

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA, ELÉCTRONICA Y
AMBIENTAL**

**CARRERA PROFESIONAL DE IGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**“ANÁLISIS DE FALLA DE LOS EQUIPOS TRACKLESS JUMBO DE
LA UM PALLANCATA – AYACUCHO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

VELILLE TOLEDO, DANNY CLOVER

Villa El Salvador

2016

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de grado, a mis padres, Concepción Toledo e Isidro Velille, por traerme al mundo, por apoyarme y brindarme todo su cariño, y hacer todo lo posible para darme la oportunidad de cumplir con todas mis metas a nivel personal y profesional.

A mis hermanos Saúl y Jaquelyn, por apoyarme siempre.

AGRADECIMIENTO

El siguiente trabajo de grado representa el logro de una de las metas más importantes que me he propuesto para la vida, es por esto que quiero agradecer a todos aquellos que, de una u otra forma, hicieron posible el cumplimiento de esta meta.

A mis padres, por hacer todo lo posible para que pudiese cumplir con todas mis metas planteadas.

A Yoli, mi novia y amiga, por estar siempre a mi lado apoyándome, celebrando mis triunfos, compartiendo mis alegrías y soportándome en los momentos difíciles de mi vida.

A mis hermanos y demás familiares, por estar pendiente de mí, deseando siempre, cosas buenas para mi futuro.

A mi amigo Paul, que más que un amigo, han sido como un hermano para mí, siempre tendiéndome la mano al momento que lo necesitara, sin esperar nada a cambio.

A la Universidad Tecnológica del Cono Sur de Limas y a todos mis profesores, quienes fueron pilares fundamentales en mi crecimiento académico y profesional.

Danny C. Velille T.

INDICE

	Pag.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I.....	3
1.- PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO	3
1.1.- DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	3
1.2.- JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.- DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.3.1.- ESPACIAL.....	5
1.3.2.- TEMPORAL.....	5
1.4.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.5.- OBJETIVO.....	7
CAPITULO II.....	8
2.- MARCO TEORICO	8
2.1.- ANTECEDENTES.....	8
2.2.- BASES TEORICAS	9
2.2.1.- MANTENIMIENTO	9
2.2.2.- OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	9
2.2.3.- IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO EN LAS EMPRESAS	9
2.2.4.- TIPOS DE MANTENIMIENTO	10
2.2.5.- FALLA	20
2.2.6.- EFECTIVIDAD OPERACIONAL	20
2.2.7.- MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (MBC).....	21
2.2.8.- TECNOLOGÍAS PREDICTIVAS	23
2.2.9.-JUMBOS	27
2.2.10.- INDICADORES.....	32

2.2.11.- ANÁLISIS DE CRITICIDAD	34
2.2.12.- ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)	53
2.3.- MARCO TEORICO	54
CAPÍTULO III.....	56
3.- DISEÑO DEL TRABAJO.....	56
3.1.- ANALISIS DEL MODELO DE INVESTIGACION.....	56
3.1.1.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	58
3.2.- CÁLCULO DE ÍNDICES DE MANTENIMIENTO.....	78
3.3.- REVISION Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS.....	84
3.3.1.- CRITICIDAD DE EQUIPOS	84
3.3.2.- DATOS OBTENIDOS DE CRITICIDAD	99
3.3.3.- ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS	101
3.3.4.- MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO	105
3.3.5.- PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO DE JUMBO	106
3.3.6.- MANTENIMIENTO PERIODICO.....	110
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES	112
BIBLIOGRAFIA.....	113
ANEXOS.....	114

FIGURAS

Pag.

Figura 1.1. Diagrama de Ishikawa de la ausencia de un programa de plan de Mantenimiento.	6
Figura 2.01 Organigrama de tipos de mantenimiento.....	10
Figura 2.02: Ley de degradación desconocida.....	12
Figura 2.03: Mecanismo de ocurrencia de falla	13
Figura 2.04: Ley de degradación conocida.....	15
Figura 2.05: Ley de degradación innecesaria.....	17
Figura 2.06 Horas Efectivas	21
Figura 2.07: Aspecto visual de un aceite en proceso de deterioro	26
Figura 2.08 Ciclo de Perforacion	27
Figura 2.09 Partes de perforadora hidraulica	28
Figura 2.10 Proceso de Barrido.....	29
Figura 2.11 Proceso de Perforacion	29
Figura 2.12 Viga de Jumbo	30
Figura 2.13 Grados de libertad de brazo de Jumbo	30
Figura 2.14 Jumbo de dos Brazos.....	31
Figura 2.15 Datos de Jumbos de acuerdo a los brazos.....	31
Figura 2.16 Sistema de montaje móvil del Jumbo	32
Figura 2.17 Secuencia para Elaborar un AMEF	53
Figura 3.01: Frecuencia de fallas de los equipos Jumbos.	59
Figura 3.02: Porcentaje de fallas para los equipos.....	60
Figura 3.03 Fallas del sistema de Jumbo Axera.....	61
Figura 3.04: Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Jumbo Axera DD310.....	62
Figura 3.05: Clasificación de fallas para el equipo Jumbo Rocket Boomer 281	64
Figura 3.06: Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Rocket Boomer 281.....	65
Figura 3.07: Falla de sistema de Jumbo Rocket Boomer 282 N°1	66
Figura 3.08: Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Jumbo Rocket Boomer 282 N°1	67
Figura 3.09: Clasificación de fallas para el equipo Rocket Boomer 282 N°2. .	69
Figura 3.10: Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Rocket Boomer 282 N°2.....	70
Figura 3.11 Falla de sistema de Jumbo scissor.....	71
Figura 3.12: Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Jumbo Scissor Bolter.	72
Figura 3.13: Clasificación de fallas para el equipo Stop Master N°1.	73
Figura 3.14: Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Stop Master N°1	74
Figura 3.15 Falla de sistema de Jumbo Stop Master N°2.....	75
Figura 3.16 Tiempo fuera de servicio de Stop Master	76
Figura 3.17 Diagrama de Frecuencia y TFS de los equipos Jumbos.....	78
Figura 3.18 Porcentaje de disponibilidad de la flota de Jumbos.	83

TABLAS

	Pag.
Tabla 2.01 Análisis de frecuencia	36
Tabla 2.02 Análisis de impacto	36
Tabla 2.03 Matriz de frecuencia por impacto	38
Tabla 3.01 Flota de equipos de la UM Pallancata.....	57
Tabla 3.02: Especificaciones de los equipos evaluados	58
Tabla 3.03: Fallas del equipo Jumbo Axera DD310.....	60
Tabla 3.04: Tiempo fuera de servicio para las fallas del Jumbo Axera DD310.	62
Tabla 3.05: Fallas del equipo de Rocket Boomer 281.	63
Tabla 3.06: Tiempo fuera de servicio para las fallas del Jumbo Rocket Boomer 281.	64
Tabla 3.07: Fallas del equipo Jumbo Rocket Boomer 282 N°1.....	65
Tabla 3.08: Tiempo fuera de servicio para las fallas del Jumbo RB 282 N°1 ..	66
Tabla 3.09: Fallas del equipo Jumbo Rocket Boomer 282 N°2.	68
Tabla 3.10: Tiempo fuera de servicio para las fallas del Jumbo Rocket Boomer 282 N°2.....	69
Tabla 3.11: Fallas del equipo de carga Jumbo Scissor Bolter.	70
Tabla 3.12: Tiempo fuera de servicio para las fallas del Jumbo Scissor Bolter.	71
Tabla 3.13: Fallas del equipo de Perforador Jumbo Stop Master N°1.	72
Tabla 3.14: Tiempo fuera de servicio para las fallas del Stop Master N°1	73
Tabla 3.15: Fallas del equipo Jumbo Stop Master	75
Tabla 3.16 Tiempos fuera de servicio del equipo Stop Master N°2	76
Tabla 3.17 Leyenda de Actividades para programación de mantenimiento de Jumbo.....	77
Tabla 3.18: Análisis de impacto de Jumbo Axera	84
Tabla 3.19: Análisis de frecuencia de Jumbo Axera	86
Tabla 3.20: Análisis de impacto de Rocket Boomer 281	87
Tabla 3.21: Análisis de criticidad de Rocket Boomer 281	88
Tabla 3.22: Análisis de impacto de Rocket Boomer 282 N°1	89
Tabla 3.23: Análisis de criticidad de Rocket Boomer 282 N°1	90
Tabla 3.24: Análisis de impacto de Rocket Boomer 282 N°2.....	92
Tabla 3.25: Análisis de criticidad de Rocket Boomer 282 N°2	93
Tabla 3.26: Análisis de impacto de Scissor Bolter	94
Tabla 3.27: Análisis de criticidad de Scissor Bolter.....	95
Tabla 3.28: Análisis de impacto de Stop Master	96
Tabla 3.29: Análisis de criticidad de Stop Master	97
Tabla 3.30: Análisis de impacto de Stop Master N°2	98
Tabla 3.31: Análisis de criticidad de Stop Master N°2	99
Tabla 3.32: Resumen de criticidad de todos los equipos Jumbos.....	100
Tabla 3.33: Magnitud alcanzada de criticidad en los equipos Jumbos.....	101
Tabla 3.34 AMEF de Equipo Jumbo Axera DD310	102
Tabla 3.35 AMEF de Rocket Boomer 281	103
Tabla 3.36 AMEF de Jumbo Rocket Boomer 282 N°1	104
Tabla 3.37 AMEF de Jumbo Rocket Boomer 282 N°2	105

ANEXOS

Pag.

ANEXO 01 FORMATO PARA MANTENIMIENTO DE PERFORADORA	...115
ANEXO 02- FORMATO DE MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE PERFORACION	.....116
ANEXO 03- HISTORIAL DE FALLAS DEL EQUIPO JUMBO AXERA	.....117
ANEXO 04- HISTORIAL DE FALLAS DE JUMBO BOOMER 281	.....119
ANEXO 05- HISTORIAL DE FALLAS DE ROCKET BOMER 282 N°1	.....121
ANEXO 06- HISTORIAL DE FALLAS DE ROCKET BOOMER 282 N°2	.....123
ANEXO 07- HISTORIAL DE FALLAS DE SCISSOR BOLTER	.....125
ANEXO 08- HISTORIAL DE FALLAS DE STOP MASTER N°1	.....126
ANEXO 09- HISTORIAL DE FALLAS DE STOP MASTER N°2	.....127
ANEXO 10- PARTES PRINCIPALES DEL CHASIS	.....128
ANEXO 11- PARTES PRINCIPALES TREN DE POTENCIA	.....128
ANEXO 12- PARTES PRINCIPALES UNIDAD DE POTENCIA	.....129
ANEXO 13- PARTES PRINCIPALES BRAZO DE PERFORACION	.....129
ANEXO 14- PARTES PRINCIPALES CORREDERAS O DESLIZADORAS	..130
ANEXO 15- PARTES PRINCIPALES CARRETE	.....130
ANEXO 16- PARTES PRINCIPALES SISTEMA HIDRAULICO	.....131
ANEXO 17- PARTES PRINCIPALES SISTEMA ELECTRICO	.....131
ANEXO 18- PARTES PRINCIPALES CIRCUITO DE AGUA Y AIRE	.....132
ANEXO 19- Jumbo Rocket Boomer 282	.....132
ANEXO 20- Jumbo Axera DD310	.....133
ANEXO 21- Jumbo Rocket Boomer 281	.....133
ANEXO 22- Jumbo Scissor Bolter	.....133
ANEXO 23- Jumbo Stop Master	.....134

INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación lleva por título “ANALISIS DE FALLA DE LOS EQUIPOS TRACKLESS JUMBO DE LA UM PALLANCATA - AYACUCHO”, para optar el título de Ingeniero Mecánico Electricista, presentado por el alumno Danny Clover, Velille Toledo.

La dinámica de los negocios, exige cada vez más a las industrias producir al más bajo costo, con la más alta calidad y un mayor nivel de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad de sus equipos, para poder cumplir con los exigentes requerimientos de orden técnico, económico o legal y permanecer eficientemente de forma competitiva en el mercado.

En la actualidad en muchas empresas encontramos métodos de mantenimiento no adecuados, utilizándolas como fin y no como medio para alcanzar la excelencia. Estos métodos poseen una metodología específica de implementación que requiere de un conocimiento profundo para lograr desarrollarlas con éxito.

El mantenimiento ha sido objeto de continuos cambios, desde su aparición en el escenario industrial. En los años 40, surge lo que es llamado la primera generación del mantenimiento en la industria, cuya única técnica empleada era la reparación posterior a la falla (mantenimiento correctivo). A partir de la década del 50, nace una segunda generación, enfocada en aumentar la disponibilidad y aprovechar al máximo, la vida útil de los activos físicos, todo esto al más bajo costo posible. Para lograrlo, se desarrollaron actividades de mantenimiento preventivo, sistemas de planificación y control.

Esta evolución continuó avanzando progresivamente, dando origen a una tercera generación, que surge a partir de los años 80, cuyos esfuerzos están dirigidos a mejorar la calidad de los productos, aumentar la confiabilidad y efectividad de los activos físicos, mejorar la seguridad y cuidar el ambiente,

es decir, hacer el proceso productivo más eficiente, empleando técnicas y procedimientos como, estudios de riesgos, análisis de confiabilidad, disponibilidad, efectividad y mantenimiento basado en condición, que permitieran alcanzar las metas propuestas. El nuevo enfoque se centra en técnicas proactivas a fin de encontrar la causa raíz del fallo, para minimizar su ocurrencia.

Tradicionalmente, en los procesos de comercialización de bienes y servicios, y con el objetivo de satisfacer al cliente, las empresas se han visto en la obligación de ofrecer garantías, es decir, de comprometerse con el cliente por un período determinado a reparar o sustituir de manera total o parcial los productos que presenten defectos operacionales o de construcción.

El trabajo de Grado que se presenta a continuación, consta de tres capítulos, los cuales se refieren a continuación.

El capítulo I, contiene el planteamiento del problema de la investigación el cual conllevó a establecer los objetivos tanto generales como específicos. También la justificación e importancia, así como el alcance del mismo. Todos ellos serán la base para llevar a cabo este trabajo.

El capítulo II, se describe todos los elementos conceptuales que comprende la investigación. Se encuentra el marco teórico y las referencias en las que se fundamenta el estudio y el marco conceptual.

El capítulo III, contiene la metodología utilizada en la investigación, la construcción de datos tomados y la consolidación de resultados.

Seguido se presentan las conclusiones y recomendaciones relacionadas con los objetivos que se plantearon para justificar y estimar la importancia del estudio.

Finalmente se dan las referencias bibliográficas, y anexos del trabajo.

CAPITULO I

1.- PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO

1.1.- DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El mundo cambiante del mantenimiento es el resultado de su complejidad, de nuevas expectativas, nuevos patrones de fallas de equipo y nuevas técnicas, estos cambios han generado otros requerimientos en la industria, que siente la necesidad de innovar las estrategias o enfoques de la función de mantenimiento.

Es importante tener presente que la relación que existe entre el mantenimiento y la productividad varía de acuerdo al tipo de industria, ya que para las empresas cuya operación depende del estado de su maquinaria, el mantenimiento es la función que más tiene relación con la producción, si se tiene en cuenta que influye representativamente sobre todos sus parámetros. Esta relación será positiva o negativa, dependiendo de la índole, calidad y eficiencia con que se implante el sistema de mantenimiento.

Las actividades de mantenimiento deben orientarse, por tanto, a reducir al mínimo posible la indisponibilidad de los equipos y a eliminar sus disfuncionamientos, que, aunque sean breves, distorsionan la continuidad del proceso productivo y la calidad de los productos y servicios. La disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad constituyen índices básicos para medir la eficacia del mantenimiento.

1.2.- JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El aporte del estudio no solo va a estar El interés de llevar a cabo este estudio parte de la importancia que tiene para la UM Pallancata, la disponibilidad y operatividad de los Jumbos por ser un eslabón

indispensable de la cadena perforación, carga y acarreo, pues con ellos se realizan la perforación de rocas y/o tierra. La disponibilidad de los mismos se ha visto afectada por la alta frecuencia de ocurrencia de fallas, considerando que aún no existen equipos de respaldo, motivo por el cual es especialmente importante para la empresa realizar un estudio que le permita conocer de manera específica los puntos más vulnerables, las fallas más frecuentes y resaltantes , así como la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de su maquinaria, esto con el fin de tomar medidas que contribuyan a disminuir y sobre todo a prevenir la incidencia de fallas y la gran cantidad de acciones correctivas que se llevan a cabo durante todo el año. Es por las razones antes mencionadas que este estudio está dirigido a los equipos de perforación Jumbos de la UM Pallancata y en particular se enfocará en analizar las fallas presentadas por los mismos.

De igual forma este estudio es el punto de partida para hacer un seguimiento de las fallas que presentan los equipos y tomar acciones para la mejora continua de las actividades de mantenimiento que se aplican a los mismos, puesto que uno de los objetivos de esta investigación es elaborar un programa de mantenimiento preventivo enmarcado dentro de las necesidades reales que presentan los Jumbos, tomando en consideración las recomendaciones del fabricante, el tiempo de uso y las condiciones de trabajo.

La mejora propuesta para tener buenos resultados operacionales y financieros de los equipos, ha llevado a la aplicación de eficientes técnicas y medición del desempeño del negocio. Las empresas deben considerar, que es un negocio invertir en mantenimiento de activos y no verlo como un gasto, ya que el mantenimiento de los equipos y sistemas de producción, acompañado de una buena gestión es primordial para obtener altas cotas de productividad. Por lo tanto a las fallas de los equipos de bajo perfil, estos problemas generaron paradas y estos costos se elevaron debido a que recibieron un mantenimiento correctivo no adecuado, generando mayor costo de mantenimiento, perdida de producción, perdida de componentes afectados por las fallas anteriores (cadena de fallas).

1.3.- DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio comprende la realización de un Análisis de Fallas dirigido a los siete equipos Jumbos de la UM Pallancata, para ello se deben conocer la función de los mismos y las características que poseen, también se incluye la determinación y análisis de la confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, así como el diseño de un programa de mantenimiento preventivo, todos éstos son objetivos importantes y necesarios para realizar un Análisis de Fallas de la manera más eficiente.

Los equipos de la mina Suyamarca-UM Pallancata se les hizo un análisis para ver que equipos eran críticos, para este estudio se hizo Tiempo promedio entre fallas (MTFB) y Tiempo promedio para la reparación (MTTR) y a, enfocándonos en los equipos trackless Jumbos.

1.3.1.- ESPACIAL

El estudio de la flota de equipos trackless se realizó en la Mina Suyamarca-UM Pallancata, ubicada en Ayacucho

1.3.2.- TEMPORAL

Esta investigación comprende desde Enero del 2013 hasta Junio del 2013

1.4.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Considerando que la actividad fundamental de la UM Pallancata es exploración y explotación del mineral, es imprescindible contar con la disponibilidad de los equipos de perforación, carga y acarreo, ya que sin ellos estaría paralizada la actividad que aquí se desarrolla.

Actualmente, en la mina hay siete equipos Jumbo. Particularmente el Jumbo es un equipo de bajo perfil diseñado para realizar trabajos en mina subterránea o en zonas confinadas; con éste se puede perforar una gran cantidad de agujeros, ya que están equipados con brazos que es accionada por una perforadora hidráulica.

La disponibilidad de los Jumbos pudiese mejorar, si se analizaran las fallas y la confiabilidad de los mismos, también se mejoraría la situación si se adquieren equipos adicionales que puedan sustituir de manera inmediata el

paro de otro equipo y se recomendaran acciones de mantenimiento que permitan prevenir el paro de los mismos y disminuir el número de mantenimientos correctivos que se hacen necesarios anualmente, puesto que éste no se puede eliminar en su totalidad. Con base a la situación planteada respecto a la empresa, surgen los siguientes puntos:

- A) La disponibilidad y confiabilidad que se dan en los equipos son bajas. ¿Cuál es la magnitud de los índices de mantenimiento de los Jumbos?
- B) Se desconocen las frecuencias de fallas y tiempo fuera de servicio de los Jumbos que todavía no han sido estudiados. ¿Se ha estimado cuanto tiempo muerto tiene cada equipo?
- C) No se ha estimado aun la criticidad de los Jumbos
- D) ¿Qué tipo de fallas son reincidentes y consecuentes? ¿Existe un registro o formato para análisis de falla?
- E) No se cuenta con un plan de mantenimiento de Jumbos, debido a que más se enfocan en los estudios del equipo Scoop para acarreo de tierra.

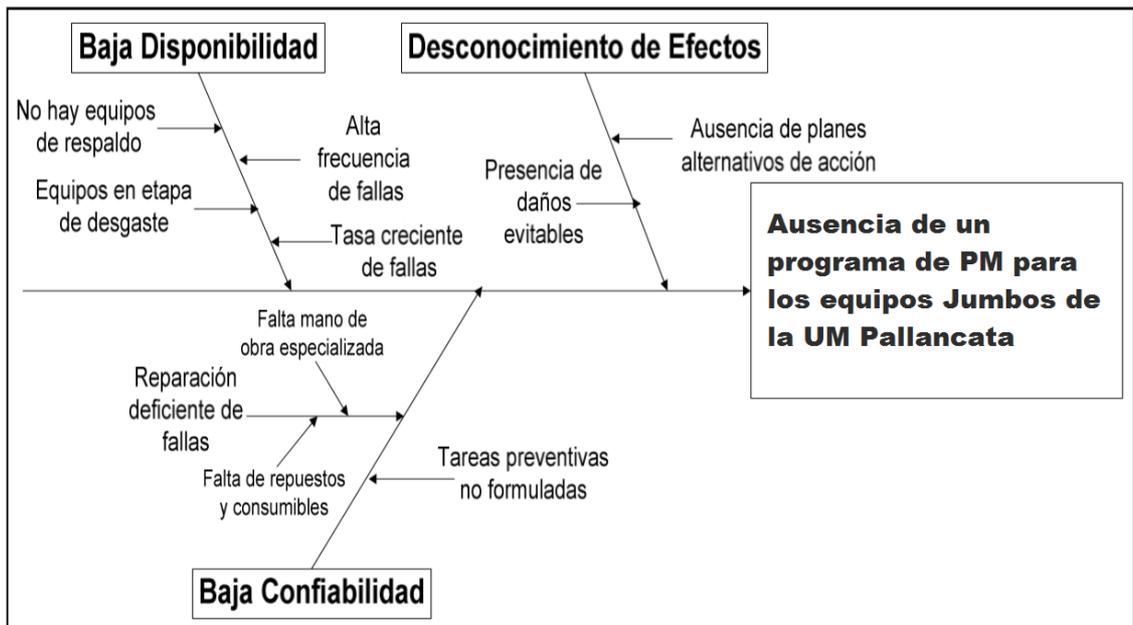


Figura. 1.1. Diagrama de Ishikawa de la ausencia de un programa de plan de Mantenimiento.

Para dar respuesta a estos puntos es necesario realizar un estudio amplio de la situación real de los equipos objeto de estudio, así mismo se van a aplicar

técnicas actualizadas y sistematizadas para analizar las fallas, con el fin de plantear las acciones correctivas necesarias.

1.5.- OBJETIVO

Realizar un análisis de falla aplicado a los equipos Jumbo para permitir que estén disponibles para su uso en el momento oportuno con un máximo rendimiento y mínimo coste, De este Análisis de toda la flota de Jumbos se podrá partir la elaboración de un plan de mantenimiento conociendo las fallas recurrentes, y los índices de mantenimiento

- A) Conocer los Índices de Mantenimiento partiendo de la confiabilidad mantenibilidad para conocer el porcentaje de disponibilidad del Jumbo.
- B) Mostrar las fallas recurrentes y los tiempos perdidos debido a estas fallas para enfocar las fallas críticas y reincidentes.
- C) Conocer y analizar los Equipos más críticos para estimar y tener como base de datos (antecedentes) para un mejor mantenimiento correctivo sabiendo las fallas anteriores.
- D) Enfocarnos en los equipos críticos e identificar los modos y efectos de fallas de estos.
- E) Con los puntos mencionados anteriormente podemos fijar las bases para un programa de mantenimiento preventivo dirigido a los Jumbos.

CAPITULO II

2.- MARCO TEORICO

2.1.- ANTECEDENTES.

A continuación se presenta un resumen de los trabajos de investigación relacionados con el tema de este proyecto, que servirán de apoyo, ya sea por su contenido o metodología, para el desarrollo del trabajo de grado:

Caraballo, C. (2002) INSPECCIÓN BASADA EN RIESGO, expone lo siguiente “Como concepto de negocio, confiabilidad se relaciona con una integración de estrategias de procura, instalación, arranque, operación y mantenimiento, con el propósito de evitar desperdicios, optimizar la disponibilidad de plantas, prevenir fallas y ajustar las acciones de mantenimiento, para optimizar los costos de propiedad de largo plazo en términos financieros”.

TROCEL, David. “Implementando un efectivo Programa de Mantenimiento Basado en Condición”. Artículo publicado en la revista MECANÁLISIS en su edición aniversario. Abril – mayo del 2007.

Rodríguez, Jesús. (2006) ANÁLISIS DE FALLAS, este realizó un Análisis de las Fallas ocurridas en las redes telefónicas de la central Puerto Ordaz, con el fin de describir las fallas y los procedimientos para repararlas, sin llegar a proponer un plan de mantenimiento de mantenimiento preventivo para dichos equipos.

Campos, E. (2005) ANÁLISIS DE MODOS Y FECTOS DE FALLA, decidió “realizar un Análisis de Modos y Efectos de Falla en las bombas Ajax, debido a la alta cantidad de fallas registradas, con la intención de determinar los principales modos de fallas, aumentar la confiabilidad y disponibilidad del

sistema, disminuir el impacto operacional y los costos de mantenimiento asociados.”

Con respecto a la investigación se deben evaluar las fallas para poder estudiar el comportamiento de estas y de esta forma poder obtener conclusiones acerca del sistema y proponer mejoras.

2.2.- BASES TEORICAS

2.2.1.- MANTENIMIENTO

Conjunto de acciones que permite mantener o restablecer un dispositivo a un estado específico de operación, para cumplir un servicio determinado. También puede definirse como de técnicas y procedimientos orientados a preservar las funciones de los activos industriales. El ingeniero de mantenimiento de hoy debe definir las acciones proactivas y preventivas para minimizar el desgaste de los componentes de la maquinaria y asegurar que esta opere de manera segura, eficiente y confiable, garantizando, además de la integridad del activo físico, la seguridad personal y ambiental.

2.2.2.- OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

La organización del mantenimiento e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos: a) Mejora de la disponibilidad del equipo productivo. b) Disminución de los costos de mantenimiento. c) Aprovechamiento del recurso humano. d) Maximización de la vida de la máquina. e) Asegurar que el proceso opere dentro de control estadístico. f) Reparar y restaurar la capacidad productiva que se haya deteriorado. g) Reemplazar o reconstruir la capacidad productiva agotada.

2.2.3.- IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO EN LAS EMPRESAS

El mantenimiento representa una inversión que a mediano y largo plazo acarreará ganancias no sólo para el empresario quien a quien esta inversión se le revertirá en mejoras en su producción, sino también el ahorro que representa tener más trabajadores sanos e índices de accidentalidad bajos.

El mantenimiento representa un arma importante en seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en los equipos que pueden ser prevenidos.

2.2.4.- TIPOS DE MANTENIMIENTO

Se realizan los siguientes tipos de mantenimiento,

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento modificativo

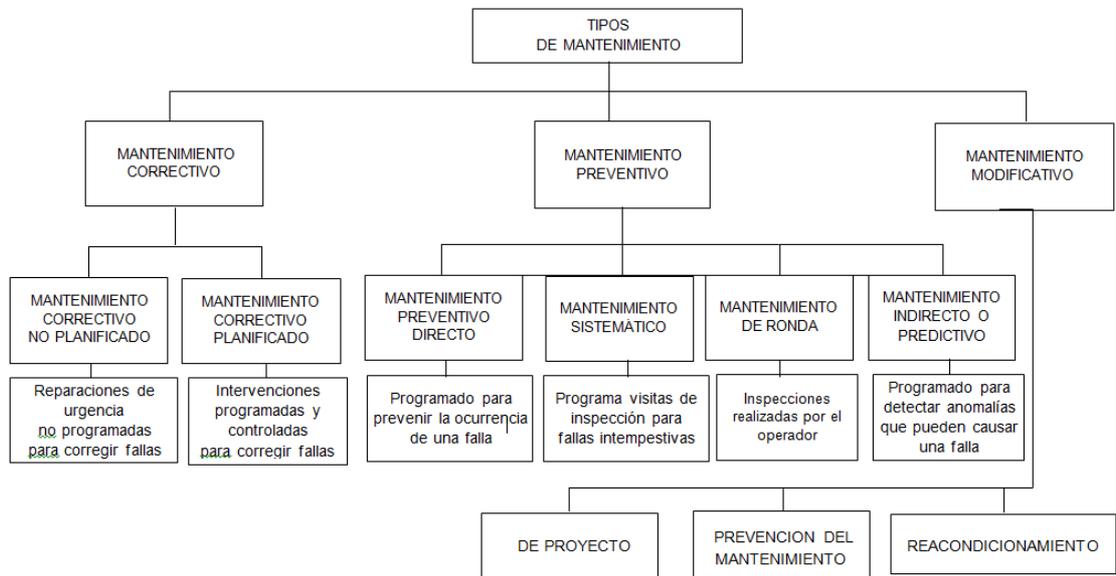


Figura 2.1 Organigrama de tipos de mantenimiento

2.2.4.1.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo, denominado también mantenimiento accidental o de operación hasta la falla, consiste en reparar las averías a medida que se producen con la intervención necesaria para reparar el defecto o la falla ocurrida.

El principal inconveniente de este tipo de mantenimiento, es que el operador detecta la avería cuando se necesita que el equipo funcione, ya sea al ponerlo

en marcha o durante su utilización causando pérdidas por la paralización de la producción.

Los encargados de informar de las averías producidas son los operadores y los encargados de realizar las reparaciones son el personal de mantenimiento. Es una intervención rápida, inmediatamente después de ocurrida la avería.

Causa una discontinuidad en los flujos de producción y logísticos.

Incrementa los costos de mantenimiento porque a los costos de reparación se suman los costos de la producción no efectuada.

Tiene dos formas de aplicación: un mantenimiento no planificado y otro planificado

2.2.4.1.1.- CARACTERÍSTICA DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO NO PLANIFICADO

La intervención de mantenimiento se ejecuta con los recursos disponibles en el momento de la falla.

2.2.4.1.2.- CARACTERÍSTICA DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO PLANIFICADO

La intervención de mantenimiento se planifica porque se cuenta con disponibilidad de manuales de operación y mantenimiento de máquinas, catálogos de repuestos, personal entrenado y capacitado de modo que en el momento de la falla se actué con la mayor rapidez y eficacia.

Como no se tiene ningún tipo registros de fallas no se conoce realmente el estado en que opera el equipo por lo que su ley de degradación es desconocida. El tiempo de operación sin fallas TBF1 se interrumpe sorpresivamente en el instante en que se alcanza el nivel de pérdida de función, causando una parada fortuita.

En esta situación, en que por interrumpirse la producción se considera una situación de emergencia se pueden optar por un arreglo o una reparación.

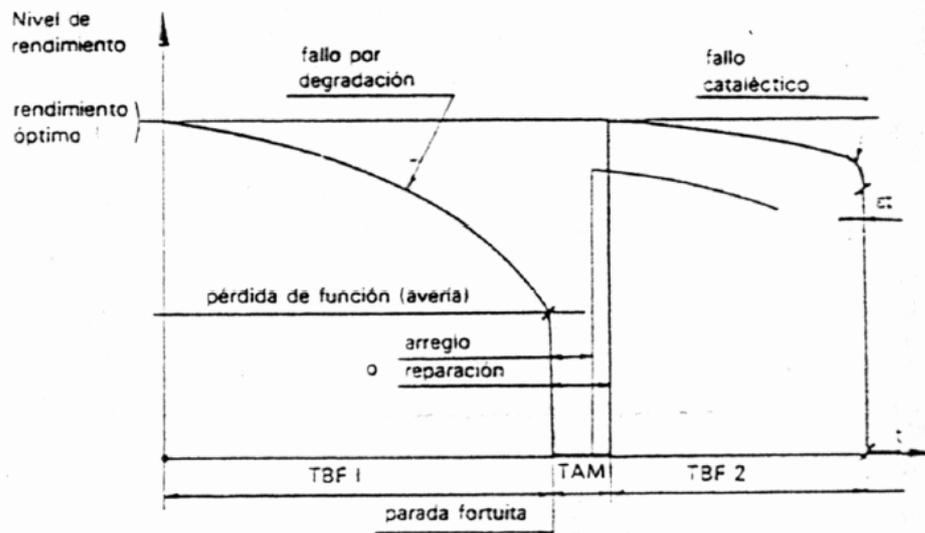


Figura 2.2: Ley de degradación desconocida. Mecanismo de ocurrencia de falla de un equipo con mantenimiento correctivo y falla cataclética (catastrófica).

Un arreglo es una intervención rápida con un tiempo de parada mínima T_{pm} que permite un funcionamiento rápido del equipo, pero sin alcanzar su nivel óptimo, como para salvar la emergencia. Funciona hasta que se produzca una nueva falla por degradación o catastrófica.

Una reparación es una intervención que requiere de un tiempo de trabajo, TAM, mayor y también tiene un mayor costo pero permite que el equipo recupere su rendimiento óptimo o un nivel muy cercano al óptimo.

2.2.4.2.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es un sistema que permite detectar y corregir las posibles fallas antes que estas se produzcan y evitar su reparación después que éstas se han producido, lo que se puede sintetizar con la expresión:

Detección precoz = Corrección preventiva

Este mantenimiento disminuye las fallas fortuitas que causan situaciones de emergencias y así permite un mayor tiempo de operación forma continua. Se aplica por etapas, pero aun cuando se aplique con la mayor sofisticación y cuidado no se logra eliminar todas las fallas fortuitas produciéndose siempre una cantidad de ellas que se consideran residuales y se producen en forma

aleatoria. La primera etapa es el denominado Mantenimiento Preventivo Directo o simplemente Mantenimiento Preventivo, que se trata en este acápite, y la segunda es el Mantenimiento Sistemático, que se trata en el acápite siguiente.

2.2.4.2.1.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIRECTO

Para el mantenimiento preventivo directo se requiere conocer con detalle las características, funcionamiento de la máquina, y sus fallas:

- Fallas por degradación, o pérdida de eficiencia.
- Fallas catalépticas o catastróficas.

Estas se deben pronosticar para un periodo de tiempo en que la máquina funcionará sin fallas y programar una parada de mantenimiento cuando se alcanza el rendimiento mínimo aceptable, inmediatamente antes de que se produzca la falla y así realizar las acciones de mantenimiento que restablezcan la eficiencia de la máquina.

Para prever que durante el tiempo previsto para operar sin fallas se presente una falla imprevista se realiza un programa de visitas de inspección para identificar las posibles causas que podrían provocar esta falla y así evitarla.

Las acciones de un programa de mantenimiento, que se representan en un gráfico de evolución de fallas en un esquema de mantenimiento preventivo,

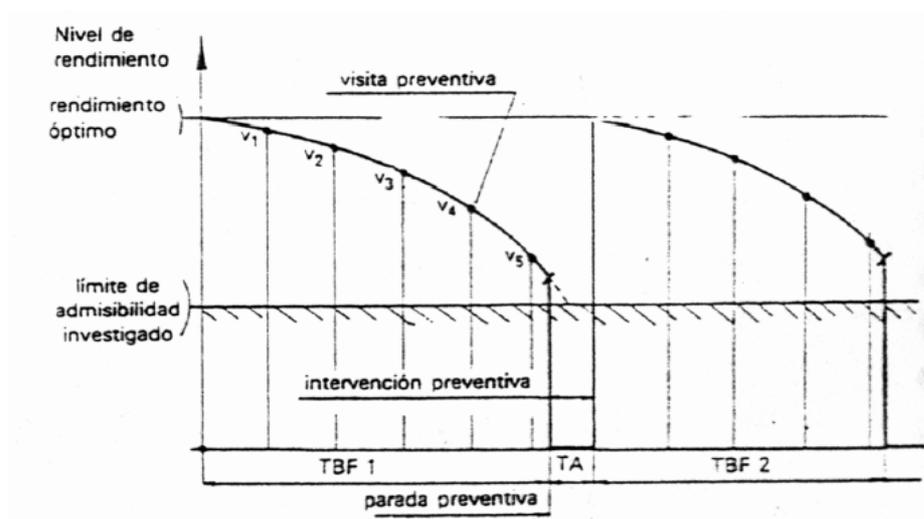


Figura 2.3: Mecanismo de ocurrencia de falla de un equipo sometido a mantenimiento preventivo directo con ley de degradación investigada.

Realizar la gestión de documentación técnica

Establecer un nivel de rendimiento admisible de la máquina, debajo del cual su operación no es aceptable. Este puede ser horas de operación, km recorridos o toneladas de material movilizadas, generalmente recomendado por el fabricante o determinado por experiencia propia.

Se pronostican los periodos de funcionamiento sin fallas TBF y se determinan las paradas programadas de mantenimiento TA.

Se planifican los periodos de tiempo de las visitas de inspección preventivas Vn para identificar las causas de posibles fallas y determinar si se requiere una intervención de mantenimiento. Se determina el rendimiento real de la máquina.

- Se preparan la intervención preventiva para las paradas de mantenimiento programadas.
- Acuerdan con el área de producción las paradas programadas

Una vez realizadas las visitas de inspección y efectuadas las intervenciones de mantenimiento pertinentes se procede a:

- Cuantificar el costo directo del mantenimiento.
- Determinar la Ley de degradación de rendimiento de la máquina.

Luego de la intervención de mantenimiento la máquina no llega a alcanzar su rendimiento óptimo original, logrando uno muy cercano a él y se repite un nuevo ciclo con un nuevo TBF generalmente es menor que el anterior. Al repetirse los ciclos se va reduciendo el rendimiento y aumentando las fallas hasta llegar a la obsolescencia.

El mantenimiento preventivo consta de:

- Un sistema planificado de visitas e inspecciones periódicas, cíclicas y programadas, cuyo objetivo es obtener información sobre el comportamiento de los equipos y materiales y las fallas

- Un servicio de trabajos de mantenimiento en general, reduciendo los imprevistos o fortuitos, se mejora el clima de relaciones humanas, porque los problemas, crean tensiones entre las personas.

2.2.4.2.2.- MANTENIMIENTO SISTEMÁTICO

Se define, según la Norma AFNOR X 60-10 como el mantenimiento efectuado de acuerdo con un plan establecido según el tiempo de operación o el número de unidades fabricadas, con la intención de reducir al mínimo la probabilidad de falla, o evitar la degradación de las instalaciones, sistemas, máquinas y equipos.

Se considera la segunda etapa del mantenimiento preventivo porque para su aplicación requiere de amplios conocimientos de la fiabilidad de las instalaciones, máquinas o equipos, y requiere de datos históricos del comportamiento de los materiales y las fallas de cada equipo de un periodo de tiempo lo suficientemente prolongado como para realizar estudios estadísticos y determinar los tiempos óptimos de intervención antes que se produzca una nueva falla. Todos estos conocimientos se adquieren en la primera etapa del mantenimiento preventivo. La curva del mantenimiento sistemático tiene una ley de degradación prevista, Fig. 2.4:

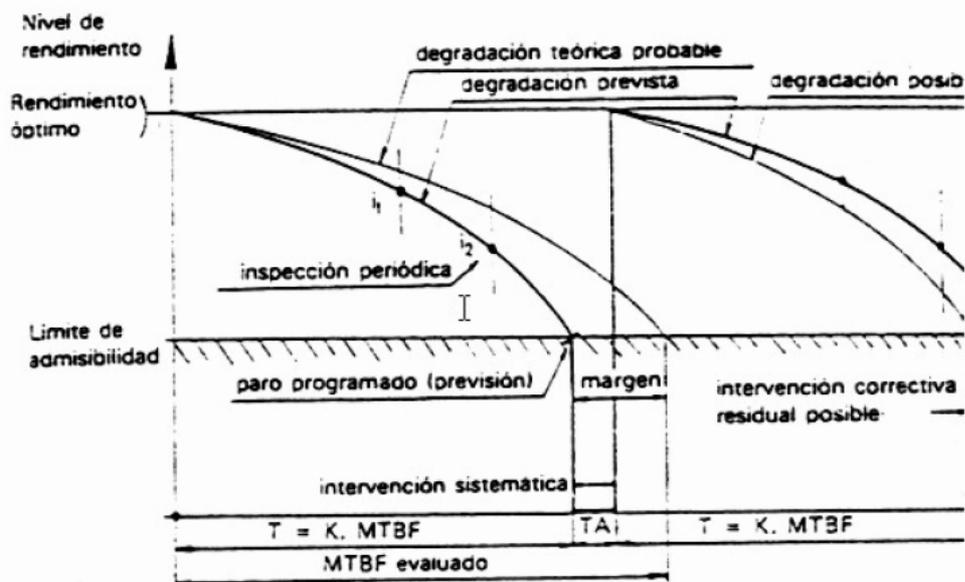


Figura 2.4: Ley de degradación conocida. Mecanismo de ocurrencia de falla de un equipo con mantenimiento sistemático con ley de degradación conocida.

El mantenimiento sistemático requiere una correcta metodología para determinar el periodo de intervención antes que se produzca la falla porque si la intervención se retrasa y se produce la falla entonces el mantenimiento sistemático deja ser eficaz y en la práctica se convierte en mantenimiento correctivo con la pérdida de las ventajas y aumento de costos correspondientes.

2.2.4.2.3.- MANTENIMIENTO DE RONDA

Es un mantenimiento en el que se realiza una vigilancia con operaciones frecuentes pero de duración limitada. Generalmente comprende la lubricación, controles de presión, de temperatura o algunos test de referencia. Este tipo de mantenimiento lo realizan generalmente los operadores de los equipos y máquinas.

2.2.4.2.4.- MANTENIMIENTO CONDICIONAL O PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo, consiste en estudiar la evolución temporal de ciertos parámetros de operación de la máquina y asociarlos a la evolución de fallos para determinar en qué periodo de tiempo, ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves.

Una de las características más importantes de este de mantenimiento es que su aplicación no altera el funcionamiento normal del equipo o la planta. La inspección de los parámetros se realiza de forma periódica o continua, dependiendo de diversos factores como son: el tipo de equipo o planta, los tipos de fallos a diagnosticar y la inversión que se quiera realizar.

La curva que tiene este tipo de mantenimiento respecto de las fallas, Fig. 2.5 es:

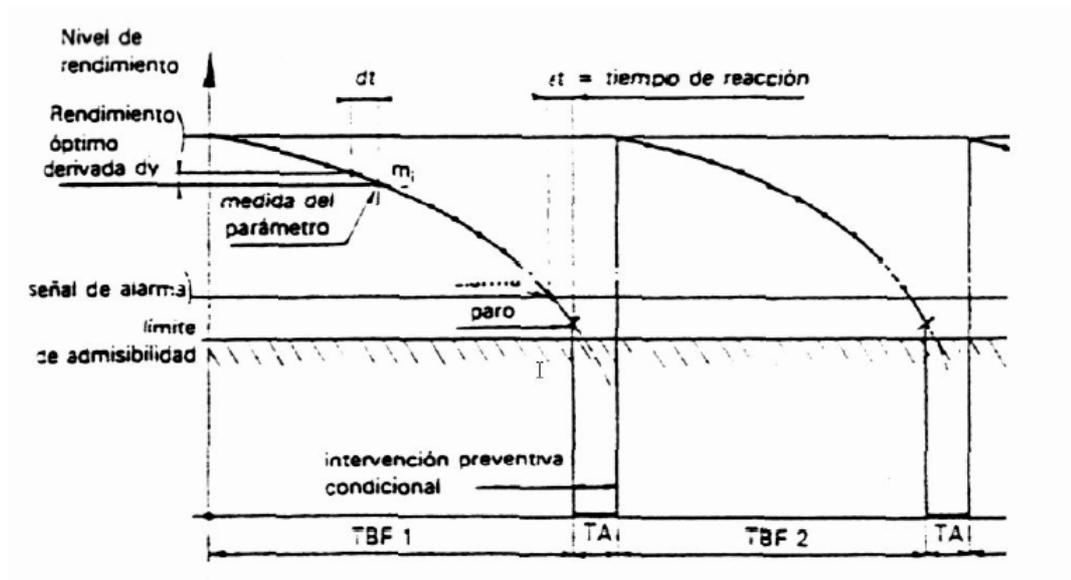


Figura 2.5: Ley de degradación innecesaria.

Algunas ventajas del mantenimiento predictivo son:

- Reduce el tiempo de parada al conocerse exactamente cual órgano falla.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Requiere una plantilla de mantenimiento más reducida.
- La verificación del estado de la maquinaria, realizada de forma periódica o accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional muy útil en estos casos.
- Permite conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Permite tomar decisiones sobre la paralización de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Por ultimo garantiza la confección de formas internas de funcionamientos o compras de nuevos equipos.

Algunos de los objetivos del mantenimiento predictivo son:

- Arreglar un equipo cuando se sabe que presenta un fallo sin interferir con los equipos que funcionan bien.

- Establecer con precisión las tendencias, en el tiempo, de los fallos que se empiezan a desarrollar y planificar las operaciones de mantenimiento de tal manera que coincidan con paralizaciones programadas.
- Reducción de los tiempos muertos.
- Reducción de los inventarios.
- Reducción de tiempos extras de trabajo de mantenimiento.
- Reducción de compras urgentes de repuestos

Lo cual se refleja en un mayor rendimiento de los presupuestos hechos por los departamentos encargados de mantenimiento.

Las herramientas y los ensayos del mantenimiento predictivo más frecuentemente usados son:

- 1) Análisis de Aceite.
- 2) Termografía (análisis infrarrojo).
- 3) Análisis de vibración.
- 4) Monitoreo de motores eléctricos y análisis de las condiciones.
- 5) Alineado de precisión y dispositivos de balanceo.
- 6) Monitores de tonelaje.
- 7) Inspección mediante partículas magnéticas.
- 8) Inspección por ultrasonido.
- 9) Inspección Radiográfica.
- 10) Inspección mediante líquidos penetrantes.

2.2.4.3.- MANTENIMIENTO MODIFICATIVO

Se modifican las características de diseño de una instalación con sistemas, equipos y máquinas estándar, para lograr mayor fiabilidad o mantenibilidad y para facilitar y reducir su costo de mantenimiento.

Se puede realizar en tres momentos de la vida de los equipos:

- Antes del funcionamiento por primera vez. Durante el diseño se analizan sus operaciones para prevenir posibles fallas futuras de componentes que puedan causar problemas mantenimiento que se puedan atribuir a factores de diseño. Para eliminar o reducir las causas de estos problemas se pueden realizar modificaciones del diseño. Se considera un mantenimiento a nivel de proyecto.
- La segunda oportunidad se puede presentar durante su vida útil. Cuando el análisis de las fallas producidas hasta ese momento demuestra que sus causas son atribuibles a factores de diseño y se determina que se pueden realizar modificaciones del diseño para que no se vuelvan a producir. Como supone la eliminación de la posibilidad de ocurrencia de ciertas fallas, es prevención del mantenimiento.
- La tercera y última oportunidad se presenta cuando la máquina se acerca o alcanza el fin de su vida económica. En este caso se le reconstruye para obtener un tiempo adicional de operación económica.

La reconstrucción puede tener dos propósitos. Uno es que la máquina recupere el 100 % de sus características operativas originales y otro es que la máquina, además de recuperar sus características originales mejore algunas de ellas.

Las modificaciones se pueden realizar para mejorar tanto el rendimiento de su producción como su mantenimiento, en éste último caso reduciendo la frecuencia de fallas o aumentando la rapidez de su reparación.

Su ventaja es que obtiene una máquina con mayor fiabilidad y mejor adaptada a la operación que realiza. En términos económicos puede significar lograr mayor producción a menor costo.

La aplicación de este mantenimiento debe ser regulada y adaptada a la realidad de cada empresa porque requiere de un trabajo conjunto de varias de sus áreas. El área de producción debe tener un conocimiento detallado de la

relación entre las máquinas y los procesos que realizan, el área de mantenimiento debe conocer las fallas, las causas que las producen y sus consecuencias económicas. Además se debe contar con un área de ingeniería con capacidad suficiente para efectuar los diseños técnicos y evaluaciones económicas, supervisar la ejecución de las modificaciones y realizar las pruebas necesarias. El mantenimiento modificativo es óptimo, pero tiene la dificultad que muchas empresas no tienen la capacidad tecnológica requerida para realizarlo.

2.2.5.- FALLA

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 que fue diseñado o por serios daños es inseguro su uso, es decir, no puede o ha perdido la capacidad para cumplir su objetivo a satisfacción, ya sea en cantidad, calidad u oportunidad. Incapacidad de un sistema o de uno de sus componentes para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado. Una condición de falla es simplemente un estado de operación insatisfactorio.

2.2.6.- EFECTIVIDAD OPERACIONAL.

Puede definirse como la capacidad, que posee un equipo o sistema, de cumplir con sus funciones específicas y producir el efecto esperado. La efectividad relaciona las horas que el equipo está produciendo y las horas que dispone para hacerlo. Esta relación se evidencia en la ecuación para el cálculo de la efectividad, mostrada a continuación:

$$\text{Efectividad} = \frac{\text{Horas Efectivas}}{\text{Horas Disponibles}} \times 100$$

2.2.6.1.- HORAS CALENDARIO.

Corresponden a las horas que un equipo está presto a cumplir la función para la cual fue diseñado, durante un tiempo determinado por la organización de mantenimiento.

2.2.6.2.- HORAS DISPONIBLES.

Son las horas en que el equipo o sistema se encuentra disponible para operar y para ejecutar reparaciones de fallas imprevistas, sean estas de mantenimiento, de operación o externas.

2.2.6.3.- HORAS DE PARADA PROGRAMADA.

Son las horas en que el equipo o sistema se encuentra paralizado por ejecución de actividades incluidas en los programas de mantenimiento.

a) Horas de demora. Son las horas en que el equipo o sistema no produce por causas imprevistas, las cuales pueden ser de tipo operacional, de mantenimiento o demoras externas.

2.2.6.4.- HORAS EFECTIVAS.

Comprenden las horas en que el equipo o sistema está apto para operar.



Figura 2.6 Horas Efectivas

2.2.7.- MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (MBC)

La detección y diagnóstico de problemas en una máquina sin detener su funcionamiento es el método de mantenimiento más conveniente. Según esto, se pueden detectar los problemas anticipadamente cuando los efectos que causan la falla son incipientes y no afectan por lo tanto el funcionamiento del equipo, además permite diagnosticar la naturaleza del problema con la máquina en funcionamiento. El objetivo del monitoreo de la condición de la maquinaria es recopilar el mayor número de datos representativos de su

funcionamiento con la finalidad de detectar las fallas en sus primeras etapas. El esquema mostrado en la figura 2.4 representa el proceso general del mantenimiento basado en condición, el cual inicia con el monitoreo rutinario de los activos.

2.2.7.1.- PASOS PARA IMPLEMENTAR UN EFECTIVO PMBC.

a) Recopilar las especificaciones técnicas de los activos

Es un paso crítico en la cadena del PMBC, el proceso de análisis de los datos y diagnóstico de las fallas depende en gran medida de la información técnica de los activos a monitorear, se deben conocer las características mecánicas, eléctricas y operacionales de estos activos. ¿Qué tipo y modelo de rodamientos usa?, ¿se trata de un compresor centrífugo o de uno de tornillo?, ¿cuál es el producto manejado?, ¿velocidad, presión y temperatura de trabajo?

b) Identificar los activos a incluir en el programa

Se trata de listar la maquinaria que será monitoreada, esta selección principalmente se basa en la criticidad de los equipos. ¿Qué tan sensibles son los activos para el proceso productivo?, ¿Cuál es su impacto a la seguridad y al ambiente en caso de fallas?, ¿Cuál es el costo o complejidad de su mantenimiento?, ¿Cuáles equipos tienen fallas recurrentes o con mayor frecuencia? Las respuestas a estas preguntas nos indican el estatus de criticidad de estos equipos y son la primera referencia para seleccionar los activos que integrarán el PMBC. Comenzar con los más críticos es una buena práctica y luego progresivamente incluir los de menor criticidad. Este paso se apoya en el denominado Análisis de Criticidad.

c) Determinar el modo y efecto de falla de los equipos seleccionados

Se debe conocer cuáles son los mecanismos que pueden desencadenar en una falla y las consecuencias de esto. Esta información es importante a fin de seleccionar la tecnología y los procedimientos de inspección. Esto requiere del conocimiento de la maquinaria desde el punto de vista mecánico, eléctrico y operacional.

Saber cómo la máquina está conformada y como trabaja nos indica los modos en que puede fallar, así se definirá la mejor forma de captar los síntomas de estas fallas en su estado prematuro. Este proceso se conoce como Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF).

d) Seleccionar la tecnología predictiva

Existe un arsenal de tecnologías que permiten captar el lenguaje de la maquinaria. El como la máquina expresa su salud a través de diversos parámetros, es la clave para seleccionar la tecnología adecuada, aquella capaz de captar condiciones anormales en estado prematuro, antes de que las fallas se hagan incontrolables. Estas tecnologías especializadas miden y registran variables representativas del estado funcional de la maquinaria a un nivel tal que permita hacer seguimiento a la evolución de los diversos problemas detectados y activen el potencial de la planificación y programación oportuna y específica del mantenimiento.

2.2.8.- TECNOLOGÍAS PREDICTIVAS

Las tecnologías predictivas son herramientas que permiten detectar con suficiente anticipación cambios en las condiciones mecánicas, eléctricas y operacionales de la maquinaria a través del monitoreo de variables como temperatura, ultrasonido, vibración, entre otras. En los programas de mantenimiento basados en condición, se utilizan distintas herramientas predictivas que permiten inspeccionar aspectos claves, sobre los activos físicos industriales.

2.2.8.1.- TRIBOLOGÍA Y ANÁLISIS DE ACEITE:

La tribología es la ciencia y tecnología que estudia la fricción entre superficies con movimiento relativo entre sí, incluye también el estudio de la lubricación y el desgaste. Los aceites y grasas lubricantes representan la “sangre” de la maquinaria industrial, sus funciones básicas son disminuir la fricción, el desgaste y disipar el calor, por lo tanto el monitoreo del aceite o el de sus propiedades es de vital importancia para definir el estado o condición de una máquina. el monitoreo de la condición de los lubricantes comprende el estudio y análisis de sus propiedades físicas y químicas

como la viscosidad, la temperatura, la acidez, nivel de aditivos, la presencia de elementos contaminantes como agua o partículas sólidas y el estudio de los elementos de desgaste de componentes.

El análisis de lubricantes como tecnología de inspección predictiva-proactiva se ha convertido en una herramienta de amplio uso en los programas de mantenimiento industrial, esto fundamentalmente apoyado por los avances en los sistemas que de crónicos e informáticos de hoy. Como un instrumento de mantenimiento, el monitoreo y análisis de lubricantes es usado para determinar la condición de una amplia gama de maquinarias y equipos, la meta de esta aplicación es incrementar la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia de las plantas industriales a través de la minimización de las fallas inesperadas, reducción de los costos asociados al consumo de lubricantes, consumo de energía, repuestos y sobre tiempo.

¿Por qué monitorear la condición de los lubricantes usados?

El lubricantes es un componente más de toda la máquina, por ello debe ser inspeccionado. El aceite y la grasa son el fluido vital de los equipos rotativos, de la salud de lubricantes depende en gran medida la salud de la maquinaria. Las funciones de lubricantes son esenciales para la operación eficiente, confiable y segura de un complejo industrial: disminuye la fricción, protege contra la oxidación y la corrosión, proveer refrigeración y actúa como medio hidráulico.

Para monitorear cualquier sistema, máquina o componente es necesario conocer sus modos y efectos de falla, esto asegurará que se inspeccionarán las variables adecuadas y que se tomarán las acciones proactivas para evitar que se presenten estas fallas. Básicamente un lubricante posee tres modos de falla:

i) Contaminación por agentes externos o extraños al sistema de lubricación.

- Contaminación sólida: tierra, polvo, polución.
- Contaminación por desgaste de elementos de máquina.

- Contaminación líquida: agua, combustible, refrigerantes, ácidos, aceites erróneos
- Contaminación gaseosa: aire, dióxido de carbono y otros gases.

ii) **Pérdida de las propiedades físico químicas**

- Por exceso de temperatura
- Agotamiento de aditivos
- Carga excesiva
- Exceso de lubricantes
- Bajo nivel o deficiencia
- Fin de su vida útil

iii) **Mala selección y/o aplicación.**

El término mantenimiento predictivo se refiere a la capacidad de esta técnica para detectar anomalías en el lubricantes con suficiente anticipación a las fallas, el lubricantes es evaluado en el nivel microscópico permitiendo identificar contaminantes, elementos de desgaste o pérdida de sus propiedades en las etapas incipientes, antes de que estas fallas desarrollen síntomas más avanzados como ruido ultrasónico, alta temperatura, vibración anormal.

¿Qué monitorear en un lubricantes usado?

En base al Análisis de los Modos y Efectos de Falla elaborados por los fabricantes, en un lubricante debe inspeccionarse sus propiedades físico-químicas, los niveles de contaminación y la presencia de desgaste mecánico. La inspección integral del lubricante (aceite y grasa) contempla tanto el uso de técnicas especializadas, como de inspecciones relativamente sencillas, el alcance de la inspección dependerá de: la criticidad del sistema evaluado, los costos y complejidad de mantenimiento y de los costos de reemplazo de lubricantes.

iv) **Parámetros de monitoreo**

- Aspecto visual, color y olor.
- Nivel, flujo, presión.
- Fugas.

- Temperatura.
- Contaminación sólida.
- Contaminación líquida.
- Nivel de aditivos.
- Viscosidad.
- Acidez.
- Elementos de desgaste.
- Procedimientos de lubricación.

La mayoría de los lubricantes se oscurecen con el tiempo, de hecho el aceite para motores de combustión se oscurecen rápidamente por los efectos asociados con los desechos del combustible. Esto hace que detectar cambios en el color sea una tarea poco precisa para determinar la real condición de un lubricante, no obstante podemos entrenar la vista para detectar cambios inusuales basados en nuestra experiencia y en las aplicaciones específicas de la planta. La oscuridad extrema en un lubricante es síntoma de oxidación, un aspecto lechoso o nubloso puede ser indicativo de exceso de agua. En la figura 2.7 se refleja el cambio de aspecto físico de un lubricante en función a su deterioro.

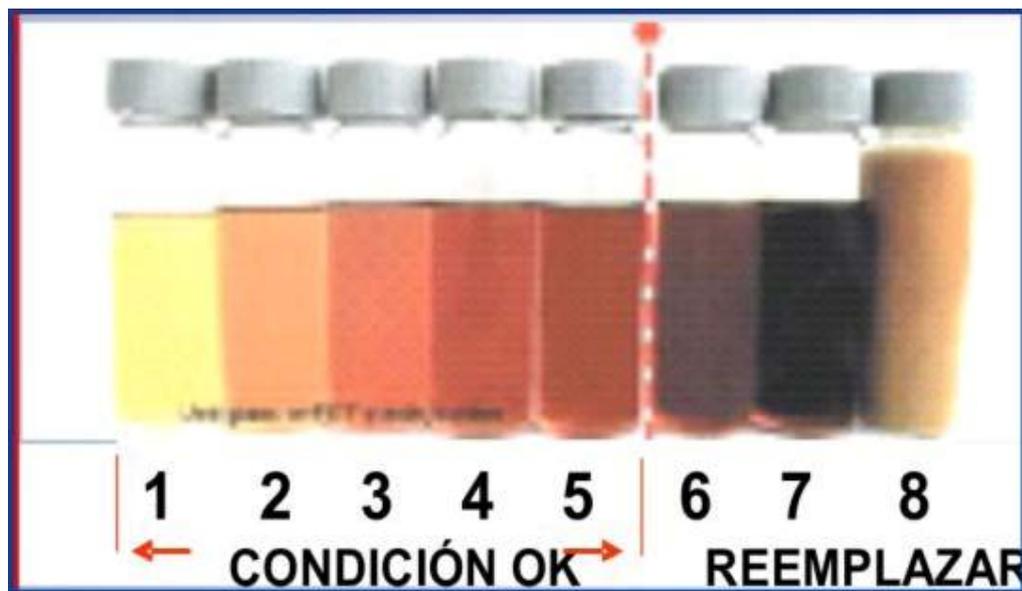


Figura 2.7: Aspecto visual de un aceite en proceso de deterioro

2.2.9.-JUMBOS

2.2.9.1.- DESCRIPCION DE JUMBOS

Un Jumbo es un vehículo trackless de bajo perfil, para perforado de rocas o superficies duras, diseñado sobre todo para realizar trabajos en minas de subsuelo, subterráneas, o en zonas con limitaciones de espacio:

En minería subterránea, especialmente en la pequeña y mediana minería, los túneles se caracterizan por ser de baja altura y angostos, lo que impide el ingreso de vehículos mineros de grandes dimensiones.

En estos vehículos se pueden colocar 1 o más perforadoras hidráulicas que pueden ser operadas por una sola persona en la cabina o a control remoto.

Estos están diseñados para perforar, la perforación de roca es un procedimiento fundamental para arrancar el material en la minería subterránea.

2.2.9.2 CICLO DE PERFORACION



Figura 2.8 Ciclo de Perforacion

2.2.9.3 PERFORACION

La perforación es una de las actividades más delicadas de proceso minero porque con esta se inicia la explotación del yacimiento.

La perforación es un proceso costoso y de alta precisión, de los resultados de esta dependerán las siguientes etapas de minado.

La perforación tiene una gama de aplicaciones extensa y variable, por eso hoy se tiene distintos equipos diseñados para tratar con distintas maneras de perforar roca.

Las Perforadoras hidráulicas usan una serie de bombas para introducir un caudal de aceite lograr el movimiento del pistón y la rotación del varillaje, esto permite mayor potencia de trabajo.

Se detallan las partes principales de perforadora hidráulica en la fig.2.9

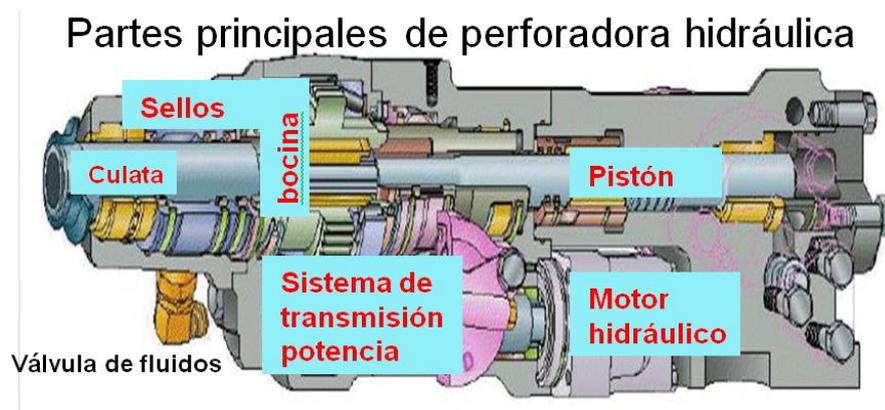


Figura 2.9 Partes de perforadora hidráulica

El accionamiento de las bombas hidráulicas de las perforadoras puede ser mediante energía eléctrica o generada por un motor diesel.

La perforación se da mediante rotación y percusión esta se basa en golpear (percutir) con un cincel (broca), empujando y girando (rotar), para que se produzca la rotura de la roca en pequeños fragmentos (detritus) que se van limpiando y se forma el hoyo.

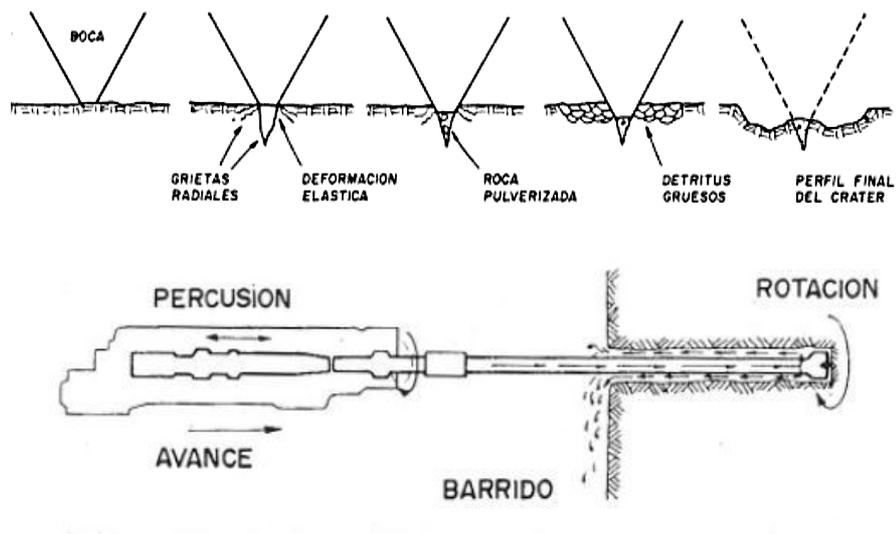


Figura 2.10 Proceso de Barrido

• El barrido o soplado de barrenos se hace con el fin de evacuar los detritus y mantener siempre libre el fondo de taladro. Este se hace con agua.

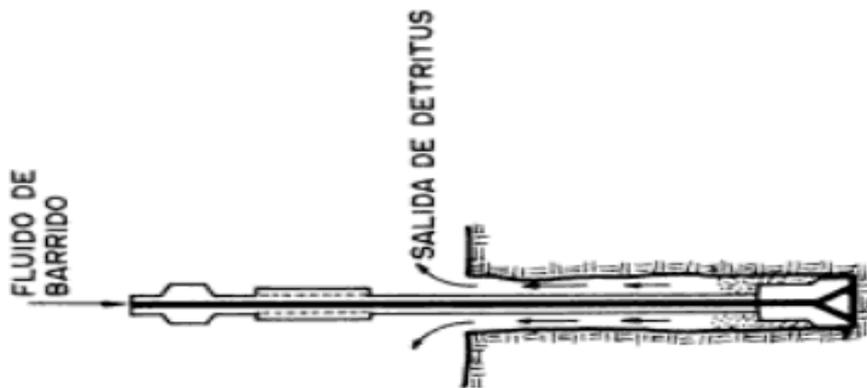


Figura 2.11 Proceso de Perforación

Si el barrido es incorrecto este producirá:

- Mayor consumo de energía
- Atascos de la barra
- Desgaste prematuro varillaje

2.2.9.4.- VIGA DE JUMBO

La viga es el componente que guiara el avance y retroceso de la perforadora accionado por válvulas y cilindros hidráulicos. Las partes principales de la viga de Jumbo son:

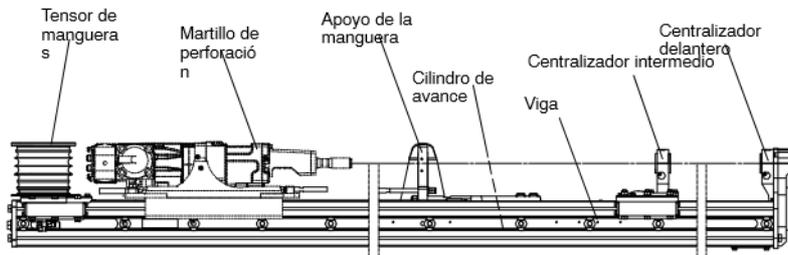


Figura 2.12 Viga de Jumbo

2.1.9.5.- BRAZO DE JUMBO

El brazo de jumbo es la parte esencial para trabajar en cualquier punto de la zona de trabajo debido a que este tendrá múltiples giros (horario- Anti horario), desplazamiento (Avance-Retroceso), bidireccional (Horizontal, vertical). Se detallan los movimientos que realiza el brazo de Jumbo.

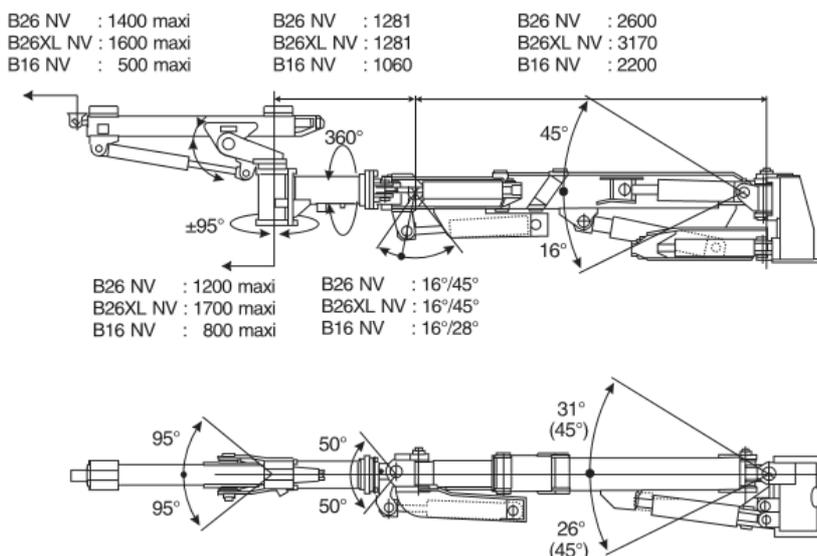


Figura 2.13 Grados de libertad de brazo de Jumbo

2.2.9.6.- CAPACIDAD DE JUMBO

Los jumbos actualmente están adecuados para varios tipos de trabajo, podemos encontrar Jumbos de 1 brazo hasta 3 brazos donde a mayor brazos mayor será

la producción, en un Jumbo. Se detallan datos importantes del Jumbo de acuerdo a la cantidad de brazos



Figura 2.14 Jumbo de dos Brazos

Características	1 brazo	2 brazos	3 brazos
Sección de excavación	6-31 m ²	8-45 m ²	206 m ²
Longitud largo /Ancho	10 / 2 metros	12/2 metros	17/3
Altura min/Max con techo de protección	2/3 metros	2/3 metros	
Peso	10-14 toneladas	12-20 toneladas	45 toneladas
Consumo de agua	Prom. 1.1 l/s	140 l/min; max 260-380 l/min	210 l/min; max: 390-570 l/min
Potencia del motor diesel instalado	42 Kw	55 Kw	

Figura 2.15 Datos de Jumbos de acuerdo a los brazos

2.2.9.7.- SISTEMA DE MONTAJE MOVIL DEL JUMBO

Para el armado de Jumbo cuenta con múltiples sistemas que cada uno de ellos es un estudio diferente por los múltiples accesorios y componentes que llevan. El desglose de partes principales de detallan en los anexos 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18.

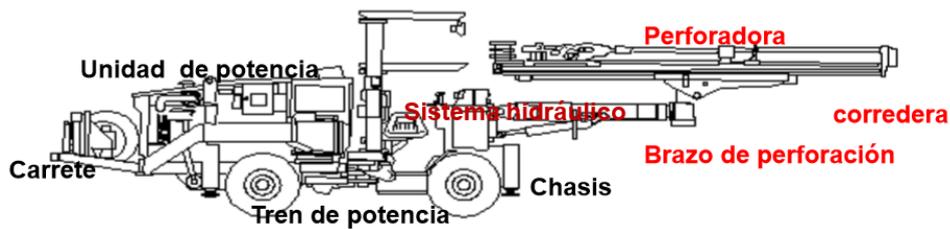


Figura 2.16 Sistema de montaje móvil del Jumbo

2.2.10.- INDICADORES

2.2.10.1.- CONFIABILIDAD

La Confiabilidad es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un período determinado, bajo condiciones específicas, por lo que puede variar entre 0 (que indica la certeza de falla) y 1 (que indica la certeza de buen desempeño). La probabilidad de falla está necesariamente unida a la fiabilidad. El análisis de fallas suministra otra medida del desempeño de los sistemas, con el Tiempo Promedio entre Fallas (MTBF) definido como:

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de Horas de operacion}}{N^{\circ} \text{ de paradas correctivas}}$$

Ec. 2.2

2.2.10.2.- MANTENIBILIDAD

La mantenibilidad, es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un período de tiempo dado, con la condición que su mantenimiento se realice de acuerdo con metodologías y recursos predeterminados.

La mantenibilidad es la cualidad que caracteriza a una máquina, equipo o sistema en cuanto a su facilidad para realizarle mantenimiento. Depende de su diseño y se expresa en términos de frecuencia, duración y costo. Se asocia al Tiempo Promedio para Reparar (MTTR), que es:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Total de reparaciones correctivas}}{\text{Nº de reparaciones correctivas}} \quad \text{Ec. 2.3}$$

2.2.10.3.- DISPONIBILIDAD

La disponibilidad es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado. La disponibilidad depende de:

La frecuencia de las fallas.

El tiempo que nos demande reanudar el servicio.

Si se consideran HL horas laborables de la empresa, PP horas de paradas programadas para mantenimientos preventivos, incluyendo las reparaciones programadas u overhauls y PR horas de paradas por reparaciones o mantenimientos no programados, la Disponibilidad A resulta:

$$A = 100 * \left(\frac{HL - PP - PR}{HL} \right) \quad \text{Ec. 2.4}$$

No se incluyen las horas de paradas causadas por huelgas, o suspensión de la producción por caída de la demanda. Se considera que la disponibilidad debe ser mayor a 85%.

También se define una disponibilidad que depende sólo del diseño del equipo denominada Disponibilidad Inherente, A_I que se expresa como:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \text{Ec. 2.5}$$

2.2.10.3.1.- IMPORTANCIA DE LA DISPONIBILIDAD

El concepto de disponibilidad tiene mucha importancia en el cálculo de los factores de efectividad, al evaluar la influencia de la disponibilidad de un equipo sobre la efectividad global del sistema.

A través del estudio de los factores que influyen sobre la disponibilidad, el tiempo probable entre fallas y el tiempo probable fuera de servicio (TPEF y TPFS) es posible para la gerencia evaluar distintas alternativas de acción para lograr los aumentos necesarios de disponibilidad a través de

aumentos de los tiempos entre fallas, reducción de los tiempos fuera de servicio, y tácticas combinatorias.

A la vez que se establecen las distintas alternativas de acción, en cuanto los factores técnicos se refieren, también se establece la influencia de estas alternativas sobre los costos. De esta manera es posible identificar la mejor política en función de maximización de la disponibilidad y la minimización de los costos

2.2.11.- ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. El análisis de criticidad genera una lista desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos o elementos que formen parte de la zona de alta criticidad.

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos de equipos, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

Se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes aspectos:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Costos (operacionales y de mantenimiento)
- Tiempo promedio para reparar (MTBF)

- Frecuencia de falla

Para la selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. La aplicación de un procedimiento definido se trata del cumplimiento de la guía de aplicación que se haya diseñado. Por último, la lista jerarquizada es el producto que se obtiene del análisis.

2.2.11.1.- FRECUENCIA - IMPACTO TOTAL

Esta metodología permite jerarquizar áreas o sistemas de producción, en función al impacto que estas generan en la seguridad, ambiente, costos de reparación, y el esfuerzo. El procedimiento es el siguiente:

1. De acuerdo a los cálculos de Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF o TPEF) este nos sirve para determinar la fila de Análisis de Frecuencia, donde será ubicada el equipo a estudiar contando con su probabilidad de falla.

Tabla 2.01 Análisis de frecuencia

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en horas	Numero de fallas por horas	Interpretación
5	$TPEF < 3$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias fallas en 3 horas
4	$3 \leq TPEF < 9$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 9 horas, pero poco probable que ocurra en 3 horas
3	$9 \leq TPEF < 27$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurra algunas veces en 27 horas, pero poco probable que ocurra en 9 horas
2	$27 \leq TPEF < 81$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es poco probable que ocurra en 27 horas
1	$81 < TPEF$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurra en 81 horas

- En la tabla de análisis de impacto se puntúa columna a columna los factores de calidad, seguridad, medio ambiente, producción, costo de mantenimiento por cada uno de ellos independientemente.

Tabla 2.02 Análisis de impacto

Categoría	Daños al personal	Impacto ambiental	Perdida de producción (USD/Hr)	Flexibilidad operacional	Horas de mantenimiento
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	mayor a 700	El repuesto debe comprarse en el extranjero	mayor a 36 horas
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas.	Daños reversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales	De 550 a 700	El abastecimiento del repuesto demorar por no ser usual.	De 18 a 36

3	Daños o enfermedades severas. Requiere suspensión laboral.	daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones	De 400 a 550	Repuesto disponible en distribuidoras cercanas.	De 9 a 18
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 250 a 400	Función de repuesto disponible en almacén.	De 1 a 9
1	Sin impacto en el personal	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Menor a 250	Función de repuesto disponible.	menor a 1

3. Se realiza la suma de la puntuación dada en la tabla de análisis de impacto

4. Se multiplicara el puntaje de Análisis de Frecuencia por el Análisis de Impacto.

5. Se intersectara los puntajes obtenidos entre el Análisis de Frecuencia por el Análisis e Impacto Multiplicando sus valores estos ubicaremos en la tabla matriz para ver el grado de criticidad del equipo a estudiar.

Tabla 2.03 Matriz de frecuencia por impacto

FRECUENCIA	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
MATRIZ	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	IMPACTO																					

Criticidad Alta	:	Rojo	50	≤	Criticidad	≤	125
Criticidad Media	:	Amarillo	30	≤	Criticidad	≤	49
Criticidad Baja	:	Verde	5	≤	Criticidad	≤	29

2.2.12.- ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)

El AMEF es una metodología sistemática 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.

Con la realización del AMEF, se obtiene 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.

2.2.12.1.- ASPECTOS GENERALES DEL AMEF

Función del Activo. Se define como el desempeño esperado de un equipo o herramienta para cumplir con un propósito específico.

Funciones Primarias. Es el propósito fundamental del activo, para lo que fue concebido, es decir, para lo que se necesita y de lo que es capaz.

Funciones Secundarias. Son las que soportan el cumplimiento de las funciones primarias, entre ellas, integridad ambiental y estructural, seguridad, control, confort, apariencia y dispositivos de protección.



Figura 2.17 Secuencia para Elaborar un AMEF

Falla Funcional. Se define como el incumplimiento de una función, esta puede ser parcial o total. La falla funcional total es aquella en la que se evidencia una imposibilidad absoluta de cumplir la función principal del activo mientras que en la falla funcional parcial la función se cumple pero no de forma total.

Modos de falla. Son las distintas formas, modos y maneras en las que puede fallar un equipo o componente de un equipo capaz de generar una pérdida parcial o total de su función. Los modos de falla pueden ser definidos

para cualquier tipo de activo, desde un nivel muy general, hasta uno muy particular.

Efecto de la falla. Es la evidencia o los hechos de que la falla ha ocurrido, e indica la secuencia de eventos desde que se inicia hasta que culmina la falla, y donde es recomendable establecer las consecuencias de la misma, esto incluye impacto en la seguridad, higiene, económico y operacional de la falla.

2.3.- MARCO TEORICO

MTBF (TPEF).- Tiempo promedio entre fallas.

MTPR (TPPR).- Tiempo promedio para reparar.

TFS.- Abreviación de Tiempo fuera de servicio.

EFFECTIVIDAD OPERACIONAL.- Es la efectividad del equipo que relaciona las horas que el equipo está produciendo y las horas que dispone para hacerlo.

CONFIABILIDAD.- Es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar

MANTENIBILIDAD.- Es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado

DISPONIBILIDAD.- Es la Performance o desempeño de equipos para hacer un análisis selectivo de los equipos.

CRITICIDAD.- Es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad.

JUMBO.- Equipo para trabajo de Mina subterránea, estos cumplen la función de perforar.

UM.- Abreviación de Unidad Minera

AMEF.- Análisis de Modos y Efectos de Fallas.

HOROMETRO.- Controlador de horas de trabajo de equipo

INDICES DE MANTENIMIENTO.- Sirven para evaluar el proceso del mantenimiento, deben ser concisos y específicos, formados por tablas de índices, algunos de los cuales deben ir acompañados de gráficos que muestren su variación en el tiempo para permitir el análisis en cada nivel de gestión

HSE.- (Health Safety and Enviroment) En Castellano significa Salud, Seguridad y Medio Ambiente.

SSOMAC.- Abreviación de Seguridad, Seguridad ocupacional, Medio ambiente y Calidad

BARRIDO.- Acción de desprender material mediante giro

PERCUCION.- Impacto de la perforadora para romper la roca a trabajar

CAPÍTULO III

3.- DISEÑO DEL TRABAJO

3.1.- ANALISIS DEL MODELO DE INVESTIGACION

Esta investigación está enfocada en la metodología del análisis de falla, para determinar la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos de Jumbos de la UM Pallancata marca con lo cual es posible conocer las causas que generan la ocurrencia de fallas presentes en estos equipos, de igual forma, se plantean acciones que conlleven a la disminución de los mantenimientos correctivos que se hacen necesarios debido a las constantes fallas presentadas por dichos equipos, a través del diseño de un programa de mantenimiento preventivo, el cual está enfocado en atender de manera directa los puntos más vulnerables con el objeto de contribuir a la mejora continua de las actividades de mantenimiento aplicadas.

En este estudio se realiza un análisis sistemático del problema presentado, recogiendo datos reales mediante la observación directa en el taller mecánico del departamento de mantenimiento de la UM Pallancata. Estos datos son necesarios para analizar los factores que resultan determinantes para lograr los objetivos de la investigación.

Equipos para la investigación

El objeto de estudio es de una flota de equipos Jumbos de la UM Pallancata

Para la Unidad Minera estos equipos son de gran importancia para el desarrollo de las labores subterráneas que se realizan en la UM Pallancata, por lo cual dicha empresa considera necesario que el estudio esté dirigido a los Jumbos.

Tabla 4.1. Especificación de los equipos de la UM Pallancata

Tabla 3.01 Flota de equipos de la UM Pallancata

EQ UIPO	MODELO	MARCA
JUMBO AXERA	DD310	TAM ROCK
SCOOP	EJC60	TAM ROCK
JUMBO ROCKET BOOMER	281	ATLAS COPCO
JUMBO ROCKET BOOMER	282 N°1	ATLAS COPCO
JUMBO ROCKET BOOMER	282 N°2	ATLAS COPCO
SCALER	007	PAUS
SCISSOR	BOLTER	MACLEAN
SCISSOR	LIFT	MACLEAN
SCOOP	ST-1030	TAM ROCK
SCOOP	ST-1030	TAM ROCK
STOP MASTER		BOART LONGYEAR
STOP MASTER		BOART LONGYEAR
TORO	007	TAM ROCK

Equipos para estudio

Para poder estimar los parámetros de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, se tomaron las fallas presentadas por los equipos Jumbos, éstas fallas fueron tomadas del registro de históricos de enero a junio y son las que se pudieron tomar durante el periodo en estudio. Dichos equipos son los que se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.02: Especificaciones de los equipos evaluados.

EQ UIPO	MODELO	MAR CA
JUMBO AXERA	DD310	TAMROCK
JUMBO ROCKET BOOMER	281	ATLAS COPCO
JUMBO ROCKET BOOMER	282	ATLAS COPCO
JUMBO ROCKET BOOMER	282	ATLAS COPCO
SCISSOR BOLTER	S-900	MACLEAN
STOP MASTER		BOART LOGYEAR
STOP MASTER		BOART LOGYEAR

3.1.1.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Revisión bibliográfica

Esta técnica permitió extraer información relacionada con el tema a investigar por medio de diversas fuentes como libros, trabajos de grado y publicaciones de Internet; donde fue posible encontrar datos que sirvieron de punto de partida del proyecto.

Análisis de la situación actual de los equipos Jumbo

Los Jumbos son los equipos para realizar la voladura utilizados en la Unidad Minera Pallancata, perteneciente a la empresa Minera Suyamarca, para llevar a cabo las labores de perforado dentro de la mina subterránea y son de especial importancia para cumplir con las actividades fundamentales que se desarrollan en la mina, como son perforación, carga y acarreo, siendo la primera fundamental para la producción de la UM ya que con este enfoque no podrían lograrse los objetivos planteados por la empresa.

Frecuencia de fallas de los equipos Jumbos

En la UM Pallancata se tiene una flota de 7 Jumbos, estos presentaron fallas múltiples en el transcurso de los meses. Primero se ordenaron las fallas, y luego se clasificaron por tipo. Las cantidades de fallas de los equipos se presentan en la Figura 3.1.

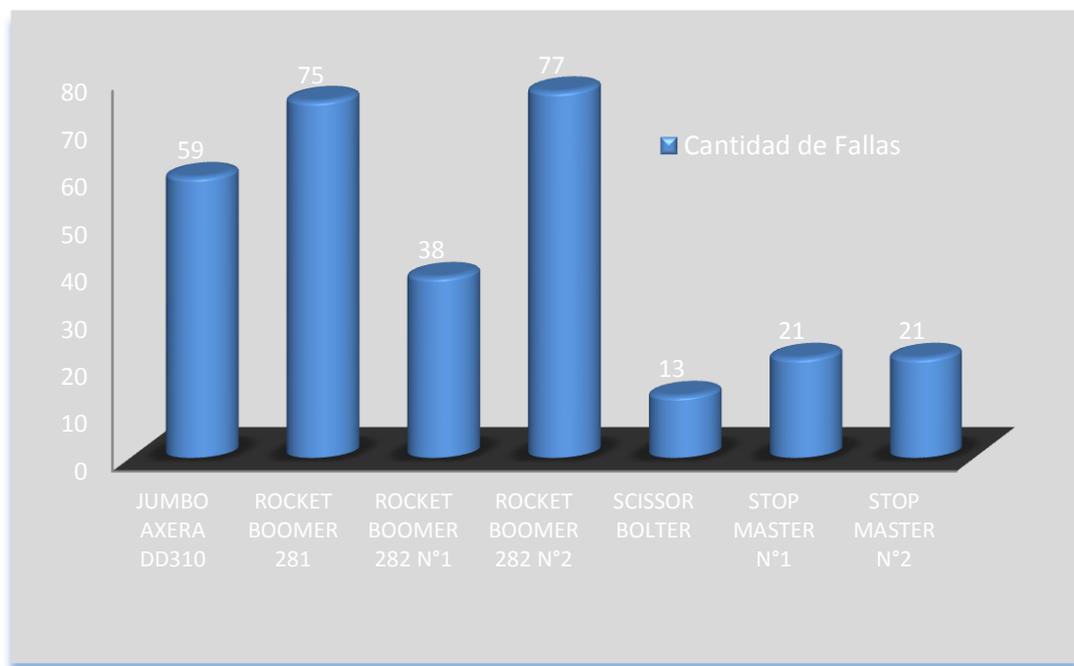


Figura 3.1: Frecuencia de fallas de los equipos Jumbos.

En la Figura 3.2 se muestra los porcentajes de fallas con respecto al total de los equipos incluidos en el estudio.

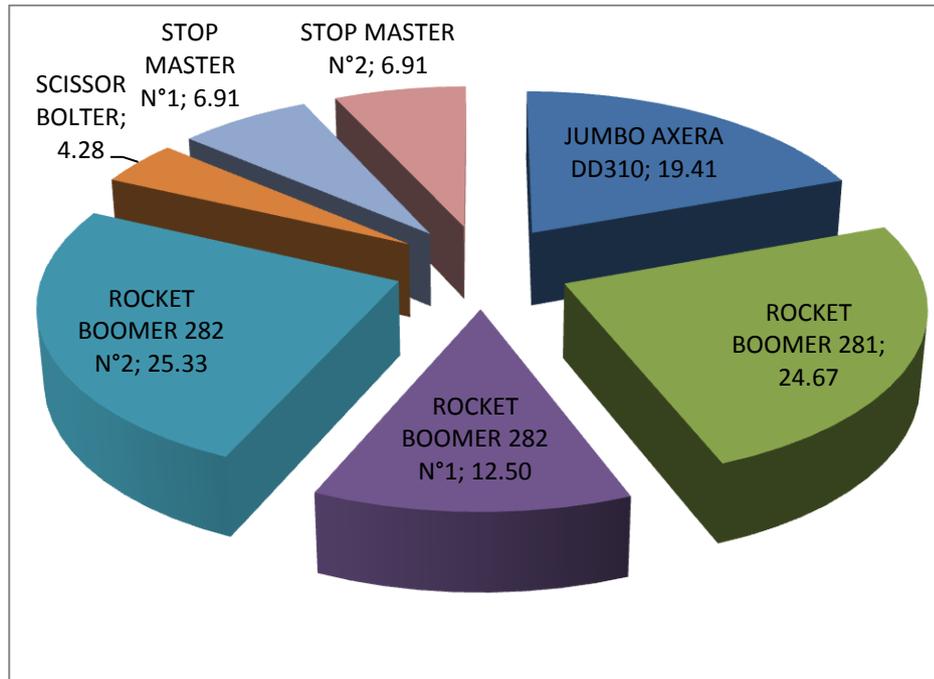


Figura 3.2: Porcentaje de fallas para los equipos.

Como observamos el Jumbo que presenta la mayor cantidad de falla es el Jumbo Rocket Boomer 282 N°2 con un 25.33%, le sigue el Jumbo Rocket Boomer 281 con 24.67% después vienen el Jumbo Axera DD310 y Jumbo Rocket boomer 282 N°1 con un 19.41% y 12.5% respectivamente por ultimo pero no menos importante están Jumbo Stop Master N°1 y Jumbo Stop Master N°2 ambos con un 6.91% y por último el Jumbo Scissor Bolter con 4.28%.

5.1.2.1 Las fallas de los equipo Jumbos se clasificaron en las fallas presentadas por cada equipo. En general estos comprenden las compresor de barrido, frenos, sistema hidráulico de perforación, motor, perforadora, sistema hidráulico, sistema de avance, sistema de brazo de percusión, sistema eléctrico, sistema hidráulico y transmisión.

Esta clasificación está basada en los tipos de fallas ocurridas con mayor frecuencia durante los seis meses que duró el estudio.

➤ **JUMBO AXERA**

En la Tabla 3.3 se presentan las fallas para cada una de las clasificaciones.

Tabla 3.03: Fallas del equipo Jumbo Axera DD310

FALLA	FRECUENCIA
MOTOR	1
PERFORADORA	12
SISTEMA DE AVANCE	15
SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	10
SISTEMA ELECTRICO	5
SISTEMA HIDRAULICO	5
SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	11
TOTAL	59

En la Figura 3.3 se presenta un gráfico con los datos expuestos en la Tabla 3.3.

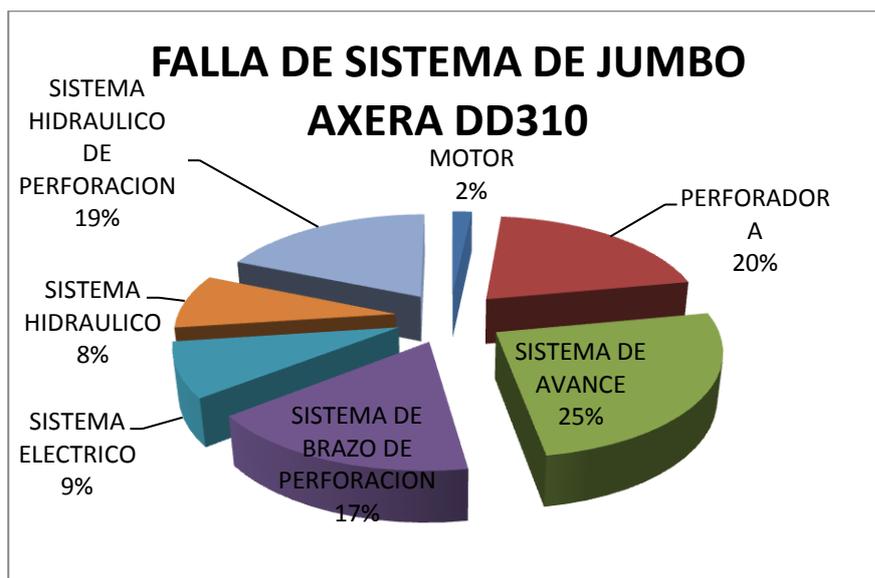


Figura 3.3 Fallas del sistema de Jumbo Axera

En la Tabla 3.4 se muestra la cantidad de tiempo fuera de servicio (TFS) por cada una de las clasificaciones de las fallas, representados en horas.

Tabla 3.04: Tiempo fuera de servicio para las fallas del Jumbo Axera DD310.

FALLA	TFS (Hr)	Porcentaje%
MOTOR	0.75	0.46
PERFORADORA	11	6.80
SISTEMA DE AVANCE	42.43	26.23
SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	57.75	35.70
SISTEMA ELECTRICO	29.5	18.24
SISTEMA HIDRAULICO	6.33	3.91
SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	14	8.65
TOTAL	161.77	100

En la Figura 3.4 se observa la distribución de los tiempos fuera de servicio.

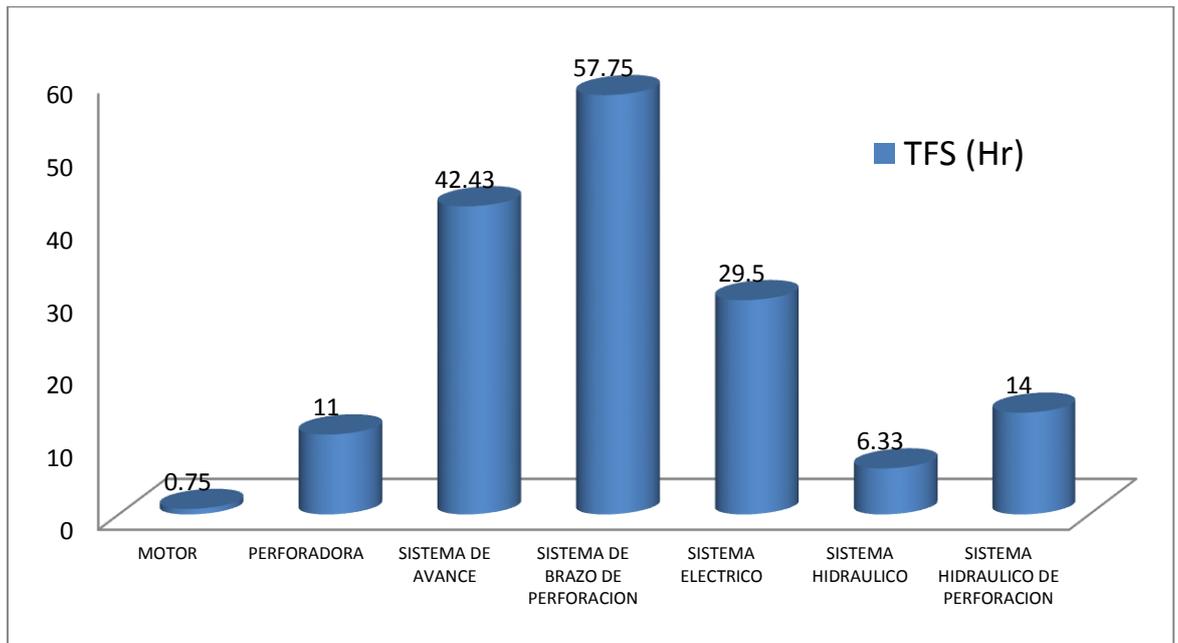


Figura 3.4: Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Jumbo Axera DD310.

En el equipo Jumbo Axera DD310 las horas fuera de servicio se debe en un 35.70% a las fallas del sistema brazo de perforación. Las fallas en el motor presentaron la menor frecuencia así como también la menor cantidad de horas inoperable.

➤ **JUMBO ROCKET BOOMER 281**

Este equipo fue el segundo que presentó mayor cantidad de fallas de los equipos críticos estudiados. Al igual que anterior se clasificaron sus fallas.

En la Tabla 3.5 se presentan los resultados.

Tabla 3.05: Fallas del equipo de Rocket Boomer 281.

FALLA	FRECUENCIA
COMPRESOR DE BARRIDO	6
MOTOR	2
PERFORADORA	30
SISTEMA DE AVANCE	13
SISTEMA DE BRAZO DE PERCUCION	9
SISTEMA ELECTRICO	2
SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	13
TOTAL	75

El sistema que más presentó fallas fue la perforadora, con un total de 30 intervenciones de mantenimiento, luego le siguen el sistema de avance y el sistema hidráulico de perforación ambas con 13 fallas.

En la Figura 3.5 se muestran los datos reflejados en la tabla 5.4.

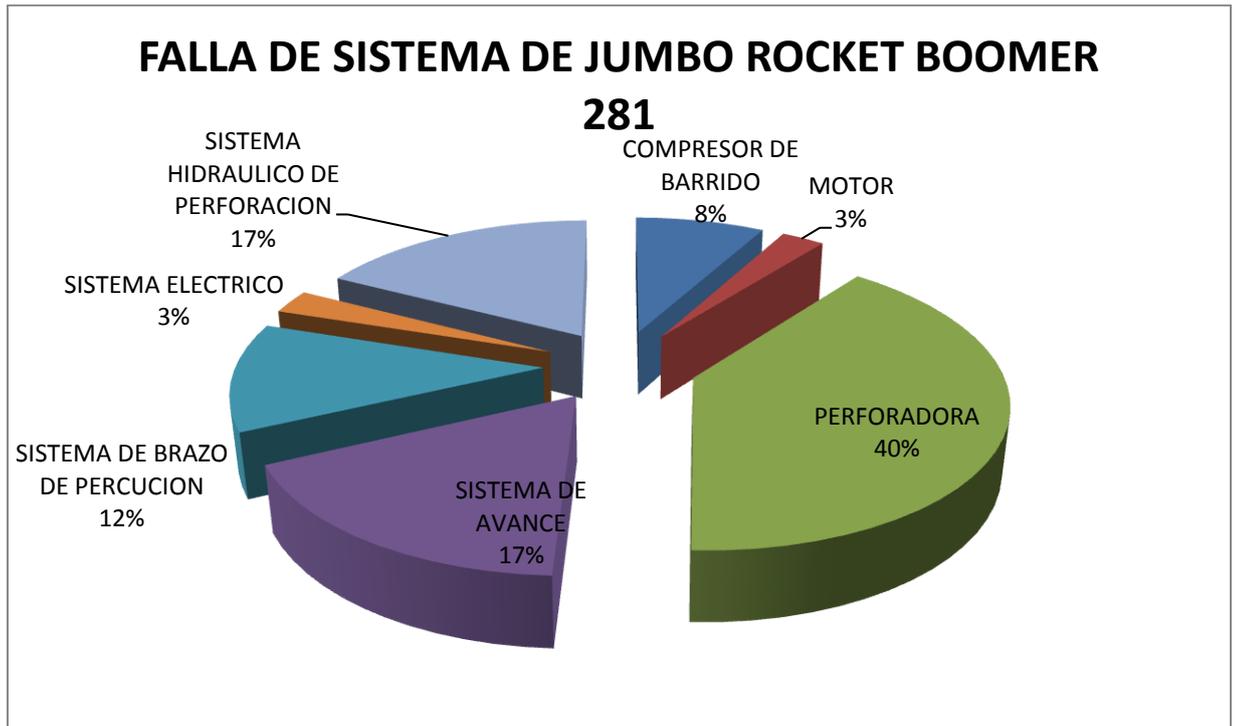


Figura 3.5: Clasificación de fallas para el equipo Rocket Boomer 281

En la Tabla 3.6 se muestran los tiempos fuera de servicio para cada una de las partes involucradas en el mantenimiento de los Jumbos.

Tabla 3.06: Tiempo fuera de servicio para las fallas del Jumbo Rocket Boomer 281.

FALLA	TFS (Hr)	Porcentaje%
COMPRESOR DE BARRIDO	21.33	13.84
MOTOR	1	0.65
PERFORADORA	69.58	45.13
SISTEMA DE AVANCE	35.5	23.03
SISTEMA DE BRAZO DE PERCUCION	10.75	6.97
SISTEMA ELECTRICO	2.5	1.62
SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	13.5	8.76
TOTAL	154.17	100

Los principales tiempos fuera de servicio son debidos a las fallas en el compresor de barrido y el sistema de avance. A continuación en la Figura 3.6 se presenta un resumen.

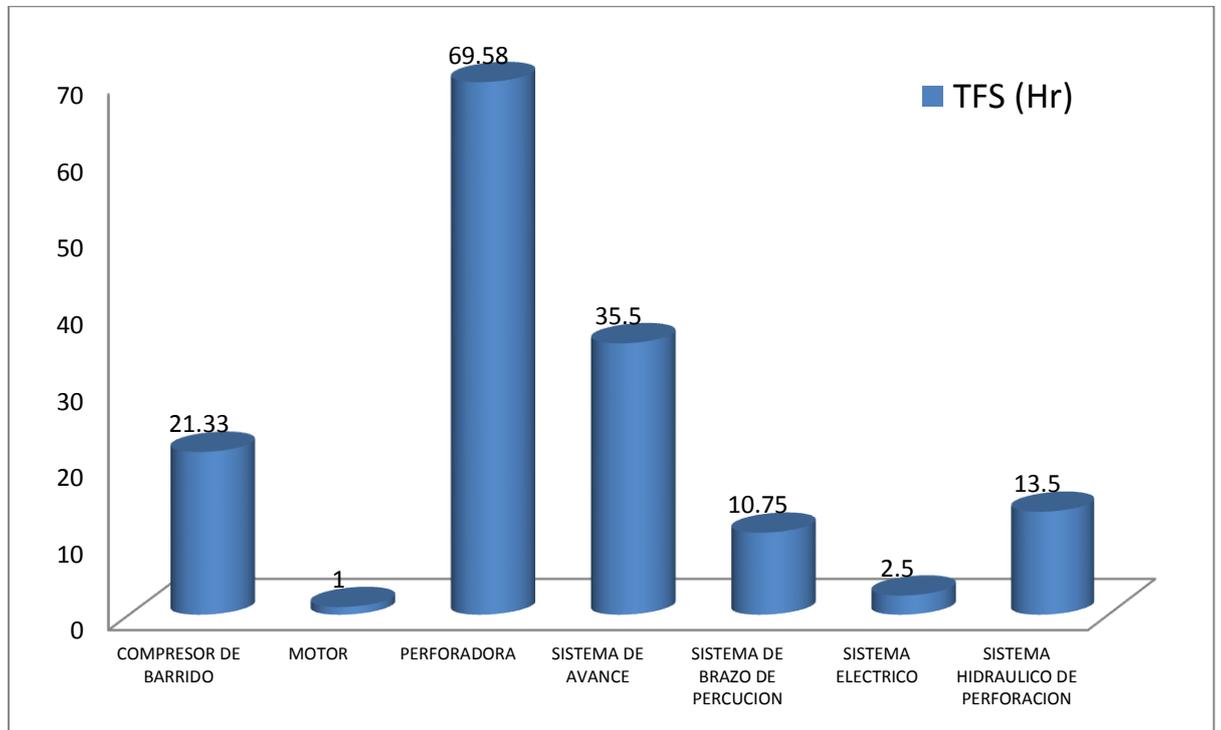


Figura 3.6: Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Rocket Boomer 281.

Como se puede notar el mayor tiempo que estuvo sin operar el equipo fue debido al compresor de barrido y la perforadora, lo cual representa el 13.84% y 69.58 %, respectivamente, del tiempo total que estuvo parada la máquina.

➤ JUMBO ROCKET BOOMER 282 N°1

Este equipo presento una cantidad de intervenciones de mantenimiento con 38 intervenciones con un total de 86.67 horas.

Tabla 3.07: Fallas del equipo Jumbo Rocket Boomer 282 N°1.

FALLA		FRECUENCIA
MOTOR		6
PERFORADORA		6
SISTEMA DE AVANCE		5
SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION		2
SISTEMA ELECTRICO		3
SISTEMA HIDRAULICO		3
SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO DE	13
TOTAL		38

El sistema que más fallas presento fue el sistema hidráulico de perforación con un total de 13 intervenciones de mantenimiento, luego le sigue el motor y la perforadora ambas con 6 intervenciones.

En la Figura 3.7 se muestran los datos reflejados en la tabla 5.4.

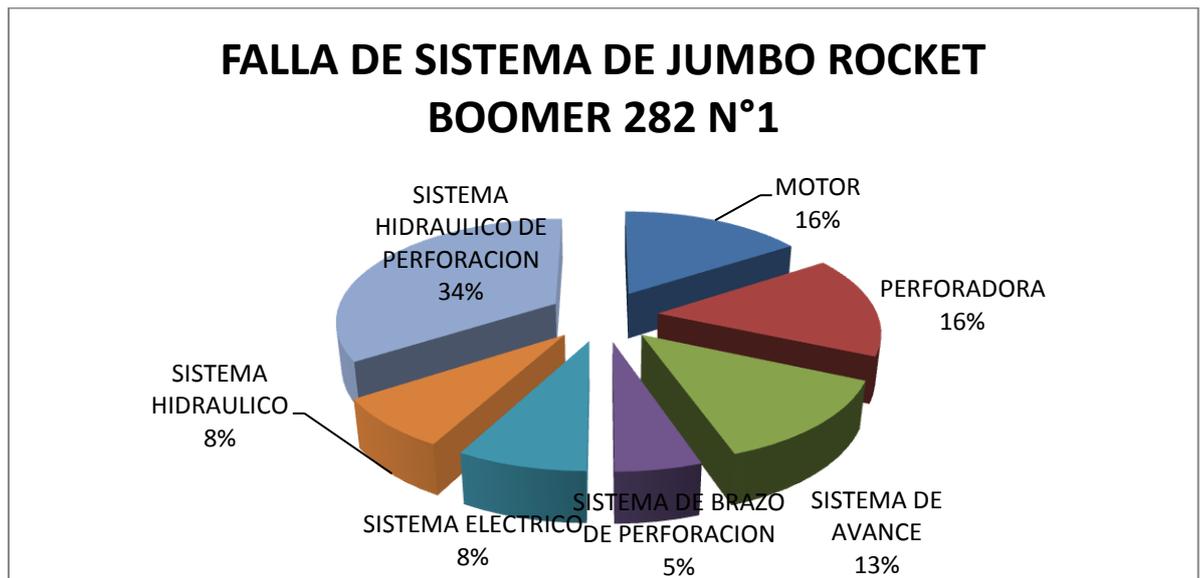


Figura 3.7: Falla de sistema de Jumbo Rocket Boomer 282 N°1

En la Tabla 3.8 se muestran los tiempos fuera de servicio para cada una de las partes involucradas en el mantenimiento del Jumbo.

Tabla 3.08: Tiempo fuera de servicio para las fallas del Jumbo RB 282 N°1

FALLA	TFS (Hr)	Porcentaje%
MOTOR	28	32.31
PERFORADORA	23.5	27.11
SISTEMA DE AVANCE	4.75	5.48
SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	5	5.77
SISTEMA ELECTRICO	3.5	4.04
SISTEMA HIDRAULICO	6	6.92
SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	15.92	18.37
TOTAL	86.67	100

Los principales tiempos fuera de servicio son debidos a las fallas en el motor y en el sistema electromecánico. A continuación en la Figura 3.8 se presenta un resumen.

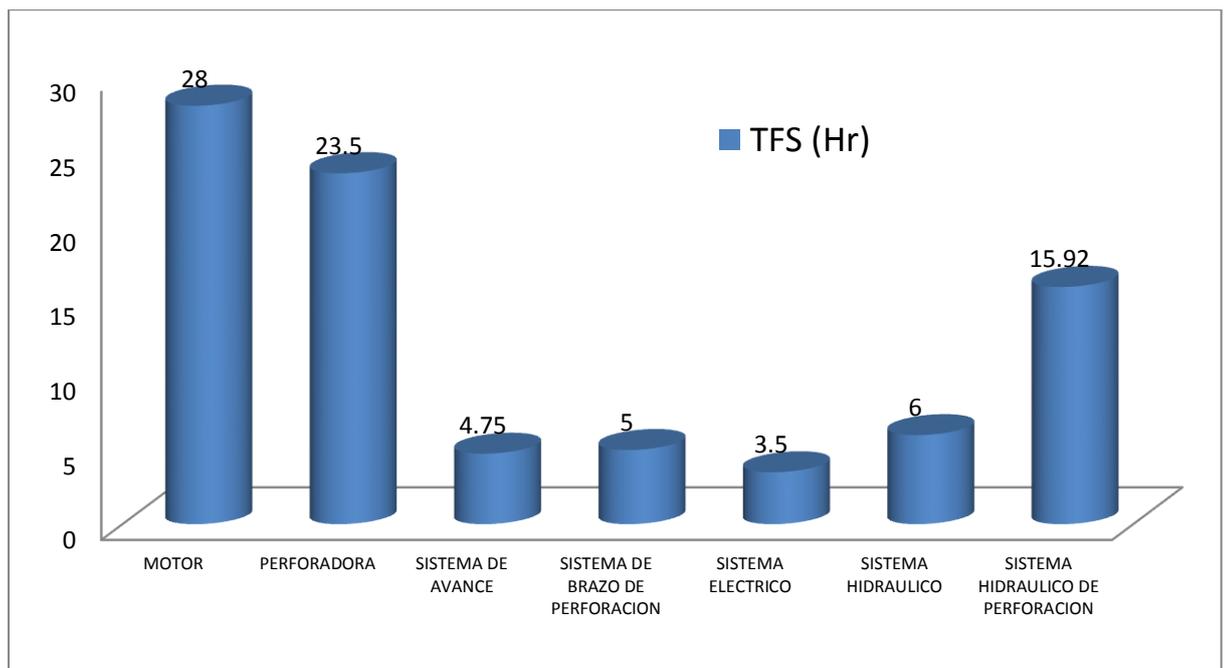


Figura 3.8: Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Jumbo Rocket Boomer 282 N°1

Como se puede notar el mayor tiempo que estuvo sin operar el equipo fue debido al motor y la perforadora, lo cual representa el 32.31% y 27.11%, respectivamente, del tiempo total que estuvo parada la máquina.

➤ **JUMBO ROCKET BOOMER 282 N°2**

Este equipo fue el que presento la mayor cantidad de intervenciones de mantenimiento entre todos los equipos, con un total del 77 intervenciones, es decir, 194.33 intervenciones.

Tabla 3.09: Fallas del equipo Jumbo Rocket Boomer 282 N°2.

FALLA	FRECUENCIA
FRENO	1
MOTOR	1
PERFORADORA	21
SISTEMA DE AVANCE	10
SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	10
SISTEMA ELECTRICO	5
SISTEM HIDRAULICO	9
SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	21
TRANSMISION	1
TOTAL	77

Se detallan la clasificación de fallas para el equipo Rocket Boomer 282 N°2

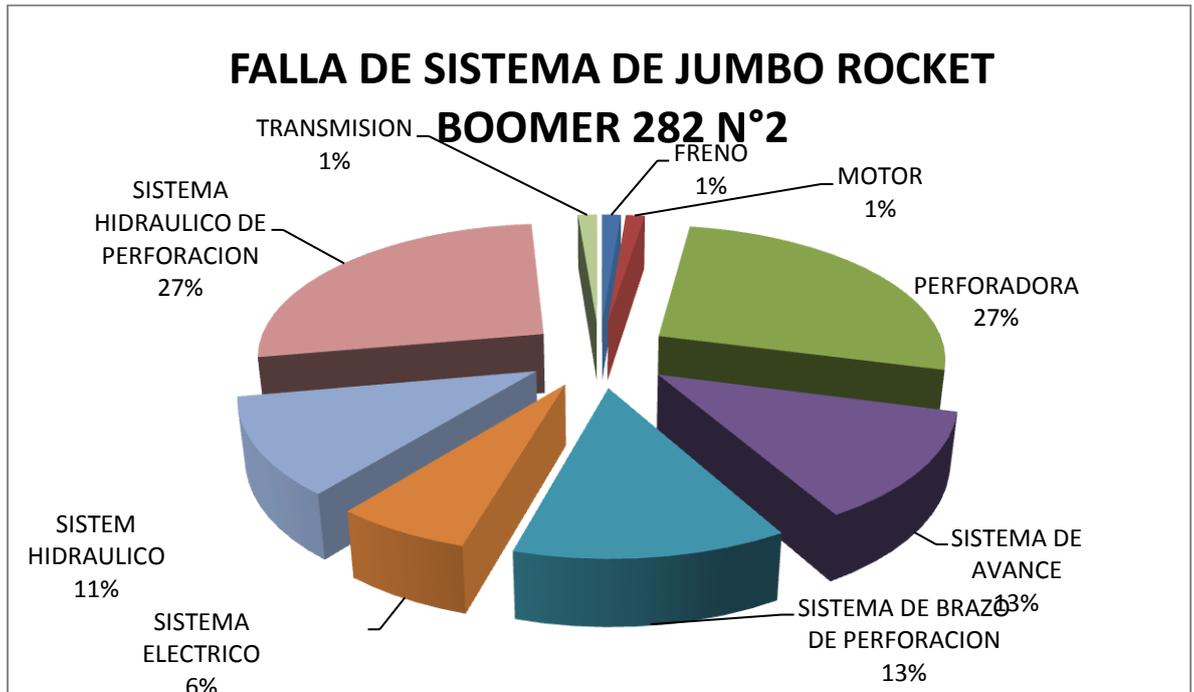


Figura 3.9: Clasificación de fallas para el equipo Rocket Boomer 282 N°2.

Para este equipo la parte que más presentó fallas fue con el sistema hidráulico de perforación y la perforadora, ambas con una frecuencia de 21 fallas.

Tabla 3.10: Tiempo fuera de servicio para las fallas del Jumbo Rocket Boomer 282 N°2.

FALLA	TFS (Hr)	Porcentaje%
FRENO	1	0.51
MOTOR	3	1.54
PERFORADORA	33.9	17.44
SISTEMA DE AVANCE	19.5	10.03
SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	39.7	20.43
SISTEMA ELECTRICO	18.5	9.52
SISTEM HIDRAULICO	18	9.26
SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	51.75	26.63

TRANSMISION	9	4.63
TOTAL	194.33	100.00

En la Figura 3.10 se observa la distribución de los tiempos fuera de servicio

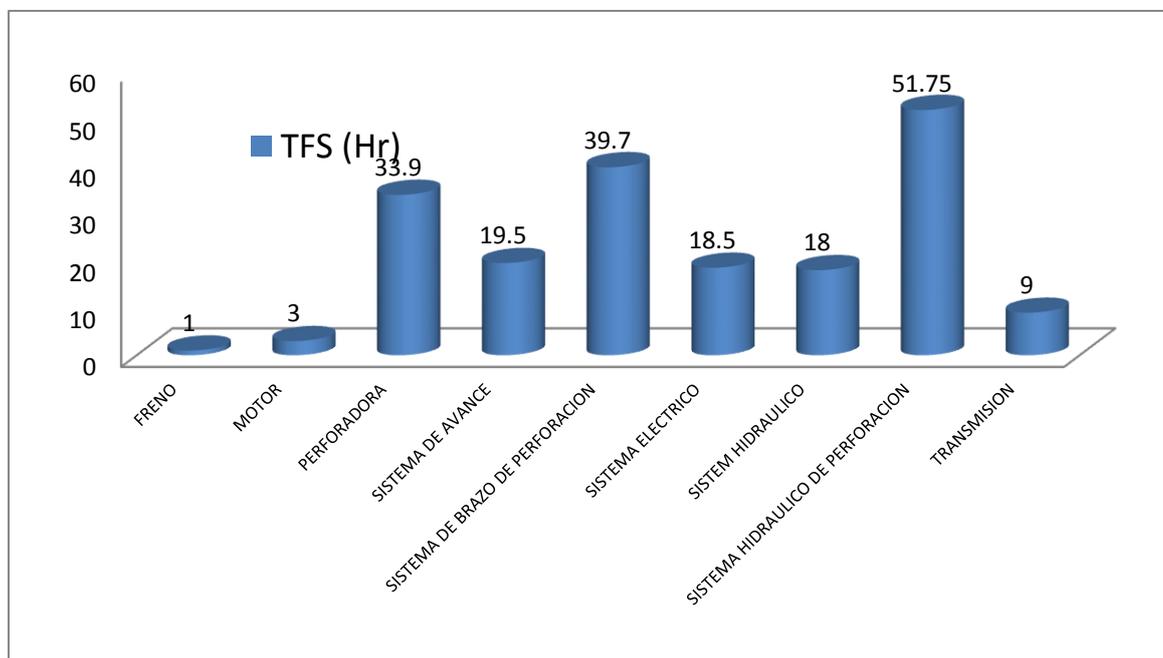


Figura 3.10: Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Rocket Boomer 282 N°2

En el equipo Jumbo Rocket Boomer 282 N°2, las horas fuera de servicio se debe en un 47.06% a las fallas del sistema hidráulico de perforación y el sistema de brazo de perforación. Las fallas en el freno presentaron la menor frecuencia así como también la menor cantidad de horas inoperable.

➤ **JUMBO SCISSOR BOLTER**

Las fallas de este equipo Jumbo perforador se clasificaron en 4 tipos. Estos comprenden las fallas de la perforadora, sistema de brazo de perforación, sistema eléctrico y el sistema hidráulico.

Esta clasificación está basada en los tipos de fallas ocurridas con mayor frecuencia durante los seis meses que duró el estudio.

Tabla 3.11: Fallas del equipo de carga Jumbo Scissor Bolter.

FALLA	FRECUENCIA
PERFORADORA	3
SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	1
SISTEMA ELECTRICO	8
SISTEMA HIDRAULICO	1
TOTAL	13

En la Figura 3.11 se presenta un gráfico con los datos expuestos en la Tabla 5.1

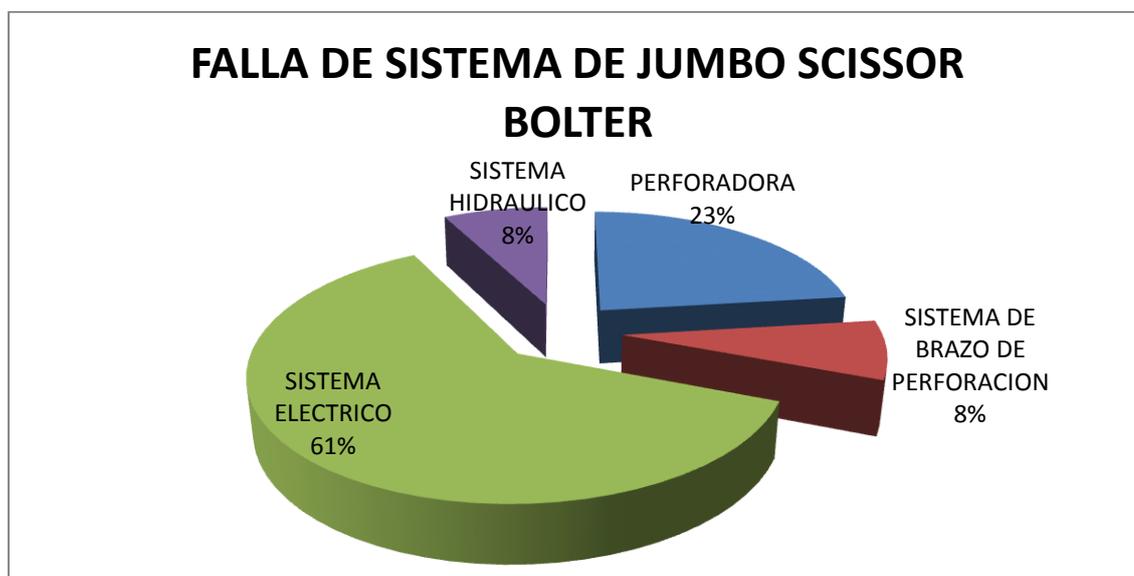


Figura 3.11 Falla de sistema de Jumbo scissor

En la Tabla 3.12 se muestra la cantidad de tiempo fuera de servicio (TFS) por cada una de las clasificaciones de las fallas, representados en horas.

Tabla 3.12: Tiempo fuera de servicio para las fallas del Jumbo Scissor Bolter.

FALLA	TFS	Porcentaje
PERFORADORA	6	20.69
SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	4	13.79

PERFORACION		
SISTEMA ELECTRICO	18.5	63.79
SISTEMA HIDRAULICO	0.5	1.72
TOTAL	29	100

En la Figura 3.12 se observa la distribución de los tiempos fuera de servicio.

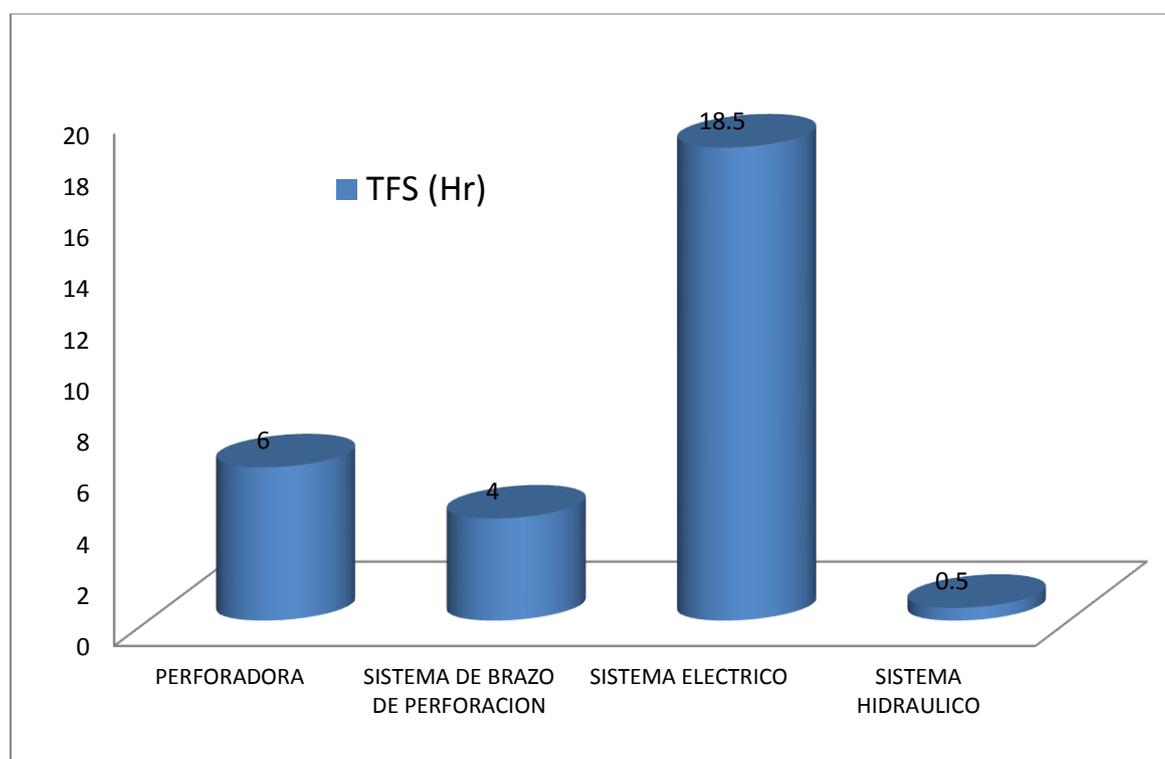


Figura 3.12: Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Jumbo Scissor Bolter.

En el equipo Scissor Bolter, las horas fuera de servicio se debe en un 63.79% a las fallas del sistema eléctrico.

➤ **STOP MASTER N°1**

Este equipo fue el segundo menor en fallas de los equipos críticos estudiados. Al igual que anterior se clasificaron sus fallas.

Tabla 3.13: Fallas del equipo de Perforador Jumbo Stop Master N°1.

FALLA	FRECUENCIA
COMPRESOR DE BARRIDO	1
PERFORADORA	7
SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	2
SISTEMA ELECTRICO	5
SISTEMA HIDRAULICO	2
HIDRAULICO DE PERFORACION	3
TOTAL	20

El sistema que presentó más fallas fue el de la perforadora, con un total de 7 intervenciones de mantenimiento, luego le sigue el sistema eléctrico con 5 intervenciones.

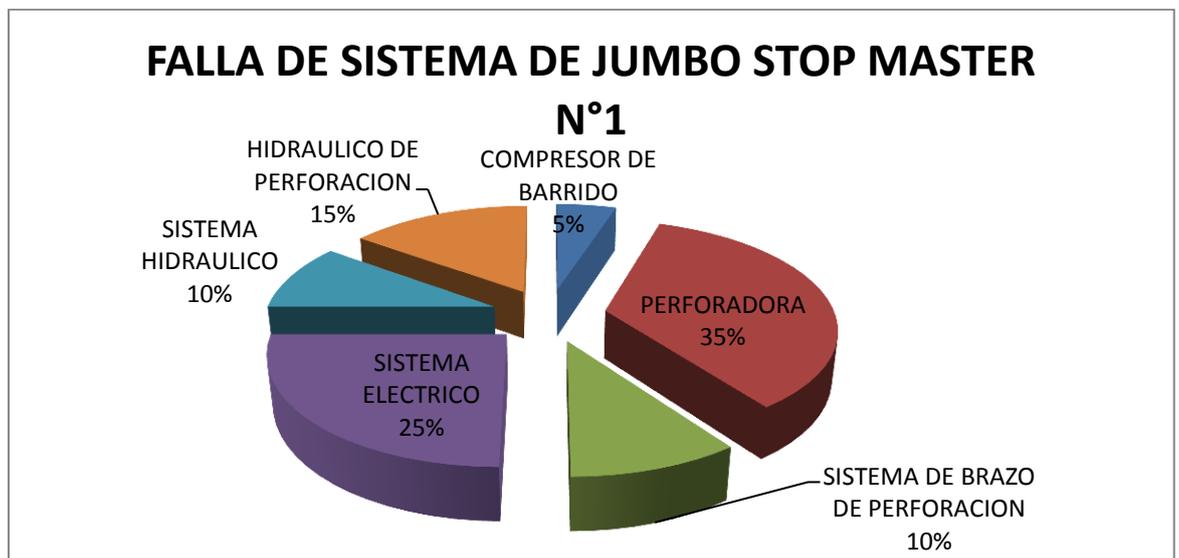


Figura 3.13: Clasificación de fallas para el equipo Stop Master N°1.

En la Tabla 3.14: se muestran los tiempos fuera de servicio para cada una de las partes involucradas en el mantenimiento del Equipo Jumbo Stop Master N°1.

Tabla 3.14: Tiempo fuera de servicio para las fallas del Stop Master N°1

FALLA	TFS (Hr)	Porcentaje%
COMPRESOR DE BARRIDO	1	2.99
PERFORADORA	5.5	16.42
SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	6.5	19.40
SISTEMA ELECTRICO	6.5	19.40
SISTEMA HIDRAULICO	11.5	34.33
HIDRAULICO DE PERFORACION	2.5	7.46
TOTAL	33.5	100

Los principales tiempos fuera de servicio son debidos a las fallas en el sistema hidráulico y con 6.5 el sistema eléctrico y el sistema de brazo de perforación. A continuación en la Figura 3.14 se presenta un resumen.

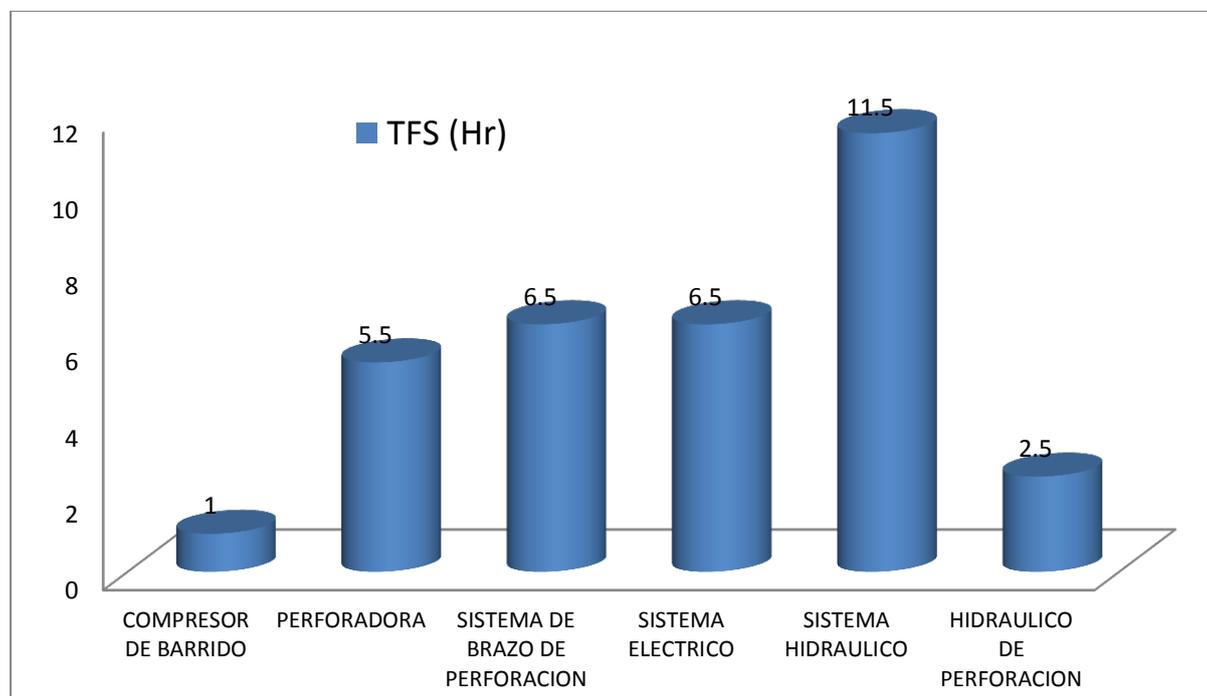


Figura 3.14: Representación de los tiempos fuera de servicio para el equipo Stop Master N°1.

Como se puede notar el mayor tiempo que estuvo sin operar el equipo fue debido al sistema hidráulico, lo cual representa el 34.33%, del tiempo total que estuvo parada la máquina.

➤ **STOP MASTER N°2**

Las fallas se clasificaron en 5 tipos. Estos comprenden las fallas de la perforadora, el sistema de avance, el sistema de brazo de perforación, el sistema eléctrico y el sistema hidráulico de perforación.

Tabla 3.15: Fallas del equipo Jumbo Stop Master

FALLA	FRECUENCIA
PERFORADORA	3
SISTEMA DE AVANCE	4
SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	5
SISTEMA ELECTRICO	4
SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	5
TOTAL	21

Para este equipo la parte que más presentó fallas fue el sistema de avance con un porcentaje del 59.30%.

La Figura 3.15 se representan los datos de la Tabla 3.15.

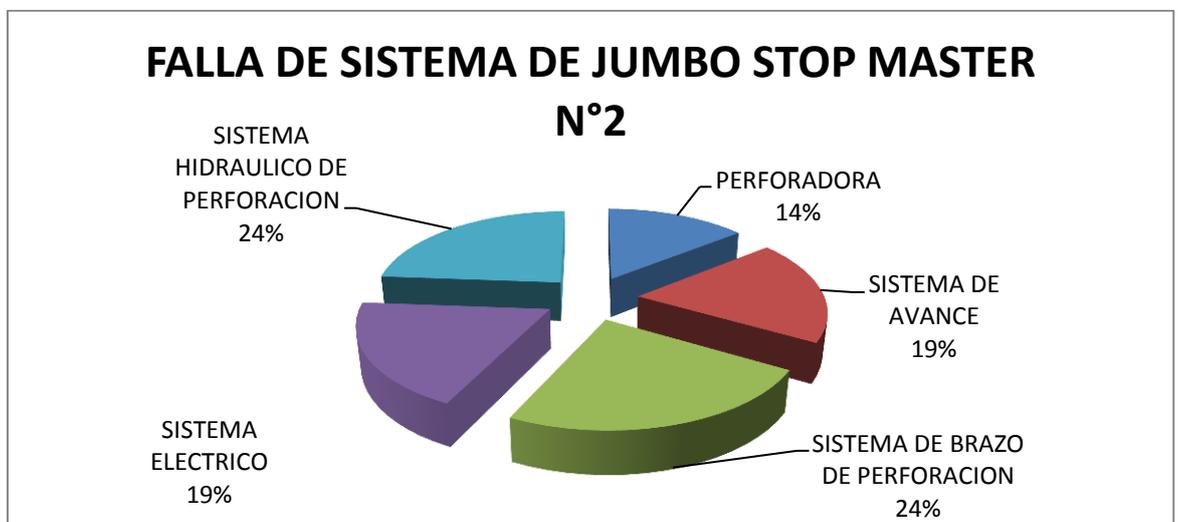


Figura 3.15 Falla de sistema de Jumbo Stop Master N°2

Tabla 3.16 Tiempos fuera de servicio del equipo Stop Master N°2.

FALLA	TFS (Hr)	Porcentaje%
PERFORADORA	3.5	4.07
SISTEMA DE AVANCE	51	59.30
SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	14.5	16.86
SISTEMA ELECTRICO	9.5	11.05
SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	7.5	8.72
TOTAL	86	100

El sistema que más presentó fallas fue el sistema de avance con 51 horas y un porcentaje de 59.30%.

En la Figura 3.16 se muestran los datos reflejados en la tabla 3.16.

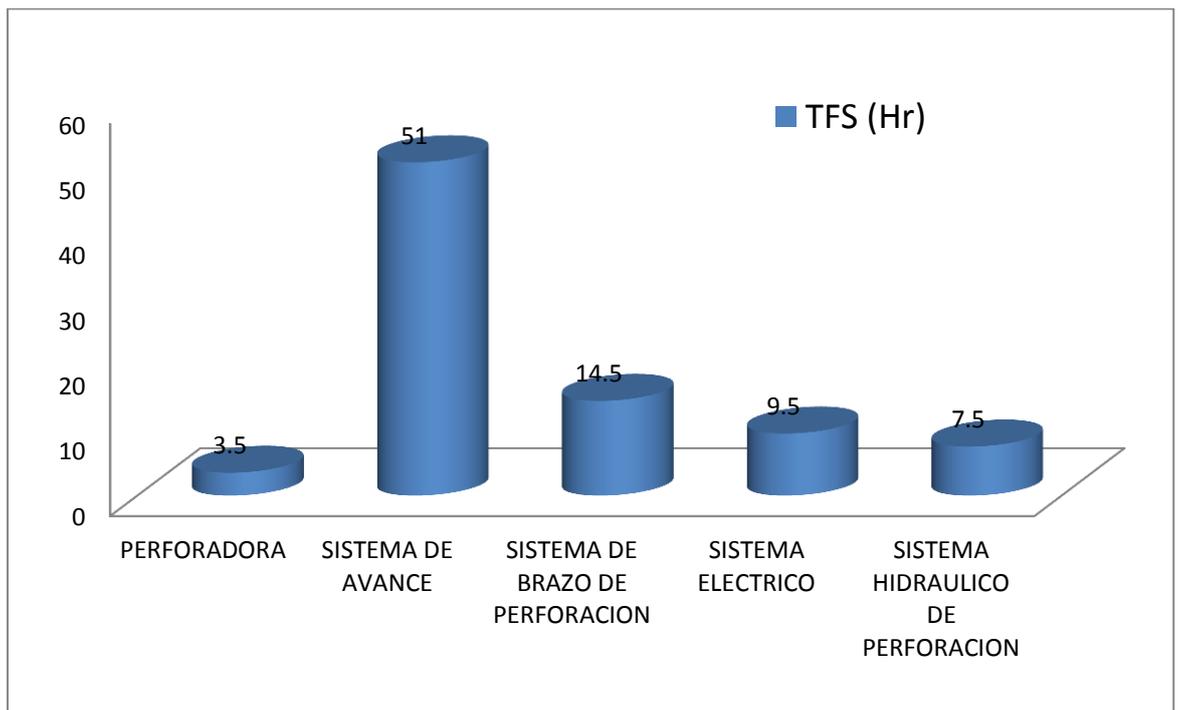


Figura 3.16 Tiempo fuera de servicio de Stop Master

Tabla 3.17: presenta el cuadro general de fallas.

FALLA DE SISTEMA		FRECUENCIA	TFS (Horas)
Total	COMPRESOR DE BARRIDO	7	22.33
Total	FRENO	1	1
Total	MOTOR	10	32.75
Total	PERFORADORA	82	152.98
Total	SISTEMA DE AVANCE	47	153.18
Total	SISTEMA DE BRAZO DE PERCUCION	9	10.75
Total	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	30	127.45
Total	SISTEMA ELECTRICO	32	88.5
Total	SISTEMA HIDRAULICO	20	42.33
Total	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	66	105.17
Total	TRANSMISION	1	9
	Total general	305	745.44

- En los 7 equipos estudiados se pudo observar que la mayor cantidad de fallas y tiempos fuera de servicio se presentan en la perforadora y el sistema de avance, por lo tanto se concluye que son los eslabones más débiles en la figura 3.17.

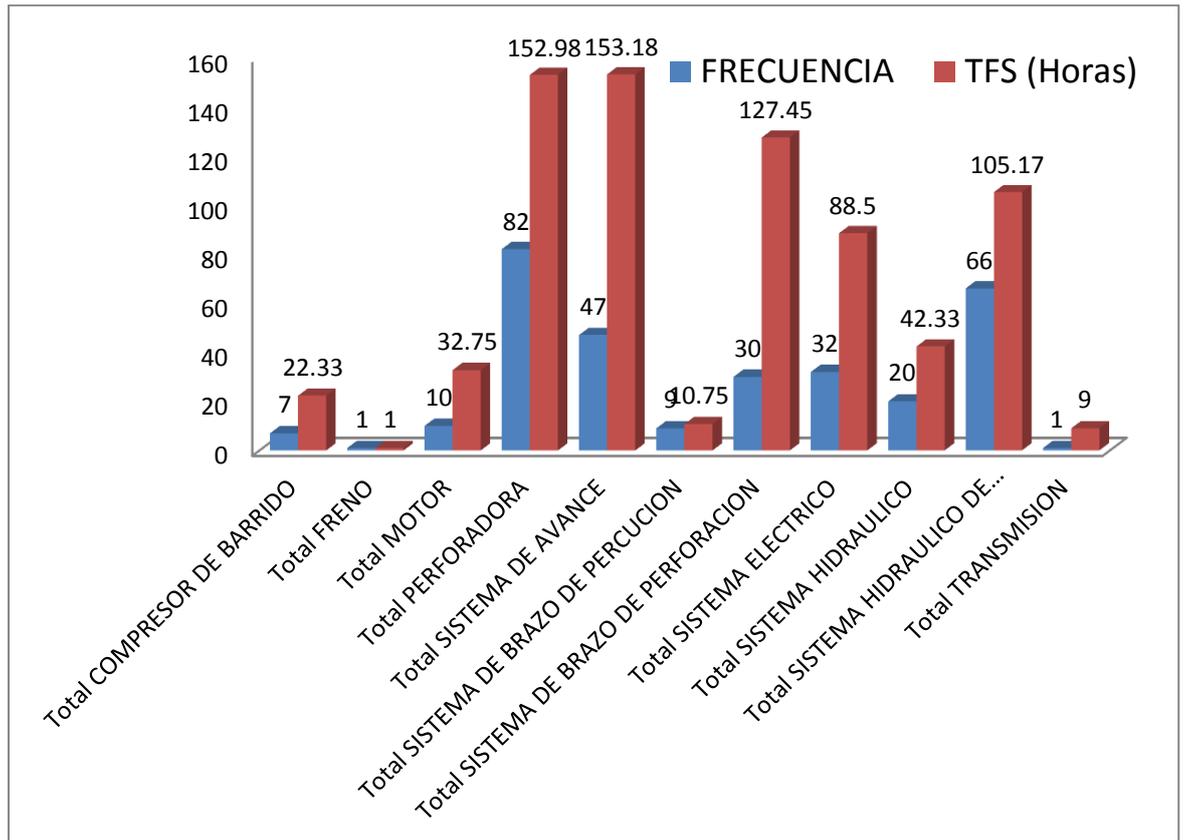


Figura 3.17 Diagrama de Frecuencia y TFS de los equipos Jumbos.

3.2.- CÁLCULO DE ÍNDICES DE MANTENIMIENTO

Para determinar los índices se procedió a recoger los datos reales de las Horas acumuladas de los equipos, número de intervenciones al equipo y el tiempo total de intervención al equipo en Horas. Esto se realizó para cada uno de los equipos.

- ✓ Procedemos a calcular la confiabilidad.
- ✓ Calculo de Mantenibilidad.
- ✓ Calculo de Disponibilidad del equipo Jumbo.

➤ **Calculo de índices para el equipo Jumbo Axera DD310**

Número de intervenciones: 59

Horas acumuladas del equipo: 500.03

Tiempo total de intervención al equipo (Hr): 161.77

Cálculo de Confiabilidad

$$\text{Tiempo promedio entre las fallas (MTBF)} = \frac{\text{Horas Acumuladas del Equipo}}{\text{Numero de intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$\text{MTBF} = 8.48$$

Calculo de Mantenibilidad

Tiempo promedio para la reparación

$$(\text{MTTR}) = \frac{\text{Tiempo Total de Intervenciones al Equipo}}{\text{Numero de Intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$\text{MTTR} = 2.74$$

Calculo de Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad del equipo (c)} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$C = 75.57\%$$

➤ Calculo de índices para el equipo Jumbo Rocket Boomer 281

Número de intervenciones: 75

Horas acumuladas del equipo: 174.36

Tiempo total de intervención al equipo (Hr): 154.17

Cálculo de Confiabilidad

$$\text{Tiempo promedio entre las fallas (MTBF)} = \frac{\text{Horas Acumuladas del Equipo}}{\text{Numero de intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$\text{MTBF} = 2.32$$

Calculo de Mantenibilidad

Tiempo promedio para la reparación

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo Total de Intervenciones al Equipo}}{\text{Numero de Intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$\text{MTTR} = 2.06$$

Calculo de Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad del equipo (c)} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$$

$$C = 53.07\%$$

➤ **Calculo de índices para el equipo Jumbo Rocket Boomer 282 N°1**

Número de intervenciones: 38

Horas acumuladas del equipo: 238.32

Tiempo total de intervención al equipo (Hr): 86.67

Cálculo de Confiabilidad

$$\text{Tiempo promedio entre las fallas (MTBF)} = \frac{\text{Horas Acumuladas del Equipo}}{\text{Numero de intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$MTBF = 6.27$$

Calculo de Mantenibilidad

Tiempo promedio para la reparación

$$(\text{MTTR}) = \frac{\text{Tiempo Total de Intervenciones al Equipo}}{\text{Numero de Intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$MTTR = 2.28$$

Calculo de Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad del equipo (c)} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$C = 73.33\%$$

➤ **Calculo de índices para el equipo Jumbo Rocket Boomer 282 N°2**

Número de intervenciones: 77

Horas acumuladas del equipo: 496.14

Tiempo total de intervención al equipo (Hr): 194.33

Cálculo de Confiabilidad

$$\text{Tiempo promedio entre las fallas (MTBF)} = \frac{\text{Horas Acumuladas del Equipo}}{\text{Numero de intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$MTBF = 6.44$$

Calculo de Mantenibilidad

Tiempo promedio para la reparación

$$(MTTR) = \frac{\text{Tiempo Total de Intervenciones al Equipo}}{\text{Numero de Intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$MTTR = 2.52$$

Calculo de Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad del equipo (c)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$C = 71.86\%$$

➤ **Calculo de índices para el equipo Jumbo Scissor Bolter**

Número de intervenciones: 13

Horas acumuladas del equipo: 121.84

Tiempo total de intervención al equipo (Hr): 29.00

Cálculo de Confiabilidad

$$\text{Tiempo promedio entre las fallas (MTBF)} = \frac{\text{Horas Acumuladas del Equipo}}{\text{Numero de intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$MTBF = 9.37$$

Calculo de Mantenibilidad

Tiempo promedio para la reparación

$$(MTTR) = \frac{\text{Tiempo Total de Intervenciones al Equipo}}{\text{Numero de Intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$MTTR = 2.23$$

Calculo de Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad del equipo (c)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$C = 80.77\%$$

➤ **Calculo de índices para el equipo Jumbo Stop Master N°1**

Número de intervenciones: 21
Horas acumuladas del equipo: 803.09
Tiempo total de intervención al equipo (Hr): 33.50

Cálculo de Confiabilidad

$$\text{Tiempo promedio entre las fallas (MTBF)} = \frac{\text{Horas Acumuladas del Equipo}}{\text{Numero de intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$\text{MTBF} = 38.24$$

Calculo de Mantenibilidad

Tiempo promedio para la reparación

$$(\text{MTTR}) = \frac{\text{Tiempo Total de Intervenciones al Equipo}}{\text{Numero de Intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$\text{MTTR} = 1.60$$

Calculo de Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad del equipo (c)} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$C = 96.00\%$$

➤ **Calculo de índices para el equipo Jumbo Stop Master N°2**

Número de intervenciones: 21
Horas acumuladas del equipo: 1,063.63
Tiempo total de intervención al equipo (Hr): 86.00

Cálculo de Confiabilidad

$$\text{Tiempo promedio entre las fallas (MTBF)} = \frac{\text{Horas Acumuladas del Equipo}}{\text{Numero de intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$\text{MTBF} = 50.65$$

Calculo de Mantenibilidad

Tiempo promedio para la reparación

$$(MTTR) = \frac{\text{Tiempo Total de Intervenciones al Equipo}}{\text{Numero de Intervenciones}} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$MTTR = 4.10$$

Calculo Disponibilidad

$$\text{Disponibilidad del equipo (c)} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$C = 92.52\%$$

El resumen de los porcentajes de disponibilidad podemos decir que los más bajos son el Rocket Boomer 281 con 53.07%, siguiendo el Rocket Boomer 282 N°2 con 71.86% y los dos últimos críticos son el Rocket Boomer N°1 y el Jumbo Axera con 73.33% y 75.57% respectivamente. Se hará un análisis más exhaustivo para estos equipos con baja disponibilidad.

Se muestra el grafico de barras de todos los equipos Jumbos que con su respectivos índices en la figura 3.18

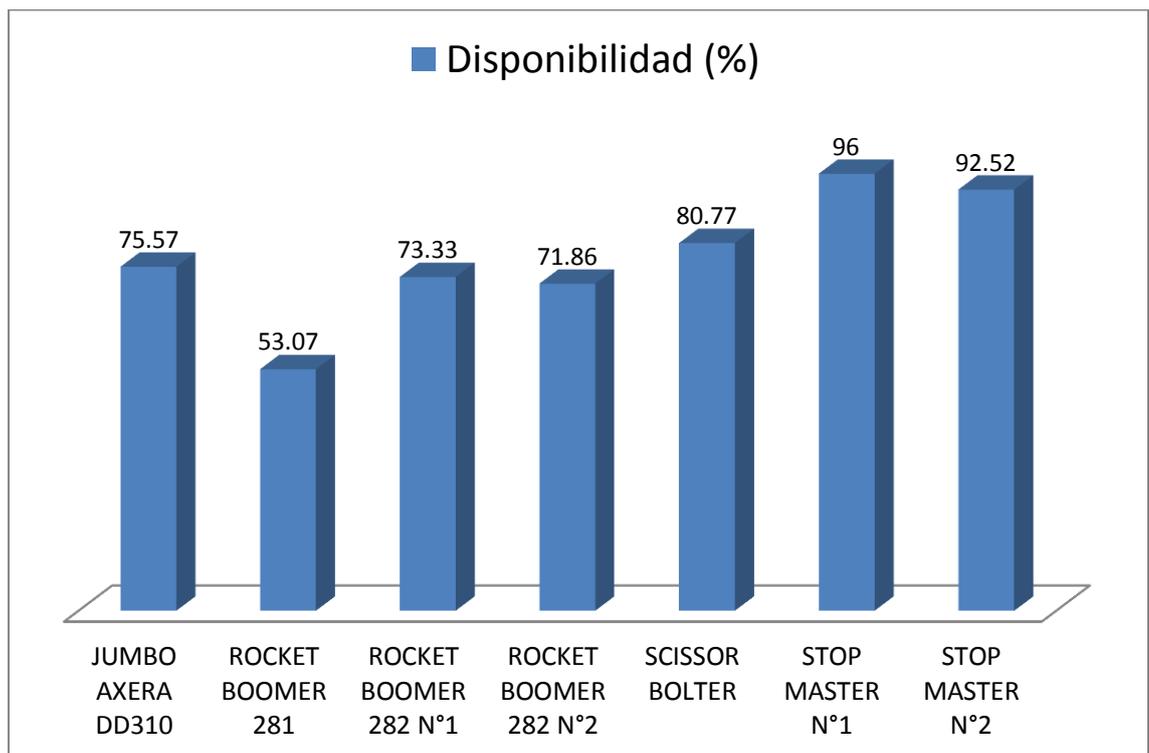


Figura 3.18 Porcentaje de disponibilidad de la flota de Jumbos.

3.3.- REVISION Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS

3.3.1.- CRITICIDAD DE EQUIPOS

Se realiza la matriz de Impacto por frecuencia, los datos obtenidos de frecuencia, TPEF, fueron utilizados para proceder con el análisis de criticidad.

Los datos obtenidos de SSOMAC (Seguridad, Salud Ocupacional, Media Ambiente, Calidad) están basados bajos los estudios del entorno de trabajo de los Jumbo por el departamento HSE (Health, Safety and Enviroment)

➤ CRITICIDAD DE EQUIPO JUMBO AXERA DD310

Tabla 3.18: Análisis de impacto de Jumbo Axera

Categoría	Daños al personal	Impacto ambiental	Perdida de producción (USD/Hr)	Flexibilidad operacional	Horas de mantenimiento
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	mayor a 700	El repuesto debe comprarse en el extranjero	mayor a 36 horas
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas.	Daños reversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales	De 550 a 700	El abastecimiento del repuesto demorar por no ser usual.	De 18 a 36
3	Daños o enfermedades severas. Requiere suspensión laboral.	daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones	De 400 a 550	Repuesto disponible en distribuidoras cercanas.	De 9 a 18

2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 250 a 400	Función de repuesto disponible en almacén.	De 1 a 9
1	Sin impacto en el personal	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Menor a 250	Función de repuesto disponible.	menor a 1

Tabla 3.19: Análisis de frecuencia de Jumbo Axera

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en horas	Numero de fallas por horas	Interpretación
5	$TPEF < 3$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias fallas en 3 horas
4	$3 \leq TPEF < 9$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 9 horas, pero poco probable que ocurra en 3 horas
3	$9 \leq TPEF < 27$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurra algunas veces en 27 horas, pero poco probable que ocurra en 9 horas
2	$27 \leq TPEF < 81$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es poco probable que ocurra en 27 horas
1	$81 < TPEF$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurra en 81 horas

Impacto (categorías) = 2 + 2 + 1 + 2 + 2 = 9

Nivel de criticidad = frecuencia x impacto total = 4 x 9 = 36

De acuerdo a la tabla 2.3 el nivel de criticidad del equipo jumbo AXERA DD 310 es media.

➤ **CRITICIDAD DE EQUIPO BOOMER 281**

Tabla 3.20: Análisis de impacto de Rocket Boomer 281

Categoría	Daños al personal	Impacto ambiental	Perdida de producción (USD/Hr)	Flexibilidad operacional	Horas de mantenimiento
5	Muerte o incapacidad permanente, severos. daños total	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	mayor a 700	El repuesto debe comprarse en el extranjero	mayor a 36 horas
4	Incapacidad parcial, permanente, severas. heridas	Daños reversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales	De 550 a 700	El abastecimiento del repuesto demorar por no ser usual.	De 18 a 36
3	Daños o enfermedades severas. Requiere suspensión laboral.	daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones	De 400 a 550	Repuesto disponible en distribuidoras cercanas.	De 9 a 18
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 250 a 400	Función de repuesto disponible en almacén.	De 1 a 9
1	Sin impacto en el personal	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Menor a 250	Función de repuesto disponible.	menor a 1

Tabla 3.21: Análisis de criticidad de Rocket Boomer 281

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en horas	Numero de fallas por horas	Interpretación
5	$TPEF < 3$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias fallas en 3 horas
4	$3 \leq TPEF < 9$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 9 horas, pero poco probable que ocurra en 3 horas
3	$9 \leq TPEF < 27$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurra algunas veces en 27 horas, pero poco probable que ocurra en 9 horas
2	$27 \leq TPEF < 81$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es poco probable que ocurra en 27 horas
1	$81 < TPEF$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurra en 81 horas

Impacto (categorías) = 1 + 2 + 3 + 3 + 2 = 11

Nivel de criticidad = frecuencia x impacto total = 5 x 11 = 55

De acuerdo a la tabla 2.3 el nivel de criticidad del equipo BOOMER 281 alto.

➤ **CRITICIDAD DE EQUIPO ROCKET BOOMER 282 N°1**

Tabla 3.22: Análisis de impacto de Rocket Boomer 282 N°1

Categoría	Daños al personal	Impacto ambiental	Perdida de producción (USD/Hr)	Flexibilidad operacional	Horas de mantenimiento
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	mayor a 700	El repuesto debe comprarse en el extranjero	mayor a 36 horas
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas.	Daños reversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales	De 550 a 700	El abastecimiento del repuesto demorar por no ser usual.	De 18 a 36
3	Daños o enfermedades severas. Requiere suspensión laboral.	daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones	De 400 a 550	Repuesto disponible en distribuidoras cercanas.	De 9 a 18
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 250 a 400	Función de repuesto disponible en almacén.	De 1 a 9
1	Sin impacto en el personal	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Menor a 250	Función de repuesto disponible.	menor a 1

Tabla 3.23: Análisis de criticidad de Rocket Boomer 282 N°1

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en horas	Numero de fallas por horas	Interpretación
5	$TPEF < 3$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias fallas en 3 horas
4	$3 \leq TPEF < 9$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 9 horas, pero poco probable que ocurra en 3 horas
3	$9 \leq TPEF < 27$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurra algunas veces en 27 horas, pero poco probable que ocurra en 9 horas
2	$27 \leq TPEF < 81$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es poco probable que ocurra en 27 horas
1	$81 < TPEF$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurra en 81 horas

Impacto (categorías) = $2 + 2 + 1 + 4 + 2 = 11$

Nivel de criticidad = frecuencia x impacto total = $4 \times 11 = 44$

De acuerdo a la tabla 2.3 el nivel de criticidad del equipo ROCKET BOOMER 282 N°1 medio.

➤ **CRITICIDAD DE EQUIPO ROCKET BOOMER 282 N°2**

Tabla 3.24: Análisis de impacto de Rocket Boomer 282 N°2

Categoría	Daños al personal	Impacto ambiental	Perdida de producción (USD/Hr)	Flexibilidad operacional	Horas de mantenimiento
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	mayor a 700	El repuesto debe comprarse en el extranjero	mayor a 36 horas
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas.	Daños reversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales	De 550 a 700	El abastecimiento del repuesto demorar por no ser usual.	De 18 a 36
3	Daños o enfermedades severas. Requiere suspensión laboral.	daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones	De 400 a 550	Repuesto disponible en distribuidoras cercanas.	De 9 a 18
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 250 a 400	Función de repuesto disponible en almacén.	De 1 a 9
1	Sin impacto en el personal	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Menor a 250	Función de repuesto disponible.	menor a 1

Tabla 3.25: Análisis de criticidad de Rocket Boomer 282 N°2

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en horas	Numero de fallas por horas	Interpretación
5	$TPEF < 3$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias fallas en 3 horas
4	$3 \leq TPEF < 9$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 9 horas, pero poco probable que ocurra en 3 horas
3	$9 \leq TPEF < 27$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurra algunas veces en 27 horas, pero poco probable que ocurra en 9 horas
2	$27 \leq TPEF < 81$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es poco probable que ocurra en 27 horas
1	$81 < TPEF$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurra en 81 horas

Impacto (categorías) = $4 + 2 + 1 + 3 + 2 = 12$

Nivel de criticidad = frecuencia x impacto total = $4 \times 12 = 48$

De acuerdo a la tabla 2.3 el nivel de criticidad del equipo ROCKET BOOMER 282 N°2 medio.

➤ **CRITICIDAD DE EQUIPO SCISSOR BOLTER**

Tabla 3.26: Análisis de impacto de Scissor Bolter

Categoría	Daños al personal	Impacto ambiental	Perdida de producción (USD/Hr)	Flexibilidad operacional	Horas de mantenimiento
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	mayor a 700	El repuesto debe comprarse en el extranjero	mayor a 36 horas
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas.	Daños reversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales	De 550 a 700	El abastecimiento del repuesto demorar por no ser usual.	De 18 a 36
3	Daños o enfermedades severas. Requiere suspensión laboral.	daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones	De 400 a 550	Repuesto disponible en distribuidoras cercanas.	De 9 a 18
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 250 a 400	Función de repuesto disponible en almacén.	De 1 a 9
1	Sin impacto en el personal	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Menor a 250	Función de repuesto disponible.	menor a 1

Tabla 3.27: Análisis de criticidad de Scissor Bolter

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en horas	Numero de fallas por horas	Interpretación
5	$TPEF < 3$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias fallas en 3 horas
4	$3 \leq TPEF < 9$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 9 horas, pero poco probable que ocurra en 3 horas
3	$9 \leq TPEF < 27$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurra algunas veces en 27 horas, pero poco probable que ocurra en 9 horas
2	$27 \leq TPEF < 81$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es poco probable que ocurra en 27 horas
1	$81 < TPEF$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurra en 81 horas

Impacto (categorías) = $2 + 2 + 3 + 2 + 2 = 11$

Nivel de criticidad = frecuencia x impacto total = $3 \times 11 = 33$

De acuerdo a la tabla 2.3 el nivel de criticidad del equipo SCISSOR BOLTER medio.

➤ **CRITICIDAD DE EQUIPO STOP MASTER N° 1**

Tabla 3.28: Análisis de impacto de Stop Master

Categoría	Daños al personal	Impacto ambiental	Perdida de producción (USD/Hr)	Flexibilidad operacional	Horas de mantenimiento
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	mayor a 700	El repuesto debe comprarse en el extranjero	mayor a 36 horas
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas.	Daños reversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales	De 550 a 700	El abastecimiento del repuesto demorar por no ser usual.	De 18 a 36
3	Daños o enfermedades severas. Requiere suspensión laboral.	daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones	De 400 a 550	Repuesto disponible en distribuidoras cercanas.	De 9 a 18
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 250 a 400	Función de repuesto disponible en almacén.	De 1 a 9
1	Sin impacto en el personal	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Menor a 250	Función de repuesto disponible.	menor a 1

Tabla 3.29: Análisis de criticidad de Stop Master

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en horas	Numero de fallas por horas	Interpretación
5	$TPEF < 3$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias fallas en 3 horas
4	$3 \leq TPEF < 9$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 9 horas, pero poco probable que ocurra en 3 horas
3	$9 \leq TPEF < 27$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurra algunas veces en 27 horas, pero poco probable que ocurra en 9 horas
2	$27 \leq TPEF < 81$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es poco probable que ocurra en 27 horas
1	$81 < TPEF$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurra en 81 horas

Impacto (categorías) = $1 + 2 + 1 + 4 + 2 = 10$

Nivel de criticidad = frecuencia x impacto total = $2 \times 10 = 20$

De acuerdo a la tabla 2.3 el nivel de criticidad del equipo STOP MASTER N° 1 baja.

➤ **CRITICIDAD DE EQUIPO STOP MASTER N° 2**

Tabla 3.30: Análisis de impacto de Stop Master N°2

Categoría	Daños al personal	Impacto ambiental	Perdida de producción (USD/Hr)	Flexibilidad operacional	Horas de mantenimiento
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	mayor a 700	El repuesto debe comprarse en el extranjero	mayor a 36 horas
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas.	Daños reversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales	De 550 a 700	El abastecimiento del repuesto demorar por no ser usual.	De 18 a 36
3	Daños o enfermedades severas. Requiere suspensión laboral.	daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones	De 400 a 550	Repuesto disponible en distribuidoras cercanas.	De 9 a 18
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 250 a 400	Función de repuesto disponible en almacén.	De 1 a 9
1	Sin impacto en el personal	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Menor a 250	Función de repuesto disponible.	menor a 1

Tabla 3.31: Análisis de criticidad de Stop Master N°2

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en horas	Numero de fallas por horas	Interpretación
5	$TPEF < 3$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias fallas en 3 horas
4	$3 \leq TPEF < 9$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 9 horas, pero poco probable que ocurra en 3 horas
3	$9 \leq TPEF < 27$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurra algunas veces en 27 horas, pero poco probable que ocurra en 9 horas
2	$27 \leq TPEF < 81$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es poco probable que ocurra en 27 horas
1	$81 < TPEF$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurra en 81 horas

Impacto (categorías) = 2 + 2 + 2 + 3 + 2 = 11

Nivel de criticidad = frecuencia x impacto total = 2 x 11 = 22

De acuerdo a la tabla 2.3 el nivel de criticidad del equipo STOP MASTER N° 2 baja

3.3.2.- DATOS OBTENIDOS DE CRITICIDAD

Se muestra que los equipos Stop master N°1 y el Equipo Stop Master N°2 están en el área de criticidad baja, El equipo Scissor Bolter esta con una criticidad admisible con el puntaje de 33. Los Equipos con criticidad Alta y Media con puntajes elevados son Jumbo Axera 36, Rocket Boomer 282 N°1 con 44, Rocket Boomer 282 N°2 con 48 y el más crítico estando en la zona de criticidad alta el Rocket Boomer 281 con 55.

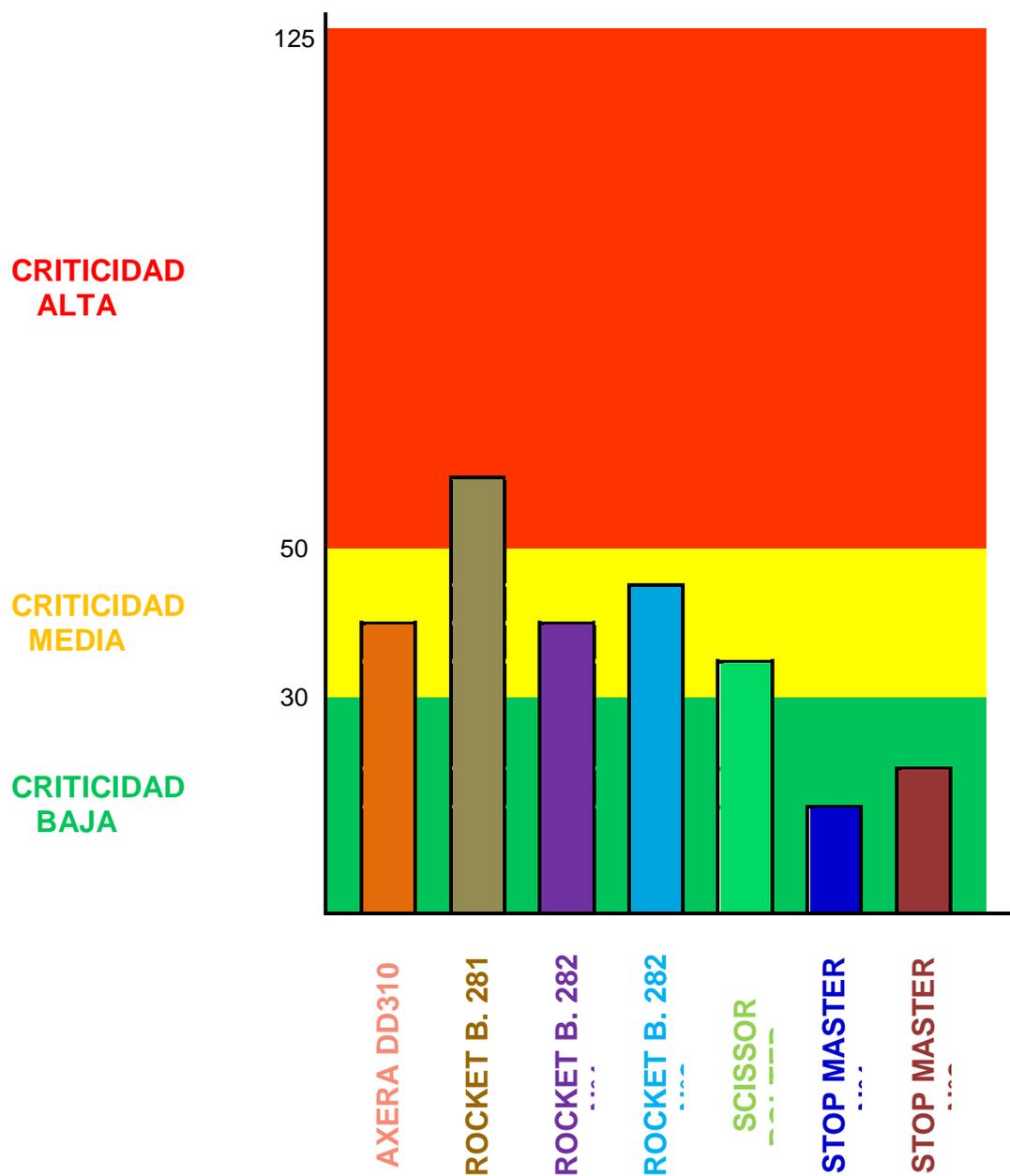
Tabla 3.32: Resumen de criticidad de todos los equipos Jumbos

FRECUENCIA	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
MATRIZ		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		IMPACTO																				

Criticidad Alta	:	Rojo	50	≤	Criticidad	≤	125
Criticidad Media	:	Amarillo	30	≤	Criticidad	≤	49
Criticidad Baja	:	Verde	5	≤	Criticidad	≤	29

 Jumbo Axera	 Rocket B. 281	 Rocket B.282 N°1	 Rocket B.282 N°2
 Scissor Bolter	 Stop Master N°1	 Stop Master N°2	

Tabla 3.33: MAGNITUD ALCANZADA DE CRITICIDAD EN LOS EQUIPOS JUMBOS



3.3.3.- ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS

Se realiza el análisis de modos y efectos de fallas de los equipos más críticos de la flota de Jumbos para evaluar dichas fallas.

Tabla 3.34 AMEF de Equipo Jumbo Axera DD310

EQUIPOS: JUMBO AXERA DD310		ÁREA: Jumbo M-1	REALIZADO POR: Velille Toledo D.	FECHA:
Perforadora			REVISADO POR:	HOJA: 1 de 1
FUNCION	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA		EFFECTOS
Realiza el trabajo de barrenacion y percusión para el perforado de frente	A El torque de la perforadora es menor al habitual	1	Deterioro del Shank Adapter.	Al fallar el piñón shank adapter este no transmite el RPM adecuado hacia el barreno genera movimientos bruscos afectando otros componentes. Aumento de las horas de demora
		2	Desgaste de la caja de engranajes.	Produce menor transferencia de potencia. Disminución de longitud de perforación debido a que demora y no hace un buen barrido.
		3	Deterioro de kit de sellos	Perdida de aceite originando barrido en los componentes internos de la perforadora. Trabajo en vacío, mayor consumo de aceite hidráulico
		4	Ruptura de pernos de sujeción	Provoca vibración generando desgaste entre el cabezal y el cuerpo de la perforadora. Daños de fractura al housing (cuerpo) de la perforadora.
	B La perforadora no percute de manera regular.	1	Rotura de diafragma.	Produce escape de nitrógeno y ruptura de oring. Produce riesgos para el personal ya que este trabaja bajo presión elevada y podría salir disparado hacia el personal.
		2	Desgaste de gamarrilla.	La presión de perforado es menor debido a las fugas que existen.

Tabla 3.35 AMEF de Rocket Boomer 281

		EQUIPOS: ROCKET BOOMER 281		ÁREA: Jumbo M-1		REALIZADO POR: Velille Toledo D.		FECHA:	
		Sistema de Perforación				REVISADO POR:		HOJA: 1 de 1	
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODOS DE FALLA		EFECTOS			
Asegura una perforación eficaz en la mayoría de los terrenos, permite una buena estabilidad direccional de la barra perforadora. El avance y retroceso de todo la viga y perforadora		A	La perforadora no percute.	1	Desgaste del cabezal de perforadora.	Produce vibración así como el desgaste del conector de mordaza.			
				2	Desgaste de los retenes.	Desgaste en rosca de mesa de soporte COP.			
				3	Rotura del cuero posterior.	Rotura de manguera en el primer tramo de drenaje.			
				4	Vibración en las mangueras de drenaje	Los conectores suele desgastarse causando derramamiento de aceite el cual debe ser recargado. Riesgo alto para el personal debido a la fuga de aceite hidráulico que trabaja a presión			
		B	El sistema móvil de viga se detiene	1	Perno de sujeción fuera de posición.	Concentración de esfuerzos dentro del sistema generando roturas de las demás piezas por estar trabado.			
				2	Forzado de Carrera de cilindro de avance	Doblado y daños al cromado del vástago de cilindro , roce entre vástago y otros componentes afectando a otros componentes			

Tabla 3.37 AMEF de Jumbo Rocket Boomer 282 N°2

		EQUIPOS: JUMBO ROCKET BOOMER 282 N°2		ÁREA: Jumbo M-1		REALIZADO POR: Velille Toledo D.		FECHA:	
		Sistema hidráulico de brazo de perforación.				REVISADO POR:		HOJA: 1 de 1	
		FALLA FUNCIONAL		MODOS DE FALLA		EFFECTOS			
<p>Asegura una perforación eficaz en la mayoría de los terrenos, permite una buena estabilidad direccional de la barra perforadora con movimientos múltiples</p>		A	El sistema no percute de forma adecuada.	1	Avería de los buges delanteros.	La presión que se transmite al martillo no es el adecuado.			
				2	Concentración de esfuerzos en las mangueras de perforación	Rotura de las mangueras de perforación.			
				3	Saturación en el panel de control.	Deficiencia en sistema de basculación, también puede generar obstrucción del pistón de basculación			
				4	Obstrucción de válvula de barrido de agua obstruido.	Problemas en booster y en el sistema de avance de perforadora.			
		B	El brazo no gira adecuadamente.	1	Desgaste del brazo sujetador de barras.	Posibles desgaste de las crucetas de potencia.			
				2	El tubo telescópico no está alineado con el boom	Rotura de rotula y bocina de cilindro de avance.			
				3	El cilindro telescópico roza accesorios de perforador	Ralladura de cromado del vástago de cilindro.			
				4	Desgaste de alojamientos.	Desgaste y rotura de juego de pin, tapa y perno.			

3.3.4.- MODELO DE PLAN DE MANTENIMIENTO

En el desarrollo de este procedimiento se pretende encontrar la forma de efectuar con la mayor Seguridad y Eficiencia posible cada uno de los trabajos relacionados con el Mantenimiento Preventivo de los Jumbos.

Se debe tener presente que cada equipo de acuerdo a sus características y condiciones de trabajo tiene necesidades particulares y por lo tanto requieren pautas de mantenimiento ajustadas a dichas necesidades, las cuales se requieren para que el equipo se mantenga en el mayor estado de operatividad posible. Algunas de ellas son realizadas siguiendo las especificaciones técnicas del fabricante, para así evitar el mayor daño a los componentes importantes del cuerpo del equipo, por desgaste, uso excesivo y falta de mantenimiento.

Para el diseño del programa de mantenimiento preventivo del equipo de perforado Jumbo, fue necesario recurrir a los respectivos manuales a fin de conocer las recomendaciones hechas por el fabricante, en función de las actividades preventivas requeridas para el mantenimiento de los mismos.

Luego se procede a elaborar una descripción detallada de todos los sistemas que conforman el Jumbo; lo que se hizo, fue clasificar los sistemas principales del mismo y a la vez elaborar los planes de mantenimiento para los sistemas críticos que se encontraron con el estudio.

Una vez que se conoce a detalle las partes que conforman el equipo se procede a elaborar el plan en sí, en él se incluyen las partes y subpartes anteriormente detalladas y se asigna una actividad de mantenimiento preventivo a cada componente que lo requiera, algunas de las cuales están sugeridas por el fabricante, otras son iniciativa del investigador y su equipo ya que conociendo las condiciones en las que operan los mismos, la frecuencia de uso y los puntos vulnerables de fallas se justifican entonces las actividades a aplicar. Esto se realiza con el fin de que el programa de mantenimiento diseñado sea lo más eficiente posible, considerando que es mejor prevenir que corregir.

Es por ello que el plan de mantenimiento diseñado se ajusta a las necesidades reales del Jumbo, detallando cada actividad que se debe realizar a las partes y componentes del equipo según su horómetro de trabajo de los Jumbos.

3.3.5.- PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO DE JUMBO

A continuación se presenta todos los parámetros que se toman en cuenta para la realización de un correcto programa de mantenimiento para los equipos jumbos, en el siguiente cuadro se detalla la nomenclatura asignada para cada actividad descrita en el programa de mantenimiento. Presentada en la tabla 3.17

Tabla 3.17 Leyenda de Actividades para programación de mantenimiento de Jumbo.

NOMENCLATURA	ACTIVIDAD
A	Reparar
C	Cambiar
D	Drenar
R	Recoger
I	Inspección, ajustar o comprobar
L	Lubricar
P	Limpiar
V	Verificar, sustituir o revisar

-

Tabla 3.18 Actividad programada para Jumbos de acuerdo a horas de trabajo

ACTIVIDAD PROGRAMADA	INTERVALOS	REALIZAR (HORAS)								
		5	10	20	50	200	600	1000	2000	10000
revisar nivel del líquido refrigerante (si Existe radiador)	5 HORAS	V	V	V	V	V	V	V	V	V
revisar nivel de aceite de motor		V	V	V	V	V	V	V	V	V
revisar nivel de aceite hidráulico		V	V	V	V	V	V	V	V	V
revisar nivel del combustible		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar que no existan ruidos anormales en el motor		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar fugas del motor (visualmente)		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar estado de los neumáticos		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar perno rotos en las llantas		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar bandas condición y tensión)		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar conexiones de la batería		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar sistema de alumbrado (faros)		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar estado de los frenos		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar estado de frenos de parqueo		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar que los indicadores del tablero estén funcionando correctamente		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar extintores manuales		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar el estado del cucharón si existe		V	V	V	V	V	V	V	V	V
verificar estructura de la maquina		V	V	V	V	V	V	V	V	V
lubricación de piezas móviles		L	L	L	L	L	L	L	L	
cambiar filtro de aire primario		C	C	C	C	C	C	C	C	
controlar el estado de los frenos de pie		V	V	V	V	V	V	V	V	
controlar las fugas en las conexiones de la manguera		V	V	V	V	V	V	V	V	
verificar el llenado de agua del scrubber		V	V	V	V	V	V	V	V	
controlar las fugas y los daños en la mangueras		V	V	V	V	V	V	V	V	
controlar y reparar los daños y fugas		I	I	I	I	I	I	I	I	
controlar el nivel de aceite en la mirilla de nivel de aceite hidráulico del motor	10 HORAS		V	V	V	V	V	V	V	V
controlar la obturación, ver el panel de maniobra del filtro de aceite de retorno			V	V	V	V	V	V	V	V
verificar el estado del filtro de respiración			V	V	V	V	V	V	V	V
controlar las fugas en las mangueras hidráulicas			V	V	V	V	V	V	V	V
controlar el nivel de aceite en el recipiente de aceite de lubricación			V	V	V	V	V	V	V	V
controlar el nivel de aceite del compresor, llenar en los casos necesarios			V	V	V	V	V	V	V	V
limpiar el colador del filtro de agua			P	P	P	P	P	P	P	P

Cambiar filtro de aire secundario	20 HORAS				C	C	C	C	C	C	C
Controlar las fugas de aceite del motor					V	V	V	V	V	V	V
controlar el apriete de los pernos					V	V	V	V	V	V	V
controlar el correcto tensado de las correas					V	V	V	V	V	V	V
limpiar el pre filtro de combustible					P	P	P	P	P	P	P
verificar el estado de la bujía de incandescencia, si es necesario sustitúyala					V	V	V	V	V	V	V
verificar la presión de neumáticos (10 bar)					V	V	V	V	V	V	V
compruebe el nivel de aceite de la transmisión					V	V	V	V	V	V	V
lubricar la cadena del tambor					L	L	L	L	L	L	L
lubricar el cojinete del tambor					L	L	L	L	L	L	L
lubricar la rueda de tracción					L	L	L	L	L	L	L
lubricar el tambor de manguera					L	L	L	L	L	L	L
limpiar el dispositivo de avance completo					P	P	P	P	P	P	P
controlar el apriete de las uniones de los pernos					V	V	V	V	V	V	V
verificar el desgaste y la tensión de los cables de tracción y retorno					V	V	V	V	V	V	V
verificar el desgaste de los casquillos de la barrena	200 HORAS				V	V	V	V	V	V	V
verificar el control y desgaste de las piezas de deslizamiento					V	V	V	V	V	V	V
verificar el desgaste y otros daños de la barra de deslizamiento					V	V	V	V	V	V	V
lubricar cilindros traseros y delanteros del brazo					V	V	V	V	V	V	V
lubricar cilindro del telescopio del brazo					L	L	L	L	L	L	L
lubricar cilindro saliente del dispositivo					L	L	L	L	L	L	L
lubricar cilindro saliente del brazo					L	L	L	L	L	L	L
lubricar articulación de brazo					L	L	L	L	L	L	L
controlar y reparar los daños y fugas en las mangueras, cilindros, válvulas y bloque de válvulas					L	L	L	L	L	L	L
compruebe y repare los posibles daños de conductos de puntos de lubricación					V	V	V	V	V	V	V
drenar el agua de condensación del depósito de aceite hidráulico					D	D	D	D	D	D	D
limpiar y reajustar uniones roscadas del colector del tambor					P	P	P	P	P	P	P
cambiar filtro de combustible						C	C	C	C	C	C
limpiar y lubricar con grasa los polos de la batería						L	L	L	L	L	L
cambio de neumáticos	600 HORAS					C					
cambiar aceite de motor						C	C	C	C	C	C
controlar el nivel de aceite del engranaje						V	V	V	V	V	V

central										
controlar el nivel de aceite del engranaje de cubo						V	V	V	V	V
controlar el par de apriete de las ruedas (570 Ni)						V	V	V	V	V
engrasar crucetas						L	L	L	L	L
controlar las mangueras y racores lubricación central						V	V	V	V	V
verificar el estado del freno de estacionamiento						V	V	V	V	V
controlar el nivel de aceite de engranajes						V	V	V	V	V
controlar el tensado de la cadena de accionamiento						V	V	V	V	V
control de desgaste del cojinete de bolas de la rueda de tracción del dispositivo de avance						V	V	V	V	V
control de desgaste del cojinete de bolas del tambor de manguera						V	V	V	V	V
control de fugas del cilindro hidráulico						V	V	V	V	V
control de funcionamiento y fugas del ruptor de posición limite						V	V	V	V	V
controlar los daños y fugas de los puntos de alojamiento del brazo						V	V	V	V	V
ajustar el acoplamiento deslizante del tambor						I	I	I	I	I
verificar el nivel de aceite de la transmisión (si es necesario complete o cámbielo)						V	V	V	V	V
verificar nivel de aceite de los mandos finales (si es necesario complete o cámbielo)						V	V	V	V	V
drenar las condensaciones del depósito de combustible							D			
cambiar filtro de aceite de la transmisión							C			
controlar el filtro de aire del compresor							C			
controlar las uniones roscadas y la limpieza del colector	1000 HORAS						C			
cambiar el aceite de transmisión							C			
cambiar el filtro de aceite de retorno							C			
cambiar de aceite de la caja de engranajes							C			
controlar el desgaste de los forros de los frenos								V	V	V
cambiar aceite del engranaje	2000 HORAS							C	C	C
cambiar el aceite del engranaje central								C	C	C
cambiar el aceite del engranaje de cubo								C	C	C
verificar el desgaste del pivote central								C	V	V
reparación del motor	10000 HORAS									A

3.3.6.- MANTENIMIENTO PERIODICO

Cada Relevó

Realice una inspección visual del estado de los componentes las mangueras comuniqué los posibles fallos inmediatamente

Asegúrese de que la parte interior de la viga de avance no tiene rocas sueltas ni demasiadas esquirlas de roca perforada. En caso necesario límpiela.

Cada Semana

Limpie el avance con un limpiador de alta presión tantas veces como sea posible como mínimo, una vez por semana

Compruebe las holguras de deslizamiento de los carros y el estado de las piezas de deslizamiento. Realice los ajustes o sustituciones necesarios.

Compruebe la tensión y el estado de los cables de tracción. Realice los ajustes necesarios.

Compruebe el apriete de los pernos y las tuercas. Si se afloja una de las tuercas de bloqueo automático, sustitúyala. Si una de las conexiones normales de los pernos se afloja de forma repetida, utilice una tuerca de bloqueo automático o un agente químico de bloqueo de tuercas.

Compruebe la tensión de las mangueras. Realice los ajustes necesarios.

CONCLUSIONES

- Se obtuvieron los índices de mantenimiento, se reflejaron 4 Jumbos críticos de aquí se parte y se podrá tener como base para implementar el plan de mantenimiento de Jumbos.
- Las fallas más recurrentes fueron los del sistema de perforación, perforadora y componentes del brazo, el equipo con mayor TFS fue el Jumbo Rocket Boomer 282 N°2 con 194.33 de 496.14 Horas de trabajo.
- De todos los equipos fueron 4 los más críticos reflejándose primero en el TFS, frecuencia luego mostrándose por completo su criticidad en la matriz de Impacto-Frecuencia, basándonos en las fallas recurrentes de los equipos críticos se hizo un AMEF para cada uno de estos equipos
- El equipo más crítico fue el Rocket Boomer 281 generando una fuerte suma de perdidas esto se hubiera evitado detectándolo a tiempo mediante el análisis de criticidad, análisis de aceite y con el plan de mantenimiento, si bien los equipos son de diferentes modelos todos presentan las mismas partes que son, motor, sistema hidráulico, sistema de transmisión, chasis y sistema electromecánico. A todos se les aplica el mantenimiento de la misma forma.

El análisis de mantenimiento diseñado en este estudio, contemplo aspectos claves como los puntos, rutas y frecuencia de inspección, programas de actividades necesarios para la recolección, análisis de datos donde se implementó en las bases del programa de mantenimiento de los Jumbos en la UM Pallancata.

RECOMENDACIONES

- Continuar con la implementación del programa de plan de mantenimiento, a fin de mejorar la efectividad de los equipos, para poder alcanzar los niveles de producción esperados.
- Establecer un programa de inspección de lubricantes para complementar el monitoreo dinámico y auditar el esencial proceso de la lubricación, como parte fundamental, a fin de incrementar la efectividad de los equipos.
- Se debe establecer la programación de la lubricación, basada en la condición de los equipos y progresivamente eliminarla lubricación basada en horas.
- A través del programa de mantenimiento diseñado, es posible mejorar la efectividad, siempre y cuando se tomen en cuenta las acciones recomendadas, debido a que está orientado a disminuir las horas de demora, por parada imprevistas de los equipos.

BIBLIOGRAFIA

Ismael Alva Alva, Tesis-UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA-LIMA-PERU 2009 “Estudio de optimización de costos de operación de una flota de scooptrams en una mina subterránea”

Maldonado Villavicencio Hernán y Sigüenza Maldonado Luis, Tesis-UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA-CUENCA ECUADOR 2012“Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dynasty Mining del Canto Portovelo”

Incachaque Oncoy, Informe de suficiencia: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA-LIMA-“Plan de mejoras en el mantenimiento de equipos de carguío y acarreo de bajo perfil utilizados en minas subterráneas”.

Miguel Herrera Quispe, Informe de suficiencia. . UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA-LIMA ”Análisis sistémico para el desarrollo del mantenimiento proactivo en equipos de bajo perfil para minas subterráneas”

Rafael Rodríguez Emilio, Perforación de avance de galería de túneles con Jumbo- UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE CHILE

MSc. Carlos Reátegui Ordoñez “Criterios de selección e perforadora en minería subterránea- consultoría minería inteligente”

Helman, H., Pereira, P. (1995). ANÁLISIS DE FALLAS. Escuela de Ingeniería de UFMG. <http://www.monografias.com/trabajos6/amef/amef2.shtml>

Apuntes de curso Universitario en UNTECS, Ingeniería de Mantenimiento-2012

www.atlascopco.com

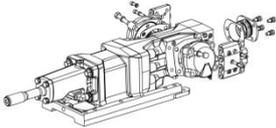
www.mining.sandvik.com

www.macleaneengineering.com

<http://www.boartlongyear.com/drilling-equipment>

ANEXOS

ANEXO 01 FORMATO PARA MANTENIMIENTO DE PERFORADORA



TARJETA DE MANTENIMIENTO DEL MARTILLO N°. _____

Equipo _____ S/n _____

Martillo de perforación _____ S/n _____

Horas de percusión después del mantenimiento previo _____

Turnos de trabajo _____

Metros perforados _____

INFORMACION RELATIVA AL MANTENIMIENTO

Objetivo del servicio			Encargado del mantenimiento		
Fecha de llegada	Servicio previo	Horas de perc. previas	Trabajo Horas	Desm.	Insp.
Fecha de salida	Nº. de tarjeta de servicio previo		Rep.	Mont.	Total

PIEZAS REEMPLAZADAS/INSPECCIÓN DE LAS PIEZAS

Cant.	Pieza N°	Descripción	Reparado / Lote	Reemplazado / Lote	OK	Observaciones
		Pistón	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Cilindro piloto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Buje delantero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Buje trasero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Distribuidor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Acumulador B.P.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Acumulador A.P.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Espaciador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Caja de engranajes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Buje de rotación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Buje de cojin. de rot.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Manguito portaherramientas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Pieza de conexión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Motor de rotación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Eje de rotación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Cojinetes del eje de rot.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Cubierta delant./cuerpo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Caja de estanq. de barrido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Cojinetes del adaptador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Observaciones _____

Percusión mecanismo comprobado Rotación mecanismo comprobado

ANEXO 02- FORMATO DE MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE PERFORACION

COMPROBAR LUBRICATE LIMPIAR - LAVAR CAMBIAR - SUSTITUIR S REPARAR										
BRAZO	FRECUENCIA (HORAS DE PERCUSIÓN)								Cuando completo	
	Dai ly	50 0	20 0	60 0	12 00	18 00	24 00	36 00	S Si	N No
Todos los pares de torsión de ajuste										
Todos los puntos de engrasado	Cada semana									
Todas las soldaduras										
Fugas	En cada uno que empieza para arriba									
Condición de todos los equipos										
Libertad y condición de las partes móviles										
Mangueras / Uniones / Empalmes										
Tubo de extensión	Cada semana									
Precinto contra polvo										
Calces (espacio despejado entre calces y tubo)										
Válvulas de descarga del actuador giratorio										
Tornillos de brida del actuador giratorio (par de torsión de ajuste y juego axial))										
Inspección general: Retire el brazo de la máquina / Lave y compruebe todo el conjunto / Sustituya todas las piezas desgastadas / Pruebe el brazo.								 		

ANEXO 03- HISTORIAL DE FALLAS DEL EQUIPO JUMBO AXERA

N	FALLAS DEL EQUIPO JUMBO AXERA DD310				
	FECHA	SISTEMA	SUB-SISTEMA	CAUSA	INTE RV.(HR)
1	03/01/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Mal funcionamiento	1
2	15/01/2013	MOTOR	Sist. Combustible	Mal funcionamiento	0.75
3	18/01/2013	SISTEMA ELECTRICO	Accesorios	Mal funcionamiento	2
4	04/02/2013	PERFORADORA	Cilindro	Pérdida de aceite	0.5
5	08/02/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Cilindro telescópico del brazo	Por desgaste	22
6	06/03/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Cilindro de carrera de avance	Por rotura	3
7	05/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Pérdida de aceite	1
8	06/04/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Articulaciones	Por rotura	2
9	07/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Concentrac ión de esfuerzos	2
10	09/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Depósito, filtros, enfriador	Mal funcionamiento	3
11	09/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	1
12	10/04/2013	PERFORACION SISTEMA DE AVANCE	Rueda de tracción	Por rotura	1.75
13	10/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	1
14	11/04/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por desgaste	1
15	12/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Por rotura	1
16	12/04/2013	SISTEMA HIDRULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	2
17	13/04/2013	SISTEMA DE AVANCE	Barra de deslizamiento	Por desgaste	8
18	14/04/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Rod holder	Por desgaste	2
19	14/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Pérdida de aceite	0.5
20	16/04/2013	PERFORADORA	Caja de engranajes	Por rotura	2
21	19/04/2013	SISTEMA ELECTRICO	Motor	Por desgaste	9.5
22	21/04/2013	SISTEMA ELECTRICO	Motor	Por desgaste	16
23	26/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	0.5
24	26/04/2013	SISTEMA DE AVANCE	Barra de deslizamiento	Por flexión	9
25	27/04/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Rod holder	Por desgaste	0.5
26	28/04/2013	SISTEMA DE AVANCE	Piezas de deslizamiento	Por rotura	3
27	29/04/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por desgaste	1
28	02/05/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Mal funcionamiento	1
29	04/05/2013	PERFORADORA	Cuerpo posterior	Operación en condición sub - estándar	0.75
30	04/05/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por desgaste	0.5

31	05/05/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por desgaste	0.5
32	06/05/2013	SISTEMA DE AVANCE	Rueda de tracción	Por desgaste	2.5
33	07/05/2013	SISTEMA DE AVANCE	Rueda de tracción	Por desgaste	3.5
34	08/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Por desgaste	1
35	10/05/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Mordazas	Mal funcionamiento	16.5
36	11/05/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables de avance/retorno	Por desgaste	0.5
37	11/05/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Mordazas	Por rotura	2.5
38	12/05/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables de avance/retorno	Por rotura	1.5
39	13/05/2013	SISTEMA DE AVANCE	Rueda de tracción	Mal funcionamiento	1.5
40	14/05/2013	SISTEMA DE AVANCE	Rueda de tracción	Mal funcionamiento	1
41	14/05/2013	PERFORADORA	Shank adapter	Por desgaste	0.5
42	17/05/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Mordazas	Mal funcionamiento	4.75
43	17/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO	Mangueras Hidráulicas	Pérdida de aceite	1
44	19/05/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables de avance/retorno	Por flexión	0.5
45	21/05/2013	PERFORADORA	Acumulador	Por rotura	1.5
46	22/05/2013	PERFORADORA	Acumulador	BAJA PRESION	2
47	23/05/2013	PERFORADORA	Shank adapter	Por desgaste	0.25
48	25/05/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Brazo sujetador de barras	Por desgaste	3.5
49	26/05/2013	SISTEMA DE AVANCE	Barra de deslizamiento	Por desgaste	2
50	31/05/2013	SISTEMA DE AVANCE	Piezas de deslizamiento	Por desgaste	4
51	03/06/2013	SISTEMA HIDRAULICO	Cilindro Hidráulico	Pérdida de aceite	3.5
52	05/06/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cilindro hidráulico de avance	Operación en condición sub - estándar	0.68
53	08/06/2013	PERFORADORA	Caja de engranajes	Por desgaste	0.5
54	10/06/2013	SISTEMA HIDRAULICO	Mangueras Hidráulicas	Pérdida de aceite	1
55	10/06/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Mal funcionamiento	1
56	10/06/2013	SISTEMA HIDRAULICO	Válvula Hidráulica	Pérdida de aceite	0.33
57	11/06/2013	SISTEMA HIDRAULICO	Mangueras Hidráulicas	Pérdida de aceite	0.5
58	12/06/2013	SISTEMA DE AVANCE	Piezas de deslizamiento	Por desgaste	3
59	14/06/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Mordazas	Por desgaste	1

ANEXO 04- HISTORIAL DE FALLAS DE JUMBO BOOMER 281

FALLAS DE EQUIPO BOOMER 281					
	Fecha	Sistema	Sub-Sistema	Causa	Interv. (HR)
1	06/01/2013	COMPRESOR DE BARRIDO	Elemento	Quemado	12.5
2	07/01/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Concentración de esfuerzos	3
3	08/01/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables de avance/retorno	Por rotura	1
4	09/01/2013	COMPRESOR DE BARRIDO	Elemento	Por desgaste	2
5	10/01/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por rotura	1.5
6	13/01/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Carrusel de barras	Por rotura	1
7	17/01/2013	PERFORADORA	Cilindro	Por rotura	4
8	17/01/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	0.5
9	30/01/2013	COMPRESOR DE BARRIDO	Elemento	Por rotura	4.83
10	02/02/2013	PERFORADORA	Cilindro	Por rotura	1
11	02/02/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cilindro hidráulico de avance	Pérdida de aceite	2
12	02/02/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	1
13	03/02/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables de avance/retorno	Por desgaste	3.5
14	04/02/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por fatiga	0.5
15	05/02/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cilindro hidráulico de avance	Mal funcionamiento	4
16	06/02/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cilindro hidráulico de avance	Pérdida de aceite	0.5
17	07/02/2013	PERFORADORA	Motor de rotación	Pérdida de aceite	1.5
18	15/02/2013	PERFORADORA	Cilindro	Por rotura	2.5
19	17/02/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	1
20	19/02/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	1
21	20/02/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por desgaste	2.25
22	21/02/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por desgaste	1.5
23	27/02/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por rotura	3
24	01/03/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	0.5
25	05/03/2013	SISTEMA ELECTRICO	Accesorios	Mal funcionamiento	1.5
26	10/03/2013	SISTEMA DE AVANCE	Barra de deslizamiento	Por desgaste	1
27	11/03/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por desgaste	4
28	14/03/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por rotura	1
29	14/03/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por desgaste	1.33
30	18/03/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Carrusel de barras	Por rotura	1
31	21/03/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por desgaste	0.75
32	22/03/2013	PERFORADORA	Cilindro	Por desgaste	4
33	23/03/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Carrusel de barras	Por rotura	1
34	24/03/2013	SISTEMA ELECTRICO	Accesorios	Por desgaste	1
35	25/03/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	0.75
36	27/03/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	0.5
37	08/04/2013	PERFORADORA	Caja de engranajes	Por fatiga	0.75
38	10/04/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables de avance/retorno	Por fatiga	0.5

39	10/04/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables avance/retorno de	Por rotura	3.5
40	12/04/2013	PERFORADORA	Cuerpo posterior	Por rotura	1
41	13/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	1.5
42	13/04/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por rotura	4
43	16/04/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Brazo sujetador de barras	Por fatiga	0.5
44	26/04/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Rod holder	Por desgaste	0.75
45	27/04/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por desgaste	1.5
46	28/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Por desgaste	4
47	30/04/2013	MOTOR	Sist. Combustible	Mala operación	0.5
48	01/05/2013	MOTOR	Sist. Combustible	Mal funcionamiento	0.5
49	04/05/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Rod holder	Por fatiga	2.5
50	05/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE	Mangueras de Perforación.	Por rotura	0.5
51	06/05/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Rod holder	Por desgaste	2.5
52	09/05/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por rotura	2.25
53	09/05/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por rotura	2
54	11/05/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Mordazas	Por rotura	1
55	13/05/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables avance/retorno de	Por rotura	1.5
56	14/05/2013	COMPRESOR DE BARRIDO	Elemento	Mal funcionamiento	0.5
57	15/05/2013	COMPRESOR DE BARRIDO	Elemento	Mal funcionamiento	1
58	17/05/2013	PERFORADORA	Tirantes	Por rotura	2
59	19/05/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables avance/retorno de	Por desgaste	0.5
60	20/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Pérdida de aceite	1
61	20/05/2013	PERFORADORA	Acumulador	Por rotura	2
62	22/05/2013	PERFORADORA	Acumulador	Por rotura	1.5
63	23/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Pérdida de aceite	0.5
64	23/05/2013	PERFORADORA	Shank adapter	Por desgaste	0.5
65	25/05/2013	SISTEMA DE AVANCE	Tambor de manguera	Por desgaste	3.5
66	26/05/2013	PERFORADORA	Acumulador	Por rotura	1.5
67	27/05/2013	PERFORADORA	Acumulador	Por rotura	3
68	04/06/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por desgaste	3
69	05/06/2013	SISTEMA DE AVANCE	Centralizadores	Por fatiga	3
70	08/06/2013	PERFORADORA	Caja de engranajes	Pérdida de aceite	4.5
71	08/06/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Pérdida de aceite	8.5
72	09/06/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Mal funcionamiento	0.5
73	10/06/2013	COMPRESOR DE BARRIDO	Elemento	Por saturación	0.5
74	11/06/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Mordazas	Mal funcionamiento	0.5
75	15/06/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cilindro hidráulico de avance	Concentración de esfuerzos	11

ANEXO 05- HISTORIAL DE FALLAS DE ROCKET BOMER 282 N°1

FALLAS DE ROCKET BOOMER 282 N°1					
	FECHA	SISTEMA	SUB-SISTEMA	CAUSA	INT ERV.(HR)
1	04/01/2013	PERFORADORA	Cilindro	Por desgaste	10.5
2	06/01/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	3.5
3	12/01/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por desgaste	0.5
4	15/01/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE AVANZE	Mangueras de Perforación.	Pérdida de aceite	0.5
5	18/01/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables de avance/retorno	Por desgaste	1.5
6	05/02/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por desgaste	1.17
7	09/02/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Mal funcionamiento	3.5
8	01/03/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	0.5
9	17/03/2013	PERFORADORA	Cilindro	Por rotura	1
10	19/03/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Carrusel de barras	Por desgaste	0.5
11	26/03/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Mal funcionamiento	2
12	28/03/2013	MOTOR	Sist. Combustible	Mal funcionamiento	3.5
13	28/03/2013	MOTOR	Sist. Combustible	Mal funcionamiento	9.5
14	05/04/2013	PERFORADORA	Cabezal perforadora de	Por rotura	0.5
15	08/04/2013	SISTEMA DE AVANCE	Piezas de deslizamiento	Por desgaste	1.5
16	08/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Depósito, filtros, enfriador	Por rotura	1.25
17	13/04/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Mal funcionamiento	0.5
18	17/04/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables de avance/retorno	Por rotura	0.75
19	17/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Por desgaste	1
20	18/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por fatiga	0.5
21	28/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	0.5
22	04/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	1.5
23	06/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Pérdida de aceite	1
24	07/05/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Articulaciones	Por desgaste	4.5
25	16/05/2013	PERFORADORA	Shank adapter	Por desgaste	0.5
26	17/05/2013	SISTEMA ELECTRICO	Iluminación	Mal funcionamiento	1
27	19/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por desgaste	0.5
28	26/05/2013	MOTOR	Sist. Combustible	Mala operación	1
29	28/05/2013	MOTOR	Sist. Combustible	Por saturación	1
30	29/05/2013	MOTOR	Sist. Combustible	Por saturación	1
31	30/05/2013	MOTOR	Sist. Combustible	Por saturación	12
32	03/06/2013	SISTEMA HIDRAULICO	Válvula Hidráulica	Mal funcionamiento	5
33	08/06/2013	SISTEMA HIDRAULICO	Mangueras Hidráulicas	Pérdida de aceite	0.5

34	09/06/2013	PERFORADORA	Acumulador	Pérdida de aceite	1
35	09/06/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables avance/retorno	de Por rotura	0.5
36	10/06/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables avance/retorno	de Por desgaste	0.5
37	13/06/2013	SISTEMA HIDRAULICO	Gata Hidráulica	Operación en condición sub - estándar	0.5
38	14/06/2013	PERFORADORA	Caja de engranajes	Pérdida de aceite	10

ANEXO 06- HISTORIAL DE FALLAS DE ROCKET BOOMER 282 N°2

FALLAS DE ROCKET BOOMER 282 N°2					
	FECHA	SISTEMA	SUB-SISTEMA	CAUSA	INTE RV.(HR)
1	05/01/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	15
2	09/01/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Por fatiga	1.5
3	12/01/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Mal funcionamiento	1
4	13/01/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cilindro hidráulico de avance	Por rotura	2
5	19/01/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Carrusel de barras	Por rotura	2.5
6	21/01/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Unidad de rotación	Mal funcionamiento	16.17
7	06/02/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Mal funcionamiento	5
8	06/02/2013	SISTEMA DE AVANCE PERFORACION	Cilindro hidráulico de avance	Pérdida de aceite	1.5
9	07/02/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	4
10	10/02/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Brazo sujetador de barras	Por rotura	7.5
11	24/02/2013	PERFORADORA	Cabezal perforadora	Por desgaste	2.67
12	04/03/2013	MOTOR	Motor básico	Mal funcionamiento	3
13	06/03/2013	SISTEMA ELECTRICO	Motor	Mal funcionamiento	14.5
14	17/03/2013	PERFORADORA	Cuerpo posterior	Por desgaste	1
15	19/03/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Carrusel de barras	Por desgaste	1
16	21/03/2013	PERFORADORA	Cilindro	Por rotura	1.5
17	26/03/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cilindro hidráulico de avance	Por desgaste	3
18	29/03/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Carrusel de barras	Mal funcionamiento	2
19	01/04/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Cilindro de carrera de avance	Por desgaste	2.5
20	03/04/2013	PERFORACION TRANSMISION	Línea de transmisión	Por desgaste	9
21	05/04/2013	PERFORADORA	Cabezal perforadora	Por desgaste	0.5
22	07/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Pérdida de aceite	3
23	09/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	0.75
24	10/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	0.5
25	12/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Pérdida de aceite	1
26	13/04/2013	PERFORADORA	Cabezal perforadora	Por desgaste	0.75
27	14/04/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Mal funcionamiento	1
28	15/04/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Mal funcionamiento	1
29	17/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por desgaste	3.5
30	17/04/2013	PERFORADORA	Cabezal perforadora	Por desgaste	0.5
31	18/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Mal funcionamiento	0.5
32	22/04/2013	SISTEMA DE AVANCE	Piezas deslizamiento	Por flexión	1.5
33	23/04/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables avance/retorno	Por desgaste	1
34	26/04/2013	SISTEMA DE AVANCE	Piezas deslizamiento	Por desgaste	1

35	27/04/2013	SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO	DE	Mangueras de Perforación.	Por rotura	1
36	28/04/2013	SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO	DE	Mangueras de Perforación.	Por desgaste	2
37	29/04/2013	SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO	DE	Mangueras de Perforación.	Pérdida de aceite	2
38	30/04/2013	SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO	DE	Válvulas	Pérdida de aceite	1
39	01/05/2013	SISTEMA DE AVANCE			Piezas de deslizamiento	Por desgaste	4
40	01/05/2013	SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO	DE	Válvulas	Pérdida de aceite	3
41	02/05/2013	SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO	DE	Válvulas	Mala operación	1
42	04/05/2013	SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO	DE	Mangueras de Perforación.	Pérdida de aceite	2
43	04/05/2013	FRENO			Freno de estacionamiento	Mal funcionamiento	1
44	05/05/2013	SISTEMA DE PERFORACION	DE BRAZO	DE	Brazo sujetador de barras	Por desgaste	1
45	06/05/2013	PERFORADORA			Caja de engranajes	Por desgaste	1
46	06/05/2013	SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO	DE	Mangueras de Perforación.	Pérdida de aceite	0.5
47	07/05/2013	SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO	DE	Mangueras de Perforación.	Pérdida de aceite	1
48	08/05/2013	SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO	DE	Mangueras de Perforación.	Pérdida de aceite	1
49	08/05/2013	SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO	DE	Caja de engranajes	Por desgaste	1
50	09/05/2013	PERFORADORA			Cabezal de perforadora	Por desgaste	0.5
51	10/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO			Mangueras Hidráulicas	Por rotura	1
52	12/05/2013	PERFORADORA			Pistón de percusión	Mal funcionamiento	1
53	13/05/2013	PERFORADORA			Cabezal de perforadora	Por desgaste	3.5
54	14/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO			Mangueras Hidráulicas	Pérdida de aceite	1
55	16/05/2013	PERFORADORA			Shank adapter	Por desgaste	0.5
56	17/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO			Cilindro Hidráulico	Pérdida de aceite	5
57	17/05/2013	PERFORADORA			Acumulador	Pérdida de aceite	1
58	19/05/2013	SISTEMA ELECTRICO			Accesorios	Mal funcionamiento	0.5
59	20/05/2013	PERFORADORA			Shank adapter	Por desgaste	1
60	21/05/2013	SISTEMA DE PERFORACION	DE BRAZO	DE	Unidad de rotación	Por rotura	5
61	21/05/2013	SISTEMA DE PERFORACION	DE BRAZO	DE	Válvula Hidráulica	Mal funcionamiento	2
62	22/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO			Válvula Hidráulica	Mal funcionamiento	1.5
63	23/05/2013	SISTEMA PERFORACION	HIDRAULICO	DE	Mangueras de Perforación.	Pérdida de aceite	2
64	01/06/2013	SISTEMA DE AVANCE			Centralizadores	DESGASTE PREMATURO	3.5
65	02/06/2013	PERFORADORA			Tirantes	Por fatiga	1
66	03/06/2013	PERFORADORA			Tirantes	Por fatiga	3
67	07/06/2013	PERFORADORA			Tirantes	Por rotura	0.5
68	07/06/2013	SISTEMA HIDRAULICO			Válvula Hidráulica	Mal funcionamiento	4
69	07/06/2013	SISTEMA HIDRAULICO			Cilindro Hidráulico	Por desgaste	4
70	08/06/2013	PERFORADORA			Tirantes	Por desgaste	2.5
71	09/06/2013	SISTEMA HIDRAULICO			Conectores	Pérdida de aceite	0.5
72	10/06/2013	SISTEMA HIDRAULICO			Válvula Hidráulica	Mal funcionamiento	1
73	10/06/2013	SISTEMA DE AVANCE			Cables de	Por rotura	1

			avance/retorno		
74	11/06/2013	SISTEMA DE AVANCE	Piezas de deslizamiento	Por rotura	1
75	13/06/2013	PERFORADORA	Caja de engranajes	Mal funcionamiento	8
76	13/06/2013	PERFORADORA	Cabezal perforadora	Por rotura	1
77	20/06/2013	PERFORADORA	Acumulador	Por rotura	2.5

ANEXO 07- HISTORIAL DE FALLAS DE SCISSOR BOLTER

FALLAS DE SCISSOR BOLTER					
	FECHA	SISTEMA	SUB-SISTEMA	CAUSA	IN TERV.(HR)
1	16/02/2013	SISTEMA ELECTRICO	Accesorios	Por desgaste	1
2	11/04/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Mal funcionamiento	1.5
3	18/04/2013	SISTEMA ELECTRICO	Accesorios	Por rotura	1
4	21/04/2013	SISTEMA ELECTRICO	Accesorios	Accidente	7.5
5	03/05/2013	PERFORADORA	Cuerpo posterior	Por rotura	4
6	04/05/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Mal funcionamiento	5
7	08/05/2013	SISTEMA ELECTRICO	Accesorios	Mal funcionamiento	1.5
8	09/05/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Mal funcionamiento	1
9	11/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO	Mangueras Hidráulicas	Pérdida de aceite	0.5
10	17/05/2013	PERFORADORA	Shank adapter	Por desgaste	1
11	19/05/2013	SISTEMA ELECTRICO	Iluminación	Operación en condición sub estándar	0.5
12	20/05/2013	SISTEMA ELECTRICO	Accesorios	Mal funcionamiento	0.5
13	02/06/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Cilindro de carrera de avance	Por flexión	4

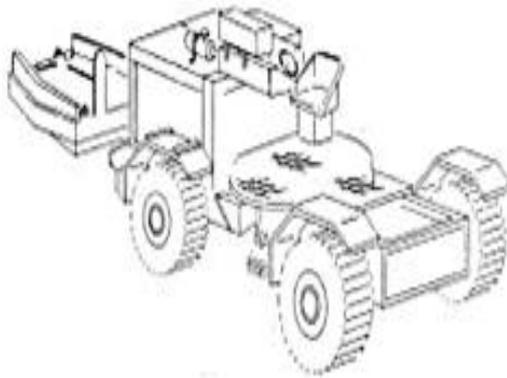
ANEXO 08- HISTORIAL DE FALLAS DE STOP MASTER N°1

FALLAS DE STOP MASTER N°1					
	FECHA	SISTEMA	SUB-SISTEMA	CAUSA	IN TERV.(HR)
1	24/04/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Brazo sujetador de barras	Término de vida útil	3.5
2	27/04/2013	PERFORADORA	Cabezal perforadora	Término de vida útil	0.5
3	27/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Pérdida de aceite	0.5
4	29/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Depósito, filtros, enfriador	Pérdida de aceite	1
5	29/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Pérdida de aceite	1
6	01/05/2013	SISTEMA ELECTRICO	Motor	DESGASTE PREMATURO	2
7	03/05/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Mal funcionamiento	1
8	08/05/2013	PERFORADORA	Cabezal perforadora de	Por fatiga	1.5
9	11/05/2013	PERFORADORA	Shank adapter	Por rotura	0.5
10	14/05/2013	TRANSMISION	Sistema eléctrico de transmisión	Mal funcionamiento	0.5
11	15/05/2013	SISTEMA ELECTRICO	Accesorios	Operación en condición sub estándar	0.5
12	17/05/2013	PERFORADORA	Cabezal perforadora de	Deficiencia en el mantenimiento	1
13	19/05/2013	PERFORADORA	Shank adapter	Por rotura	0.5
14	19/05/2013	PERFORADORA	Shank adapter	Por rotura	0.5
15	20/05/2013	SISTEMA HIDRAULICO	Tanque Hidráulico	Operación en condición sub estándar	9
16	23/05/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Mal funcionamiento	2
17	23/05/2013	PERFORADORA	Shank adapter	Por desgaste	0.5
18	25/05/2013	SISTEMA ELECTRICO	Accesorios	Por rotura	1
19	28/05/2013	COMPRESOR DE BARRIDO	Elemento	Por desgaste	1
20	01/06/2013	SISTEMA HIDRAULICO	Cilindro Hidráulico	Por desgaste	2.5
21	12/06/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Mordazas	Por desgaste	3

ANEXO 09- HISTORIAL DE FALLAS DE STOP MASTER N°2

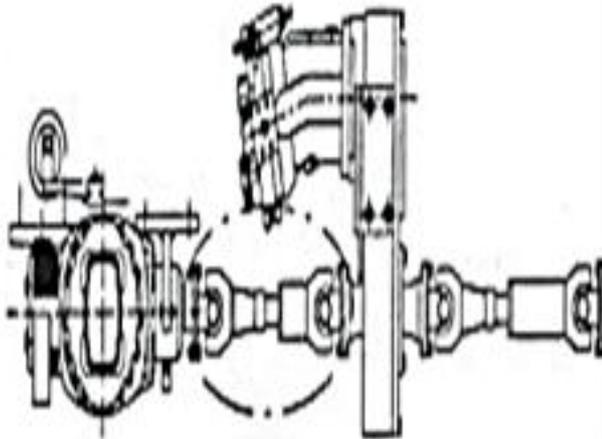
FALLAS DE STOP MASTER N°2					
	FECHA	SISTEMA	SUB-SISTEMA	CAUSA	IN TERV.(HR)
1	07/01/2013	SISTEMA ELECTRICO	Accesorios	Por desgaste	4
2	13/01/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cilindro hidráulico de avance	Pérdida de aceite	13
3	15/01/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por desgaste	0.5
4	26/01/2013	SISTEMA ELECTRICO	Accesorios	Por desgaste	4
5	04/02/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Por desgaste	1
6	04/02/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Mal funcionamiento	1
7	05/02/2013	PERFORADORA	Cilindro	Por desgaste	1.5
8	07/02/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Carrusel de barras	Por desgaste	2.5
9	11/02/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Brazo sujetador de barras	Por rotura	2.5
10	18/02/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Por desgaste	0.5
11	26/02/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Mangueras de Perforación.	Por rotura	1
12	28/02/2013	SISTEMA ELECTRICO	Tablero	Mal funcionamiento	1
13	14/03/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Mal funcionamiento	0.5
14	16/03/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cilindro hidráulico de avance	Pérdida de aceite	4
15	28/03/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Carrusel de barras	Por rotura	7
16	31/03/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Cilindro de carrera de avance	Por rotura	2
17	08/04/2013	PERFORADORA	Cabezal de perforadora	Por desgaste	1.5
18	16/04/2013	SISTEMA DE BRAZO DE PERFORACION	Rod holder	Mal funcionamiento	0.5
19	18/04/2013	SISTEMA HIDRAULICO DE PERFORACION	Válvulas	Pérdida de aceite	4
20	21/04/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables de avance/retorno	Mal funcionamiento	25
21	22/04/2013	SISTEMA DE AVANCE	Cables de avance/retorno	DESGASTE PREMATURO	9

ANEXO 10- PARTES PRINCIPALES DEL CHASIS



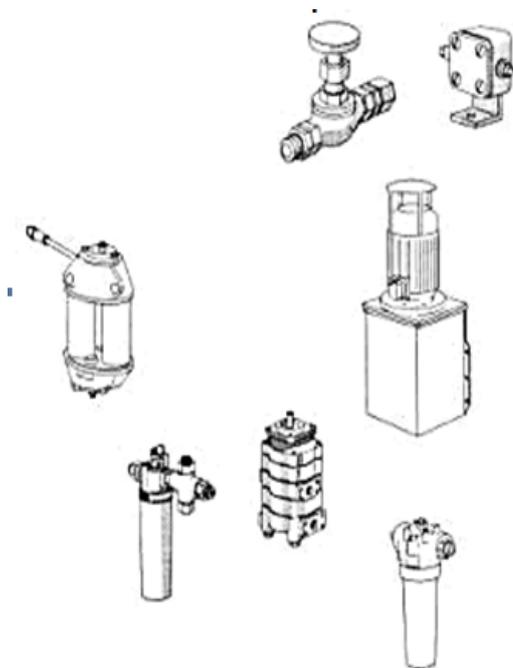
- Asientos de operador
- Válvula de aceleración
- Válvula de freno
- Válvula de dirección
- Bomba de engranaje
- Válvulas de carga
- Acumuladores de presión
- Pasadores, bujes, rótulas
- Caliper de freno de parqueo
- Correas
- Motores de partida

ANEXO 11- PARTES PRINCIPALES TREN DE POTENCIA



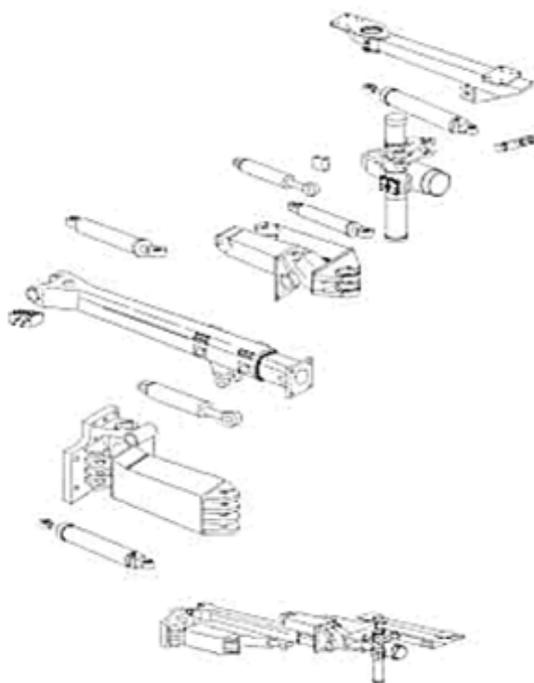
- Ejes Diferenciales
- Ejes de Diferenciales
- Cardanes y Crucetas
- Transmission marca
- Caja de transferencia
- Bomba y Motores de caudal variable

ANEXO 12- PARTES PRINCIPALES UNIDAD DE POTENCIA



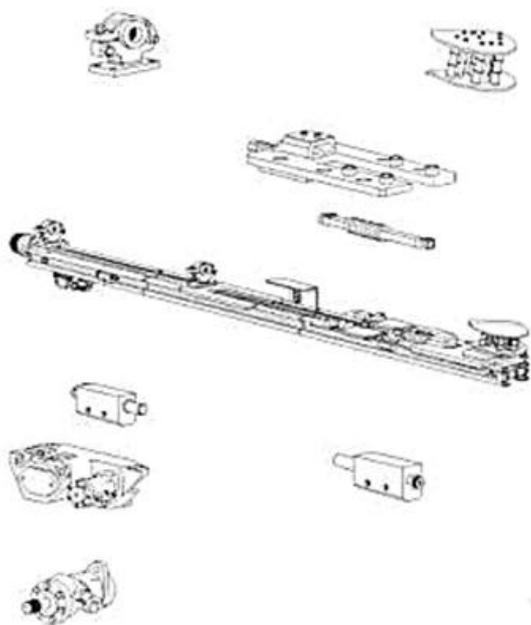
- Bombas hidráulicas
- Motores eléctricos
- Filtros hidráulicos de alta y baja presión
- Marcadores de Presión
- Bomba de llenado
- Kit de Reparación

ANEXO 13- PARTES PRINCIPALES BRAZO DE PERFORACION



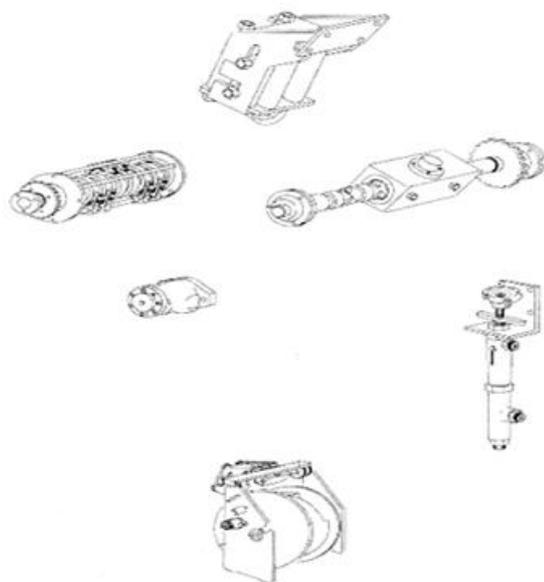
- Bujes y Pasadores
- Cilindros
- Rodamientos y anillos de goma
- Pieza de ajuste y desgaste
- Kit de sellos
- Válvulas de Retención
- Cartuchos de Válvula

ANEXO 14- PARTES PRINCIPALES CORREDERAS O DESLIZADORAS



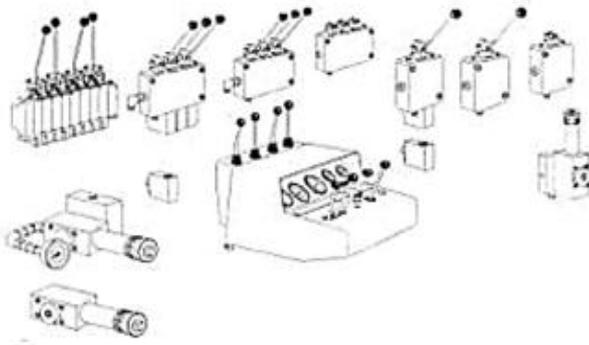
- Correderas tipo KS Y CF.
- Cajas reductoras de avance
- Vigas
- Carretes de manguera
- Centralizadores
- Topes de Goma
- Bujes y Pasadores
- Cadenas
- Sprocket
- Tensores
- Amortiguadores
- Mesas para perforadoras

ANEXO 15- PARTES PRINCIPALES CARRETE



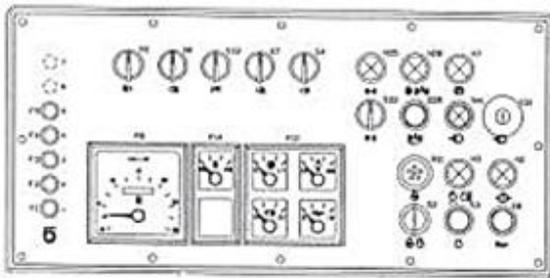
- Repuestos para motores
- Carbones
- Piezas de Desgaste
- Válvula reductora

ANEXO 16- PARTES PRINCIPALES SISTEMA HIDRAULICO



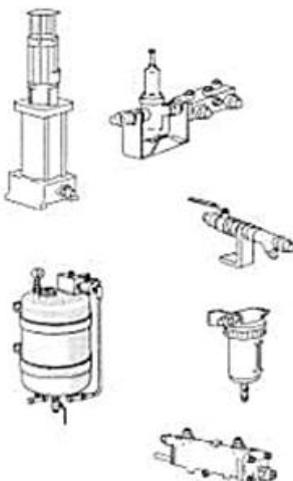
- Válvulas en General,
- Válvula de barrido de agua y aire
- Marcadores de temperatura y presión
- Kit de Reparación

ANEXO 17- PARTES PRINCIPALES SISTEMA ELECTRICO



- Marcador de presión y temperatura
- Conectores e interruptores
- Interruptores y luces piloto
- Relés

ANEXO 18- PARTES PRINCIPALES CIRCUITO DE AGUA Y AIRE



- Repuestos para compresor
- Repuestos para compresor
- Repuestos para bomba de agua
- Válvulas y fitting
- Repuestos para enfriadores
- Repuestos para válvulas y reguladores de agua
- Interruptores de presión
- Marcadores de presión y temperatura
- Kit de reparación

ANEXO 19- JUMBO ROCKET BOOMER 282



ANEXO 20- JUMBO AXERA DD310



ANEXO 21- JUMBO ROCKET BOOMER 281



ANEXO 22- JUMBO SCISSOR BOLTER



ANEXO 23- JUMBO STOP MASTER

