

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN DE  
MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS DE MOVIMIENTO  
DE TIERRA EN MINA A CIELO ABIERTO DE LA  
EMPRESA ARASI SAC**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO**

**ALVARO GIOVANNI DE LA SOTA ALVAREZ**

**PROMOCIÓN 2003 - II**

**LIMA-PERÚ**

**2013**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo lo dedico a mi madre, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por su ejemplo de perseverancia y constancia, por sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por ser la persona que me enseñó a ser quien soy.

A mi enamorada Giuliana, por tenerme mucha comprensión y paciencia durante estos años de mi vida. Mil gracias porque siempre estas a mi lado.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>PRÒLOGO</b>	1
<b>CAPÍTULO I</b>	2
<b>INTRODUCCIÓN</b>	2
<b>1.1 DESCRIPCIÓN DE EMPRESA MINERA</b>	3
<b>1.1.1 <u>Proceso de explotación del mineral</u></b>	6
<b>1.1.2 <u>Tratamiento del mineral (Pad y planta MerrillCrowe)</u></b>	10
<b>1.2 PATRIMONIO DE EQUIPOS Y VEHÍCULOS DE LA EMPRESA ARASI SAC</b>	13
<b>1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS</b>	14
<b>1.3.1 <u>Excavadora</u></b>	14
<b>1.3.2 <u>Tractor</u></b>	15
<b>1.3.3 <u>Cargador frontal</u></b>	17
<b>1.3.4 <u>Perforadora rotativa</u></b>	19
<b>1.4 COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA</b>	22
<b>1.4.1 <u>Elementos estructurales</u></b>	22
<b>1.4.2 <u>Tren de fuerza</u></b>	23
<b>1.4.3 <u>Motor</u></b>	24

<b>1.4.4 <u>Convertidor de par</u></b>	25
<b>1.4.5 <u>Caja de velocidades</u></b>	26
<b>1.4.6. <u>Diferenciales, frenos y reductores</u></b>	28
<b>1.4.7 <u>Elementos de tracción</u></b>	29
<b>1.4.8 <u>Sistema hidráulico</u></b>	30
<b>1.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>	31
<b>1.6 SITUACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>	33
<b>1.7 INDICADORES DE MANTENIMIENTO AL INICIO DE GESTIÓN</b>	35

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

<b>2.1 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	37
<b>2.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	39
<b>2.2.1 <u>Mantenimiento correctivo de emergencia</u></b>	39
<b>2.2.2 <u>Mantenimiento correctivo programado o planeado</u></b>	41
<b>2.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	42
<b>2.3.1 <u>Requisitos para el mantenimiento preventivo</u></b>	42
<b>2.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b>	45
<b>2.5 INDICADORES DE MANTENIMIENTO</b>	50
<b>2.5.1 <u>Tiempo promedio entre fallas (MTBF)</u></b>	50
<b>2.5.2 <u>Tiempo promedio para reparar (MTTR)</u></b>	51
<b>2.5.3 <u>Disponibilidad</u></b>	51
<b>2.5.4 <u>Confiability</u></b>	52

## **CAPÍTULO III**

### **IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

<b>3.1 REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>51</b>
<b>3.2 DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>59</b>
<b>3.2.1 <u>Mantenimiento preventivo de excavadora (345C)</u></b>	<b>60</b>
<b>3.2.2 <u>Mantenimiento preventivo de tractor (D8T)</u></b>	<b>63</b>
<b>3.2.3 <u>Mantenimiento preventivo de cargador frontal (966G)</u></b>	<b>66</b>
<b>3.2.4 <u>Mantenimiento preventivo de perforadora (DM45E)</u></b>	<b>69</b>
<b>3.2.5 <u>Programa de mantenimiento preventivo</u></b>	<b>73</b>
<b>3.3 DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b>	<b>76</b>
<b>3.3.1 <u>Empleando análisis de lubricantes</u></b>	<b>77</b>
<b>3.3.2 <u>Empleando el análisis del elemento filtrante</u></b>	<b>80</b>
<b>3.3.3 <u>Empleando la inspección de tapones magnéticos</u></b>	<b>82</b>
<b>3.3.4 <u>Empleando la inspección de fisuras en los bastidores</u></b>	<b>83</b>
<b>3.3.5 <u>Empleando medición de desgaste de carrilería</u></b>	<b>84</b>
<b>3.3.6 <u>Empleando medición de desgaste de neumáticos</u></b>	<b>86</b>
<b>3.4 DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>	<b>86</b>
<b>3.4.1 <u>Inspecciones mecánicas visuales</u></b>	<b>86</b>
<b>3.4.2 <u>Administración de requerimientos</u></b>	<b>87</b>
<b>3.4.3 <u>Atención de falla de equipos en campo</u></b>	<b>89</b>
<b>3.5 REGISTRO DE DATOS</b>	<b>90</b>
<b>3.6 ANÁLISIS DE INDICADORES (KPIs) DE LOS EQUIPOS</b>	<b>92</b>

## **CAPITULO IV**

### **JUSTIFICACIÓN Y RESULTADOS**

<b>4.1 INDICADORES DE DISPONIBILIDAD</b>	96
<b>4.2 COSTOS POR PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN</b>	97
<b>4.3 BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	100

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## **PRÓLOGO**

El presente informe se elabora por la necesidad de realizar mejoras del área de mantenimiento en la empresa ARASI SAC, ya que el área venía trabajando de la forma antigua donde priorizaba el mantenimiento reactivo y correctivo, esto debido a que no se contaban con áreas definidas de preventivo, predictivo y correctivo. Esto trajo como consecuencia paradas imprevistas de equipos y bajos indicadores de mantenimiento lo cual afectaba directamente a la producción de mina.

Con esta propuesta de Gestión de Mantenimiento se busca mejorar los índices de disponibilidad y confiabilidad de los equipos, para lo cual se planteó inicialmente definir las áreas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo con tareas y funciones muy bien definidas, claro está que se tuvo que cambiar el organigrama del área y contratar personal con experiencia y con conocimiento en temas específicos en gestión de mantenimiento.

En este informe encontraremos al detalle de cómo se planteó las tareas y funciones de cada área además de los procedimientos y formatos que se tuvo que implementar para mejorar la gestión de mantenimiento propuesto.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo tiene por objetivo elaborar una propuesta de Gestión de Mantenimiento de equipos pesados para una empresa minera, mediante la implementación de las áreas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo muy bien definidas con funciones y procedimientos establecidos, buscando mejoras de los indicadores de disponibilidad y confiabilidad de la flota de equipos que la operación requiere.

Un área de mantenimiento mal conformado sin áreas definidas y con personal insuficiente trae como consecuencia un mal servicio en los trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo por ende unos indicadores bajos en cuanto a disponibilidad y confiabilidad. Además de no contar con un área predictivo que es vital ya que con el monitoreo de condición en los equipos se puede prevenir las fallas en los equipos.

La gestión del mantenimiento involucra tener áreas de mantenimiento muy bien definidas a fin de solucionar los problemas de los equipos antes que ocurra la falla, evitando las paradas imprevistas que pongan al equipo fuera de operación.



Además se debe contar con indicadores de gestión que ayuden a medir la gestión de mantenimiento a fin poder analizarlas y tomar acción buscando mejorar los indicadores.

El propósito de este informe, es ofrecer una visión clara de cómo se debe plantear la Gestión del Mantenimiento en una empresa a fin de conseguir indicadores de disponibilidad y confiabilidad altos, que a través de estos indicadores se miden los resultados de una gestión. Además de prolongar la vida útil de los activos de la empresa.

## **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA MINERA**

Arasi S.A.C. es una empresa de capitales peruanos, perteneciente al Grupo Aruntani, establecida para desarrollar el proyecto minero denominado "ANDRES" en el sur del Perú. El Proyecto Andrés trata de la explotación del yacimiento aurífero mediante la operación a tajo abierto, con sistema de lixiviación en pads y recuperación en una planta Merrill Crowe.

El Proyecto Mina Andrés de Arasi S.A.C. se ubica en el distrito de Ocuvi, provincia de Lampa y departamento de Puno, en las partes altas de las micro cuencas de los riachuelos de Azufrini y Huarucani, afluentes del río Chacapalca y que constituyen parte de la red hidrográfica de la cuenca del río Ramis. Las coordenadas al centro del yacimiento son: 8 312 000 N, 302 000 E a una altitud comprendida entre 4,500 y 5,100 m.s.n.m.

El acceso al área del proyecto es por vía terrestre, contándose con 2 vías. La primera (de carácter temporal) que es a partir de la ciudad de Juliaca. El

otro acceso que es la más transitada, es a partir de la ciudad de Arequipa en dirección a Cusco – Puno siguiendo la carretera afirmada que va a Tintaya.

La empresa tiene calculado un total de 23'152,095 t de mineral extraíble con ley promedio de 0.70 g/t de Au. La producción está programada en 20,000 t/día de mineral, con una vida de la mina de 5 años aproximadamente.

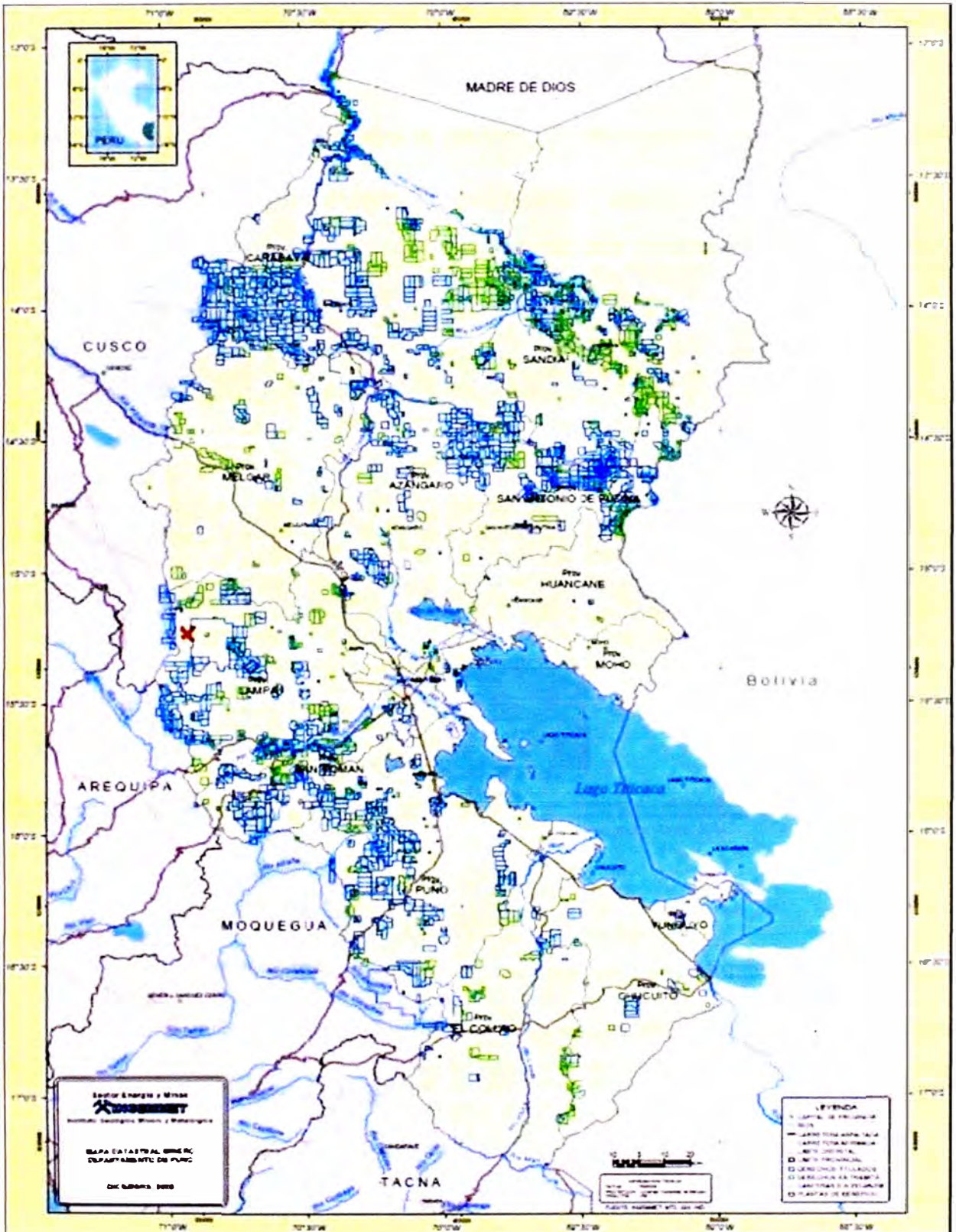


Figura N°1.1 Ubicación de la empresa Arasi SAC, Departamento de Puno

Las operaciones minero metalúrgicas más importantes del proyecto están referidos en 2 procesos.

- Proceso de explotación del mineral
- Tratamiento de mineral (pad y planta Merrill Crowe)

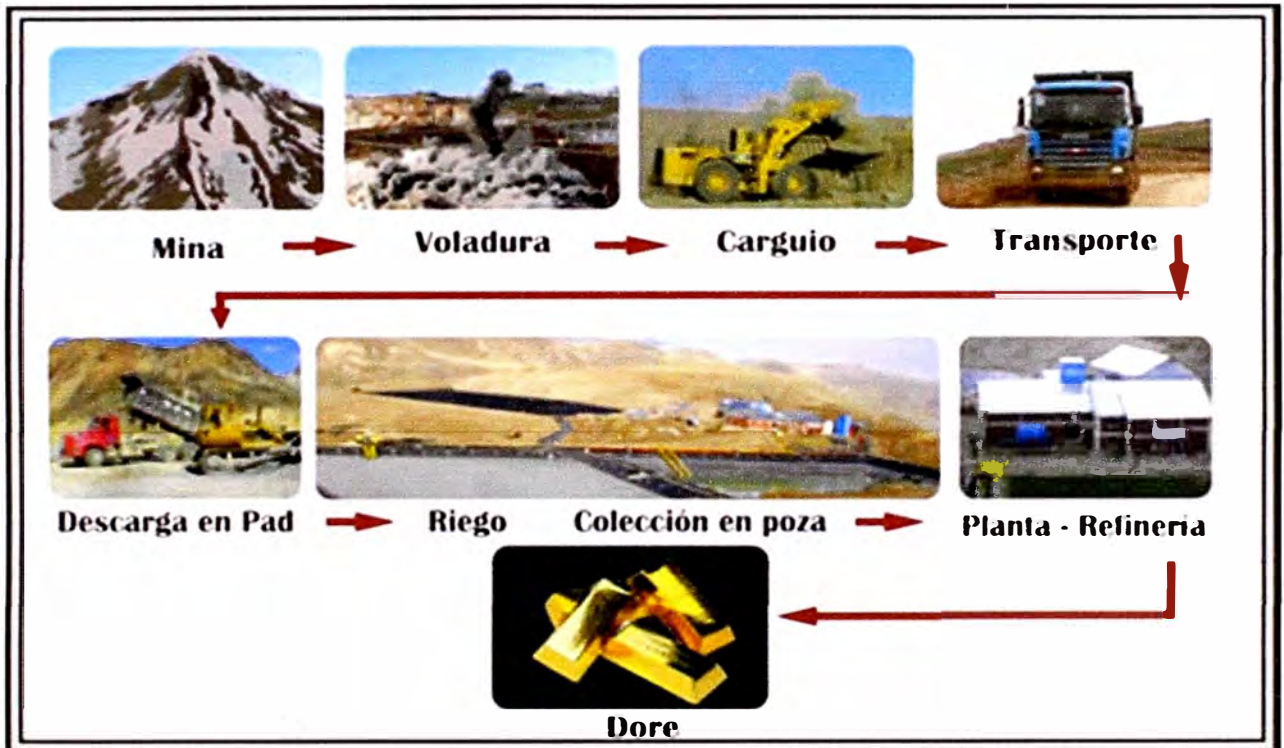


Figura N° 1.2 Proceso de extracción del oro de la empresa Arasi SAC

### 1.1.1. Proceso de explotación del mineral

Las operaciones mina comprenden la explotación de dos tajos abiertos (Valle y Carlos) donde la operación comprende los procesos de perforación, voladura, carguío, transporte y apilación del mineral en los pads de lixiviación

### **Perforación**

Para este proceso se emplean perforadoras DM45E, rotativas, con brocas tricónicas de 5 1/2" de diámetro y una longitud de 8.90 metros de perforación (vertical e inclinada) con altura de los bancos de perforación de 8 metros.

La malla empleada dependerá de la dureza de la roca, densidad del material y densidad del explosivo. La malla estimada será de: 4.30 m. x 5.00 m.



Fotografía N°1.1 Proceso de perforación de los bancos.

#### **a) Voladura**

El objetivo principal de este proceso es fragmentar el material, el cual será dispuesto para la lixiviación y recuperación en los pads.

Para este proceso de voladura la empresa cuenta con el servicio de una empresa especializada, la cual es encargada de proveer de explosivos e insumos para la misma; además de asistencia técnica para cada proyecto de disparo.



Fotografía N° 1.2 Proceso de carguío de explosivos en los bancos



Fotografía N° 1.3 Proceso de voladura de los bancos

**b) Carguío**

El proceso de carguío del mineral y desmonte se realiza mediante el empleo de equipos pesados, tales como:

- Excavadoras de 3 m<sup>3</sup>
- Cargadores frontales de 3.8 m<sup>3</sup>



Fotografía N° 1.4 Proceso de carguío del mineral

**c) Acarreo de Minerales**

Para el acarreo de minerales se utilizan volquetes de 15 m<sup>3</sup> y 20 m<sup>3</sup> para transportar el mineral de los tajos a los pads de lixiviación, donde será depositado para el proceso de lixiviación. Para esto la empresa cuenta con aproximadamente 40 volquetes de empresas terceras.



Fotografía N° 1.5 Proceso de acarreo del mineral hacia el pad.

### **1.1.2. Tratamiento del mineral (Pad y planta MerrillCrowe)**

Para el tratamiento metalúrgico del mineral la empresa cuenta con las siguientes áreas:

- El área del pad de lixiviación
- La planta de recuperación Merrill Crowe
- Instalaciones conexas como pozas de solución rica (pregnant), pobre (barren) y poza de mayores eventos.
- Laboratorio, almacenes de cianuro y cal y otros insumos.
- Fundición y refinación







Fotografía N° 1.6 Pozas de colección del mineral luego de su tratamiento en el pad

El diseño de la Planta MerrillCrowe es convencional y consta de un sistema de bombeo para alimentar a la solución cargada, tanque de preparación con diatomita, filtros clarificadores para retener los sólidos suspendidos, una torre de vacío para eliminar el oxígeno, un cono emulsificador de zinc para la precipitación de los metales preciosos, una bomba para derivar los precipitados, filtros prensa para retener el precipitado y bombas para retornar la solución pobre al pad.

## 1.2. PATRIMONIO DE EQUIPOS Y VEHÍCULOS DE LA EMPRESA

### ARASI SAC

Nº	C/C ARASI	NOMBRE DE EQUIPO	HOROMETRO	DATOS DE EQUIPO	
				MARCA	MODELO
1	24.15.01	Tractor	9,137	LIEBHER	PR742B
2	24.15.03	Tractor	2,398	CAT	D6H
3	24.15.06	Tractor	19,073	CAT	D8R
4	24.15.08	Tractor	18,230	CAT	D6R XR
5	24.15.16	Tractor	27,619	CAT	D6R-XL
6	24.15.11	Tractor	10,649	CAT	D8T-2
7	24.15.14	Tractor	4,906	CAT	D8T-3
8	24.15.13	Tractor	6,273	CAT	824-GTR
9	24.14.01	Excavadora	11,234	CAT	345B (Nº1)
10	24.14.02	Excavadora	18,308	CAT	345 BL (Nº2)
11	24.14.10	Excavadora	11,992	CAT	345BL (Nº7)
12	24.14.04	Excavadora	17,446	KOMATSU	PC200-7
13	24.14.12	Excavadora	11,706	KOMATSU	PC200-6
14	24.14.15	Excavadora	9,582	CAT	345CL (Nº8)
15	24.14.16	Excavadora	20,521	CAT	345B (Nº 9)
16	24.14.19	Excavadora	7,961	CAT	320 C
17	24.16.02	Motoniveladora	16,981	CHAMPION	730-A
18	24.16.07	Motoniveladora	9,608	CAT	140-H
19	24.17.05	Rodillo	9,890	DYNAPAC	CA252D
20	24.13.02	Cargador Frontal	28,373	KOMATSU	WA470-5
21	24.13.07	Cargador Frontal	451	HYUNDAI	HL-770-7
22	24.13.04	Cargador Frontal	4,963	HYUNDAI	HL.757-7
23	24.18.03	Perforadora DM45E(3)	2,778	I / R	DM45E
24	24.18.08	Perforadora DM45E(5)	3,323	I / R	DM45E
25	24.18.12	Comprensora	7,381	I / R	XP-900WCU
26	24.18.08	Comprensora	11,243	I / R	HP-1300
27	24.11.02	Grupo Electrónico	4,674	CUMMINS II	651DQCC
28	24.11.03	Grupo Electrónico	5,789	CUMMINS I	DFLC5742198
29	24.19.01	Camión lubricador	11,110	VOLKSWAGEN	26,260
30	24.20.05	Cisterna de agua	5,118	VW	31,310
31	24.20.03	Cisterna de agua	8,877	VW	31,310
32	24.19.02	Camión Anfo	3,064	KENWORTH	T800
33	24.22.01	Camioneta RQX 405	97,501	HYUNDAI	TERRACAN
34	24.22.03	Camioneta PQE-384	88,654	NISSAN	FRONTIER
35	41.01.10	Camioneta PQB-016	54,170	NISSAN	FRONTIER
36	24.22.06	Camioneta PQE-360	59,592	NISSAN	FRONTIER
37	24.22.07	Camioneta PQM-405	45,706	TOYOTA	HILUX 4X4
38	24.22.11	Camioneta PQQ-208	25,057	TOYOTA	HILUX 4X4
39	24.22.12	Camioneta PQQ-196	31,250	TOYOTA	HILUX 4X4
40	24.22.13	Camioneta PQQ-230	32,064	TOYOTA	HILUX 4X4
41	24.22.14	Camioneta PQQ-228	30,583	TOYOTA	HILUX 4X4
42	24.22.15	Camioneta PQQ-226	48,562	TOYOTA	HILUX 4X4
43	24.22.08	Camioneta PQQ-161	23,129	TOYOTA	HILUX 4X4
44	24.22.09	Camioneta PQQ-227	21,862	TOYOTA	HILUX 4X4
45	24.22.10	Camioneta PQQ-206	109,870	TOYOTA	HILUX 4X4

### 1.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

#### 1.3.1. Excavadora

La excavadora es un equipo compuesto por un bastidor principal en la cual están montados los bastidores del tren de rodamiento con los motores de propulsión y el bastidor superior. El bastidor superior o de rotación es donde están montados la cabina, el motor, bombas hidráulicas, motores de rotación, cojinetes de rotación, la pluma, el brazo y el cucharón.

La excavadora tiene múltiples aplicaciones en el trabajo de movimiento de tierra especialmente en espacios reducidos donde puede cubrir toda la zona de trabajo sin cambiar de posición y poder realizar el carguío a los volquetes.



Fotografía N° 1.7. Excavadora 345C

### Características de una excavadora 345C

Marca de excavadora	Caterpillar
Modelo de excavadora	345C
Potencia de motor	345 hp
Motor (Marca y Modelo)	Caterpillar C-13 ACERT
Capacidad de cucharón	3.1 m <sup>3</sup>
Peso en orden de trabajo	44,970 kg
Sistema hidráulico	Caudal máximo 190 gal/min Presión en levantamiento 5220 psi Presión en desplazamiento 5080 psi Presión de rotación 4500 psi Caudal piloto 11 gal /min Presión de pilotaje 596 psi
Velocidad de rotación	8.6 rpm
Velocidad de desplazamiento	4.4 kph
Cadena	52 zapatas, 9 rodillos inferiores y 2 rodillos superiores

### 1.3.2. Tractor

Un tractor consiste de una unidad de fuerza montada en un bastidor con una hoja topadora donde el bastidor base sujeta los brazos la hoja topadora de empuje, la rueda dentada motriz y los rodillos para las orugas. Sobre el bastidor base se sujeta la estructura superior del tractor donde se ubica el motor, la transmisión, los componentes hidráulicos, la cabina y los controles.

El tractor puede estar equipado con otros accesorios para trabajos especiales como el escarificador (ripper) que una especie de arado ubicado en la parte posterior y puede constar de uno, dos o tres escarificadores.

El trabajo que realiza este equipo es la de empujar, cortar, rellenar material y descascar rocas o suelo con el escarificador. La producción del tractor tiene que ver principalmente con la capacidad de la hoja topadora (cantidad de material que puede mover) o cantidad de material que puede desgarrar en el caso de trabajar con el escarificador.



Fotografía N° 1.8. Tractor D8T

### Características de un Tractor D8T

Marca de tractor	Caterpillar
Modelo de tractor	D8T
Potencia de motor	310 hp
Motor (Marca y Modelo)	Caterpillar C-15 ACERT
Transmisión Mec. y automática	3 veloc. De avance y retroceso
Hoja topadora SU	8.7 m <sup>3</sup>
Hoja topadora U	11.7 m <sup>3</sup>
Peso en orden de trabajo	39,795 kg
Transmisión	Avance 1 – 3.4 km/h Avance 2 – 6.1 km/h Avance 3 – 10.6 km/h Retroceso 1 – 4.5 km/h Retroceso 2 – 8 km/h Retroceso 3 – 4.2 km/h
Sistema hidráulico	Bomba de pistón de caudal variable Caudal bomba de dirección 73 gal/min Caudal bomba de implem. 60 gal/min Presión de hoja empuje 3480 psi Presión de cilindro de incli. 3480 psi Presión de ripper 3480 psi Presión de dirección 5700 psi
Tren de rodamiento	44 zapatas, 8 rodillos inferiores
Ripper	De un solo diente Penetración máxima 1130 mm Fuerza de penetración 127.3 KN

#### 1.3.3. Cargador frontal

El cargador frontal es una máquina versátil, de auto propulsión que está montada sobre ruedas. Su estructura es muy diferente a las máquinas de oruga el cual consisten de un bastidor articulado

donde el motor está montado sobre el tren posterior y la cabina está montada sobre la unión de la articulación central. La articulación le proporciona al cargador buenas capacidades de maniobrabilidad permitiendo que el bastidor del frente gire hasta 40 grados a cualquier lado de la posición del frente, esta característica es muy útil cuando se requiere girar en un radio pequeño.

Los cargadores están equipados con un cucharón montado al frente con el cual pueden acarrear y vaciar el material en unidades de acarreo, depósitos de material, tolvas o volquetes.



Fotografía N°1.9 Cargador Frontal 966G



### Características de una cargador 966G

Marca de cargador	Caterpillar
Modelo de cargador	966G
Potencia de motor	246 hp
Motor (Marca y Modelo)	Caterpillar 3176C
Capacidad de cucharon	3.5 – 4.25 m <sup>3</sup>
Peso en orden de trabajo	22,870 kg
Transmisión	Avance 1 – 7.2 km/h Avance 2 – 12.6 km/h Avance 3 – 21.7 km/h Avance 4 – 37.2 km/h Retroseso 1 – 8.2 km/h Retroseso 2 – 14.3 km/h Retroseso 3 – 24.6 km/h Retroseso 4 – 38.5 km/h
Sistema hidráulico	Caudal de la bomba 99 gal/min Presión 3000 psi Caudal piloto 12 gal/min Presión de piloto 375psi Presión de piloto E/H 500psi
Ejes	Parte delantera fija Parte trasera oscilante ±13 Subida y bajada máximo de una sola rueda 502 mm

#### 1.3.4. Perforadora rotativa

Las perforadoras rotativas están constituidos principalmente por una fuente de energía, una columna de barras individuales o conectadas en serie, que transmiten el peso, la rotación y el aire de barrido a una broca (triconico) con dientes de acero o insertos de carburo de tungsteno que actúa sobre la roca. La mayoría de las

grandes perforadoras van montadas sobre orugas planas ya que estas pueden soportar mayores cargas y transmitir menor presión al suelo en desplazamiento.



Fotografía N°1.10 Perforadora DM45

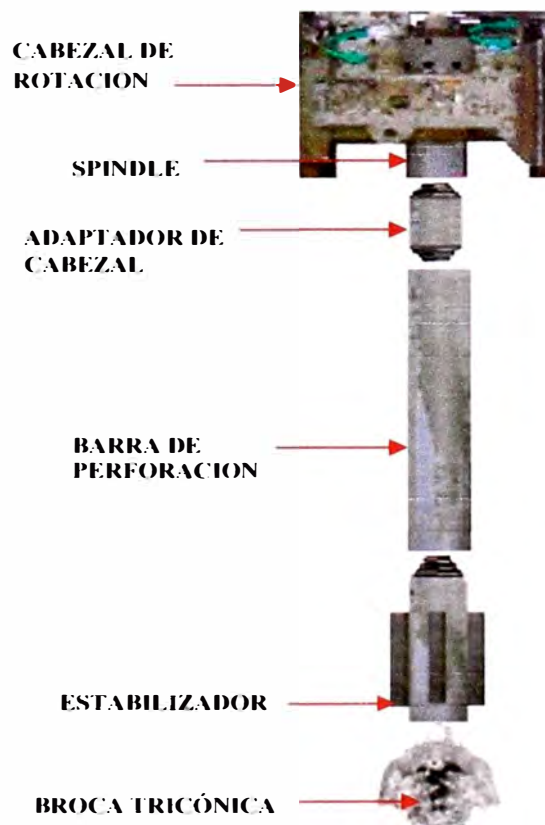


Figura N°1.4 Columna de perforación de la perforadora DM45

### Características de una Perforadora DM 45

Marca de la perforadora	Ingersoll Rand
Modelo de la perforadora	DM45E
Potencia de motor	600 hp
Motor (Marca y Modelo)	CumminsKTA19-C
Rango de perforación	130 – 200 mm
Capacidad de pulldown	20,400 kg
Velocidad de avance rápido	31 m/min
Velocidad de retracción	48 m/min
Capacidad de pullback	17,100 kg
Motores de rotación de cabezal	De 6 - 4 pulg cubicas por revolución
Tipo de motor	Desplazamiento variable y fijo
Torque máximo de cabezal	8,400 Nm
Rango de velocidad de cabezal	0 a 200 rpm
Reducción de cabezal de rotación	15:1
Compresor	900 – 1050 CFM/350 psig.
Sistema hidráulico	Dos bombas de desplazamiento variable Una bomba de dos cuerpos Una bomba axial de pistones
Capacidades de las bombas	Principales de 54.5 gpm Doble de 39/25 gpm Bomba de avance lento 11.6 gpm
Presiones del sistema hidráulico	Rotación 3000 psi Avance pulldown 3000 psi Traslación 4500 psi Circuitos aux. 3000 psi

## **1.4. COMPONENTES PRINCIPALES DE LOS EQUIPOS DE MOVIMIENTO DE TIERRA**

A continuación se detalla las partes principales de los componentes de los equipos de movimiento de tierra:

- a. Elementos estructurales: Chasis, soportes, refuerzos, brazos, contrapesos, protectores.
- b. Tren de fuerza: Motor, transmisión, diferenciales, reductores
- c. Elementos de tracción: Neumáticos, orugas
- d. Sistema hidráulico: Bombas, válvulas, cilindros, motores, mangueras, acumuladores
- e. Estación del operador: Controles, comunicaciones, seguridad del operador y de la máquina
- f. Implementos y elementos de desgaste.
- g. Otros sistemas:
  - Neumático
  - Eléctrico e iluminación
  - Sistemas computarizados de monitoreo, control, producción

### **1.4.1. Elementos estructurales**

Los elementos estructurales de un equipo cumplen las siguientes funciones:

- Sirven de soporte, contienen y mantienen alineados a los componentes del tren de fuerza y demás sistemas de la máquina.

- Absorben las vibraciones y distribuyen las fuerzas propias del trabajo transmitiéndolas a través de diversos elementos y mecanismos de la máquina (soportes, pasadores, cojinetes, componentes específicos) hacia el piso u otros componentes, buscando el equilibrio estático y dinámico de las fuerzas.
- Debe ser capaz de resistir los ciclos de trabajo proporcionando seguridad y duración.
- Proporcionan seguridad al operador incluso en situaciones extremas

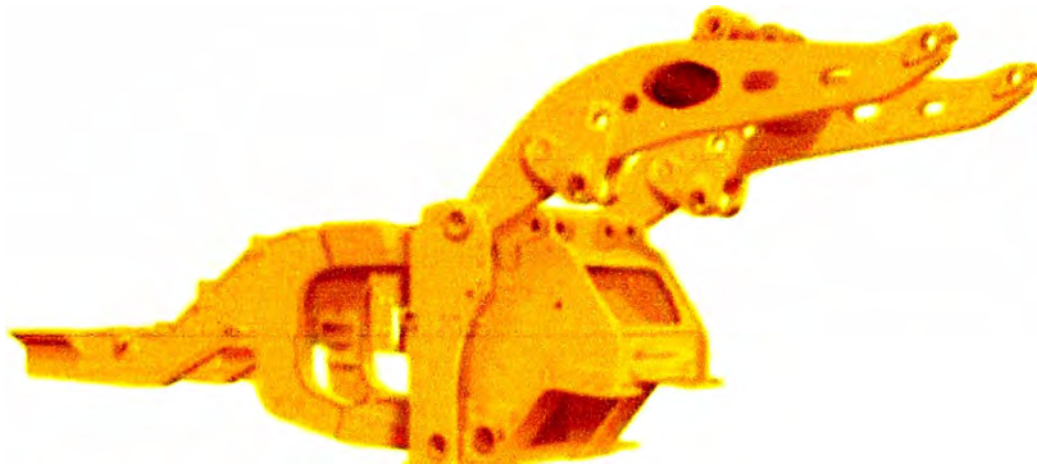


Figura N° 1.5 Bastidor de un cargador frontal

#### **1.4.2. Tren de fuerza**

En este sistema están vinculados el motor, convertidor, transmisión, mandos finales y diferenciales el cual a continuación describiremos cada uno de ellos.

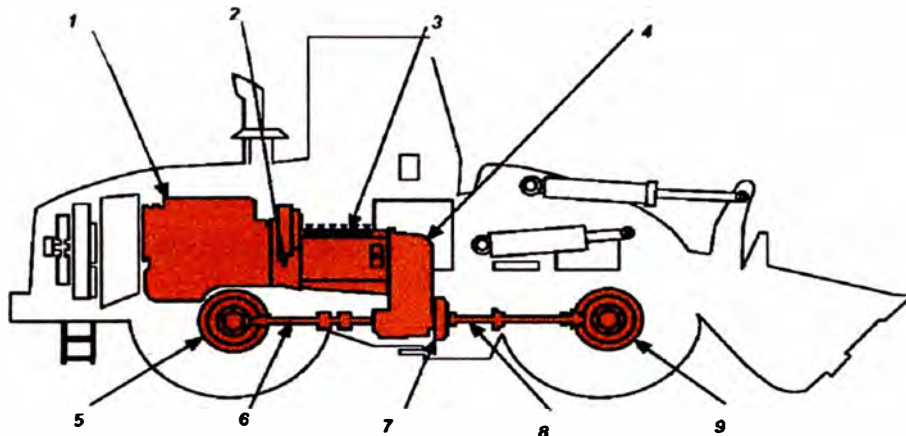


Figura N° 1.6 Tren de fuerza de un cargador frontal

Los componentes mostrados son:

1. Motor
2. Convertidor de par
3. Transmisión
4. Caja de engranajes de transferencia de salida
5. Mandos finales posteriores
6. Eje de mando trasero
7. Freno de parqueo
8. Eje de mando posterior
9. Mandos finales delanteros

### 1.4.3. Motor

Un motor transforma la energía química del combustible en trabajo técnico (torque) como respuesta al requerimiento que éste recibe en su eje en la forma de un freno que se opone a su movimiento. Ambos deben quedar en equilibrio, de lo contrario habría

un proceso transitorio de aceleración o desaceleración. Al trabajo realizado por unidad de tiempo se le llama potencia. El motor esta subdividido en los siguientes subsistemas.

- Sistema de refrigeración
- Sistema de lubricación
- Sistema de admisión y escape
- Sistema de alimentación de combustible

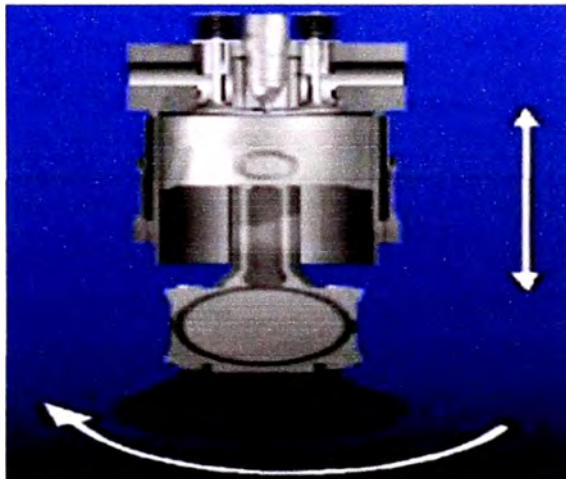


Figura N° 1.7 Despiece de un motor

#### **1.4.4. Convertidor de par**

El convertidor de par es un reductor hidráulico cuya relación de reducción depende de la diferencia de velocidades entre el eje de salida y el de entrada. Para el eje de salida detenido se obtendrá la máxima reducción de velocidad y el máximo torque de salida (Calado). Las variantes son las siguientes.

- Embrague de bloqueo
- Embrague unidireccional
- Divisor de torque

- Capacidad variable

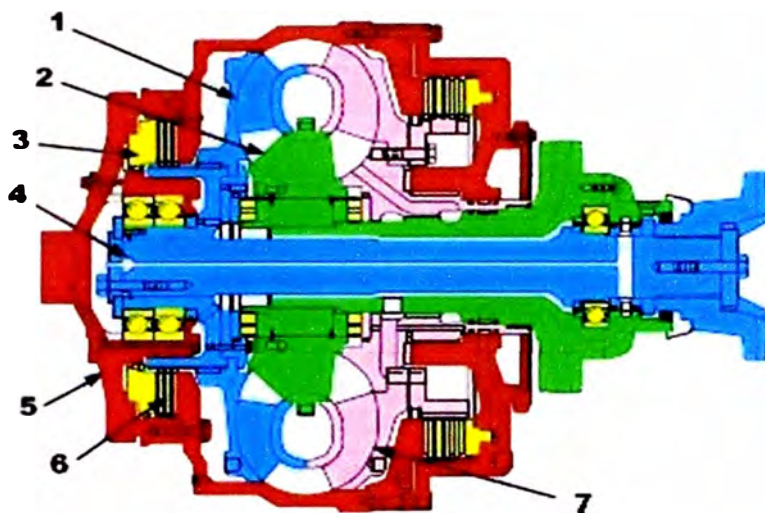


Figura N° 1.8 Convertidor de par de un cargador frontal

Los componentes mostrados son:

1. Turbina
2. Estator
3. Pistón de embrague
4. Eje de salida
5. Caja
6. Platos y discos
7. Impeller

#### **1.4.5. Caja de velocidades**

La caja de velocidades es un mecanismo de cambio de marcha de un equipo y tiene las siguientes características.

- La potencia se conserva (sólo pérdidas por fricción)



- Cambia velocidad por torque y viceversa
- De contra eje o de planetarios
- Cambio de sentido de marcha
- Caja de transferencia 4WD
- Tomas de fuerza

Los elementos principales de la transmisión son los siguientes: Carcasas, ejes, rodamientos, engranajes, y embragues. Elementos estructurales, de transmisión y de desgaste.

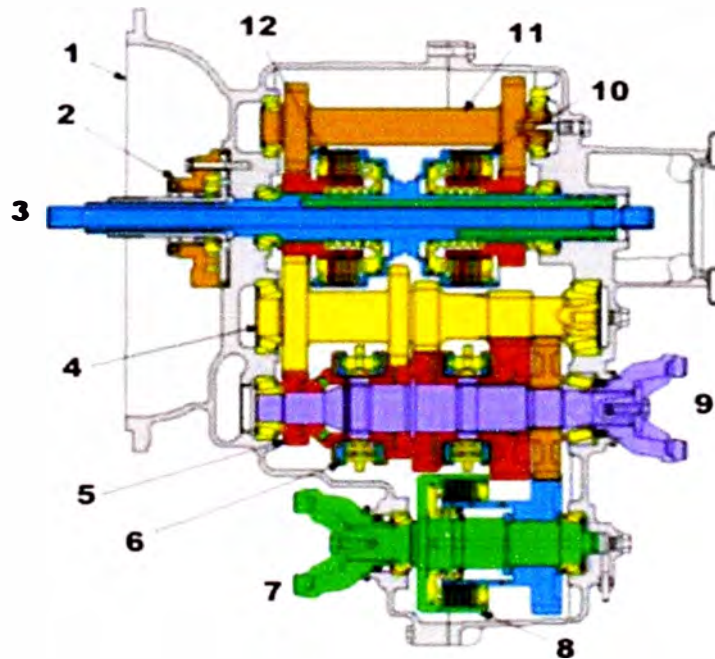


Figura N° 1.9 Caja de transmisión de un cargador frontal

Los componentes mostrados son:

1. Caja de convertidor de par
2. Bomba
3. Eje de entrada
4. Contra eje
5. Engranaje de velocidad
6. Sincronizador
7. Eje de tracción total
8. Embrague de tracción total
9. Eje de salida
10. Embrague de marcha atrás
11. Eje loco
12. Embrague de avance

#### **1.4.6. Diferenciales, frenos y reductores**

A este sistema se define como un compartimiento que reduce velocidades con la finalidad de multiplicar el torque y tienen las siguientes características.

- Transmite el movimiento en “T” (piñón y corona)
- Envía el torque a la rueda de PEOR tracción (cruceta y satélites)
- Existen variantes para mejorar la tracción (bloqueo y otros)
- Variedades de frenos
- Reducciones de ruedas o “cubos”

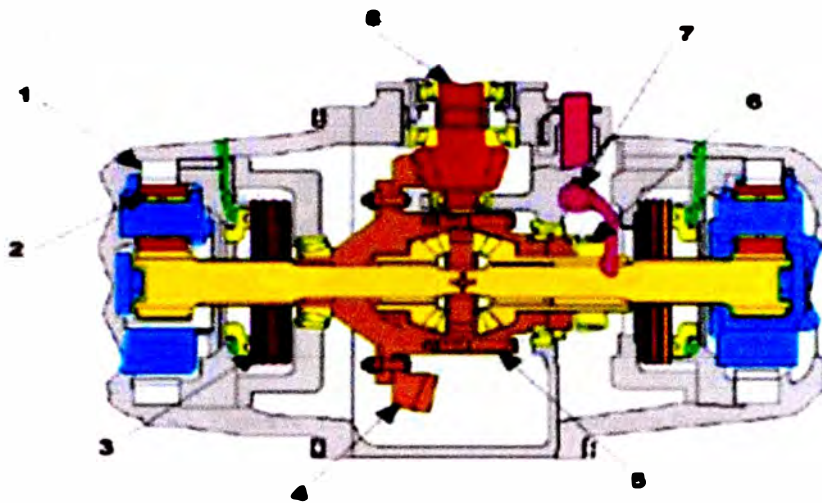


Figura N° 1.10 Diferencial, frenos y reductores de un cargador frontal.

Los componentes mostrados son:

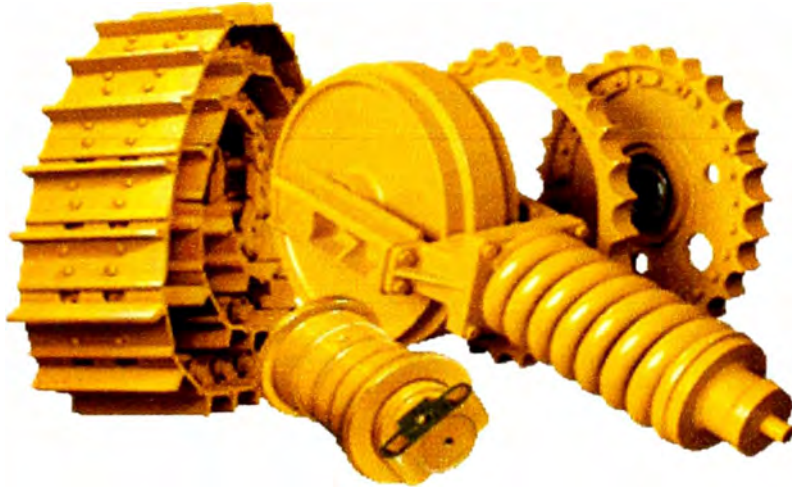
1. Corona
2. Engranajes satélites
3. Discos de freno
4. Corona
5. Diferencial
6. Traba de diferencial
7. Accionador de traba del diferencial
8. Piñón de ataque

#### **1.4.7. Elementos de tracción**

Los elementos de tracción pueden consistir en 02 tipos, con ruedas o carrilería.



Figura N° 1.11 Rueda (llanta) de un cargador Frontal



FiguraN° 1.12Carrileria de una excavadora

#### **1.4.8. Sistema hidráulico**

Un sistema hidráulico consiste en componentes que generan potencia hidráulica mediante un conjunto de mecánicos de bombas hidráulicas, motores hidráulicos, etc. y presentan las siguientes características.

- Son de desplazamiento positivo.
- El caudal determina la velocidad y la fuerza la presión del sistema.
- Todo flujo tiene resistencia a fluir, eso genera presión y calor.

- Fugas a alta presión crean altas temperaturas y altas velocidades.
- Los sellos se dañan a altas temperaturas, toda fuga de aceite se compensa con una entrada contaminada.
- La cavitación y la aeración son destructivas.

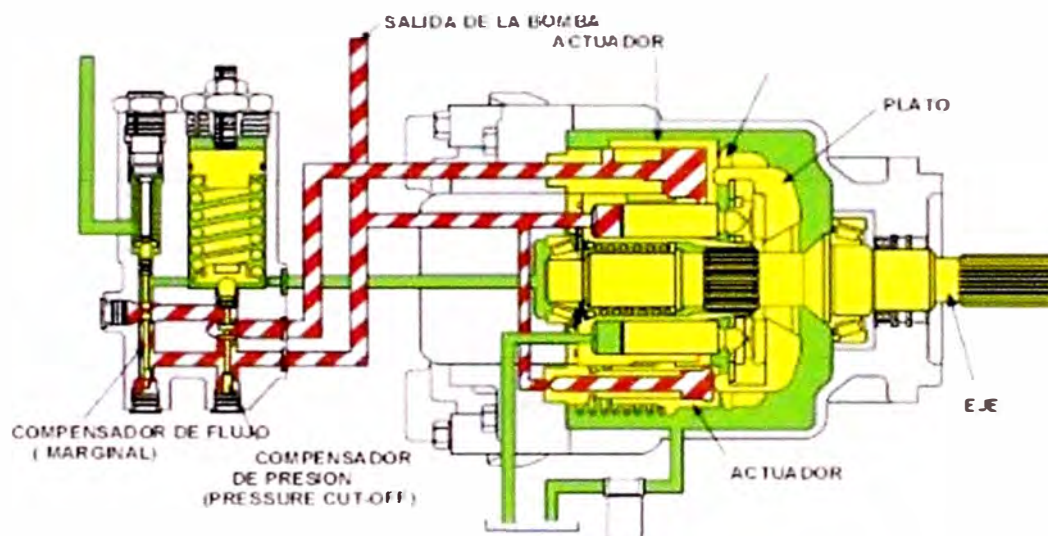


Figura N° 1.13 Componentes de un sistema hidráulico.

## 1.5. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE MANTENIMIENTO

El área de mantenimiento está constituida por 03 áreas de trabajo, los cuales son los siguientes.

### a) Lubricación y Engrase

La cual tenía dentro de sus funciones de realizar los mantenimientos preventivos de los equipos como cambios de aceite y toma de muestras de aceite para su análisis, estos trabajos se realizaban bajo un programa de mantenimiento preventivo.

## b) Mantenimiento Correctivo

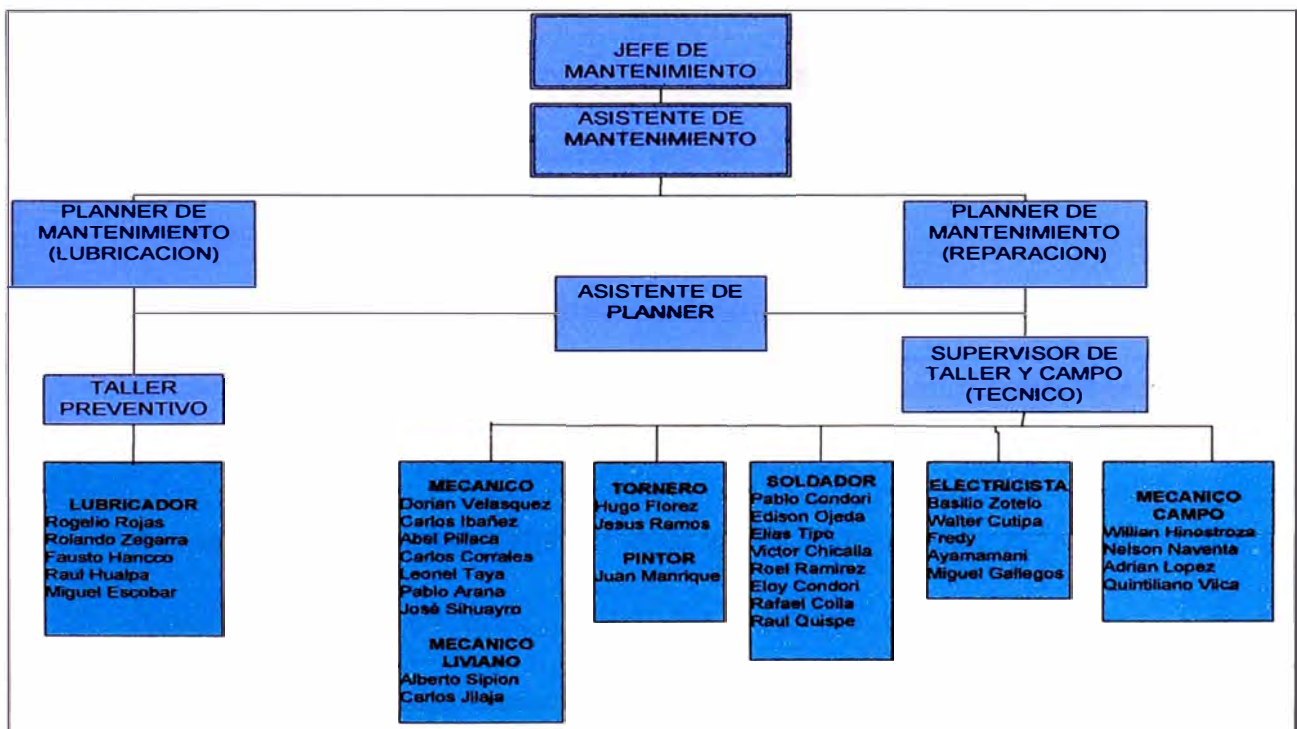
El cual tiene dentro de sus funciones realizar los trabajos de reparaciones programados y correctivos de los equipos. Cabe resaltar que la supervisión de esta área estuvo compuesta por personal técnico.

## c) La Jefatura

La cual tiene dentro de sus funciones elaborar los programas de trabajo tanto preventivo como correctivo basado en las necesidades de equipos y stock de almacén.

Esto se puede apreciar más claramente en el organigrama del área de mantenimiento.

Cuadro N°1.1 Organigrama área de mantenimiento antiguo



## **1.6. SITUACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO**

Realizando una evaluación del área de mantenimiento se diagnosticó lo siguiente.

- No se contaba con las áreas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo muy bien definidas.
- Personal operativo incompleto en área de Mantenimiento Preventivo, Predictivo y correctivo.
- Supervisión incompleta para el área Preventiva, Correctiva.
- El Área Preventiva y Predictiva faltaba formalizarlo.
- No se realiza un control y seguimientos de componentes de los equipos.
- No se contaba con el historial de equipos (File) actualizado.
- Incumplimientos en los servicios programados MP, MC.
- No cuenta con área de componentes y herramientas (Panoles).
- Faltaba definir responsabilidades por áreas, control y cumplimientos de las mismas.
- El área de oficinas de Mantenimiento requiere ser ampliada a fin de diferenciar la oficina de jefatura, la oficina de mantenimiento correctivo y la oficina de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Respecto a la comunicación el área de Mantenimiento se encuentra en el canal (canal 01) en donde todas las áreas de mina intervienen, creando saturación en la comunicación.

En el Cuadro N°1.2 se muestra parte de la problemática definida por el área de operaciones mina como principal usuariode los servicios del área deMantenimiento, esta tabla es elaborada a partir de la recopilación de información del diagnóstico del área de mantenimiento realizada antes de la implementación de la gestión de mantenimiento.

En dicha tabla se muestran las consecuencias ocasionadas por los problemas señalados. Como se aprecia, las consecuencias realmente perjudican no solo al área de operaciones mina sino que afectan también a los activos de la empresa.

Cuadro N°1.2Principales problemas del área de mantenimiento y sus consecuencias

<b>Problema</b>	<b>Consecuencia</b>
Falta definir las áreas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo	Paradas imprevistas de equipos
	Indicadores de gestión bajos
	No lograr solucionar las fallas antes que pare el equipo
Problemas frecuentes con los equipos	Insatisfacción del área de operaciones
	Incumplimiento con la producción programa
	Indicadores de gestión bajos
	Caída del nivel de servicio de mantenimiento
Mala priorización de trabajos en taller	Incremento de equipos inoperativos
	Demora en los servicios de mantenimiento
Falta de personal operativo	Caída del nivel de servicio de mantenimiento
	Indicadores de gestión bajos
	Incumplimiento del programa de mantenimiento
Supervisión con nivel técnico y formación anticuada	Falta de control en los trabajos
	Mala priorización de trabajos
	Indicadores de gestión bajos
	Ambiente laboral inadecuado
Falta de documentación de los equipos	Falta de historial de equipos
	No se realiza un seguimiento de componentes
Incumplimiento en los servicios de MP y MC.	Paradas imprevista de equipos
	Indicadores de gestión bajos
	Incremento del costo de mantenimiento



## 1.7 INDICADORES DE MANTENIMIENTO AL INICIO DE GESTIÓN

Los indicadores de disponibilidad y confiabilidad de los equipos hallados al inicio eran bajos, ya que no se llegaban a corregir los defectos que presentaban los equipos antes que estas fallen, provocando que se presenten paradas imprevistas quedando el equipo muchas veces inoperativo hasta la llegada del repuesto. Estas paradas imprevistas muchas veces provocaban un retraso en la producción diaria de mineral que se tenía proyectada.

Los indicadores que se analizaron fueron los siguientes, obteniendo los siguientes resultados.

- Disponibilidad (D)
- Confiabilidad (R)
- Tiempo promedio entre fallas (MTBF)
- Tiempo promedio para reparar (MTTR)

### INDICADORES DE DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD POR FLOTA DE EQUIPOS

EQUIPO	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
PERFORADORAS	24.79%	38.13%
EXCAVADORAS	53.17%	83.90%
TRACTORES	81.20%	80.00%
CARGADORES	71.30%	77.00%

**INDICADORES DE TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS Y TIEMPO  
PROMEDIO PARA REPARAR**

<b>EQUIPO</b>	<b>PROMEDIO (HRS)</b>	<b>TIEMPO (HRS)</b>
PERFORADORAS	6.2	15.1
EXCAVADORAS	9.9	8.4
TRACTORES	16.7	3.5
CARGADORES	14.1	5.3

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO**

La gestión de mantenimiento es una disciplina integradora que garantiza la disponibilidad, funcionalidad y conservación de los equipos, siempre que se aplique correctamente, aun costo competitivo. Esto significa un incremento importante de la vida útil de los equipos. Para producir con alto nivel de calidad, el equipo de producción debe operar dentro de las especificaciones técnicas, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento y la buena operación del equipo.

El mantenimiento debe ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo permitiendo alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos.

Un sistema de mantenimiento debe ser como un modelo sencillo de entrada-salida. Las entradas de dicho modelo son mano de obra, administración, herramientas, refacciones, equipo, etc., y la salida es el equipo en funcionamiento, confiable y bien configurado para

lograr la operación planeada del equipo. Esto nos permite optimizar los recursos para lograr mejores resultados a las salidas de un sistema de mantenimiento. (Ver cuadro N° 1.2).



Cuadro N° 2.1 Sistema Típico de Mantenimiento

Por lo tanto, para que la gestión del mantenimiento sea efectiva y eficiente es necesario planificar, organizar y optimizar a fin de lograr la mejor utilización de los recursos como materiales, económicos, humanos y el tiempo.

## 2.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

### 2.2.1 Mantenimiento correctivo de emergencia

El mantenimiento correctivo de emergencia, deberá actuar lo más rápidamente posible, con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores.

Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y

en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad.

Tiene como inconvenientes, que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Asimismo, muchas fallas no detectadas a tiempo, ocurridas en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso monto, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación.

Otro inconveniente de este sistema, es que se debería disponer de un capital importante invertido en piezas de repuestos visto que la adquisición de muchos elementos que pueden fallar, suele requerir una gestión de compra y entrega no compatible en tiempo con la necesidad de contar con el equipo en operación.

Por último, con referencia al personal que ejecuta el servicio, no queda duda que debe ser altamente calificado y sobredimensionado, en cantidad, pues las fallas deberían ser corregidas de inmediato. Generalmente se agrupa al personal en forma de cuadrillas.

### **2.2.2 Mantenimiento correctivo programado o planeado**

En este tipo de mantenimiento se permite que los equipos o maquinarias operen con la falla que presenten hasta contar con el personal, las herramientas, la información, y los materiales necesarios para corregir la falla; además para realizar la reparación hay que adaptarse a las necesidades de producción. La decisión de corregir una falla de forma planificada o de forma inmediata suele marcar la importancia del equipo en el sistema productivo. Si la avería supone una parada inmediata de un equipo, la reparación comienza sin una planificación previa; si en cambio el equipo puede mantenerse operativo aun con esa falla, entonces la reparación puede posponerse e incluir el trabajo dentro del programa de mantenimiento correctivo.

En general, se programan las paradas de los equipos, pero antes de hacerlo, se acumulan tareas a realizarse en el equipo y se programa su ejecución en dicha oportunidad, se aprovecha ejecutar todas las tareas que no se podría hacer con el equipo en funcionamiento. Lógicamente, se aprovecha para las paradas, horas del cambio de turno, períodos de baja demanda de trabajo en operación, fines de semana, períodos de vacaciones, etc.

## **2.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El Mantenimiento Preventivo es definido frecuentemente como aquellas actividades de servicios calculados por tiempo o basados en los indicadores que son usados para extender la vida del equipo e identificar problemas potenciales es a través de la inspección y detección temprana. La actividad más significativa que ocurre en el mantenimiento preventivo es la inspección, que debe llevar a una detección y corrección temprana de las fallas. El mantenimiento preventivo es un componente muy importante para movilizarse de mantenimiento correctivo a mantenimiento proactivo a través de la detección y corrección tempranas.

### **2.3.1 Requisitos para el mantenimiento preventivo**

No existe una manera correcta para definir los requisitos para el mantenimiento preventivo ;sin embargo, existen ciertos datos de entrada que facilitan el acercamiento al mantenimiento preventivo que necesita cada equipo, el cual puede ser modificado en el tiempo. Estos datos de entrada son los que establecen los requisitos para un mantenimiento preventivo que siempre son suministrados por:

- El fabricante del equipo.
- El departamento de mantenimiento.
- Los operadores del equipo.
- El área de ingeniería
- El resultado del análisis de condición del equipo.



A continuación se detallará cada uno de los datos de entrada mencionados anteriormente.

**a) Datos suministrados por el fabricante del equipo**

Se refiere a toda la información del mantenimiento preventivo proporcionados por el fabricante, siendo ésta la mejor fuente debido a que él es quien mejor sabe qué hacer para mantenerlos equipos en buenas condiciones. Sin embargo, las actividades de mantenimiento propuestas por el fabricante deben ser evaluadas debido a que éstas son basadas en condiciones estándares de funcionamiento, mientras que en la realidad dicho equipo puede trabajar en condiciones muy extremas a las propuestas por el fabricante.

**b) Datos suministrados por el departamento de mantenimiento**

Estos datos están dados por la experiencia obtenida por el personal del área de mantenimiento a través del tiempo, los cuales están registrados en documentos tales como fichas de los equipos ,hojas de verificación e inspección, los historiales ,fichas de lubricación, etc. Estos datos pueden ser los que más se aproximan a las tareas del mantenimiento preventivo requeridos por un determinado equipo.

**c) Datos suministrados por los operadores del equipo**

Un dato importante que muchas veces no se toma en cuenta es la experiencia de los operadores, ellos son los que están prácticamente todo el día junto a la máquina y por lo tanto saben qué se debe hacer para que el equipo siga funcionando. Si se lograra planificar reunión es periódicas con los operadores podremos determinar cuáles son los problemas y llegar a las causas, además lograremos motivar a ellos tomándolos en cuenta para la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo.

**d) Datos suministrados por el área de Ingeniería**

La información que proporciona esta área está orientada básicamente a los procedimientos correctos para la lubricación, reparación, ajustes y cuando se incorpore el mantenimiento predictivo. Además, esta área juega un papel importante en el análisis de condición del equipo.

**e) Datos delos resultado del análisis de condición del equipo**

Estos datos determinan las áreas sobre las cuales se aplicarán las tareas del mantenimiento preventivo, que pueden ser temas relacionados con la limpieza como con la seguridad del equipo.

## 2.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Este método no tiene una programación rígida de acciones como en el mantenimiento preventivo. Aquí lo que se programa y cumple con obligación son las inspecciones, cuyo objetivo es la detección del estado físico y técnico de cada parte del sistema y determinar si es necesaria la realización de alguna corrección.

La mayoría de las fallas se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de una futura falla, indicios que pueden advertirse simplemente. En otros casos, es posible advertirla tendencia a entrar en falla de un equipo, mediante el monitoreo de condición; es decir, mediante la elección, medición y seguimiento, de algunos parámetros relevantes que representan el buen funcionamiento del bien en análisis.

En otras palabras, con este método, se trata de acompañar o seguir, la evolución de las futuras fallas. A través de un diagnóstico que se realiza sobre la evolución o tendencia de una o varias características mensurables y su comparación con los valores establecidos como aceptables para dichas características. Por ejemplo, pueden ser la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, el aislamiento eléctrico, los ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc.

### **a) Aparatos e Instrumentos a Utilizar**

Los aparatos e instrumentos a utilizar son de naturaleza variada y pueden encontrarse incorporados en los equipos de control de procesos (automáticos), a través de equipos de captura de datos o mediante la operación manual de instrumental específico. Actualmente existen aparatos de medición sumamente precisos, que permiten analizar ruidos y vibraciones, aceites aislantes o espesores de chapa, mediante las aplicaciones de la electrónica en equipos de ultrasonidos, cromatografía líquida y gaseosa, y otros métodos.

El seguimiento de estas características debe ser continuo y requiere un registro adecuado. Una de sus ventajas es que las mediciones se realizan con los equipos en marcha, por lo cual, en principio, el tiempo que paran las máquinas resulta menor.

### **b) Detección de una próxima falla**

Si bien ésta tarea es para especialistas, se puede decir que, previo a la producción de una falla, la característica seguida se "*dispara*" de la evolución que venía llevando hasta ese momento.

Además de la ventaja recién citada, el seguimiento permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallas repetitivas; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la

parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento.

Adicional, debemos citar que se necesita constancia, ingenio, capacitación y conocimientos, aparatos de medición y un adecuado registro de todos los antecedentes para formar un historial.

### **ANÁLISIS DE ACEITE**

El análisis programado del aceite usado de un componente permite prever fallas y detectar niveles de desgaste, pudiendo impedir que los problemas menores se vuelvan averías mayores.

El análisis consiste en un examen al aceite lubricante de diferentes compartimientos como del sistema hidráulico, dirección hidráulica, enfriamiento de frenos, motor, transmisión, caja de cambios, cubos de ruedas, diferenciales o ejes, mandos finales, tandems, rola, tornamesa, círculo de giro, compresor, caja reductora, cabezal de rotación, bastidores, etc.

#### **Variables que afectan el desgaste del aceite**

Dentro de las variables que afectan al desgaste tenemos:

El mal estado del aceite muchas veces por ser de mala calidad, clasificación API errónea, viscosidad inapropiada o prolongar el intervalo de cambio de aceite las cuales afectan los resultados del análisis.

La contaminación externa como el agua, tierra, combustible o glicol (anticongelante), pueden causar desgaste prematuro del aceite y los componentes lubricados.

Las partículas de desgaste que resultan de la operación de las piezas; este desgaste es a causa de los procedimientos de operación diaria lo cual produce una cantidad de partículas de desgaste normal; sin embargo, las piezas inapropiadamente instaladas o ajustadas también pueden causar desgaste prematuro o acelerado.

### **Detección de elementos de desgaste**

La detección de los elementos de desgaste se realiza mediante un equipo el cual puede detectar hasta 22 elementos metálicos tales como Cu, Fe, Cr, Ni, Ti, V, Cd, Ag, Pb, Sn, Al, Si, Na, K, Mo, B, Ba, Ca, Mg, Mn, P y Zn. La combinación de estos elementos manifiesta un normal o anormal desgaste de los componentes de la máquina. Si es necesario pueden incluirse otros elementos. Esta prueba controla la proporción de desgaste de un componente determinado identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste que se encuentran en el aceite. Este Análisis de desgaste se expresa en partes por millón (ppm) o miligramo / Litro (mg/Lt) y sólo detecta partículas desde un tamaño de 10 micrones (10 u).

### **Análisis de condición del aceite**

El Análisis de la condición del aceite se determina mediante un Espectrofotómetro Infrarrojo. Esta prueba también se conoce como FT-IR(Fourier Transform Infrared Analysis), identifica y cuantifica componentes orgánicos al medir su absorción de luz infrarroja a la longitud de onda específica de cada componente orgánico.

Este Análisis Infrarrojo (IR) compara muestras tanto de aceite usado como de aceite nuevo. Mide la cantidad de Hollín, Oxidación, Nitración y Azufre. También puede detectar contaminación con Agua, Combustible o Glicol; Estas cantidades son expresadas en porcentajes (%).

### **Conteo de partículas**

Para esto se utiliza un equipo Contador de Partículas, que cuantifica y categoriza, según el tamaño y la cantidad de partículas existentes en el aceite hasta un tamaño de 100 micrones. Cuantifica tanto las partículas metálicas como las no metálicas, Este análisis se aplica a los aceites de sistemas cerrados y no al de un sistema abierto.

### **Viscosidad**

Es la resistencia del aceite al fluir, es la cualidad más importante del aceite. Es importante que el aceite tenga la viscosidad correcta a temperaturas altas y bajas en las que va a operar el componente. Para medir la viscosidad de un fluido, se utiliza un aparato denominado "Viscosímetro" donde existen 2

escalas de medición; a 40°C (Representa la temperatura de ambiente) y a 100°C (Representa la temperatura de operación). Las unidades de medición más comunes son el Centistokes(cSt), cuando la temperatura está dada en °C (Grados Centígrados) y el SecondSaybolt Universal (SSU), cuando la temperatura está dada en °F (Grados Fahrenheit)

## 2.5 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

Para gestionar el mantenimiento se necesita de índices con los cuales monitorear el buen desempeño de las actividades del mantenimiento en la empresa.

### 2.5.1 Tiempo promedio entre fallas (mtbf)

Está referido al tiempo que transcurre entre la aparición de una falla y otra, para un componente, equipo o sistema. El análisis de este indicador debe consistir en lograr que el mismo sea lo más amplio posible (60-80 horas), lo que significa que el elemento estudiado ha permanecido operando sin presentar paradas no programadas. Para su cálculo se utiliza la ecuación mostrada a continuación.

$$MTBF = \frac{\text{Horas total de operación de equipo}}{\text{Número total de paradas correctivas}}$$



### **2.5.2 Tiempo promedio para reparar(mttr)**

Consiste en el tiempo que el personal de mantenimiento consume para restablecer un equipo o sistema que ha fallado, a sus condiciones de operación. Es por ello que este indicador debe ser lo más pequeño posible (3-6 horas), evitando así que la producción se detenga hasta el punto de generar pérdidas considerables a la empresa.

Para el cálculo de este indicador, se utiliza la ecuación que se muestra a continuación.

$$MTTR = \frac{\text{HorastotaldeIntervencionesCorrectivas}}{\text{Numerototaldeparadascorrectivas}}$$

### **2.5.3 Disponibilidad**

Consiste en el valor porcentual del tiempo en que un equipo se encuentra disponible (de uso) en un periodo determinado. La fórmula para el cálculo de este indicador, se utiliza la ecuación que se muestra a continuación.

$$D = \frac{TPO}{TPO + TFS} \times 100\%$$

Dónde:

- TPO es el tiempo de operación de equipo hasta fallar.
- TFS es el tiempo en que se encuentra fuera de servicio el equipo.

### 2.5.4 Confiabilidad

Consiste en un valor porcentual que nos indica lo confiable que puede ser un equipo para la operación. Para el cálculo de este indicador se utiliza la siguiente ecuación.

Dónde:

- $\lambda$  es una constante (2,71828).
- $t$  es el periodo especificado de funcionamiento libre de fallas (20 horas para nuestro caso).

#### Ejemplo de Cálculo

Para el ejemplo de cálculo de los indicadores primero elaboraremos un gráfico con la distribución de los tiempos de estado de un equipo cuando está operando.

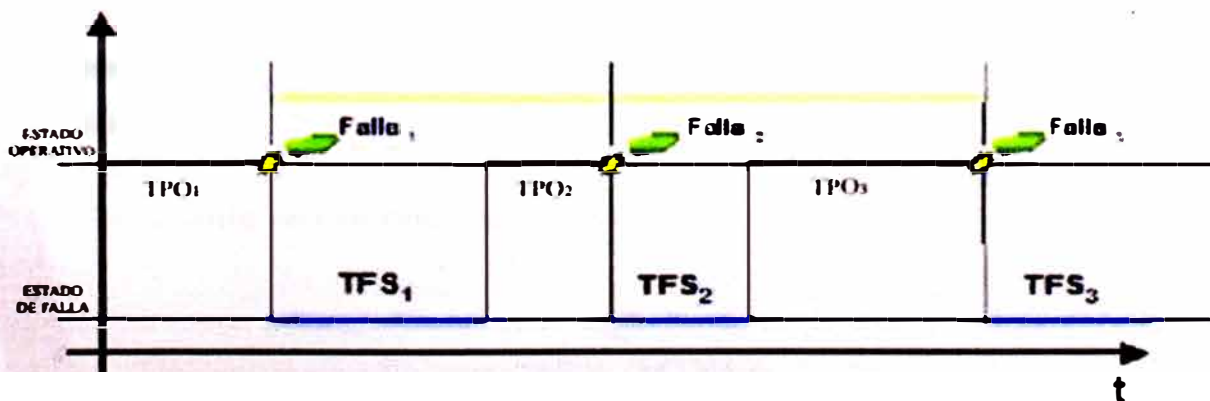


Figura N° 2.1 Distribución de tiempos de un equipo en operación

Dónde:

- TPO es el tiempo de operación de equipo hasta fallar.
- TFS es el tiempo en que se encuentra fuera de servicio el equipo.
- Falla es la ocurrencia de una falla

Para el ejemplo de cálculo se tiene los siguientes datos de los tiempos de un equipo en operación.

<b>ITEM</b>	<b>TPO (Hr)</b>	<b>TFS (Hr)</b>
1	5	0.5
2	5.5	0.6
3	6	0.7
4	6.7	0.8
5	6.7	0.7
6	6.8	0.7
7	7.9	0.7
8	9	0.8
9	9	0.7
10	12	0.8
11	12.5	0.7
<b>Suma (Hr)</b>	<b>87.1</b>	<b>7.8</b>

De donde se obtiene los siguientes resultados.

- Tiempo promedio entre fallas (MTBF)

$$MTBF = \frac{87.1}{11} = 7.92$$

- Tiempo promedio para reparación (MTTR)

$$MTTR = \frac{7.8}{11} = 0.71$$

- Disponibilidad

$$D = \frac{87.1}{87.1 + 7.8} \times 100 = 91.78\%$$

- Confiabilidad

$$\text{CONFIABILIDAD} = e^{-20/7.92} \times 100 = 8\%$$

## **CAPITULO III**

### **IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

Luego de haber realizado un estudio de la situación actual del área de mantenimiento, se determinó que para implementar la gestión de mantenimiento se tiene que realizar cambios basados en los siguientes puntos.

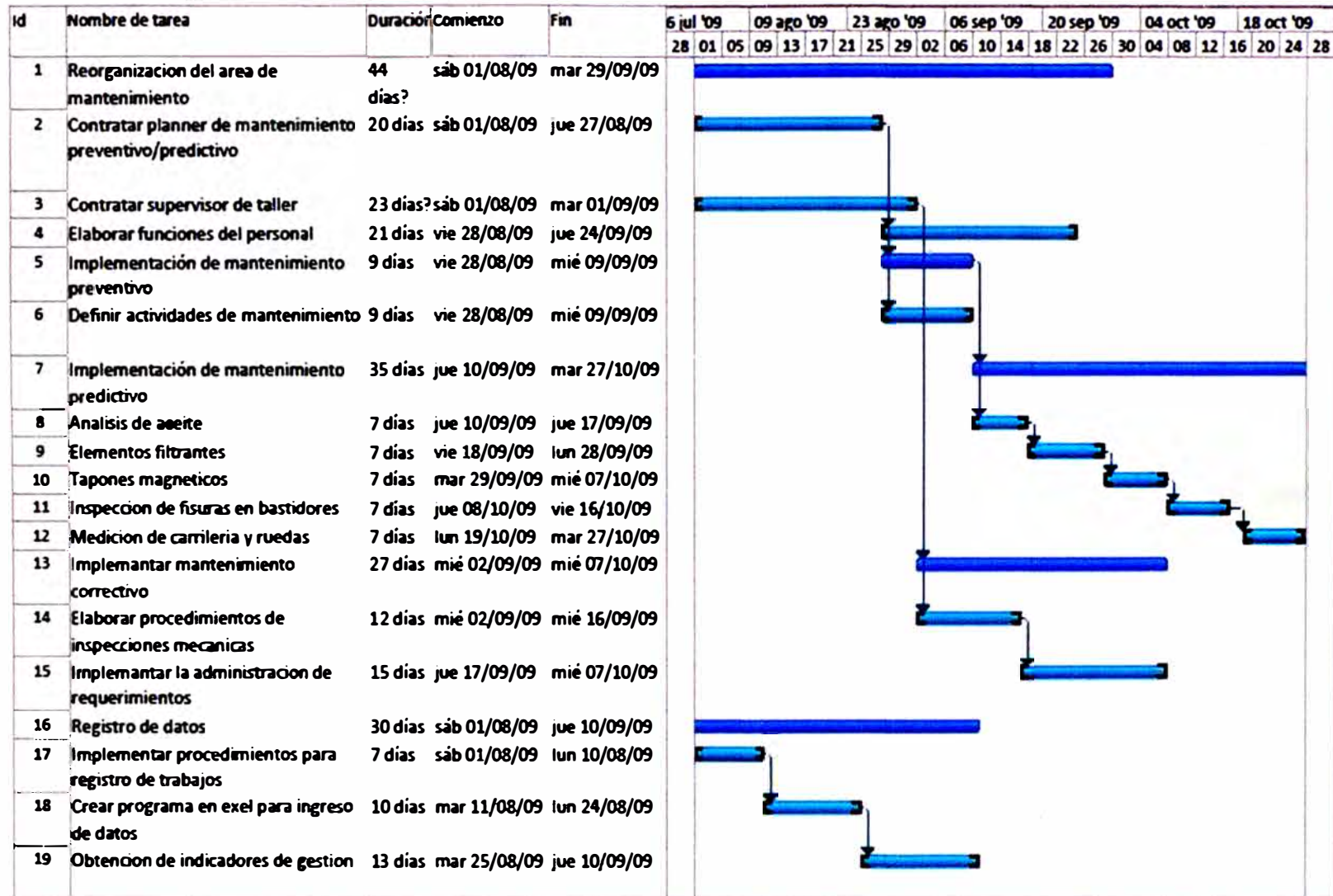
- a) Implementar las áreas de Mantenimiento Preventivo y predictivo, con la cual se establecerá procedimientos y sistemas de trabajos.
- b) Incrementar el personal tanto operativo como supervisión de Mantenimiento a las áreas preventiva, predictiva y correctiva según el nuevo organigrama.
- c) Crear nuevos procedimientos y sistemas de trabajo para los planeadores de mantenimiento según el nuevo organigrama.
- d) Actualizar el control de componentes de equipos de acuerdo a las frecuencias de horas de vida útil del componente.
- e) Analizar los KPIS de mantenimiento con la finalidad de mejorar los indicadores aplicando la Ingeniería de Mantenimiento.
- f) Mejorar la calidad de las intervenciones preventivas y correctivas de los equipos.

Como resultado inicial luego de realizar cambios en las áreas de mantenimiento, se espera obtener lo siguiente.

- a) Se lograra incrementar la disponibilidad Mecánica y confiabilidad de toda nuestra flota de equipos.
- b) Se reducirá las paradas imprevistas y fallas catastróficas de equipos.
- c) Se reducirá los malos servicios de reparación y se mejorara la calidad de la reparación de componentes de los equipos.
- d) Los trabajadores trabajaran con seguridad y cuidaran el medio ambiente.

Previo a la implementación de la gestión de mantenimiento se elaboró un cronograma de actividades detallando las tareas principales que se realizó en el proceso de implementación de la gestión de mantenimiento detallando el periodo que tomo la implementación de cada tarea. Claro está que los resultados de lo implementado se notaran en los meses próximos a la culminación de implementar la gestión.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE LA IMPLEMENTACION DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO



### **3.1 REORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO**

La reorganización del área de mantenimiento se realizó estableciendo las áreas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo con personal capacitado y necesario para cumplir con las funciones y compromisos establecidos para cada área. Quedan de la siguiente forma las áreas de mantenimiento establecidas:

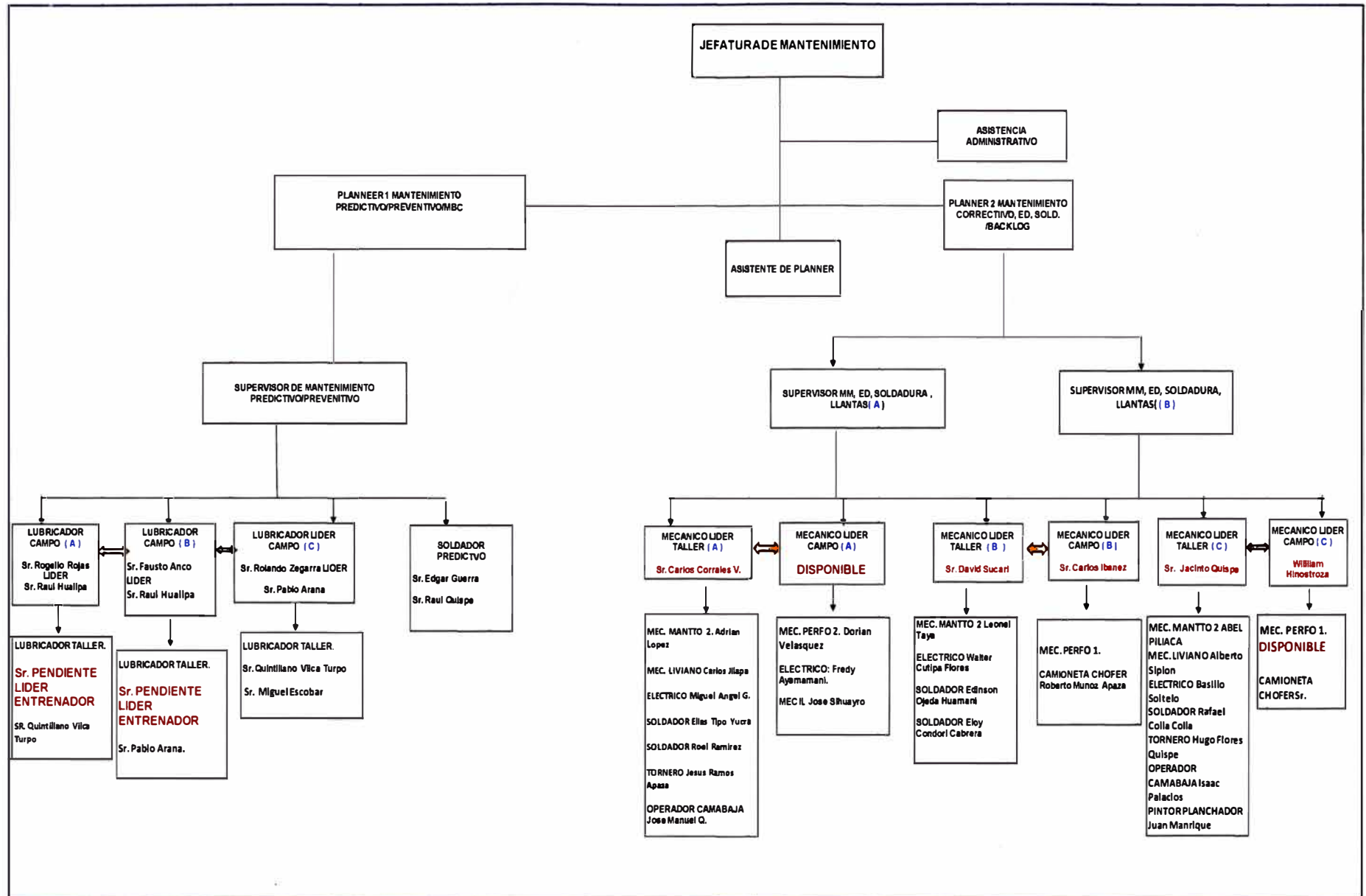
- a) Área de Mantenimiento Predictivo
- b) Área de Mantenimiento Preventivo
- c) Área de Mantenimiento Correctivo

Cada área de mantenimiento se subdividió en 04 secciones basado en el personal técnico que integraría dichas áreas.

- a) Sección Lubricación (Predictivo, Preventivo, Inspecciones en campo, monitoreo).
- b) Sección Mecánica
- c) Sección de soldadura y maestranza
- d) Sección Eléctrica

Con lo cual el nuevo organigrama del personal de mantenimiento (Ver Figura N°14) quedo establecido de la siguiente forma, donde se podrá apreciar claramente los cambios realizados.





Cuadro N° 3.1 Organigrama del área de mantenimiento actual de la empresa Arasi SAC.

Esta sería el nuevo organigrama de mantenimiento donde se puede apreciar las funciones de todos los trabajadores del área de mantenimiento así como los niveles jerárquicos que se deben mantener. Con la cual se generó un diagrama de operación del área de mantenimiento (Ver Figura N°15).

#### **a) Funciones del Jefe de Mantenimiento**

Las funciones del jefe de mantenimiento son las siguientes:

Dirigir y controlar la ejecución de las diferentes actividades de mantenimiento de los equipos para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad, seguridad, medio ambiente y costos.

Organizar la ejecución de los trabajos de mantenimiento y reparación de los equipos garantizando la operatividad de los mismos.

Conservación de los activos de empresa, gracias a los programas y sistemas de mantenimiento las cuales mantendrán el buen estado de toda la maquinaria que está a su cargo.

Evaluar continuamente las necesidades, equipos suministros, personal y otros recursos para el cumplimiento de los trabajos de mantenimiento.

Supervisar regularmente las zonas de trabajo para asegurarse de que existan condiciones seguras de trabajo y medio ambiente.

Reportar resultados de la gestión de mantenimiento a su jefatura inmediata superior.

Realizar el control, seguimiento y proyección de los indicadores de gestión.

Capacitar regularmente a su personal y cumplir con las normas y estándares de seguridad, salud, medio ambiente y calidad del manteniendo de equipos.

## **b) Funciones del Planeador de Mantenimiento**

Las funciones del planeador de mantenimiento son las siguientes:

Mantener el historial de equipos actualizado, alimentando el sistema de registro de información.

Planificar la ejecución de los mantenimientos y reparación de los equipos en función al stock de repuestos.

Establecer de acuerdo a recomendaciones del fabricante y características propias de la operación pautas para el control de componentes.

Coordinar con mantenimiento de Taller y Campo para definir un stock de componentes, repuestos y materiales sugeridos para las tareas de mantenimiento.

Coordinar con el área logística el seguimiento de la atención de los requerimientos.

Realizar seguimiento de vida de Componentes y generar programa de intercambio.

Generar Reportes periódicos de indicadores de rendimiento de la gestión de Mantenimiento.

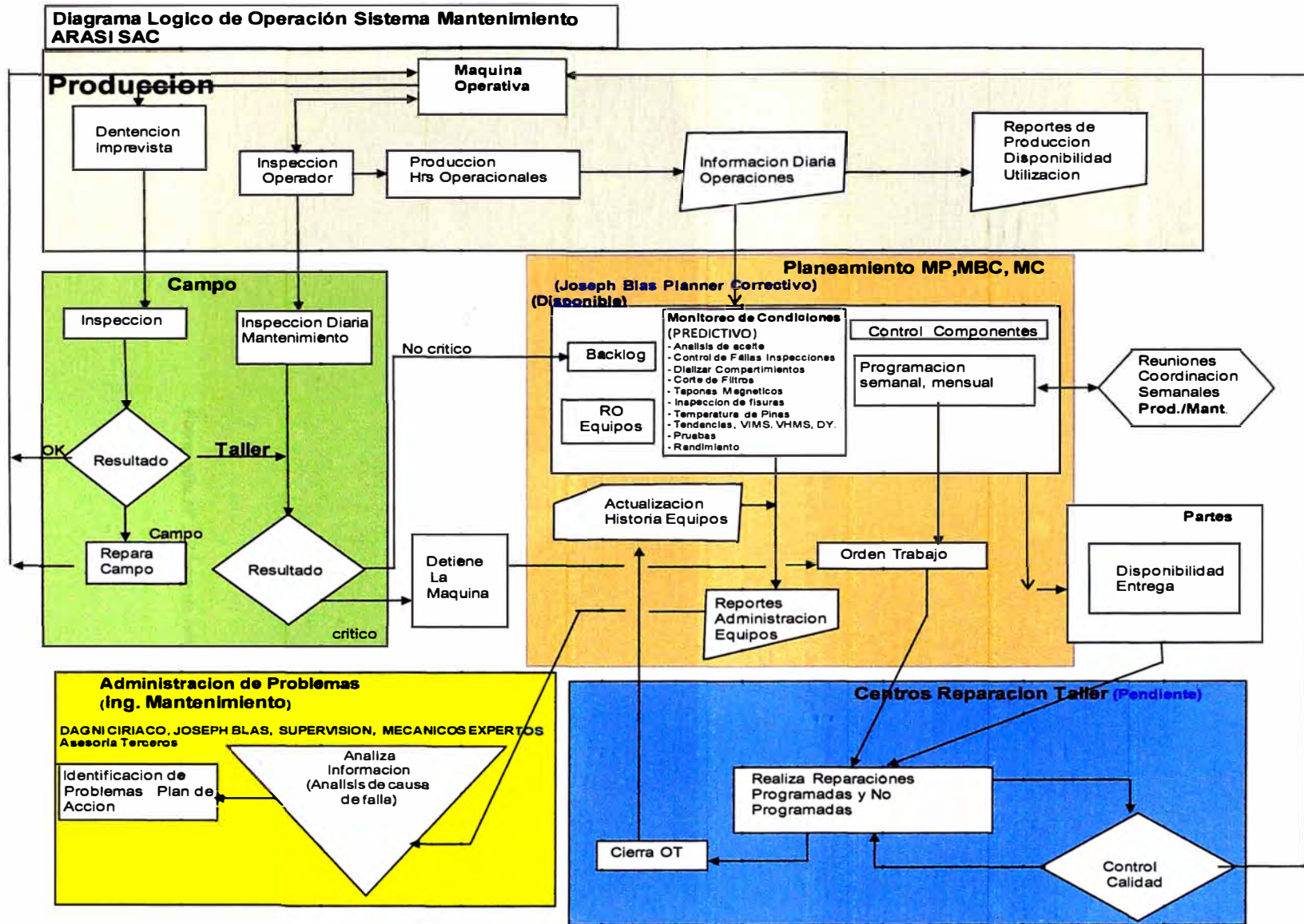
Crear y mantener actualizada la biblioteca técnica.

Realizar correcciones en su funcionamiento de acuerdo a planes de acción definidos en reuniones con toda la supervisión.

### **c) Funciones del Supervisor de Mantenimiento**

La función del supervisor de mantenimiento son las siguientes:

- Velar por la seguridad de sus trabajadores a cargo y el cuidado del medio ambiente, guiando al cumplimiento de las tareas encomendadas.
- Este debe reportar directamente al Jefe de Mantenimiento y es responsable por la coordinación y supervisión directa de los programas de mantenimiento.
- Conocer los detalles de planeación de mantenimiento.
- Asegurarse que las instalaciones estén en condiciones funcionales y mantenidas en óptimas condiciones operacionales.
- Asistir y dirigir al personal a su cargo en la ejecución de las tareas propias de mantenimiento de máquinas y equipos, de los cambios y decisiones básicas en la aplicación de los programas.



Cuadro N°3.2 Diagrama de operación del área mantenimiento



Fotografía N°3.1 Vista frontal de taller



Fotografía N° 3.2 Área de lubricación



Fotografía N° 3.3 Taller de maestranza



Fotografía N° 3.4 Nuevo taller de soldadura



Fotografía N°3. Oficinas y comedor de mantenimiento

### **3.2 DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Las actividades del mantenimiento preventivo se obtienen de los manuales del fabricante y de las experiencias del personal de mantenimiento, dichas actividades pueden ir modificándose en base al estado y condición del equipo a fin de prolongar la vida útil de esta. Las actividades pueden ser lubricación, ajustes, limpieza, inspecciones y pruebas.



### 3.2.1 Mantenimiento preventivo de excavadora (345c)

<b>PUNTO</b>	<b>SERVICIO</b>
<b>Cuando sea necesario</b>	
Sistema de admisión de aire de motor	Limpieza de filtros
Radiador	Limpieza de radiador
Puntas de cucharón	Reemplazar si están gastadas
Cadena	Templar la cadena
<b>Diariamente o cada 10 horas</b>	
Motor	Inspeccionar el nivel de aceite
Tanque hidráulico	Inspeccionar el nivel de aceite
Sistema de enfriamiento	Inspeccionar nivel de refrigerante
Sistema de combustible	Drenar el agua y sedimentos
Carrilera	Inspeccionar templado de cadenas
Indicadores y manómetros	Examinar y probar
Pines de cucharón	Engrasar
Luces	Comprobar funcionamiento
<b>Semanalmente o cada 50 horas</b>	
Pines de base de boom	Lubricar puntos de engrase
Pines de cilindro de boom	Lubricar puntos de engrase
Pin de stick	Lubricar puntos de engrase
Pin de cucharón	Lubricar puntos de engrase
Cojinetes de giro de tornamesa	Lubricar puntos de engrase
Tornamesa	Rellenar grasa en tornamesa

<b>Mensualmente o cada 250 horas</b>	
Carter de motor	Cambiar aceite y filtros
Aceite motor	Tomar muestra de aceite
Filtros de combustible	Cambiar filtros de combustible
Separador de agua	Cambiar de separador de agua
Respiradero de cárter de motor	Limpiar
Fajas de alternador y ventilador	Inspeccionar ajuste
Líneas de admisión	Inspeccionar
Luces	Comprobar funcionamiento
Baterías	Inspeccionar
<b>Trimestralmente o cada 500 horas</b>	
Sistema de admisión de aire de motor	Cambios de filtros de aire
Filtro hidráulico de drenaje	Cambio de filtro
Filtro hidráulico pilotaje	Cambiar filtro
Elemento hidráulico	Cambiar elemento
Rejilla de llenado y tapa de tanque de combustible	Limpiar tapa y rejilla
Reductor de giro izquierdo	Tomar muestra de aceite Cambiar aceite
Reductor de giro derecho	Tomar muestra de aceite Cambiar aceite
Sistema hidráulico	Tomar muestra de aceite Comprobar nivel de aceite
Mando final derecho	Tomar muestra de aceite Inspeccionar tapón magnético Comprobar nivel de aceite
Mando final izquierdo	Tomar muestra de aceite Inspeccionar tapón magnético Comprobar nivel de aceite

Engrase automático	Rellenar grasa
Mangueras y cañerías	Verificar si hay fugas
Cadenas	Templar cadenas
<b>Semestralmente o cada 1000 horas</b>	
Filtros de válvulas de alivio	Cambiar filtros de válvulas
Arrancador	Inspeccionar
Alternador	Inspeccionar
Templadores de faja de ventilador	Inspeccionar rodaje de templadores
<b>Anualmente o cada 2000 horas</b>	
Tanque hidráulico	Cambiar aceite Tomar muestra de aceite
Mandos finales	Cambiar aceite Tomar muestra de aceite
Bomba hidráulica Principal	Inspeccionar
Sistema hidráulico	Realizar prueba de presiones
Turbo de motor	Inspeccionar juego de rotor
Válvulas de motor	Ajustar juego de válvulas
Radiador	Inspeccionar
Tanque de combustible	Lavar el tanque
Mandos de control	Inspeccionar y probar

### 3.2.2 Mantenimiento preventivo de tractor (d8t)

<b>PUNTO</b>	<b>SERVICIO</b>
<b>Cuando sea necesario</b>	
Cuchillas y cantoneras	Inspeccionar y cambiar si están gastadas o dañadas
Punta del desgarrador	Inspeccionar y cambiar si esta gastada o dañada
Sistema de admisión de aire de motor	Limpieza de filtros
Radiador	Limpieza de radiador
Cadena	Inspeccionar templado de cadena
<b>Diariamente o cada 10 horas</b>	
Motor	Verificar el nivel de aceite
Transmisión	Verificar el nivel de aceite
Tanque hidráulico	Inspeccionar el nivel de aceite
Sistema de enfriamiento	Inspeccionar nivel de refrigerante
Sistema de combustible	Drenar el agua y sedimentos
Carrilera	Inspeccionar templado de cadenas
Indicadores y manómetros	Examinar y probar
Circulina	Inspeccionar y probar
Claxon	Inspeccionar y probar
Alarma de retroceso	Inspeccionar y probar
Luces	Comprobar funcionamiento
<b>Semanalmente o cada 50 horas</b>	
Rotulas de hoja topadora	Inspeccionar

Pines de cilindro hidráulico y varillaje del desgarrador	Lubricar puntos de engrase
Pines de cilindro de levante de hoja topadora	Lubricar puntos de engrase
Pines de cilindro de inclinación de hoja topadora	Lubricar puntos de engrase
Pines de brazos de hoja topadora	Lubricar puntos de engrase
<b>Mensualmente o cada 250 horas</b>	
Carter de motor	Cambiar aceite y filtros
Aceite motor	Tomar muestra de aceite
Filtros de combustible	Cambiar filtros de combustible
Separador de agua	Cambiar de separador de agua
Respiradero de cárter de motor	Limpiar
Fajas de alternador y ventilador	Inspeccionar y cambiar si están gastadas o dañadas
Faja de aire acondicionado	Inspeccionar y cambiar si están gastadas o dañadas
Líneas de admisión	Inspeccionar
Luces	Comprobar funcionamiento
<b>Trimestralmente o cada 500 horas</b>	
Filtros de admisión	Inspeccionar y cambiarlos de ser necesario
Filtro de transmisión	Cambiar filtro
Filtro hidráulico de drenaje	Cambio de filtro
Filtro hidráulico pilotaje	Cambiar filtro
Elemento hidráulico	Cambiar elemento
Rejilla de llenado y tapa de tanque de combustible	Limpiar tapa y rejilla
Sistema de transmisión	Tomar muestras de aceite Comprobar nivel de aceite

Sistema hidráulico	Tomar muestra de aceite Comprobar nivel de aceite
Mando final derecho	Tomar muestra de aceite Inspeccionar tapón magnético Comprobar nivel de aceite
Mando final izquierdo	Tomar muestra de aceite Inspeccionar tapón magnético Comprobar nivel de aceite
Barra estabilizadora	Inspeccionar
Cardan de transmisión	Inspeccionar
Sistema de freno	Inspeccionar y probar freno
Mangueras y cañerías	Verificar si hay fugas
Cadenas	Templar cadenas Inspeccionar guías laterales de cadena
Trunión	Inspeccionar juego de pernos
Baterías	Inspeccionar bornes Inspeccionar cables
<b>Semestralmente o cada 1000 horas</b>	
Aceite de transmisión	Cambiar aceite
Arrancador	Inspeccionar
Alternador	Inspeccionar
Templadores de faja de ventilador	Inspeccionar rodaje de templadores
<b>Anualmente o cada 2000 horas</b>	
Tanque hidráulico	Cambiar aceite Tomar muestra de aceite
Mandos finales	Cambiar aceite Tomar muestra de aceite
Bomba hidráulica	Inspeccionar
Sistema hidráulico	Realizar prueba de presiones
Sistema de transmisión	Realizar prueba de presiones

Turbo de motor	Inspeccionar juego de rotor
Válvulas de motor	Ajustar juego de válvulas
Alternador	Realizar mantenimiento
Arrancador	Realizar mantenimiento
Radiador	Inspeccionar
Tanque de combustible	Lavar el tanque
Mandos de control	Inspeccionar y probar

### 3.2.3 Mantenimiento preventivo de cargador frontal (966g)

PUNTO	SERVICIO
<b>Cuando sea necesario</b>	
Puntas	Inspeccionar y cambiar si están gastadas o dañadas
Cuchillar o entre puntas	Inspeccionar y cambiar si están gastadas o dañadas
Sistema de admisión de aire de motor	Limpieza de filtros
Radiador	Limpieza de radiador
Llantas	Inspeccionar estado de llantas
<b>Diariamente o cada 10 horas</b>	
Motor	Verificar el nivel de aceite
Transmisión	Verificar el nivel de aceite
Tanque hidráulico	Inspeccionar el nivel de aceite
Sistema de enfriamiento	Inspeccionar nivel de refrigerante

Sistema de combustible	Drenar el agua y sedimentos
Mandos finales	Inspeccionar fugas
Diferencial delantero y posterior	Inspeccionar fugas
Llantas	Inspeccionar estado de llantas y presión
Indicadores y manómetros	Examinar y probar
Circulina	Inspeccionar y probar
Claxon	Inspeccionar y probar
Alarma de retroceso	Inspeccionar y probar
Luces	Comprobar funcionamiento
<b>Semanalmente o cada 50 horas</b>	
Pines de cucharón	Lubricar puntos de engrase
Pines de cilindro volteo de cucharón	Lubricar puntos de engrase
Pines de cilindro de levante cucharón	Lubricar puntos de engrase
Pines de bastidores	Lubricar puntos de engrase
Pines de cilindros de dirección	Lubricar puntos de engrase
Pines articulación central	Lubricar puntos de engrase
<b>Mensualmente o cada 250 horas</b>	
Carter de motor	Cambiar aceite y filtros
Aceite motor	Tomar muestra de aceite
Filtros de combustible	Cambiar filtros de combustible
Separador de agua	Cambiar de separador de agua
Respiradero de cárter de motor	Limpiar
Fajas de alternador y ventilador	Inspeccionar y cambiar si están gastadas o dañadas



Faja de aire acondicionado	Inspeccionar y cambiar si están gastadas o dañadas
Líneas de admisión	Inspeccionar
Luces	Comprobar funcionamiento
<b>Trimestralmente o cada 500 horas</b>	
Filtros de admisión	Inspeccionar y cambiarlos de ser necesario
Filtro de transmisión	Cambiar filtro
Filtro hidráulico	Cambio de filtro
Rejilla de llenado y tapa de tanque de combustible	Limpiar tapa y rejilla
Sistema de transmisión	Tomar muestras de aceite Comprobar nivel de aceite
Sistema hidráulico	Tomar muestra de aceite Comprobar nivel de aceite
Diferenciales delantero	Tomar muestra de aceite Comprobar nivel de aceite
Diferencia posterior	Tomar muestra de aceite Comprobar nivel de aceite
Cardan de transmisión	Inspeccionar
Ruedas	Comprobar ajuste de tuercas
Sistema de freno	Inspeccionar y probar freno
Mangueras y cañerías	Verificar si hay fugas
Baterías	Inspeccionar bornes Inspeccionar cables
<b>Semestralmente o cada 1000 horas</b>	
Aceite de transmisión	Cambiar aceite
Arrancador	Inspeccionar
Alternador	Inspeccionar
Sistema de transmisión	Inspeccionar tapón magnético

Templadores de faja de ventilador	Inspeccionar rodaje de templadores
<b>Anualmente o cada 2000 horas</b>	
Tanque hidráulico	Cambiar aceite Tomar muestra de aceite
Diferenciales	Cambiar aceite Tomar muestra de aceite
Bomba hidráulica	Inspeccionar
Sistema hidráulico	Realizar prueba de presiones
Sistema de transmisión	Realizar prueba de presiones
Turbo de motor	Inspeccionar juego de rotor
Válvulas de motor	Ajustar juego de válvulas
Alternador	Realizar mantenimiento
Arrancador	Realizar mantenimiento
Radiador	Inspeccionar
Tanque de combustible	Lavar el tanque
Mandos de control	Inspeccionar y probar

### 3.2.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PERFORADORA (DM45E)

<b>PUNTO</b>	<b>SERVICIO</b>
<b>Cuando sea necesario</b>	
Cabezal de rotación	Inspeccionar estado de spindle
Sistema de admisión de aire de motor	Limpieza de filtros
Radiador	Limpieza de radiador
Cadena	Inspeccionar templado de cadena

<b>Diariamente o cada 10 horas</b>	
Motor	Verificar el nivel de aceite
Cabezal de rotación	Verificar el nivel de aceite
Tanque hidráulico	Inspeccionar el nivel de aceite
Compresor	Inspeccionar nivel de aceite
Sistema de enfriamiento	Inspeccionar nivel de refrigerante
Sistema de combustible	Drenar el agua y sedimentos
Carrilera	Inspeccionar templado de cadenas
Indicadores y manómetros	Examinar y probar
Circulina	Inspeccionar y probar
Claxon	Inspeccionar y probar
Alarma de retroceso	Inspeccionar y probar
Luces	Comprobar funcionamiento
<b>Semanalmente o cada 50 horas</b>	
Polea de cable de pulldown	Lubricar puntos de engrase
Pines de cilindro hidráulico de levante de torre.	Lubricar puntos de engrase
Cilindro de patas estabilizadoras	Lubricar los cilindros
Pines de cilindro de mesa de perforación	Lubricar puntos de engrase
Pines de cilindro de carrusel	Lubricar puntos de engrase
<b>Mensualmente o cada 250 horas</b>	
Carter de motor	Cambiar aceite y filtros
Aceite motor	Tomar muestra de aceite
Filtros de combustible	Cambiar filtros de combustible

Separador de agua	Cambiar de separador de agua
Respiradero de cárter de motor	Limpiar
Fajas de alternador y ventilador	Inspeccionar y cambiar si están gastadas o dañadas
Cabezal de rotación	Cambiar aceite Tomar muestra de aceite
Líneas de admisión	Inspeccionar
Luces	Comprobar funcionamiento
<b>Trimestralmente o cada 500 horas</b>	
Filtros de admisión	Inspeccionar y cambiarlos de ser necesario
Caja de engranajes	Cambiar aceite Tomar muestra de aceite
Filtro hidráulico	Cambio de filtro
Filtro bypass	Cambiar filtro
Filtro hidráulico de bomba de avance	Cambiar filtro
Filtro hidráulico de retorno de bomba	Cambiar filtro
Rejilla de llenado y tapa de tanque de combustible	Limpiar tapa y rejilla
Compresor	Tomar muestra de aceite Comprobar nivel de aceite
Sistema hidráulico	Tomar muestra de aceite Comprobar nivel de aceite
Mando final derecho	Tomar muestra de aceite Inspeccionar tapón magnético Comprobar nivel de aceite
Mando final izquierdo	Tomar muestra de aceite Inspeccionar tapón magnético Comprobar nivel de aceite
Cardan de transmisión	Inspeccionar
Sistema de freno	Inspeccionar y probar freno
Mangueras y cañerías	Verificar si hay fugas
Cadenas	Templar cadenas

	Inspeccionar guardas de rodillos
Baterías	Inspeccionar bornes Inspeccionar cables
<b>Semestralmente o cada 1000 horas</b>	
Arrancador	Inspeccionar
Alternador	Inspeccionar
Templadores de faja de ventilador	Inspeccionar rodaje de templadores
<b>Anualmente o cada 2000 horas</b>	
Tanque hidráulico	Cambiar aceite Tomar muestra de aceite
Mandos finales	Cambiar aceite Tomar muestra de aceite
Compresor	Cambio de aceite y filtro Tomar muestra de aceite
Bombas hidráulicas	Inspeccionar
Sistema hidráulico	Realizar prueba de presiones
Sistema compresor	Inspeccionar manómetro
Turbo de motor	Inspeccionar juego de rotor
Válvulas de motor	Ajustar juego de válvulas
Alternador	Realizar mantenimiento
Arrancador	Realizar mantenimiento
Radiador	Inspeccionar
Tanque de combustible	Lavar el tanque
Mandos de control	Inspeccionar y probar

### 3.2.5 Programa de mantenimiento preventivo

El programa de mantenimiento preventivo se elaborara en base a las horas que trabaja diariamente los equipos y a la frecuencia de cambio de aceite de los componentes de cada equipo, para esto se estableció frecuencias de 250 horas (horas de operación del equipo) para el cambio de aceites y filtros de los componentes de todos los equipos, las cuales van desde 250 horas a 2000 horas que es el tope donde el cambio de aceite y filtros involucraba a todos los componentes (motor, transmisión, hidráulico)

Esto se estableció por flotas de equipos, como se detalla en el cuadro en caso de excavadoras.

<b>TIPO</b>	<b>HORAS</b>	<b>COMPONENTES</b>
PM1	250	Aceite de motor y filtros de Motor
PM2	500	Aceite de Motor y filtros de todos los sistemas
PM3	750	Aceite de motor y filtros de Motor
PM4	1000	Aceite Motor, Transmisión, motores de giro y traslación. Filtros de todos los sistemas
PM5	1250	Aceite de motor y filtros de Motor
PM6	1500	Aceite de Motor y filtros de todos los sistemas
PM7	1750	Aceite de motor y filtros de Motor
PM8	2000	Aceites de Motor, transmisión, motores de giro y traslación, hidráulico, mandos finales. Filtros de todos los sistemas.

Cada mantenimiento que se realiza debe tener un plan de trabajo establecido para cada equipo, el cual debía contar con la información de todas las tareas a realizarse en diferentes puntos del equipo ya sean ajustes,

revisión, limpieza, calibración, o pruebas la cual debía contar con la información necesaria para realizar dicha tarea.

Una vez establecido las frecuencias de mantenimiento para cada componente de los equipos, se genera el programa de mantenimiento preventivo el cual estaría en función a las horas diarias que opera cada equipo. Este programa debe ser elaborado cada fin de semana y debe ser comunicado con anticipación al área de operaciones a fin de que tengan en cuenta en su planeamiento semanal y no se tenga problemas de disponer del equipo el día que toca realizar el mantenimiento según el programa elaborado.

## PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - DEL 31 DE ENERO AL 07 DE FEBRERO

		PROGRAMADO								
IT.	DESCRIPCION	HOROMETRO	HORAS DE	31/Ene	01/Feb	02/Feb	03/Feb	04/Feb	05/Feb	06/Feb
		MANTTO	MANTTO	domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado
		<b>INTERVENCIONES POR DIA</b>								
1	CAM. 7 TOYOTA PQQ 228 (SEGURIDAD)	36235.00		PM6						
2	EXCAVADORA KOMATSU PC200-7	19900.00		PM8						
3	RODILLO DYNAPAC CA252D	10199.00			PM3					
4	CAM. 21 NISSAN PQE 384 (AJANI)	119979.00			PM8					
5	EXCAVADORA CAT 345-8	12524.00			PM4					
6	COMPRESORA SULLAIR 900DTQ NUEVA	3053.00				PM1				
7	GRUA GROVE RT635	494.60				PM2				
8	EXCAVADORA KOMATSU PC200-6	14101.00				PM3				
9	TRACTOR LIEBHERR 742	10972.50					PM6			
10	CARGADOR FRONTAL KOMATSU WA470	29228.00						PM2		
11	EXCAVADORA CAT 345B -4	3060.00							PM2	
12	LUMINARIA AMIDA-6	5909.00							PM7	
13	EXCAVADORA CAT 345B -2	19515.00								PM4
14	CAM, 15 TOYOTA PQQ 227 (INGENIERIA)	80627.00								PM7
15	EXCAVADORA CAT 345B -I	<b>22114</b>								
16	LUMINARIA AMIDA-4	<b>3944</b>								

**PARA CONOCIMIENTO Y CUMPLIMIENTO:**

- GERENCIA Y SUB GERENCIA
- SUPERINTENDENCIA
- ADMINISTRACION
- MINA
- PAD
- OBRAS CIVILES

**TIEMPO APROXIMADO PARA CADA MANTENIMIENTO**

- MANTO.DE 125 HORAS 2h (SOLO CAMBIO DE ACETE)
- MANTO.DE 250 HORAS (PM1) 3h
- MANTO.DE 500 HORAS (PM2) 4h
- MANTO.DE 1000 HORAS (PM3) 10h
- MANTO.DE 2000 HORAS (PM4) 20h
- INSPECCION (INSP) 0,25horas

\_\_\_\_\_  
*Ing. Dagni Ciriaco*  
**Jefe de Mantenimiento**

\_\_\_\_\_  
*Ing. William Astucuri*  
**Planner Predictivo Preventivo**

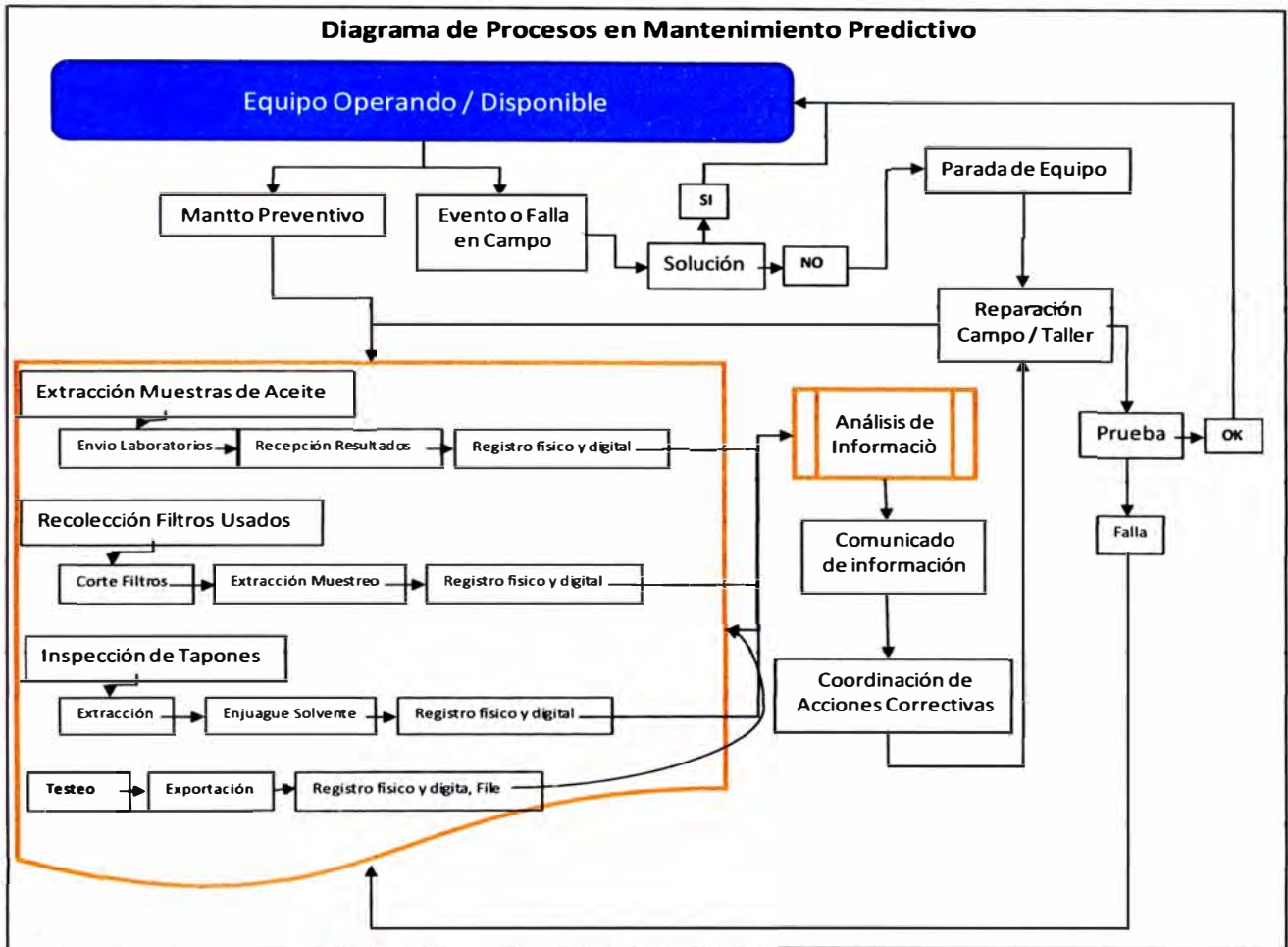


### **3.3 DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Para el mantenimiento predictivo se estableció los siguientes puntos basado en las inspecciones y monitoreo de componentes y puntos críticos a realizarse en los equipos.

- Análisis de lubricantes
- Análisis del elemento filtrante
- Inspección de tapones magnéticos
- Inspección de fisuras en los bastidores
- Medición de desgaste en carrilería y ruedas

Para esto se estableció un diagrama de procesos donde se indica el procedimiento a seguir con un análisis de aceite o inspección realizada en el equipo.



Cuadro N° 3.4 Diagrama de proceso Mantenimiento Predictivo

### 3.3.1 Empleando análisis de lubricantes

Este método consiste en realizar un análisis de condición del aceite que lleva un equipo en sus componentes, el cual se debe realizar bajo los siguientes pasos.

- Se debe tomar la muestra del aceite cuando el equipo ingrese a taller por un mantenimiento preventivo programado.
- La muestra debe ser rotulado donde se detalla las características del aceite y datos del equipo.
- La muestra rotulada debe ser enviada al laboratorio para su análisis respectivo, en nuestro caso se puede enviar al laboratorio de Ferreyros donde

el análisis tiene un costo de 13 dólares al laboratorio de Mobil donde el costo del análisis es cero ya que por ser nuestro proveedor de lubricantes, Mobil incluye dentro del contrato el análisis de aceite de toda nuestra flota.

- El resultado es decepcionado luego se sus análisis y esta debe ser registrada en el historial del equipo.
- La información recepcionada debe ser analizada y de ser necesario se elaborarauna acción correctiva y esta debe ser comunicada al área de mantenimiento correctivo para realizar la acción tomada.






### **3.3.2 Empleando el análisis del elemento filtrante**

El análisis del elemento filtrante consiste en analizar el interior de un filtro de aceite el cual se estableció para todos los equipos que ingresaran a un mantenimiento preventivo programado. Con esto se puede ver el desgaste interno que presentan los componentes ya que todos los metales desprendidos de un sistema (hidráulico, transmisión, motor) son retenidos por el filtro. Para esto se estableció un procedimiento a seguir.

- Inicialmente una vez culminado el mantenimiento de un equipo los filtros usados deben ponerse a drenar el aceite que queda dentro del filtro.
- Luego se procederá a realizar el corte de filtro y extraer elemento filtrante (papel) teniendo cuidado de no dañarlo.
- Este elemento filtrante debe ser analizado visualmente a fin de saber cuánto metal fue retenido y a que componente podía pertenecer.
- El resultado del análisis debe ser informado al área de mantenimiento correctiva para su toma de acción de ser requerido.
- El resultado del análisis debe ser registrado y archivado en el historial del equipo.

Cuadro N° 3.6 Resultado de corte de filtros  
**EVALUACIÓN DE CORTE DE FILTROS DE EQUIPOS (FILTROGRAFIA-FERROGRAFIA)**

HORÓMETRO	17254	FECHA	14/05/2010		RESPONSABLE MIGUEL ESCOBAR			
CODIGO	D8T-1	EQUIPO	TRACTOR					
MOTIVO DE CORTE	PM 4	ASENTAMIENTO	FALLA	OTRO				
COD. FILTRO	P165332	ORIGINAL	ALTERNATIVO	COMPONENTE	HIDRAULICO			
FILTRO	DIRECCION			ANALISIS DE LAS PARTICULAS ENCONTRADAS Y COMENTARIOS				
				CANTIDAD	B	R	N	L
				TAMAÑO	G	M	P	
				MORFOLOGIA	G	L		
				CONTAMINANTES				
				POSIBLES FUENTES				
				HRS/KM FILTRO	486	hrs	km	
				HRS/KM ACEITE	964	hrs	km	
				HRS COMP.	17254	hrs		
				OBSERVACIONES	FILTRO SE ENCONTRO LIMPIO			
				COD. FILTRO	P165239	ORIGINAL	ALTERNATIVO	COMPONENTE
FILTRO	TRANSMISION			ANALISIS DE LAS PARTICULAS ENCONTRADAS Y COMENTARIOS				
				CANTIDAD	B	R	N	L
				TAMAÑO	G	M	P	
				MORFOLOGIA	G	L		
				CONTAMINANTES	AI			
				POSIBLES FUENTES	CAJA DE TRANSMISION			
				HRS/KM FILTRO	486	hrs	km	
				HRS/KM ACEITE	486	hrs	km	
				HRS COMP.	17254	hrs		
				OBSERVACIONES	FILTRO SE ENCONTRO CON MINIMA CONTAMINACION ESPERAR RESULTADOS DE ACEITE			
				COD. FILTRO	P165239	ORIGINAL	ALTERNATIVO	COMPONENTE
FILTRO	TRANSMISION			ANALISIS DE LAS PARTICULAS ENCONTRADAS Y COMENTARIOS				
				CANTIDAD	B	R	N	L
				TAMAÑO	G	M	P	
				MORFOLOGIA	G	L		
				CONTAMINANTES	AI			
				POSIBLES FUENTES	CAJA DE TRANSMISION			
				HRS/KM FILTRO	486	hrs	km	
				HRS/KM ACEITE	486	hrs	km	
				HRS COMP.	17254	hrs		
				OBSERVACIONES	FILTRO SE ENCONTRO CON MINIMA CONTAMINACION ESPERAR RESULTADOS DE ACEITE			

CANTIDAD BASTANTE/REGULAR/NORMAL/LIMPIO



### **3.3.3 Empleando la inspección de tapones magnéticos**

La inspección de tapones magnéticos se estableció para componentes como los mandos finales y cajas transmisión las cuales llevan un tapón magnético que capta las limaduras que provienen del desgaste de las piezas internas del componente, por lo que se puede apreciar en este tapón el desgaste que viene presentado el componente.

Estas inspecciones se establecieron para realizarlos en los mantenimientos preventivos cada 500 horas. Una vez obtenida el resultado de la inspección este debe ser comunicado al área correctivo para su toma de acción.

Cuadro N° 3.7 Resultado de tapones magnéticos

## EVALUACIÓN DE TAPONES MAGNÉTICOS DE EQUIPOS (FERROGRAFIA)

HORÓMETRO	4658	FECHA	15/12/2009		
CODIGO	D8T N°5	EQUIPO	TRACTOR ORUGA		
MOTIVO DE EVAL.	PM_5	ASENTAMIENTO	FALLA	OTRO	
TAPON	MAGNETICO DE MANDO FINAL DERECHO	ANALISIS DE LAS PARTICULAS ENCONTRADAS Y COMENTARIOS			
	CANTIDAD	B	R	N	
	TAMAÑO	G	M	P	
	MORFOLOGIA	G	L		
	CONTAMINANTES	FE			
	MECANISMO DE DESGASTE	RODAMIENTO DE MANDO FINAL DERECHO			
	HRS/KM ACEITE	264	hrs	km	
	HRS COMP.	4658	hrs		
	OBSERVACIONES	TAPON SE ENCONTRO CON DESGASTE Y CON PARTICULAS LAMINARES. SE HIZO EL LAVADO DEL COMPONENTE Y SE CAMBIO ACEITE POR CONTAMINACION DE PARTICULAS. REVISION EN SU PROX.PM.			
	TAPON	MAGNETICO DE MANDO FINAL IZQUIERDO	ANALISIS DE LAS PARTICULAS ENCONTRADAS Y COMENTARIOS		
		CANTIDAD	B	R	N
TAMAÑO		G	M	P	
MORFOLOGIA		G	L		
CONTAMINANTES		FE			
MECANISMO DE DESGASTE		RODAMIENTO DE MANDO FINAL IZQUIERDO			
HRS/KM ACEITE		264	hrs	km	
HRS COMP.		4658	hrs		
OBSERVACIONES		TAPON SE ENCONTRO CON DESGASTE Y CON PARTICULAS LAMINARES. SE HIZO EL LAVADO DEL COMPONENTE Y SE CAMBIO ACEITE POR CONTAMINACION DE PARTICULAS. REVISION EN SU PROX.PM.			
CANTIDAD		BASTANTE/REGULAR/NORMAL			
TAMAÑO		GRANDE/MEDIANO/PEQUEÑO			
MORFOLOGIA	GRANULAR/PASTOSO				
		FIRMA RESPONSABLE		FIRMA SUPERVISOR	

### 3.3.4 Empleando la inspección de fisuras en los bastidores

La inspección de fisuras se estableció en los equipos para evitar paradas imprevistas por rotura de estructura como cucharón de excavadora, alojamientos de pines y bocinas en excavadoras, etc.

Estas inspecciones se realizan bajo programa de inspección que varia según la criticidad del equipo.



<b>EQUIPO</b>	<b>FRECUENCIA DE INSPECCION</b>
Excavadoras	500 horas
Tractores	500 horas
Cargadores Frontales	1000 horas
Perforadoras	1000 horas
Motoniveladoras	1000 horas
Rodillos	1000 horas

Esta inspección debe ser realiza necesariamente por un soldador con la ayuda de sus herramientas como los líquidos penetrantes, para luego elaborar un informe donde se detalla la criticidad de las fisuras para programar los trabajos correctivos.

### **3.3.5 Empleando medición de desgaste de carrileria**

Para la medición de desgaste de carrilería se estableció realizarlo cada 500 horas o mensualmente, para la cual se contrató una empresa especializada en el tema ya que no se contaba con el personal calificado para dicho trabajo.

Esta contrata una vez que realiza las mediciones nos entrega un informe por cada equipo detallando los porcentajes de desgaste, el estado de la carrileria y recomendaciones a fin de prolongar la vida útil de la carrileria.

Con la información obtenida de las mediciones procedemos a corregir las observaciones y proyectar posibles cambios de algunos componentes según el porcentaje de desgaste.

Cuadro N° 3.8 Resultado de medición de carrilería


**SERVICIO DE EVALUACIÓN DEL TREN DE RODAMIENTO EXCAVADORAS**

Sres.  
ARASI  
Atención: EVALUACION DE CARRILERIA  
Elaborado por: ING. FRANZ BANDA

Horometro de Instalación  
Fecha de inspección 26/01/2010  
Horometro de Inspección 21974  
Horas Trabajadas  
Horómetro de próx. inspecc.

Equipo	Marca / Modelo	n° serie	arreglo /	Cod. Interno	Lugar
EXCAVADORA	CAT / 345 B	6MW00191		1	ARASI

Fabricante	Condiciones de terreno		Leyenda	Tipo Zapatas	Medidas Zapatas		Guarda Rodillos
	Impacto	A	B: Bajo	Una garra	Ancho	600 mm	SI
	Abrasión	M	M: Medio	Doble garra	Espeor	12 mm	
	Humedad	A	A: Alto	Triple garra	Comba	28 mm	
	Empacado / Acumulado	A		Pantenera			

Rueda Motriz				Rueda Guía			
Sprocker		Bajo	x	Delantera	Izquierda	21 mm	Posterior
		Alto		derecha		21 mm	Izquierda
Nro de Parte		COMPONENTE		Medición (mm)		% de Desgaste	
CAT	BERCO	KOMATSU	N° DE PASOS	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho
209-6383	CR - 2572			122 mm	125 mm	70,00%	40,00%
				28 mm	31 mm	30,00%	18,00%
				70.2 mm	69.8mm	63,00%	72,00%
			49	220 mm	220 mm		
				193 mm	193 mm	35,00%	35,00%
				193 mm	193 mm	35,00%	35,00%
				194 mm	194 mm	30,00%	30,00%
				194 mm	194 mm	30,00%	30,00%
				194 mm	196 mm	30,00%	20,00%
				194 mm	195 mm	30,00%	25,00%
				193 mm	193 mm	35,00%	35,00%
				192 mm	192 mm	40,00%	40,00%
				21 mm	21 mm	14,00%	14,00%
				178 mm	174 mm	16,00%	42,00%
6Y-8177				178 mm	177 mm	16,00%	24,00%

**SERVICIO DE EVALUACIÓN DEL TREN DE RODAMIENTO EXCAVADORAS**
**OBSERVACIONES**

1. Se observa un desgaste elevado en los eslabones del lado izquierdo de la maquina.
2. Se observa un desgaste elevado en los bujes de la cadena.
3. Se observa la falta de templado de la cadena del lado derecho.

**RECOMENDACIONES**

1. Realizar el volteo de los bujes y pines de amabas cadenas.

### **3.3.6 Empleando medición de desgaste de neumáticos**

Para la medición de neumáticos se estableció realizarlo cada 500 horas o mensualmente, para la cual se estableció un acuerdo con nuestro proveedor de neumáticos quienes serán los encargados de realizar dichas mediciones.

Esta contrata una vez que realiza las mediciones nos entrega un informe general de toda la flota detallando los porcentajes de desgaste, el estado de las llantas y recomendaciones a fin de prolongar la vida útil.

Con la información obtenida de las mediciones procedemos a corregir las observaciones y proyectar posibles cambios de algunas llantas según el porcentaje de desgaste.

## **3.4 DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

El desarrollo del mantenimiento correctivo que se planteó en base a 03 puntos importantes, a fin de poder controlar los problemas o defectos que presentan los equipos y programar los trabajos de reparación antes de que se produzca la falla.

- Inspecciones mecánicas visuales
- Administración de requerimientos
- Auxilio de falla de equipos en operación

### **3.4.1 Inspecciones mecánicas visuales**

Para realizar las inspecciones mecánicas visuales en los equipos se procedió a elaborar un programa de inspecciones donde el equipo a inspeccionar estaría próximo a ingresar a taller por un mantenimiento

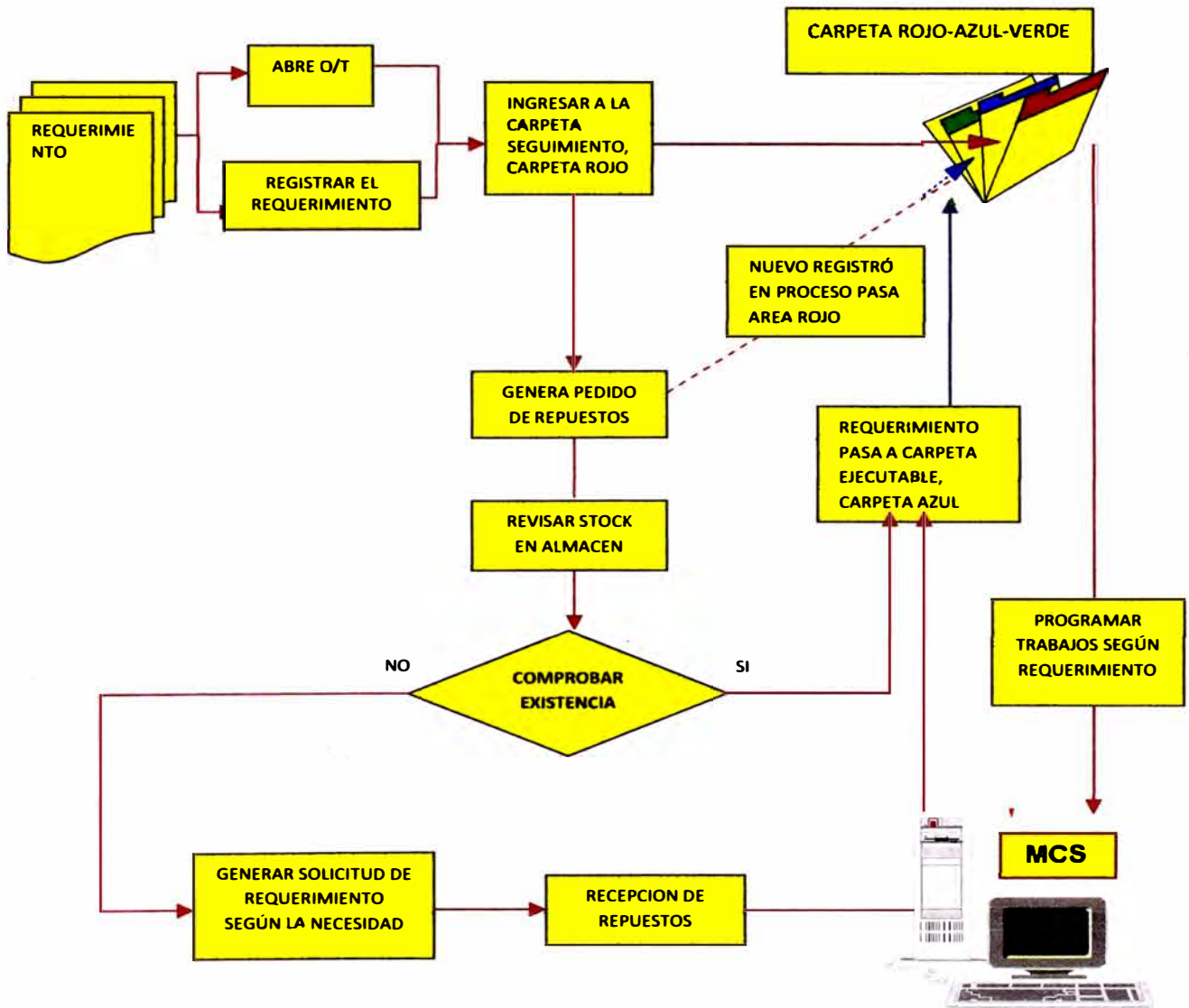
preventivo, dichas inspecciones nos dan información del estado en que se encuentra externamente los equipos (fugas, desajustes, etc), estas fallas presentadas deben ser programadas y reparadas en el próximo mantenimiento siempre que se cuente con los materiales y repuestos necesarios.

Para facilitar el trabajo del inspector se elaboró formatos de inspección (Ver anexos) donde se detalla una ruta a seguir y que componentes inspeccionar en el equipo. Con esto se debe tener claramente que problemas presenta el equipo y cuales pueden solucionarse en su próximo ingreso a taller y cuales tomaran más tiempo ya sea por la falta de repuestos o que requieran una mayor evaluación de la falla.

#### **3.4.2 Administración de requerimientos**

Un requerimiento se crea por la necesidad de dar solución a un problema encontrado en el equipo durante un mantenimiento preventivo, correctivo o inspección, siempre que este problema no pueda ser solucionado al momento y sea necesario el cambio de algunos repuestos y materiales para dar solución al problema.

Para mejorar la administración de los requerimientos que se generan para corregir los problemas en los equipos, se elaboró un diagrama de proceso donde se detalla los conductos a seguir de un requerimiento hasta corregir el problema.





Cuadro N° 3.9 Diagrama de proceso de requerimiento

En el diagrama se puede apreciar los 03 file de colores diferentes con que cuenta este proceso donde:

El file rojo, es donde se archivan los requerimientos que se encuentran pendientes por atender o llegar al almacén, el cual se tiene que hacer un seguimiento hasta su llegada a almacén.

El file azul, es donde se archivan los requerimientos atendidos y que se encuentran ya en almacén, los cuales deben ser tomados en cuenta para incluirlos en los próximos trabajos a realizarse en el equipo cuando ingrese a taller.

El file verde, es donde se deben archivar los requerimientos ya realizado o corregidos según los trabajos programados.

### **3.4.3 Atención de falla de equipos en operación**

Los cambios que se realizaron para mejorar la atención de los equipos en operación fueron lo siguiente.

- a) Se cambió en el personal de supervisión de taller (técnicos) por ingenieros con experiencia y criterio para poder tomar decisiones adecuadas ante los problemas presentados por los equipos y mejorar la relación con operaciones mina.
- b) Se formó mecánicos líderes quienes lideraran los trabajos correctivos y preventivos en un equipo al ingresar a taller.
- c) Los trabajos a realizarse en taller serian bajo procedimientos adecuados, herramientas y repuestos necesarios a fin de garantizar un servicio de calidad y que el equipo no retorne a taller por un mal trabajo.
- d) Se elaboró programas de capacitación internas y externas en temas relacionados a los equipos y temas básicos como lectura de planos hidráulicos y eléctricos.
- e) Al personal de campo se le proveo de herramientas necesarias y cuenta con el apoyo de la supervisión para la toma de decisiones en campo, ya que cuando campo este bien manejado taller dedicara sus esfuerzos a los trabajos programados.

### **3.5 REGISTRO DE DATOS**

El registro de datos o historial de los equipos se realizó implementando file de cada equipo, donde se archivarían todos los documentos relacionados al equipo. Estos files contendrían lo siguiente.

**a) File correctivo**

- Ficha del equipo
- Información de envío y recepción
- Inspecciones mecánicas
- Informe de trabajos correctivos
- Informe de trabajos por Terceros
- Informe de intercambio de componentes

**b) File Preventivo**

- Ficha del equipo
- Planos de mantenimiento preventivo

**c) File Predictivo**

- Ficha del equipo
- Informe de corte de filtros
- Informe de tapones magnéticos
- Informe de inspección de fisuras
- Informe de temperatura de pines
- Resultado de análisis de aceites
- Medición de carrilería o cocada de llantas



### **3.6 ANÁLISIS DE INDICADORES (KPIs) DE LOS EQUIPOS**

El análisis de los indicadores se realiza bajo reuniones semanales donde se discute los motivos por lo cual nuestros indicadores son bajos y cuáles serían las acciones a tomar para corregir en los próximos días. De nuestras reuniones se pudo sacar las siguientes conclusiones para mejorar nuestros indicadores.

- a) Capacitación al personal técnico a fin de mejorar la calidad de los trabajos por lo que los equipos serían más confiables.
- b) Proveer de herramientas adecuadas y en buen estado al personal, pues si no este perdería tiempo valioso buscando una herramienta para realizar su trabajo, cuando debería ser todo lo contrario y estar concentrado realizando su trabajo y culminar la intervención al equipo en el tiempo pactado.
- c) Mejorar los ambientes de trabajo (taller) ya que solo se contaba con un galpón donde el área de soldadura se encontraba junto al área de reparación lo cual era perjudicial para el equipo y el personal por el ruido y contaminación que se genera por los trabajos de soldadura.
- d) Contar con repuestos y materiales necesarios para corregir las fallas y estos deberían estar en menor tiempo posible reduciendo nuestros tiempos de paradas.
- e) Insistir con las inspecciones a los equipos ya que con esto se podía predecir las fallas a presentarse en los equipos y evitar una parada mayor.

Apoyado en estos puntos nuestros indicadores fueron mejorando poco a poco, obteniéndose el siguiente resultado en los siguientes meses de implementada la gestión de mantenimiento

## INDICADORES DE DISPONIBILIDAD Y CONFIABILIDAD POR FLOTA DE EQUIPOS

EQUIPO	DISPONIBILIDAD	CONFIABILIDAD
PERFORADORAS	82.82%	32.97%
EXCAVADORAS	89.49%	52.82%
TRACTORES	87.83%	53.58%
CARGADORES	87.95%	71.62%

## INDICADORES DE TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS (MTBF) Y TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (MTTR)

EQUIPO	MTBF (Hr)	MTTR (Hr)
PERFORADORAS	19.86	4.89
EXCAVADORAS	40.05	3.78
TRACTORES	38.27	4.67
CARGADORES	61.18	8.43

En el siguiente cuadro se detallan los datos de las horas trabajadas y las horas de paradas de los equipos, cuya información es extraída de los reportes diarios que generan cada operador de un equipo y que se entrega a nuestra área al final de cada turno. Dicha información es importante ya que no solo sirve para el cálculo de los indicadores sino también para el historial de horas, reporte de fallas y demás cuadros que se podrían generar para mejorar la gestión.

Cuadro N° 3.10 Reporte de horas trabajadas y paradas de equipos

<b>EQUIPO</b>	<b>Horas Trabajadas</b>	<b>Horas Paradas</b>	<b>Número de paradas</b>
<b>Excavadora 345 I</b>	144,70	6,13	3
<b>Excavadora 345 II</b>	94,90	6,46	3
<b>Excavadora 345 IV</b>	92,20	11,52	2
<b>Excavadora 345 IX</b>	109,60	8,59	4
<b>Excavadora 345 VII</b>	86,70	7,45	3
<b>Excavadora 345 VIII</b>	87,50	45,45	6
<b>Excavadora 345 XI</b>	103,30	8,70	3
<b>Excavadora PC 200 II</b>	113,50	7,26	1
<b>Excavadora PC 200(martillo)</b>	94,20	10,37	6
<b>TractorLiebherr 742</b>	117,80	14,04	9
<b>Tractor D8T-1</b>	76,80	28,00	3
<b>Tractor D6R-XL</b>	48,70	7,80	1
<b>Tractor D6R XR</b>	67,00	3,13	2
<b>Tractor D8R I</b>	38,50	1,40	1
<b>Tractor D8T III</b>	111,10	32,15	4
<b>Tractor D8T V</b>	80,70	3,02	1
<b>Cargador Frontal HL 770</b>	103,10	13,62	2
<b>Cargador Frontal WA 470</b>	70,80	10,05	1
<b>Perforadora DM45 N° 03</b>	33,00	10,40	1
<b>Perforadora DM45 N° 04</b>	13,90	2,50	1
<b>Perforadora DM45 N° 05</b>	63,40	8,92	5

Luego de obtener los datos de horas de los equipos, aplicamos las fórmulas de los indicadores con la cual obtendremos como resultado el siguiente cuadro de indicadores mostrado de bajo. Las formulas se aplican para cada equipo y luego se toma el promedio de cada indicador por flota de equipo (excavadora, tractor, cargador frontal y perforadora) con al cual se obtiene el cuadro final de indicadores.

Cuadro N° 3.11 Indicadores detallado por equipos

EQUIPO	Disponibilidad	Utilización	MTBF	MTTR	Confiabilidad
Excavadora 345 I	95,94%	94,04%	48,23	2,04	66,06%
Excavadora 345 II	93,63%	61,81%	31,63	2,15	53,14%
Excavadora 345 IV	88,89%	62,10%	46,10	5,76	64,80%
Excavadora 345 IX	92,73%	72,39%	27,40	2,15	48,19%
Excavadora 345 VII	92,09%	56,83%	28,90	2,48	50,06%
Excavadora 345 VIII	65,81%	76,39%	14,58	7,58	25,37%
Excavadora 345 XI	92,23%	68,28%	34,43	2,90	55,94%
Excavadora PC 200 II	93,99%	74,31%	113,50	7,26	83,84%
Excavadora PC 200(martillo)	90,08%	62,96%	15,70	1,73	27,97%
Tractor Liebherr 742	89,35%	80,71%	13,09	1,56	21,70%
Tractor D8T-I	73,28%	58,18%	25,60	9,33	45,78%
Tractor D6R-XL	86,19%	32,00%	48,70	7,80	66,32%
Tractor D6R XR	95,53%	42,71%	33,50	1,57	55,05%
Tractor D8R I	96,49%	24,27%	38,50	1,40	59,48%
Tractor D8T III	77,55%	86,90%	27,78	8,04	48,67%
Tractor D8T V	96,40%	51,41%	80,70	3,02	78,05%
Cargador frontal HL 770	88,33%	70,43%	51,55	6,81	67,84%
Cargador frontal WA 470	87,57%	47,22%	70,80	10,05	75,39%
Perforadora DM45 N° 03	76,04%	22,06%	33,00	10,40	54,55%
Perforadora DM45 N° 04	84,76%	8,83%	13,90	2,50	23,72%
Perforadora DM45 N° 05	87,67%	41,96%	12,68	1,78	20,65%

## CAPÍTULO IV

### JUSTIFICACIÓN Y RESULTADOS

#### 4.1 INDICADORES DE DISPONIBILIDAD

Luego de la implementación de la gestión de mantenimiento se realizó un comparativo de los promedios de los indicadores de disponibilidad que presentaban los equipos antes y después de implementada la gestión, con la cual se obtuvo los siguientes datos.

Cuadro N° 4.1 Compartido de indicadores 2009-2010

INDICADORES	PROMED. 2009	PROMED. 2010
Disponibilidad mecánica Excavadora	79,04%	84,95%
Disponibilidad mecánica Tractor	82,78%	82,98%
Disponibilidad mecánica Cargador Frontal	72,32%	85,24%
Disponibilidad mecánica Perforadora	56,27%	74,42%
Factor de Utilización Excavadora	80,80%	74,78%
Factor de Utilización Tractor	58,14%	53,66%
Factor de Utilización Cargador Frontal	69,26%	64,81%
Factor de Utilización Perforadora	42,62%	23,31%
Factor de MTBF Excavadora	21,48	41,07
Factor de MTBF Tractor	22,83	35,44
Factor de MTBF Cargador Frontal	29,58	60,05
Factor de MTBF Perforadora	7,04	16,26
Factor de MTTR Excavadora	11,84	3,98
Factor de MTTR Tractor	6,68	5,86
Factor de MTTR Cargador Frontal	19,06	4,69
Factor de MTTR Perforadora	18,03	2,61

Del cuadro podemos concluir lo siguiente:

- La disponibilidad por flota de equipos mejoro considerablemente del 2009 al 2010, como se puede apreciar en las excavadoras, cargadores frontales y perforadoras.
- La mejora de la disponibilidad indica menos tiempos de reparación de los equipos lo cual se puede apreciar en los indicadores de tiempo promedio entre fallas la cual se incremento y en tiempo promedio de reparación la cual disminuyo.
- El incremento del tiempo promedio entre fallas nos indica que la flota de equipos no presento fallas tan constante en el 2010 a comparación del 2009, esto debido a la mejora en los mantenimiento preventivos y a las inspecciones realizadas para corregir las fallas antes que pare el equipo.
- La disminución del tiempo promedio de reparación o horas de reparación de un equipo nos indica que se atendió las fallas en menor tiempo, esto se debe a una mejor atención de las fallas presentadas en campo ya que para este trabajo se designó personal capacitado, experimentado con las herramientas necesarias y apoyado con la supervisión para una mejor toma de decisiones.

#### **4.2 COSTOS POR PERDIDA DE PRODUCCIÓN**

En los cuadros mostrados se detallan las horas perdidas por paradas de los equipos, esto debido a fallas presentadas en operación. Si comparamos las horas perdidas entre el 2009 y el 2010 se ve una mejora considerable de 30,399 horas perdidas a 8,653 horas perdidas, multiplicado por la tarifa horaria de cada equipo (\$/Hr) nos indica que se dejó de perder \$2. 204,164.

Además el incremento de la disponibilidad de los equipos se ve reflejado en la producción de mineral como se muestra en los cuadros de producción del año 2009 y 2010 (Cuadros N° 13 y 14).

Con el incremento de la producción del año 2009 al 2010 se ve el incremento de la ganancia obtenida de \$116.340.193 a 150.047.055 el cual se muestra en el cuadro N° 15.

Cuadro N° 4.2 Horas perdidas en operación

Flota de equipos por familia	Horas proyectadas Anual	Horas Perdidas 2009	Horas Perdidas 2010
Flota de Excavadoras	24,672	8,764	2,181
Flota de Tractores	24,000	5,435	3,407
Flota de Cargadores Frontales	18,000	7,054	1,305
Flota de Perforadoras	12,720	9,147	1,760
Total horas paradas (Hr)		30,399	8,653

Cuadro N° 4.3 Costo por horas perdidas

Flota de equipos por familia	Tarifa (\$/h)	Pedidas por paradas 2009 (\$)	Pedidas por paradas 2010 (\$)	Se dejó de perder (\$)
Flota de Excavadoras	113	990.345	246.454	743.891
Flota de Tractores	68	369.546	231.681	137.865
Flota de Cargadores Frontales	63	444.403	82.215	362.188
Flota de Perforadoras	130	1,189.067	228.846	960.220

Total (\$) 2,204.164

Cuadro N° 4.4 Producción de mineral 2009

<b>AÑO 2009</b>	<b>Mineral TM</b>	<b>Au g/t</b>	<b>Onzas Au</b>	<b>Recup. %</b>	<b>Onzas Recup</b>
Enero	386.567	0,69	8.575,61	72%	6.174,44
Febrero	521.906	0,69	11.577,96	72%	8.336,13
Marzo	548.555	0,69	12.169,15	72%	8.761,79
Abril	419.476	0,69	9.305,65	72%	6.700,07
Mayo	433.410	0,69	9.614,77	72%	6.922,63
Junio	440.153	0,69	9.764,36	72%	7.030,34
Julio	485.987	0,69	10.781,14	72%	7.762,42
Agosto	494.096	0,69	10.961,02	72%	7.891,94
Setiembre	365.767	0,69	8.114,17	72%	5.842,20
Octubre	367.397	0,69	8.150,34	72%	5.868,24
Noviembre	375.814	0,69	8.337,05	72%	6.002,67
Diciembre	405.201	0,69	8.988,98	72%	6.472,07
<b>Total 2009</b>	<b>5.244.329</b>	<b>0,69</b>	<b>116.340,19</b>		<b>83.764,94</b>

Cuadro N° 4.5 Producción de mineral 2010

<b>AÑO 2010</b>	<b>Mineral TM</b>	<b>Au g/t</b>	<b>Onzas Au</b>	<b>Recup. %</b>	<b>Onzas Recup</b>
Enero	415.472	0,69	9.216,83	72%	6.636,12
Febrero	560.930	0,69	12.443,67	72%	8.959,44
Marzo	589.572	0,69	13.079,07	72%	9.416,93
Abril	450.841	0,69	10.001,45	72%	7.201,05
Mayo	465.817	0,69	10.333,69	72%	7.440,26
Junio	473.064	0,69	10.494,46	72%	7.556,01
Julio	522.326	0,69	11.587,28	72%	8.342,84
Agosto	531.040	0,69	11.780,60	72%	8.482,03
Setiembre	393.116	0,69	8.720,88	72%	6.279,04
Octubre	394.868	0,69	8.759,75	72%	6.307,02
Noviembre	403.914	0,69	8.960,43	72%	6.451,51
Diciembre	435.499	0,69	9.661,11	72%	6.956,00
<b>Total 2010</b>	<b>5.636.460</b>	<b>0,69</b>	<b>125.039,21</b>		<b>90.028,23</b>

Cuadro N° 4.5 Comparativo de ganancia 2009- 2010

<b>AÑO</b>	<b>Producción Onzas Au</b>	<b>Costo Au (\$/Oz)</b>	<b>Total Ganancia(\$)</b>
<b>2009</b>	116.340	1.000	116,340.193
<b>2010</b>	125.039	1.200	150,047.055



### **4.3 BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

Con la implementación de la gestión de mantenimiento de se obtendrá los siguientes beneficios.

- Tener una buena disponibilidad y con fiabilidad de los equipos la cual se debe reflejar en la producción de mineral.
- Contar con información al día del historial de los equipos, lo cual ayuda tener un buen historial de fallas e información de las reparaciones mayores realizadas a un equipo.
- Contar con información actualizada de las horas trabajadas de los equipos detallado componentes, la cual apoyada por el historial de fallas nos ayuda a tomar una mejor decisión al momento de realizar una reparación mayor o un overhaul.
- Contar con indicadores de gestión de mantenimiento las cuales nos ayudaría medir nuestra gestión, además de buscar la mejorar de la gestión con la ayuda de las reuniones semanales.
- Contar con áreas definidas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, además de tener personal designado a cada área; lo cual nos permite realizar todos trabajos programados en los equipos en el tiempo esperado.

## **CONCLUSIONES**

1. La aplicación de mantenimiento planificado es vital para los equipos en minería, ya que conlleva a tener menos horas perdidas por paradas de los equipos además que ayuda a mejorar la disponibilidad en los equipos el cual repercute en la producción diaria.
2. El mantenimiento predictivo basado en el monitoreo de condición del equipo nos permite mejorar la confiabilidad de los equipos, ya que mediante el monitoreo nos permite saber en qué condiciones se encuentra los componentes de los equipo internamente, además que nos da tiempo para evaluar y ver las alternativas de solución ante una posible falla.
3. La buena administración de los requerimientos es otro punto importante en la gestión del mantenimiento, ya que nos permite tener los repuestos y materiales necesarios para programar los trabajos y reparar el equipo antes de que ocurra la falla.
4. El recurso humano del área de mantenimiento es parte importante de la gestión, al cual se le debe tomar especial importancia y darles el apoyo necesario para que

ellos puedan crecer en conocimiento y personal, ya que de ello depende la calidad de los trabajos que se realiza.

## **RECOMENDACIONES**

Una vez implementado la gestión de mantenimiento se deberá mantener una constante evaluación de los indicadores de mantenimiento mediante reuniones semanales a fin de buscar mejoras en gestión implementada.

El uso de un software de gestión que sea acorde a su realidad ayuda mucho a la gestión de mantenimiento ya que facilita el trabajo de registro de datos, programación de trabajos y control de horas de componentes.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Raúl R. Prando “Manual de Gestión de mantenimiento a la Medida” Guatemala –Piedra Santa 1996.
2. Duffuaa, Salih O. “Sistemas de Mantenimiento Planeación y control” México - Limusa 2000.
3. <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/>
4. <http://sis.cat.com>
5. Caterpillar “Caterpillar Performance Handbook”. Edición 36.
6. Leandro Daniel Torres “Mantenimiento su Implementación y Gestión” Argentina-Universitas 2005
7. <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/CONFIABILIDAD-MM.pdf>

# **ANEXOS**

## Cuadro de Indicadores de Mantenimiento

METRICS	CALCULATION	WHAT IS NEEDED TO	WHAT CAN I OBTAIN WITH	YES
1 <b>Machine History</b> <i>Hours 50% Time Down</i>	—	Records - Service History - Computer Control	Age of Equipment Amount of Life	YES
2 <b>Availability</b>	$A = \frac{\text{Operation Hours}}{\text{Operation Hours} + \text{Mean Hours}} \times 100 (\%)$	Operation Hours Control Maintenance Hours Control	Time operation requirements satisfaction level	92 % average 88 % value
3 <b>Utilization</b>	$U = \frac{\text{Operation Hours}}{\text{Programmed Hours}} \times 100 (\%)$	Operation Hours Control	Equipment Use Labor Parts, Downtime estimation	80 %
4 <b>MTBS</b> Mean Time Between Failures	$MTBS = \frac{\text{Operation Hours}}{\text{No. of Failures or Shutdowns}}$	Operation Hours Control Shutdowns control	Reliability  A = $\frac{MTBS}{MTBS + MTTR} \times 100 (\%)$	50 hrs norm 60 hrs old
5 <b>MTTR</b> Mean Time to Repair	$MTTR = \frac{\text{Repair Hours}}{\text{No. of Failures or Shutdowns}}$	Repair Hours Control Shutdowns control	Turbulence (Effectiveness & Response of Repair)	3 - 6 hrs
6 <b>MR</b> Maintenance Ratio	$MR = \frac{\text{Maintenance Man-Hours}}{\text{Operation Hours}}$	Maintenance Man-Hours Control Operation Hours Control	Effort invested Quality of repair labor	0.2 norm 0.3 old
7 <b>% SCHEDULED WORK</b>	$SW = \frac{\text{No. of scheduled repairs}}{\text{No. of Failures or Shutdowns}} \times 100 (\%)$	Shutdowns control with scheduled unscheduled identification	Who is in control? The Maintenance Organization or the Machine	80 %
8 <b>TOP TEN PROBLEMS</b> List of Top Ten Problems	—	Shutdowns Record identifying Components, Critical Times, Repair Warnings Parts & materials used, Labor time known Analysis program - Costs Availability Reliability Labor	<b>PAIN Location &amp; Severity</b> Correct response to failures - Parts Inventory - Mechanics Training - Improve inspection Programs - Operators Fit Supervisors training	YES
9 <b>SHUTDOWNS PER SYST. COMPONENTS</b>	—	—	Fundamental information for the <b>PROBLEM MANAGEMENT TEAM</b> (Customer, Dealer, Factory)	YES
10 <b>SERVICE ACCURACY</b>	$SA = \frac{SHP - SNE}{SHP} \times 100 (\%)$ <small>SHP: Total Service Hours SNE: Lost or Non-Existent</small>	P31 Services Program Hours P32 Services Executed Hours	Planning - Scheduling Efficiency Repair Order's following plant's activities General planning across plant	Within 10 %
11 <b>BACKLOGS CONTROL</b>	—	—	Are they standing on a solid base?	YES
12 <b>RECORD KEEPING</b>	—	Forms designed to capture the necessary information - Computerized by system Organization personal commitment	Information Source of the Maintenance Operator	100 %
13 <b>TRENDS</b>	—	Control variables control S.O.S - Results Interpretation Tests - VIMS Results	Prognosis Component Life Management Problem Management	YES

## Formato de inspección mecánica de excavadora

### FORMATO DE INSPECCION DE EXCAVADORAS

Equipo:

Asegurar que la máquina se encuentre en condiciones seguras de operación

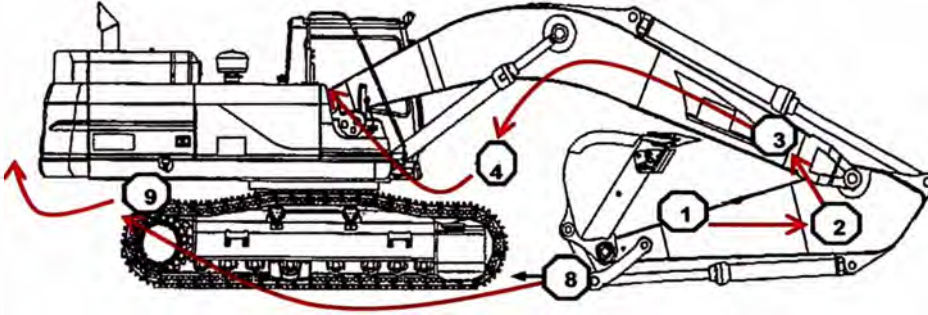
Fecha:

Detectar fallas que requieran o puedan ser atendidas inmediatamente

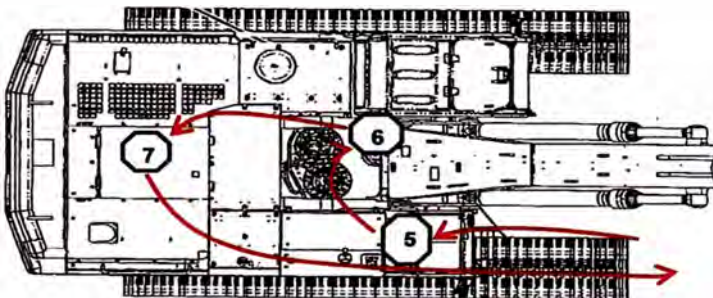
Horometro:

Detectar fallas a ser programadas para el proximo mantenimiento (Backlogs)

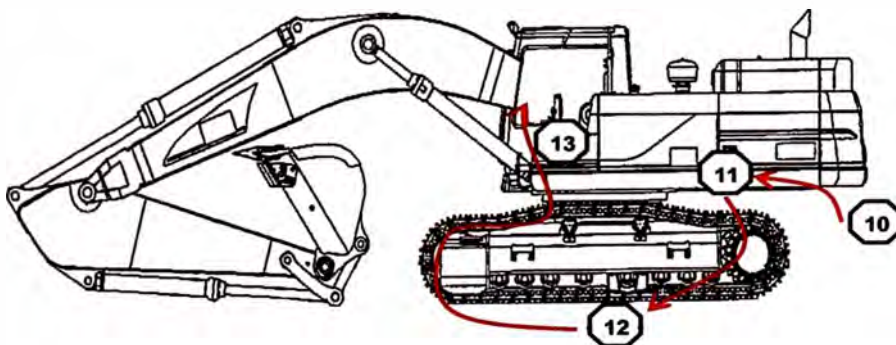
#### Vista Lateral Derecha (A)



#### Vista Superior (B)



#### Vista Lateral Izquierda (C)







ARASI S.A.C.

## INSPECCION DE EXCAVADORAS

Dpto. Mantenimiento

Vista	Zona	Componentes	Inspección a realizar	Condición	Fallas Reportadas
A	1	Cuchara	Fisuras, estado planchas de desgaste, puntas y adaptadores.	B M	
		"H"	Desgaste de pines y bocinas, juego lateral. Fisuras	B M	
		Faros delanteros	Estado	B M	
	2	Stick	Fisuras, desgaste de pines y bocinas, juego lateral. Líneas de grasa	B M	
		Cilindro Bucket	Estado de vástago, hermeticidad, juego de pines y bocinas, mangueras hds.	B M	
	3	Boom: Laterales, inferior	Fisuras, desgaste de pines y bocinas, juego lateral. Líneas de grasa	B M	
		Cilindro stick	Estado de vástago, hermeticidad, juego de pines y bocinas, mangueras hds.	B M	
	4	Cilindros Boom	Estado de vástago, hermeticidad, juego de pines y bocinas, mangueras hds.	B M	
Tomameza		Fugas de grasa, desgaste de rodamiento, líneas de engrase	B M		
B	5	Baranda / soporte extintor / Espejo retrovisor	Estado, fisuras.	B M	
		Caja de herramientas	Estado compuerta, pernos de anclajes	B M	
		Tanque de combustible	Hermeticidad, estado tapa.	B M	
		Tanque hidráulico	Hermeticidad, estado tapa.	B M	
	6	Reductores / Motores de giro	Hermeticidad, pemeña, varilla de medición, respiradores	B M	
		Válvula de control principal	Hermeticidad, mangueras hds.	B M	
		Swivel	Hermeticidad	B M	
		Boom: Superior	Fisuras, líneas de grasa	B M	
	7	Circulina / Faros Posteriores	Estado	B M	
		Compuertas superiores	Estado chapas, cilindros o brazo soporte, estructura.	B M	
		Motor	Hermeticidad aceite motor, combustible, gases de escape, estado de mangueras de admisión, tuberías de escape. Varilla de medición.	B M	
		Alternador	Estado de faja, cables y conexiones eléctricas	B M	
		Bomba de ventilador	Hermeticidad, mangueras hds.	B M	
		Motor Ventilador	Hermeticidad, mangueras hds. Estado de álabes, concentrador de aire, rejilla protectora.	B M	
Radiador / Enfriadores		Hermeticidad, mangueras hds.	B M		
A	8	Camilería Derecha	Visualizar desgaste, fugas hidráulicas, rozamiento,	B M	
		Bastidor Derecho	Fisuras, desgaste de base de mando final, bases de rodillos, escaleras.	B M	
	9	Compuerta lateral izq.	Estado chapas, cilindros o brazo soporte, estructura.	B M	
		Bomba hd. Principal	Hermeticidad, mangueras hds. Visor de nivel.	B M	
		Base de filtros hidráulicos	Hermeticidad, mangueras hds.	B M	
		Manifold pilotaje	Hermeticidad, mangueras hds.	B M	
		Base de filtro de aceite motor	Hermeticidad, mangueras hds.	B M	
Soportes de motor	Estado gomas, pemeña, fisuras en chasis	B M			
C	10	Contrapeso	Fisuras, golpes, pemeña	B M	
		Motores de traslación	Hermeticidad, protectores	B M	
		Mandos finales	Hermeticidad	B M	
		Chasis inferior	Fisuras, golpes.	B M	
		Protectores inferiores	Fisuras, golpes, pemeña, estado de canales disipadores de calor	B M	
		Motor	Hermeticidad	B M	
		Arrancador	Estado, cableado, línea tierra	B M	
		Alarma de retroceso	Estado	B M	
	11	Compuerta lateral der.	Estado chapas, cilindros o brazo soporte, estructura.	B M	
		Enfriadores / Aftercooler	Hermeticidad, estado de aletas, mangueras hds. Soporte.	B M	
		Tanque expansor de refrigerante	Hermeticidad	B M	
		Baterías	Nivel electrolito, bomes, cableado, soporte	B M	
		Llave master, panel disyuntores	Estado	B M	
Líneas de Pilotaje		Mangueras hds.	B M		
Tanque de agua limpiaparabrisa		Hermeticidad	B M		
12	Camilería izquierda	Visualizar desgaste, fugas hidráulicas, rozamiento,	B M		
	Bastidor izquierdo	Fisuras, desgaste de base de mando final, bases de rodillos, escaleras.	B M		
13	Cabina operador	Pasamano, Espejo retrovisor, Asiento operador, cinturón de seguridad. Parabrisas, luz interior.	B M		
	Panel de control	Potenciómetro de velocidad, aire acondicionado, limpiaparabrisas, interruptores	B M		
	Bloqueador hidráulico	Estado	B M		
	Caja fusibles	Estado	B M		
	Joystick	Estado de guardapolvos, hermeticidad, claxon	B M		
	Pedales de traslación	Estado, juego de articulaciones	B M		
Limpiaparabrisa	Plumillas, brazo, inyector de agua	B M			