiento Cíclico: revisar y inspeccionar las agujas magnéticas del sensor evitando posibles paradas	Semanal	1 Instrumentista 1 Ayudante
	2	B	1	S	N	N	S	N	S							Tarea de reacondicionamiento cíclico: realizar mantenimiento de carga	Semestral	1 Instrumentista 1 Ayudante
			2	S	N	N	S	S								Tarea basada en condición: chequear Y reparar cableado dañado evitando sobrecalentamiento del compresor	Mensual	1 Instrumentista 1 Ayudante

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.126: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bomba de Lubricación

		HOJA DE DECISIÓN ALD															
Equipo: Compresor								Función: bombea el aceite por los componentes				Sistema: Compresión				Hoja N°: 12	
Elaborado por: ENT								Revisado por: Moisés Rivas						Fecha:			
Componentes	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable	
								S1	S2	S3							
								O1	O3	O3							
								N1	N2	N3	H4	H4	H6				
Bomba de pre-Lubricación	1	A	1	S	N	N	S	S							Tarea basada en condición reparar fuga de aceite en la bomba de pre-lubricación:	Eventual	1 Mecanico
			2	S	N	N	S	N	S						Tarea de Reacondicionamiento Cíclico: Inspeccionar y Limpiar filtros	Semestral	1 Mecanico 1 Ayudante
	2	B	1	S	N	N	S	N	S						Tarea de reacondicionamiento cíclico: medir diferenciasles de temperatura de entrada y salida del enfriador de aceite	Diario	1 Mecanico
			2	S	N	N	S	S							Tarea basada en condición: Inspeccionar los taponamientos para evitar parada del compresor	Trimestral	2 Mecanicos 2 Ayudantes

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.127: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Coupling Flexible Thomas

		HOJA DE DECISIÓN ALD															
Equipo: Compresor								Función: Transmite potencia				Sistema: Compresión				Hoja N°: 13	
Elaborado por: ENT								Revisado por: Moisés Rivas						Fecha:			
Componentes	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable	
	S1	S2	S3														
	O1	O3	O3														
	N1	N2	N3	H4	H4	H6											
Coupling Flexible Thomas	1	A	1	S	N	N	S	S						Tarea basada en condición: ajustar tornillos flojos que pueden generar vibraciones	Trimestral	2 Mecanicos 2 Ayudantes	
			2	N				S						Tarea basada en condición: revisar y reparar alineación de ejes que afectan la potencia del compresor	Anual	2 Mecanicos 2 Ayudantes	
			3	S	N	N	S	S						Tarea basada en condición: reemplazar laminadas dañadas evitando vibraciones y desalineacion	Eventual	2 Mecanicos 3 Ayudantes	

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4.128: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Bomba de Post-Lubricacion

Componentes		F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable										
									S1	S2	S3	O1	O3	O3				H4	H4	H6							
Elaborado por: ENT									Revisado por: Moisés Rivas						Fecha:												
Bomba de post-Lubricación									1	A	1	S	N	N	S	S							Tarea basada en condición: revisar y reparar fuga de aceite de la bomba de post-lubricacion evitar sobrecalentamiento del compresor	Evetual	1 Mecanico 1 Ayudante		
											2	S	N	N	S	N	S								Tarea de Reacondicionamiento Cíclico: Inspeccionar y Limpiar filtros	Semestral	1 Mecanico 1 Ayudante
									2	B	1	S	N	N	S	N	S								Tarea de reacondicionamiento cíclico: inspeccionar los parámetros indicados evitando desgastes de partes mecánicas	Semestral	2 Mecanicos 1 Ayudante
											2	S	N	N	S	S									Tarea basada en condición: revisar taponamiento evitando parada del compresor	Semestral	2 Mecanicos 1 Ayudante

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

Tabla 4. 129: Hoja de decisión del ALD para los motores K1, K2 y K4 Caja de Lubricación

		HOJA DE DECISIÓN ALD															
Equipo: Compresor								Función: Suministra el aceite a los anillos				Sistema: Compresión				Hoja N°: 15	
Elaborado por: ENT								Revisado por: Moisés Rivas						Fecha:			
Componentes	F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3	Acciones "A Falta de"			Actividad de Mantenimiento	Frecuencia	Responsable	
							S1	S2	S3								
							O1	O3	O3								
							N1	N2	N3	H4	H4	H6					
Caja de Lubricación	1	A	1	S	N	N	S	N	S							Tarea de Reacondicionamiento Cíclico: Inspeccionar y completar nivel de aceite de la caja Diario	1 Mecanico 1 Ayudante
			2	S	N	N	S	S								Tarea basada en condicion: reemplazar el bombin o lubricador Eventual	1 Mecanico 1 Ayudante
			3	S	N	N	S	S								Tarea basada en condicion: reemplazo de caja lubricadora Eventual	1 Mecanico 1 Ayudante

F: Función., FF: Falla Funcional, MF: Modo de Falla, H: Falla Evidente, S: Seguridad, E: Ambiente, O: Operacional. H,S,O,E (1): Tarea a Condición . H,S,O,E (2): Tarea de Reacondicionamiento Cíclico. H,S,O,E (3): Tarea de Sustitución Cíclica. H4: Búsqueda de Falla.H5: Ningún Mantenimiento Preventivo. S4: Rediseño.

Fuente: El autor (2016)

4.4.2 Resultados de la aplicación del árbol lógico de decisión

Luego de ser completada la aplicación del Árbol Lógico de Decisiones (ALD), y los resultados vaciados en la Hoja de Decisión correspondiente a cada elemento de los motores y compresores K1, K2 y K4, estos se presentaron ante el Equipo Natural de Trabajo (ENT) para su revisión y evaluación. Las siguientes tablas y figuras muestran los resultados obtenidos, luego de culminado la Metodología del MCC. En la Tabla No 131 se identifica cada elemento crítico con sus respectivas funciones, fallas evidentes, fallas ocultas, y modos de fallas, seguidamente se hace la representación de la distribución porcentual correspondiente a los datos de la tabla ya mencionada, en el grafico 1

Tabla 4. 130: Funciones, Fallas Funcionales y Modos de fallas de los Motocompresores K1, K2 Y K4

EQUIPO: Motor Caterpillar Modelo 3516			
SISTEMA: MOTOR Capacidad de manejo de Gas a 17 MMPCED a 60PSI			
Elementos	Funcion	Falla Funcional	Modo de Fallas
Bomba de Lubricación	1	2	6
Bomba de Pre-Lubricación	1	2	6
Bomba de Post-Lubricación	1	2	6
Bomba de Aceite	1	2	6
Bobina	1	2	2
Bujías	1	2	2
Radiador	1	2	4
Bomba de Agua	1	2	5
TOTAL	8	16	37

Fuente: El autor 2016

Continuación Tabla 4. 131: Funciones, Fallas Funcionales y Modos de fallas de los Motocompresores K1, K2 Y K4

EQUIPO: Motor Caterpillar Modelo 3516			
Sistema: Compresor Ariel JGT-4 (velocidad angular de diseño de 1.000 rpm con una potencia de motor de 1.480 hp)			
Elementos	Función	Falla Funcional	Modos de Fallas
Bomba de Aceite	1	2	5
Enfriador de Aceite	1	1	3
Coupling	1	1	2
Caja de Lubricación	1	1	3
Sensor de Temperatura de Aceite	1	2	4
Bomba de Pre-Lubricación	1	2	4
Bomba de Post-Lubricación	1	2	4
TOTAL	7	11	25

Fuente: El autor 2016

A continuación se muestra la Gráfico 1 Distribución Porcentual de las Fallas Funcionales y Modo de Fallas de los elementos de los motores de los Motocompresores K1, K2 y K4.

Función	Falla Funcional	Modo de Fallas
8	16	37

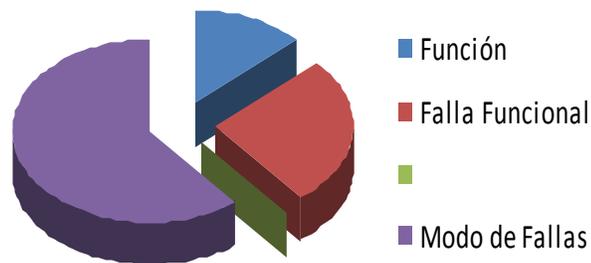


Gráfico 1: Distribución Porcentual de las Funciones, Fallas Funcionales y Modos de Fallas de los Elementos de los Motores Caterpillar 3516 K1, K2 y K4
Fuente: El autor 2016

La gráfica anterior muestra que existe una desigualdad en porcentaje entre Función, las Fallas Funcionales y Modo de Fallas para los motocompresores K1, K2 y K4. Lo que nos evidencia con facilidad que en los elementos críticos de ambos equipos tienen una función de un 8%, fallas funcionales un 16% y 37% de Modos fallas respectivamente.

Función	Falla Funcional	Modo de Fallas
7	11	25

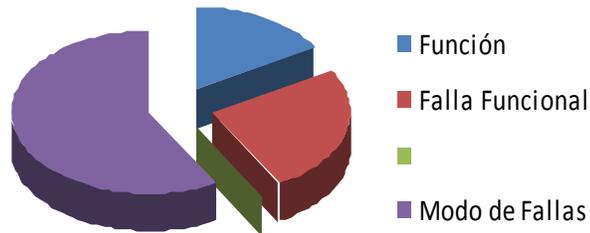


Gráfico 2: Distribución Porcentual de las Funciones, Fallas Funcionales y Modos de Fallas de los elementos del compresor ARIEL JGT-4 de los Motocompresores K1, K2 y K4

Fuente: El autor 2016

En el gráfico anterior nos muestra que de acuerdo al tipo de tarea de mantenimiento, los Modos de Fallas representan la mayor parte con un 25% mientras que las Funciones representan solo un 7% y Fallas Funcionales con un 11%

Función	Falla Funcional	Modo de Fallas
15	27	62

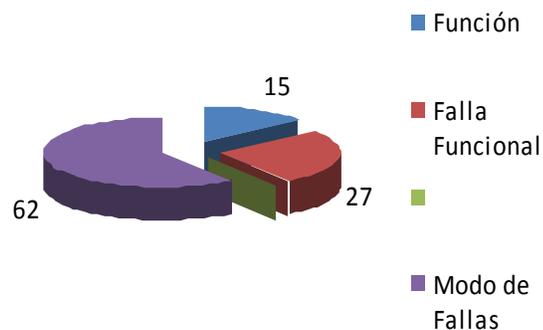


Gráfico 3: Distribución porcentual de la cantidad de Funciones, Fallas Funcionales y Modos de Fallas de los Motocompresores K1, K2 Y K4

Fuente: El autor 2016

En la gráfica se puede visualizar claramente que la mayor cantidad de tareas de mantenimiento fueron obtenidas por los modos de fallas arrojando así un 62%, las fallas funcionales con un 27%, obteniendo de igual manera las funciones solo un 15%.

4.5 Proponer acciones de mantenimiento con sus frecuencias de aplicación para los componentes críticos de los motocompresores K1, K2 y K4 pertenecientes a la planta compresora Mata R fase I de PDVSA Gas Anaco estado Anzoátegui

Una vez aplicado el AMEF y el ALD se indicaron las actividades de mantenimiento preventivo para disminuir las paradas imprevistas en los equipos motocompresores, garantizando su operatividad y disponibilidad.

Fue necesario resumir toda la información obtenida del AMEF y el ALD para obtener los planes de mantenimiento, luego se agruparon las actividades con el fin de obtener eficacia a la hora de ejecutar el mantenimiento preventivo a los equipos motocompresores.



**GERENCIA DE MANTENIMIENTO
PLANES DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO
MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4**

**CÓDIGO: MTTO
001**

**EMISIÓN:
JULIO 2014**

REVISION: 0

**PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS
MOTOCOMPRESORES K1,K2 Y K4**

INSTRUCCIONES OPERACIONALES

**ELABORADO POR:
Ariana Perez**

**REVISADO POR:
E.N.T**

**APROBADO POR:
Moises Rivas**

 GERENCIA DE MANTENIMIENTO PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	CÓDIGO: MTT0 001
	EMISIÓN: JULIO 2014
	REVISIÓN: 0

PROPÓSITO Y ALCANCE

El presente instructivo de mantenimiento describe los pasos a seguir en el mantenimiento preventivo para los motocompresores K1, K2 y K4 ubicados en la Planta Compresora Mata R. Tiene como objetivo que el personal involucrado ejecute y desempeñe esta operación de forma segura, atendiendo los criterios, parametros y/o lineamientos que deben llevarse a cabo antes, durante y despues de la realizacion de cada mantenimiento preventivo.

RESPONSABILIDAD DEL CUMPLIMIENTO DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO

Es responsabilidad de la Gerencia de Mantenimiento el cumplimiento y divulgación de los planes de mantenimiento preventivo a los motocompresores K1, K2 y K4, y al personal técnico de la gerencia los responsables de su ejecución.



**GERENCIA DE MANTENIMIENTO
PLANES DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO
MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y
K4**

CÓDIGO: MTTO
001

EMISIÓN:
JULIO 2014

REVISIÓN: 0

DESCRIPCIÓN DE LA HOJA DE PLAN DE MANTENIMIENTO



Actividad a realizar: Son las acciones que se realizan con labor directa y servicios contratados para garantizar la función del activo.



Frecuencia: corresponde al número de veces que se realiza una actividad de mantenimiento en un determinado periodo de tiempo.



Responsables: personal técnico especializado los cuales son los encargados de la realización de las actividades de mantenimiento.



Personal Requerido: es el número de personas que realiza determinada acción de mantenimiento preventivo.



Horas hombres: son las horas asociadas a la duración de una actividad de mantenimiento.



Materiales a utilizar: son los elementos y/o herramientas necesarias para llevar a cabo una acción de mantenimiento.

Tabla 4. 132: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Motor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Bomba de Lubricación	Hoja N°:1/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsable	H/H	Materiales y/o herramientas a Utilizar
Reparar fuga de Aceite en la bomba de Lubricacion	Eventual	1 ayudante 1 mecanico	1 supervisor de mtto 1 tecnico mayor de mtto	8	Llaves de combinaci3n, Empacadura, Estoperas
Inspeccionar y Limpiar filtros	Trimestral	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 mecanico	5	Llaves de combinaci3n, Solventes Y Aire comprimido
Verificar que no haya aceite en el carter	Diario	1 mecanico	1 mecanico	2	Llaves de combinaci3n
Chequear el flujo de aceite	Diario	1 mecanico	1 mecanico	2	Man3metros
Reemplazar cojinetes	Anual	2 meacnicos 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto 1 mecanico	24	Llaves de combinacion Cojinetes Estopa (trapo) Herramientas especiales
Chequear la perdida de aceite	Diario	1 mecanico 1 ayudante	1 mecanico	4	Llaves de combinaci3n, Man3metro

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 133: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Motor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Bomba de Pre lubricación	Hoja N°:2/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsable	H/H	Materiales y/o herramientas a Utilizar
Inspeccionar y reparar fuga de aceite en la bomba de pre-lubricación	Eventual	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico mayor de mtto	12	Empacaduras Estopera , Llaves de combinación
Revisar y reparar baja presión de aceite en la bomba	Eventual	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto 1 mecanico	4	Llaves de combinación Bocinas Empacadura
Reemplazar los filtros en la bomba de pre-lubricación	Semestral	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto	6	Llaves de combinación y Filtros
Chequear y reparar zapatas del motor	Anual	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico mayor de mtto 1 mecanico	8	Zapatas, Llaves de combinación, Tornillos de zapatas, Herramientas especiales
Revisar el taponamiento de las partes móviles del motor	Mensual	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto	6	Manómetro, Llaves de combinación
Revisar los parámetros para evitar altas temperaturas	Diario	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto 1 mecanico	8	Termómetro, llaves de combinación

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 134: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Motor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Bomba de Post Lubricación	Hoja N°:3/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsable	H/H	Materiales a Utilizar
Reparar fuga de aceite en la bomba de post-lubricacion	Eventual	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico mayor de mtto	6	Llaves de combinaci3n Estoperas
Revisar y reparar baja presi3n de aceite en la bomba de post-lubricacion	Eventual	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto	8	Llaves de combinaci3n, Bocinas,Empacaduras ,Ejes
Inspeccionar y limpiar filtros en el motor	Semestral	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto	8	Llaves de combinaci3n, filtros
Inspeccionar los taponamientos para evitar parada del motor	Mensual	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto	10	man3metros, Juegos de llaves
Chequear las bocinas para evitar posibles desgastes	Semestral	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto	10	Juegos de llaves Bocinas Empacaduras
Revisar los intervalos para evitar altas temperaturas	Diario	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto	8	Termometros Juegos de llaves

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 135: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Motor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Bomba de Aceite	Hoja N°:4/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsable	H/H	Materiales a Utilizar
Chequear fuga de aceite para evitar recalentamiento del motor	Diario	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto	8	Manómetros Juegos de llaves Aceites lubricantes
Revisar y reemplazar filtros	Semestral	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto 1 mecanico	10	Juegos de llaves Elementos de filtros Manómetros
Revisar intervalos de presion para evitar parada del motor	Semestral	2 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto	5	Juegos de llaves Manómetros
Chequear los cojinetes para evitar desgastes de los mismos	Semestral	2 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto 1 mecanico	16	Juego de llaves Cojinetes de bancada Cojinetes de bielas Herramientas especiales
Inspeccionar y mantener el nivel de aceite indicado	Diario	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto	8	Juego de llaves Aceite lubricante
Inspeccionar el lubricante para asi evitar parada de la unidad	Trimestral	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto 1 mecanico	6	Juego de llaves Aceite lubricante

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 136: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Motor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Bobina	Hoja N°:5/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsables	H/H	Materiales y/o herramientas a Utilizar
Chequear y revisar la corriente de la bobina	Mensual	1 instrumentista 1 ayudante	1 tecnico instrumentista	4	Tester Bobina Cables primarios Cables secundarios Altronic
Revisar y inspeccionar los cables de la bobina	Mensual	1 instrumentista 1 ayudante	1 tecnico instrumentista	4	Tester Bobina Cables primarios Cables secundarios Altronic

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 137: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Motor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Bujías	Hoja N°:6/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsables	H/H	Materiales a Utilizar
Inspeccionar el desgaste de la potencia para evitar falla en el arranque	Mensual	1 instrumentista 1 ayudante	1 tecnico instrumentista	14	Tester Manometro en u Tacometro compresimetro
Revisar bujias para evitar perdida de potencia	Mensual	1 instrumentista 1 ayudante	1 tecnico instrumentista	4	Bujias Juegos de dados Cables secundarios

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 138: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Motor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Radiador	Hoja N°:7/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsables	H/H	Materiales a Utilizar
Revisar parametros para evitar recalentamiento del motor	Diario	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto	12	Manometro Termometro Juegos de llaves
Revisar alas obstruidas para evitar parada del motor	Trimestral	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto	12	Juegos de llaves Manómetros
Revisar conexiones del sistema de enfriamiento evitando parada de la unidad	Trimestral	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto	16	Juego de llaves Empacaduras
Revisar parametros de temperatura para evitar recalentamiento del motor	Diario	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto	6	Termometro Lampara de tiempo

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 139: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Motor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Bomba de Agua	Hoja N°:8/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsables	H/H	Materiales a Utilizar
Inspeccionar el liquido para no ocasionar parada de la unidad	Diario	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto	5	Aceite lubricante ,Bomba de suministro
Revisar y reparar los ejes dañados para asi tener mas rendimiento del motor	Eventual	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto 1 mecanico	20	Ejes ,Juegos de llaves,Bocinas,Empacaduras
Revisar fuga externa de la bomba	Diario	1 mecanico	1 tecnico de mtto	3	Empacaduras Y Juegos de llaves
Revisar parametros de funcionamiento	Diario	1 mecanico	1 tecnico de mtto	2	Termómetros, Manómetros Y Tacometros
Reemplazo de las cadenas	Trimestral	2 mecanico 1ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto 2 mecanicos	20	Juegos de llaves,Cadenas Y Engranaje

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 140: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Compresor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Bomba de Aceite	Hoja N°:9/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsables	H/H	Materiales a Utilizar
Reparar fuga de aceite para evitar el recalentamiento del motor	Eventual	2 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto 1 mecanico	6	Estoperas ,Juegos de llaves Y Empacaduras
Inspeccionar y reparar filtros	Semestral	2 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto	6	Elementos de filtros Y Juegos de llaves
Revisar nivel de aceite evitando parada del motor por bajo nivel de aceite	Diario	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto 1 mecanico	4	Aceite lubricante
Inspeccionar parametros de temperatura que generan desgastes en las partes moviles	Diario	1 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto	12	Termometros ,Juegos de herramientas
Revisar parametros de presion evitando desgastes de las particulas moviles	Semestral	2 mecanico 2 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto 1 mecanico	14	Manometros Y Juegos de herramientas

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 141: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Compresor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Enfriador de Aceite	Hoja N°:10/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsables	H/H	Materiales a Utilizar
Correccion de causas y reemplazo de aceite	Eventual	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto 1 mecanico	10	Juegos de llaves, Lubricante Y Bomba de suministro
Correccion por taponamiento de tubos rotos	Eventual	2 mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto	12	Tapones conicos Juegos de llaves Martillo
Limpieza y remosion de sedimentos	Semestral	2 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto	6	Solventes Estopa (trapos) Espatula

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 142: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Compresor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Coupling Flexible Thomas	Hoja N°:11/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsables	H/H	Materiales a Utilizar
Ajustar tornillos flojos que pueden generar vibraciones	Trimestral	2 mecanicos 2 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto 2 mecanicos	20	Herramientas especiales Mandarria
Revisar y reparar alineacion de ejes que afectan la potencia del compresor	Anual	2 mecanico 2 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto 2 mecanicos	20	Indicadores diales .Barra soporte, Juegos de herramientas Calces de presicion
Reemplazar laminadas dañadas evitando vibraciones y desalineacion	Eventual	2 mecanico 2 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto 2 mecanicos	20	Herramientas especiales Mandarria

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 143: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Compresor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Caja de Lubricación	Hoja N°:12/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsables	H/H	Materiales a Utilizar
Inspeccionar y completar el nivel de aceite de la caja	Diario	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto	4	Aceite lubricante Bomba de suministro Juego de llaves
Reemplazar el bombin o lubricador	Eventual	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto	2	Lubricadote,Juegos de llaves
Reemplazo de caja de lubricacion	Eventual	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto 1 mecanico	3	Juegos de herramientas,Caja de lubricacion

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 144: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Compresor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Sensor de Temperatura de Aceite	Hoja N°:13/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsables	H/H	Materiales a Utilizar
Revisar conexiones del sensor al sistema de lubricacion	Semanal	1 instrumentista 1 ayudante	1 tecnico instrumentista	2	Sensor de lubricación, Juego de llaves
Revisar y inspeccionar las agujas magneticas del sensor evitando posibles paradas	Semanal	1 instrumentista 1 ayudante	1 tecnico instrumentista	2	Manómetros ,Juegos de herramientas
Realizar mantenimiento de carga	Semanal	1 instrumentista 1 ayudante	1 tecnico instrumentista 1 ayudante	2	Tacometros ,Lampara de tiempo Manómetros en u Tester Probador de bujias
Chequear y reparar cableado dañado evitando sobrecalentamiento del compresor	Mensual	1 instrumentista 1 ayudante	1 supervisor instrumentista 1 tecnico instrumentista	6	Cables primarios Juegos de llaves Tester

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 145: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Compresor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Bomba de Pre Lubricación	Hoja N°:14/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsables	H/H	Materiales a Utilizar
Reparar fuga de aceite en la bomba de pre-lubricacion	Eventual	1 mecanico	1 tecnico de mtto 1 mecanico	8	Empacaduras Estoperas Y Juegos de llaves
Inspeccionar y reparar filtros	Semestral	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mtto	8	Elementos de filtros Juegos de llaves
Inspeccionar y verificar temperatura elevadas de la bomba de pre-lubricacion	Diario	1 mecanico	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto	8	Termometros Juegos de llaves
Inspeccionar los taponamientos para evitar parada del compresor	Trimestral	2 mecanico 2 ayudante	1 supervisor de mtto 1 tecnico de mtto	12	Manometros Juegos de llaves

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 146: Plan de Mantenimiento Preventivo

	Sistema: Compresión	Equipo: Compresor	PLAN DE MANTENIMIENTO	Elemento: Bomba de Post Lubricación	Hoja N°:15/15
	Realizado por: Ariana Pérez	Revisado por: Equipo Natural de Trabajo	MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4	Aprobado por: Moisés Rivas	
	Fecha:	Fecha:		Fecha:	

Actividades a Realizar	Frecuencia	Cantidad de Personal Requerido	Responsables	H/H	Materiales a Utilizar
Revisar y reparar fuga de aceite de la bomba de post-lubricacion evitar recalentameitno del compresor	Eventual	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mto 1 mecanico	6	Estoperas Empacaduras Juegos de llaves
Inspeccionar y limpiar filtros	Semestral	1 mecanico 1 ayudante	1 tecnico de mto 1 mecanico	8	Elementos de filtros Juegos de llaves
Inspeccionar los parametros indicados evitando desgastes de las partes mecanicas	Semestral	mecanico 1 ayudante	1 supervisor de mto 1 tecnico de mto	20	M,anómetros Calibradores de hojas ,Diales indicadores Juegos de herramientas
Revisar taponamiento , evitar parada del compresor	Semestral	2 meca nico 1 ayudante	1 supervisor de mto	14	Manómetros Juegos de llaves

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 147: Planificación de Mantenimiento preventivo

	GERENCIA DE MANTENIMIENTO						
	EVENTUAL	DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
Reparar fuga de aceite en la bomba de pre-lubricacion	Yellow						
Inspeccionar y limpiar filtros						Purple	
Verificar que no haya aceite en el carter		Green					
Chequear el flujo de aceite		Green					
Reemplazar cojinetes							Blue
Chequear perdida de aceite		Green					
Inspeccionar y reparar fuga de aceite en la bomba de pre-lubricacion	Yellow						
Revisar y reparar baja presión en la bomba	Yellow						
Reemplazar los filtros en la bomba de pre-lubricacion						Purple	
Chequear y reparar zapatas del motor							Blue
Revisar el taponamiento de las partes moviles del motor				Pink			
Revisar parametros para evitar altas temperaturas		Green					
chequear las bocinas para evitar posibles desgastes							
Revisar los intervalos para evitar altas temperaturas	Yellow						
Revisar y reemplazar filtros						Purple	
Chequear los cojinetes para evitar desgastes de los mismos						Purple	
Inspeccionar y mantener el nivel de aceite indicado		Green					
Inspeccionar el lubricante para asi evitar parada de la unidad					Grey		
Chequear y revisar la corriente de la bobina				Pink			
Revisar y inspeccionar los cables de la bobina				Pink			
Inspeccionar el desgaste de la potencia para evitar falla en el arranque				Pink			
Revisar bujias para evitar perdida de potencia				Pink			
Revisar parametros para evitar recalentamiento del motor		Green					
Revisar alas obstruidas para evitar parada del motor					Grey		
Revisar conexiones del sistema de enfriamiento evitando parada de la unidad					Grey		

Fuente: El autor 2016

Continuación, Tabla 4. 147: Planificación de Mantenimiento preventivo

	GERENCIA DE MANTENIMIENTO						
	EVENTUAL	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
Revisar parametros de temperatura para evitar recalentamiento del motor							
Inspeccionar el liquido para no ocasionar parada de la unidad							
Revisar y reparar los ejes dañados para asi tener mas rendimiento del motor							
Revisar fuga externa de la bomba							
Revisar parametros de funcionamiento							
Reemplazo de las cadenas							
Reparar fuga de aceite para evitar el recalentamiento del motor							
Revisar nivel de aceite evitando parada del motor por bajo nivel de aceite							
Inspeccionar parametros de temperatura que generan desgastes en las partes moviles							
Revisar parametros de presion evitando desgastes de las particulas moviles							
Correccion de causas y reemplazo de aceite							
Correccion por taponamiento de tubos rotos							
Limpieza y remosion de sedimentos							
Ajustar tornillos flojos que pueden generar vibraciones							
Reemplazar laminadas dañadas evitando vibraciones y desalineacion							
Inspeccionar y completar el nivel de aceite de la caja							
Reemplazar el bombin o lubricador							
Reemplazo de caja de lubricacion							
Revisar conexiones del sensor al sistema de lubricacion							
Revisar y inspeccionar las agujas magneticas del sensor evitando posibles paradas							
Realizar mantenimiento de carga							

Fuente: El autor 2016

Continuación, Tabla 4. 147: Planificación de Mantenimiento preventivo

	GERENCIA DE MANTENIMIENTO						
	EVENTUAL	DIARIO	SEMANTAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
Chequear y reparar cableado dañado evitando sobrecalentamiento del compresor							
Reparar fuga de aceite en la bomba de pre-lubricacion							
Inspeccionar y verificar temperatura elevadas de la bomba de pre-lubricacion							
Inspeccionar los taponamientos para evitar parada del compresor							
Revisar y reparar fuga de aceite de la bomba de post-lubricacion evitar recalentameitno del compresor							
Inspeccionar los parametros indicados evitando desgastes de las partes mecanicas							
Revisar taponamiento , evitar parada del compresor							
Revisar y reparar alineacion de ejes que afectan la potencia del compresor							

Fuente: El autor 2016

Tabla 4. 150: Hoja de Información de fallas

		GERENCIA DE MANTENIMIENTO				N° de Falla		
REPORTE DE FALLA								
	Fecha			Hora	Trabajador Notificante de la Falla			
	Día	Mes	Año					
Detección de la falla	22	06	2016	9:00am	Nombre	Hernan Rondon		
Emisión del reporte	22	06	2016	5:00pm	Cargo	Supervisor de Mantenimiento	Firma	
INFORMACIÓN DEL EQUIPO								
Sistema		Compresión		Nombre	K1		Marca	caterpillar
Modelo		3516		Serial			RPM	1480
Estado del equipo		CAMARAS CF 1-3-5R-6L		Afecta a la Seguridad del Personal		Tipo de Mantenimiento Requerido	Preventivo	
Fuera de Servicio	En servicio			Si	No		Correctivo	X
PARADO					X			

Fuente: El autor 2016

4.5.1 Formatos para la recolección de información acerca del Mantenimiento

Para garantizar una adecuada gestión de mantenimiento para los motocompresores K1, K2 y K4 se elaboraron dos (02) formatos para la organización de la información del mantenimiento que permita la evaluación y mejoramiento de las acciones de mantenimiento. Estos formatos que se presentan se proponen a ser utilizados en el cumplimiento de todas las actividades de mantenimiento para dichos equipos.

En primer lugar se presenta la hoja de formato de orden de trabajo utilizada para registrar y enviar la información necesaria a través de las órdenes de mantenimiento al Departamento correspondiente. (Ver anexo “D”)

Luego se presenta la hoja de mantenimiento en la cual se asentaran las actividades de mantenimiento a realizar con las herramientas necesarias para llevar a cabo cada tarea. (Ver anexo “E”)

Finalmente se presenta el formato de registro de fallas en el cual se especifica las causas que originan la falla en cada equipo, con una frecuencia de tiempo de inicio y parada de la función en el equipo. Por otro lado se presenta el formato de reporte de fallas en donde se especifica la notificación y descripción de la falla, considerando los tiempos de reparación y tiempos de entrega de repuestos de ser necesario (Ver Anexos F y G respectivamente)

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Por medio del desarrollo de los objetivos específicos, el investigador llegó a las siguientes conclusiones.

- Con la descripción del contexto operacional se logro conocer el funcionamiento de cada uno de los componentes de los equipos motocomproserores con la finalidad de desarrollar los demás objetivos planteados en esta investigación.
- Con el Análisis de Criticidad se pudo determinar que los componentes más críticos en el motor Caterpillar fueron: Bombas, bujías y Radiador. Y para el Compresor Ariel los componentes más críticos fueron: Bomba de Aceite, Sistema de Arranque, Sistema de Combustible y Sistema de Enfriamiento.
- A través de la aplicación del Análisis de Modo y Efectos de Fallas se analizaron los sistemas de cada motocompresor, consiguiendo un total de 10 fallas funcionales.
- Por medio de la aplicación del AMEF y ALD se logro establecer un programa de actividades de mantenimiento que dispone de un total de 31 tareas de mantenimiento para los 3 motocompesores estudiados, en donde la mayoría de las acciones están destinadas a realizarse en periodos mixtos bien sea diarios, semanales y mensuales sobre los sistemas críticos encontrados.
- La implementación del programa de mantenimiento busca aminorar la ocurrencia de las fallas en los equipos, con el fin de incrementar los indicadores de confiabilidad y disponibilidad, cumpliendo con los estándares establecidos por la empresa.
- Tal como se requiere en el mantenimiento centrado en confiabilidad, se

plantearon indicadores asociados al estudio a fin de medir y evaluar la gestión propuesta en este trabajo.

5.2 Recomendaciones

A continuación se presentan una serie de recomendaciones en relación con las conclusiones antes establecidas:

- Aplicar el Plan de mantenimiento propuesto en este trabajo a los Motocompesores K1, K2 y K4. Dichas acciones deben ser realizadas con los recursos físicos y humanos adecuados a la magnitud y tipo de mantenimiento, para de esta manera tiempos mayores a los previstos.
- Elaborar un registro estadístico de fallas a fin de mejorar la gestión del mantenimiento logrando mantener los equipos funcionando constantemente.
- Realizar cursos de adiestramiento al personal de mantenimiento y operadores con la finalidad de cambiar la cultura del mantenimiento actual, enfocándose hacia el mantenimiento moderno.
- Planificar con antelación el mantenimiento a realizar con la finalidad de garantizar la disponibilidad de los repuestos y recursos necesarios para su reacondicionamiento.
- Hacer revisiones constantes del plan de mantenimiento propuesto a través de la metodología del MCC ya que existe la posibilidad de corregir y/o añadir cualquier actividad que sea pertinente con relación a las fallas funcionales, modos de fallas y efectos de fallas, e igualmente corroborar si las frecuencias de mantenimiento son las más adecuadas.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Arias F, (2006). El proyecto de Investigación, Introducción a la Metodología Científica. Editorial Episteme. Caracas- Venezuela.

Balestrini, M. (2006). Procedimientos Técnicos de la Investigación Documental. BL Consultores Asociados. Venezuela, Caracas

Benítez, E (2008) Análisis de Fallas. MD Comunicaciones. Colombia.

Duffuaa S, (2000) Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control (1 a ed) Editorial Limusa. México.

Knezeviz. (1996). Mantenimiento. Editorial Isdefe. España.

Moya F, (2010) “Propuesta de Acciones de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Equipos Rotativos, Nueva Sección de Destilación de Metanol, Proyecto de Expansión de METOR S.A.” Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Moubray. (1997) Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Editorial Bulterworth. EEUU.

PDVSA CIED (1996). Manual de Mantenimiento de Motocompresores. Anaco Venezuela.

PDVSA CIED (1998). Manual de Mantenimiento. Anaco-Venezuela.

PDVSA CIED (1999) Manual de Estrategias Tecnológicas. Anaco-Venezuela

PDVSA (2000) Manual de Instrucciones y Operación de Compresores Dresser-Rand. Anaco-Venezuela.

Pérez G, (2009), “Propuesta de Acciones de Mantenimiento Basadas en el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) a los Ventiladores de Enfriamiento, Área 200 Planta de Hidroprocesos, Refinería de Puerto La Cruz”, Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico.

PDVSA (2005).Definiciones de Mantenimiento y Confiabilidad Manual de Mantenimiento MM- 01-01-01, Vol. I. Caracas-Venezuela.

Rodríguez M, (2009), “Estudio del Mantenimiento de los Equipos Críticos de un Sistema de Deshidratación de Gas Natural Basado en MCC en la Planta de Extracción San Joaquin de PDVSA-GAS”, Universidad Central de Venezuela. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Salazar C, (2009), “Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) para Sistemas de Aire en Plantas de Extracción de Líquidos del Gas Natural en San Joaquin, Buena Vista Estado Anzoátegui ”, Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Tamayo y Tamayo M (1998). El Proceso de Investigación Científica (3ªed.) Editorial Limusa. Mexico.

ANEXOS

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC) PARA LOS MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4 PERTENECIENTES A LA PLANTA COMPRESORA MATA R FASE I DE PDVSA GAS ANACO ESTADO ANZOÁTEGUI
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E MAIL
Pérez, Ariana C.	CVLAC: 19.390.692 E MAIL: aripersz@gmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALABRAS O FRASES CLAVES

Mantenimiento, AMEF, ALD Motocompresor, MCC, PDVSA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Industrial

RESUMEN (ABSTRACT):

En el presente trabajo de grado se diseñó un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en la filosofía del MCC para los Motocompresores K1, K2 y K4 de la Planta Compresora Mata R Fase I pertenecientes a la Gerencia de Compresión de PDVSA Gas Anaco, con el fin de establecer lineamientos y procedimientos que permitan mantener la vida útil y la operatividad de estos equipos, aumentando la productividad de dicha Gerencia. En primer lugar se describió el contexto operacional de los motocompresores, luego se realizó un análisis de criticidad a los componentes de los motocompresores, posterior a esto se elaboró un análisis de los modos y efectos de fallas (AMEF), luego a través del árbol lógico de decisión (ALD) se definieron las acciones de mantenimiento para finalmente establecer una metodología de mantenimiento con su frecuencia de aplicación a los motocompresores en estudio . La investigación estuvo enmarcada en un tipo descriptivo con un diseño de campo, utilizando como técnicas la observación, la revisión documental y la encuesta. Como instrumentos de procesamiento y análisis de datos se utilizaron la Matriz de Análisis de Criticidad con metodología DS, el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), métodos de tabulación y gráficos y Árbol Lógico de Decisión (ALD).

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Ing. Ledezma, Melchor	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ing. García, Antonio	ROL	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC:	.			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ing.. Valderrama, Rita	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Msc. Bousquet, Juan	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2016	11	04
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LA FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (MCC) PARA LOS MOTOCOMPRESORES K1, K2 Y K4 PERTENECIENTES A LA PLANTA COMPRESORA MATA R FASE I DE PDVSA GAS ANACO ESTADO ANZOÁTEGUI.doc	Application/msword

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

ALCANCE:

ESPACIAL Dpto. Mantenimiento / Pdvsas Gas (Anaco) (OPCIONAL)

TEMPORAL: Seis meses (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Industrial

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pregrado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Industrial

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente/Extensión Región Centro Sur –Anaco

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

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

Estimado Profesor Martínez:

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

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.

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

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

[Firma]
JUAN A. BOLAÑOS CUMPEL
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/marija

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

DERECHOS

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

“Los trabajos de grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”.

Pérez, Ariana C.

AUTOR

AUTOR

AUTOR

Ing. Ledezma, Melchor

TUTOR

Msc. Bousquet, Juan

JURADO

Ing. Valderrama, Rita

JURADO

Ing. Valderrama, Rita

POR LA COMISIÓN DE TESIS