

FACULTAD DE INGENIERÍA



CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“ANÁLISIS Y MONITOREO DE ACEITE DE MOTOR
CON LA METODOLOGÍA RCM PARA EL
MANTENIMIENTO PREDICTIVO A
EXCAVADORAS SOBRE ORUGAS KOMATSU EN
LA EMPRESA KOMAQ SERVICE S.A.C.”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Antonio Alexander Arias Alarcon

Asesor:

Mg. Ing. Juan Miguel de la Torre Ostos

Lima - Perú

2021



- **DEDICATORIA**

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta aquí sin perder o retroceder en el intento y haberme dado salud para así lograr mis objetivos

A mis padres y hermanos por ser el ejemplo a seguir y a Sobresalir en situaciones difíciles, quienes me motivaron a salir adelante y cumplir este objetivo.

- **AGRADECIMIENTO**

A Dios por estar siempre a mi lado, otorgándome vida, salud y fortaleza para salir adelante en mi vida personal y desarrollo profesional.

A UPN por acogerme en sus aulas, donde he compartido muchas experiencias, tanto en lo académico, como en lo laboral, a los profesores de la facultad de Ingeniería y en especial a los de Ingeniería Industrial.

A mis hermanos, por haberme apoyado desde la primera decisión que tomé para seguir estudiando y desarrollarme profesionalmente.

Todo esto nunca hubiera sido posible, sin el amparo incondicional que me otorgaron y el cariño que me inspiraron mis padres, que entendieron mis ausencias. Las palabras nunca serán suficientes para mi aprecio y agradecimiento.

● **TABLA DE CONTENIDO**

●	DEDICATORIA	2
●	AGRADECIMIENTO	3
●	TABLA DE CONTENIDO	4
●	ÍNDICE DE TABLAS	6
●	ÍNDICE DE FIGURAS	7
●	ÍNDICE DE ECUACIONES.....	9
●	RESUMEN EJECUTIVO	10
●	CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	11
	1.1.4. <i>Relaciones del puesto:</i>	14
	1.1.5. <i>Condiciones de trabajo:.....</i>	14
	▪ 1.2.1. <i>Descripción.</i>	14
	▪ 1.2.2. <i>Año de Fundación.</i>	15
	▪ 1.2.3. <i>Organigrama:</i>	15
	▪ 1.3.1. <i>Productos y servicios que brinda la empresa Kommaq Service SAC:.....</i>	18
●	CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	20
	2.1.1. <i>Conceptos Básicos.</i>	20
	2.1.2. <i>Evolución del mantenimiento (Moubray, 1997, pág. 2).....</i>	23
	2.1.4. <i>RCM – las siete preguntas básicas.</i>	27
	2.1.5. <i>RCM y sus Fases.</i>	28
	2.1.6. <i>Implementación de un RCM.....</i>	30
	2.1.7. <i>RCM permite lo siguiente:</i>	32
	2.1.8. <i>Indicadores del plan de mantenimiento:.....</i>	32
	2.1.9. <i>Diagrama de Gantt.</i>	34
	2.1.10. <i>Diagrama de decisión RCM.....</i>	35
	2.1.11. <i>Consecuencia de la falla de la hoja de decisión.</i>	36
2.2.	¿Cómo se describe el mantenimiento predictivo?	36
	2.5.1. <i>Breve historia de implementación de la excavadora:</i>	39
	2.5.2. <i>Excavadora Hidráulica sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8.....</i>	40
	2.5.3. <i>Motor Komatsu:</i>	40
	2.5.4. <i>Sistema eléctrico:.....</i>	43
	2.5.5. <i>Sistema hidráulico:</i>	43
	2.5.6. <i>Monitor electrónico:</i>	45
	2.5.7. <i>Sistema de tren de rodado:</i>	45
	2.5.8. <i>Rueda guía:.....</i>	46
	2.5.10. <i>Equipo de trabajo:</i>	47
	2.5.11. <i>Peso de operación:.....</i>	48



2.6. Descripción de la máquina:	48
• CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	50
3.2.2. <i>Miembros del grupo:</i>	52
3.3.1. <i>Situación actual de los equipos:</i>	53
3.3.3. <i>Formato de inspección de equipo.</i>	53
3.3.4. <i>Plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.</i>	56
3.3.5. <i>PM Clinic,</i>	56
3.3.6. <i>KOMTRAX. Sistema de monitoreo satelital.</i>	56
3.3.7. <i>KUC.</i>	56
3.3.8. <i>Análisis de aceite:</i>	57
3.3.9. <i>Monitoreo de frecuencia de cambio de aceite de los componentes de la excavadora marca Komatsu PC350LC-8:</i>	58
3.3.10. <i>Costo de muestras de aceite:</i>	59
3.3.11. <i>Cartilla de mantenimiento preventivo (Reemplazo de componentes):</i>	59
3.3.12. <i>Cartilla de mantenimiento preventivo (Reemplazo de fluidos):</i>	60
3.5.1. <i>Implementación del RCM:</i>	62
3.6. Plan de Mantenimiento Propuesto	63
3.8. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos:	64
3.10. Procedimiento – Herramientas de Ingeniería	65
3.11. Principio de Pareto:	66
3.12. Optimización del análisis y monitoreo de aceite lubricante.	67
3.12.1. <i>Análisis de criticidad:</i>	67
• CAPÍTULO IV. RESULTADOS	70
• CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
5.1. Conclusiones.	89
• REFERENCIAS	92
• ANEXOS	94

- **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Indicadores de Mantenimiento.	34
Tabla 2. Matriz de Consistencia.	62
Tabla 3. Matriz de Criticidad.	70
Tabla 4. Condiciones Permisibles.	79

● **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Descripción de la Empresa.	16
Figura 2. Organigrama Komaq Service.	17
Figura 3. Ubicación de la Empresa.	18
Figura 4. Equipos Komatsu.	19
Figura 5. Equipos Komatsu.	20
Figura 6. expectativas de Mantenimiento.	25
Figura 7. Patrón de Falla.	26
Figura 8. Técnicas de Mantenimiento.	26
Figura 9. Hoja de Trabajo RCM.	32
Figura 10. Grupo de Trabajo RCM.	33
Figura 11. Diagrama de Gantt.	35
Figura 12. Diagrama de Decisión de RCM.	36
Figura 13. Consecuencia de Falla en la Hoja de Decisión.	37
Figura 14. Contaminantes en el Motor.	40
Figura 15. Excavadora Hidráulica sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8	41
Figura 16. Motor Marca Komatsu.	42
Figura 17. Sistema de Combustible de excavadora sobre orugas modelo PC350LC-8.	42
Figura 18. Sistema de Enfriamiento de excavadora sobre orugas modelo PC350LC-8.	43
Figura 19. Sistema de Admisión de excavadora sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8	44
Figura 20. Cilindro Hidráulico de excavadora sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8.	45
Figura 21. Bomba Hidráulica de excavadora sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8.	45
Figura 22. Panel Monitor de Excavadora sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8	46
Figura 23. Sistema Tren de Rodado de excavadora sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8.	47
Figura 24. Rueda Guía de excavadora sobre orugas modelo PC350LC-8	47
Figura 25. Sistema de Estructura de excavadora marca Komatsu modelo PC350LC-8.	48
Figura 26. Excavadora sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8.	49
Figura 27. Descripción de la Máquina – Excavadora sobre orugas modelo PC350LC-8	49
Figura 28. Vista Lateral de Excavadora marca Komatsu modelo PC350LC-8.	50
Figura 29. Organigrama Propuesto.	54
Figura 30. Check List de Equipos.	55
Figura 31. Check List de Equipos.	56
Figura 32. Proceso PM Clinic.	57
Figura 33. Proceso de Medición KUC.	58
Figura 34. Proceso de Medición KUC.	58

Figura 35. Análisis de Muestra de Aceite.	58
Figura 36. Monitoreo de frecuencia de cambios de aceite de la excavadora marca Komatsu.	59
Figura 37. Costo de Muestra de Aceite.	60
Figura 38. Cartilla de Mantenimiento - Componentes.	60
Figura 39. Cartilla de Mantenimiento Preventivo-Fluidos.	61
Figura 40. Plan de Mantenimiento Propuesto.	64
Figura 41. Organigrama propuesto.	65
Figura 42. Diagrama de Causa y Efecto - Ishikawa.	67
Figura 43 Matriz de Riesgo..	69
Figura 44. Formato de Muestra de Aceite.	74
Figura 45. Muestreo de Aceite de motor PC350LC-8.	74
Figura 46. Descripción de Costo de Capacitación de las Tres Fases.	76
Figura 47. Muestra de aceite color verde.	81
Figura 48. Muestra de aceite color naranja	82
Figura 49. Muestra de aceite color rojo.	83
Figura 50. Componentes para reparación.	85
Figura 51. Proceso para inicio de reparación.	87
Figura 52. Proceso para inicio de reparación.	88
Figura 53. Nuevo Proceso para el mantenimiento predictivo a excavadora Komatsu modelo PC350LC-8.	89

- **ÍNDICE DE ECUACIONES**

Ecuación 1. Análisis de criticidad.	68
Ecuación 2. Cálculo de indicadores.	89

- **RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo de suficiencia profesional cuyo título es : Análisis y monitores de aceite de motor con la metodología RCM para el mantenimiento predictivo a excavadoras sobre orugas Komatsu en la empresa KOMAQ SERVICE SAC, tiene como finalidad mejorar la disponibilidad de equipos, aplicando y mejorando el mantenimiento predictivo basado en los análisis de aceite, después de hacer un análisis interno de ésta, se determinó que su problemática es la baja disponibilidad de los equipos de maquinaria pesada. La metodología aplicada para el estudio fue mantenimiento RCM. Consta de realizar un análisis de muestreo de aceite para ser llevados a un laboratorio el cual nos brinda un reporte que nos permita identificar qué porcentaje de contaminación de aceite existen dentro de los compartimientos, estos podrían ser permisibles o críticos.

Aplicando un plan de mantenimiento predictivo basado en los análisis de aceite se ha logrado mejorar la disponibilidad del equipo analizado de un 89.66% a un 92%, el incremento es de 2.34 %; logrando superar el estándar corporativo de tener como mínimo un 90% de disponibilidad.

Finalmente se recomienda que las empresas utilicen la presente metodología RCM para el mantenimiento predictivo a excavadoras cuyos resultados han sido comprobados en el presente trabajo.

Palabras claves: Mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, análisis de aceite lubricante, disponibilidad de maquinaria.



● CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Contextualizar la experiencia profesional:

1.1.1. Contexto de la experiencia.

Se pretende dar a conocer que hoy en día el mantenimiento predictivo, mediante el análisis nos es más confiable, a la vez nos permite saber el estado de aceite del compartimiento de la maquinaria, el cual nos da un resultado del deterioro del mismo, en porcentaje, con una lectura de partículas de algún componente interno.

Mediante las muestras de cada servicio, se puede mencionar que el contaminante más crítico se encuentra en el aceite de motor, el cuál será analizado por ser uno de mayor criticidad, trabajado con combustible Diesel, éste, genera un alto contaminando llamado hollín, juntamente con la mala calidad del combustible, mal uso de elementos filtrantes, bajas temperaturas de operación, mala operación y aplicación del equipo, las cuales son exigencias fuera de lo normal.

Está demostrado que el combustible de mala calidad contiene un alto porcentaje de azufre en su composición, éste, degrada y oxida rápidamente el aceite lubricante, disminuyendo la cantidad de tiempo de uso eficaz.

El muestreo de análisis de aceite permite evaluar la degradación del mismo aceite, éste se toma de acuerdo a una programación periódica, el cual varía dependiendo del tipo de aceite y/o compartimiento. Esto permite tomar decisiones si el componente sufre internamente un daño, coordinar para realizar una intervención del equipo.

Por otro lado, el aceite lubricante está compuesto por aditivos detergentes y dispersantes que son los encargados de reducir la formación de los contaminantes al interior de los componentes. Su degradación puede ir expresada por un valor llamado degradación ponderada (DP) y el índice de contaminación (IC), determinado por la

concentración de materia carbonizada y la divergencia residual (MD), depende de la cantidad dispersante del aceite.

Debido al aumento en los costos de mantenimiento que se ejecutan en las áreas de mantenimiento de diversas empresas, es necesario buscar nuevas soluciones en optimización del uso de lubricantes, por ello se quiere reducir los programas de mantenimiento, en la actualidad se tiene diversos programas de mantenimiento, una de ellas que es la más usada es:

- PM 1: Cada 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750 horas.
- PM 2: Cada 500, 1500 horas.
- PM 3: Cada 1000 horas.
- PM 4: Cada 2000 horas.

Este programa de mantenimiento preventivo, el PM 1, se realiza cada 250 horas, este intervalo de cambio de aceite es muy frecuente, esto conlleva a tiempos muertos por paradas, disminuyendo la disponibilidad del equipo.

Usando un aceite de motor 15w40 con especificación API CI-4, se podría prolongar los periodos de cambio de 250 horas a más.

1.1.2. Nombre del cargo: Supervisor de Campo.

Objetivos del puesto: Planificar, organizar y controlar la gestión de los servicios en los distintos proyectos donde se brinda soporte técnico a clientes, ya sea con flota propia o alquilada, a fin de cumplir con los requerimientos de los clientes.

1.1.3. Descripción de funciones:

- Mantener la comunicación con los clientes, a fin de coordinar la ejecución de los servicios de mantenimiento preventivo y/o correctivo.

- Designar el personal técnico adecuado para realizar los trabajos, en base a la programación de servicios Campo y brindar a estos, los documentos a llevar.
- Asignar camionetas al personal técnico, revisar el estado de las mismas antes de iniciar un servicio, con la finalidad de prevenir accidentes por fallas mecánicas.
- Gestionar los demás recursos necesarios para el cumplimiento de los servicios (repuestos, EPP, gastos de viaje, etc.
- Brindar asesoría técnica al personal en servicio asesorándolos telefónicamente en caso estos lo necesiten.
- Supervisar de manera periódica la labor desempeñada por el personal técnico en obra. Así mismo se conversó con el cliente y se averiguará el grado de satisfacción por el servicio ofrecido.
- Gestionar la capacitación del personal técnico con la finalidad de incrementar sus competencias en temas propios del área.
- Ser responsable de la Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente de cada uno de los equipos de trabajo que lidera.
- Participar en la disminución del nivel de riesgos de lesiones y enfermedades ocupacionales, así como la prevención de la contaminación del medio ambiente en el cual se desarrollarán sus actividades.
- Cumplir con lo establecido en la Política SIG y en la documentación del Sistema Integrado de Gestión de la organización, buscando la constante mejora dentro del ámbito de sus responsabilidades.
- Cumplir con el Reglamento Interno de Trabajo, Reglamento SSOMA, las pautas de conducta en los negocios, así como con otras normas, y documentos



de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, establecidos por la organización.

- Realizar otras funciones que le sean asignadas por el superior inmediato dentro del ámbito de sus responsabilidades.

1.1.4. Relaciones del puesto:

- **Dependencia Jerárquica:** jefe de servicios.
- **Supervisión Jerárquica:** Fuerza técnica asignada.
- **Coordinaciones internas:** Servicios, almacén, herramientas.
- **Coordinaciones externas:** clientes.

1.1.5. Condiciones de trabajo:

- **Ambiente de trabajo:** Oficinas, taller y campo.
- **Riesgos inherentes:** Riesgos moderados por las zonas de trabajo.
- **Materiales y equipos:** Computadora personal, celular, epp's.
- **Sistema de información:** Software especializado.

1.1.6. Evolución en la empresa Komaq Service SAC.

Al entrar a la compañía un 18 de julio de 2019 con el puesto de supervisor de campo, tuve distintos cursos y capacitaciones para poder conocer el nuevo rubro al cual estaba perteneciendo.

Tuve pasantía en las distintas áreas antes de poder realizar servicios en campo.

Año de fundación de la empresa Komaq Service SAC.

1.2. Descripción de la empresa:

1.2.1. Descripción.

Komaq Service S.A.C. es una empresa socialmente responsable, proveedora de soluciones integrales en equipos para minería y construcción a nivel nacional, (venta y servicio de maquinaria amarilla, equipos de generación y motores).

Asociada a una de las empresas más importantes del país, líderes mundiales en la fabricación de equipos para Minería y Construcción, de la marca KOMATSU, la cual fue fundada en 1921 en Japón. En nuestro país la marca Komatsu es distribuida por la compañía Komatsu-Mitsui Maquinarias Perú.

Dentro de su portafolio de clientes tiene a las principales Mineras del Perú y a las más importantes empresas del rubro de la Construcción.



Figura 1. Descripción de la Empresa.

Fuente: Empresa de Komaq Service.

▪ 1.2.2. Año de Fundación.

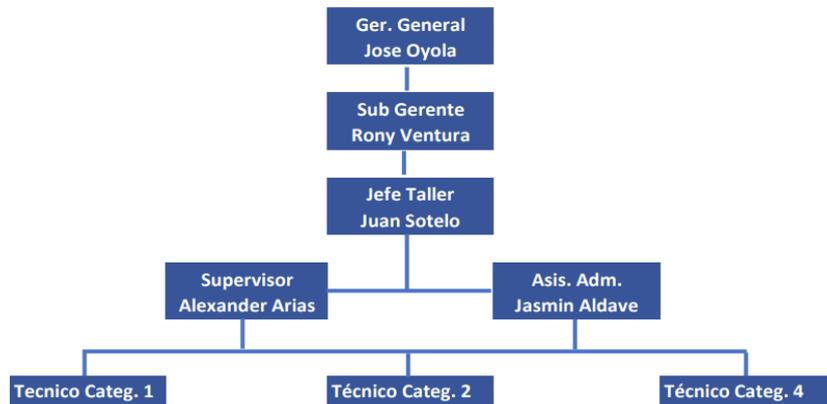
La empresa Komaq Service SAC, inició sus operaciones el 01/06/2019, bajo el nombre de KOMAQ SERVICE SAC. Con RUC. 20604794880.

Conformada por un equipo profesional preparado para cuidar y mantener la inversión de nuestros clientes, así como el desarrollo de la gestión y administración de equipos de maquinaria pesada.

Con la visión de 2 amigos, ex trabajadores de una importante empresa del país, los cuales decidieron cumplir una meta, ser sus propios jefes.

▪ 1.2.3. Organigrama:

KOMAQ SERVICE



KOMAQ SERVICE

Figura 2. Organigrama Komaq Service.

Fuente: www.komaqservice.com.pe

- **Misión:**

Proporcionar valor agregado y soluciones con servicios y repuestos de calidad superando las expectativas de nuestros clientes.

- **Visión:**

Ser empresa líder a nivel nacional y reconocida por nuestros clientes por nuestra exitosa trayectoria en el mercado de maquinarias de minería y construcción.

- **Valores Corporativos:**

- Responsabilidad.
- Puntualidad.
- Diferencia.
- Excelencia.
- Escucha.

1.2.4. Ubicación:

Ubicado en la Av. Leoncio Prado Mz N Lt 180D Asociación Leoncio Prado Lima – Puente Piedra., con más de 500 metros cuadrados, de las cuales consta la dimensión de nuestras instalaciones.



Figura 3. Ubicación de la Empresa.

Fuente: Komag Service S.A.C.

1.3. Tipos de productos o servicios que brinda Kommaq Service SAC.

- 1.3.1. Productos y servicios que brinda la empresa Kommaq Service SAC:

La empresa Kommaq Service ofrece al mercado los siguientes productos y servicios:

- Servicio de diagnóstico y reparación de equipos de maquinarias pesada
- Servicio de evaluación y reparación de motores Diesel.
- Servicio de evaluación y reparación de bombas hidráulicas de pistones y engranajes.
- Servicio de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos.
- Importación y venta de repuestos de maquinaria pesada.



Figura 4. Equipos Komatsu.

Fuente: Empresa de maquinarias Perú S.A.

1.4. Otra información relevante.

Komaq Service SAC. Es una empresa, la cual se está ganado la confianza de los distintos clientes en todo el país, por la rapidez a respuesta inmediata y soluciones a distintos equipos de maquinaria pesada.

Clientes de Komaq Service.

- Komatsu Mitsui
- Ferreyros
- Minera Quimpac.
- Graña y Montero.
- Minera Condestable.
- San Martin Contratistas Generales
- Entre otros.



Figura 5. Equipos Komatsu.

Fuente: Empresa de maquinarias Perú S.A.

● **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

1.1. Analizar conceptos básicos de la experiencia.

INVESTIGACIÓN TEÓRICA.

2.1.1. Conceptos Básicos.

- Yupanqui (2016) en la ciudad de Lima realizó una tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial – Titulado “Propuesta de implementación de mejoras en el plan de mantenimiento basado en la metodología RCM para tracto camiones International Workstar 7600” para la universidad privada del Norte.

El autor describe la problemática de una flota de camiones que presentan constantes paradas imprevistas, reparaciones correctivas, auxilios mecánicos y bajo índice de disponibilidad, identifica los vehículos que tienen mayor incidencia de falla a través de un diagrama de Pareto, luego selecciona los 5 sistemas más críticos a través de FMEA (análisis modal de fallas y efectos) con la finalidad de evitar o disminuir el impacto de las fallas, propone mejoras en el plan de mantenimiento a través de la metodología RCM y concluye que la metodología, identifica mejoras en el plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad y confiabilidad debido a la disminución de atenciones de equipos en taller.

Este antecedente nos ayuda a identificar las fallas y efectos que presentan los vehículos del sector de transportes, sirviendo como línea base para la aplicación de RCM en equipos de maquinaria pesada.

- Mescua & Li (2016). En la ciudad de Lima, realizó una tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial – Titulado “propuesta de plan de

mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado a una flota de

camiones fuera de carretera en una mina de tajo abierto” en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

El autor describe que no existe una adecuada estrategia de mantenimiento en la flota de camiones mineros 730E marca Komatsu, causando paradas no programadas, disminución de ingreso y a la vez hace hincapié en la importancia de tener alta disponibilidad y confiabilidad en el rubro minero.

Al aplicar la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad obtiene un plan de mantenimiento de acorde a las condiciones de la mina, disminuyendo las horas de paradas por fallas.

Este antecedente brinda visibilidad del desarrollo y la aplicación del RCM para el sector minero, donde las paradas no planificadas o imprevistas causan un gran impacto en las pérdidas de producción, así mismo, la indisponibilidad es un mal referente para el prestigio de la marca que podría limitar opciones de compra, las cuales analizan a detalles por tener un alto valor de adquisición.

- Yengle, (2016) en la ciudad de Trujillo, realizó una tesis para optar el Título de Ingeniero industrial – Titulado “Propuesta de un plan de mantenimiento basado en RCM para incrementar la rentabilidad en la operación de cerro corona de la empresa San Martin Contratistas Generales S.A.” en la Universidad Privada del Norte.

El autor describe la problemática de una flota de equipos de carguío en el área de acarreo en la operación de Cerro Corona – Minera Gold Fields, los cuales presentan bajo índice de disponibilidad (promedio 75%) impactando

negativamente en la producción diaria. Aplicando la metodología RCM para definir funciones de cada sistema de la máquina, se centra en los sistemas con mayor criticidad y propone mejoras no solo en el plan de mantenimiento, sino en el reclutamiento y capacitación del personal para lograr incrementar la disponibilidad hasta en un 90%.

Este antecedente nos ayuda a comprender el desarrollo y la aplicación de RCM para incrementar la disponibilidad de una flota de equipos de acarreo.

- Gary (2015) en la tesis “Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (mcc) para los motores principales Detroit Diesel y Cummins en las embarcaciones de la gerencia de flota remolcadores de PDV marina en la ciudad de Bolívar.” Desarrollado en la Universidad Nacional experimental Politécnica – Venezuela.

El autor describe el incremento de las diferentes fallas que ocurren en los sistemas de los motores Diésel de la marca Detroit Diesel y Cummins instalados en las embarcaciones, debido a un plan de mantenimiento deficiente basado en ejecutar reparaciones correctivas que se reflejan en paradas repentinas. De la misma manera, propone un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para evitar y minimizar fallas con anticipación e incrementar la disponibilidad de los motores.

Este precedente nos ayuda a tener un panorama más amplio de la aplicación del RCM no solo para el sector construcción, industrial o minero, sino también para el sector marítimo.

- Acosta de Armas, Anays (México, 2013), presentó la tesis titulada “Evaluación del nivel de integración de Gestión de la Producción (GP) – Gestión del Mantenimiento (GM) en la planta de Maquinaria Pesada”. El autor describe y menciona la aplicación de procedimientos generales entre en área de producción y área de mantenimiento mediante cálculos que demuestran los niveles de integración obtenidos, logrando priorizar los subprocesos más importantes dentro del mantenimiento.

2.1.2. Evolución del mantenimiento (Moubray, 1997, pág. 2).

- **La primera generación:** Se extiende hasta la segunda Guerra mundial, en ese momento la industria no era muy mecanizada y el tiempo de parada de las máquinas no eran muy relevantes, por lo tanto, no había mucho énfasis en prevenir las fallas. Los equipos tenían configuraciones simples y sobredimensionadas que los hacían confiables y sencillos de reparar. Las actividades del mantenimiento estaban centradas en mayor proporción en limpieza y lubricación por lo que no requería personal con grandes habilidades.
- **La segunda generación:** Inicia durante la segunda guerra mundial por la presión de la demanda de bienes y la vida de las personas. En los años 50 se incrementa la cantidad y complejidad de las máquinas haciéndolas más dependientes de ellas. Por ser más dependientes, se centra la atención en las paradas y que se debe hacer para prevenirlas, creando el concepto de Mantenimiento Preventivo. En las décadas de los 60 se centra en ejecutar reparaciones mayores a intervalos regulares prefijados, haciendo que el costo de mantenimiento se eleve en comparación con los costos de operaciones.

Entonces se desarrollaron sistemas de planeamiento y control de mantenimiento que ayudaron a tener el mantenimiento bajo control.

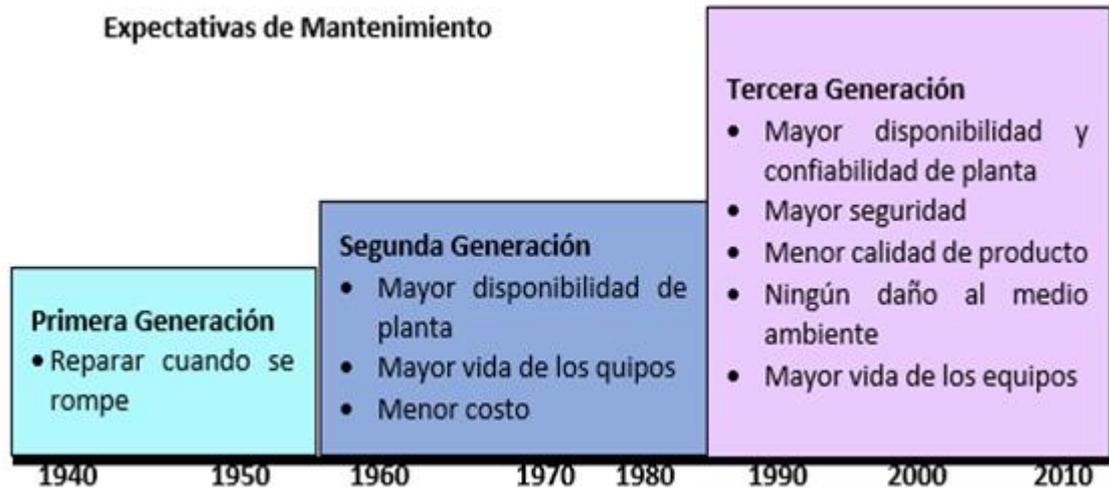


Figura 6. expectativas de Mantenimiento.

Fuente: (Moubray, 1997, Pág. 3) elaboración propia.

(Moubray, 1997) describe que a mediados de la década de los 60 el cambio de la industria tuvo más impulso.

- **Nuevas expectativas:** Los tiempos de paradas de las máquinas afectan a la capacidad de producción, incrementando los costos operacionales que a su vez impactan negativamente al servicio del cliente. El crecimiento de la mecanización y automatización han convertido a la confiabilidad y disponibilidad en indicadores claves para la producción.

La dependencia de los activos sigue aumentando también el costo de mantenerlos y operarlos, para ello se debe trabajar de forma eficiente para asegurar el retorno de la inversión.

- **Nuevas investigaciones.** La falla de los activos asociados a estos fue cambiando. La curva de la bañera corresponde a 1 de los 6 patrones.

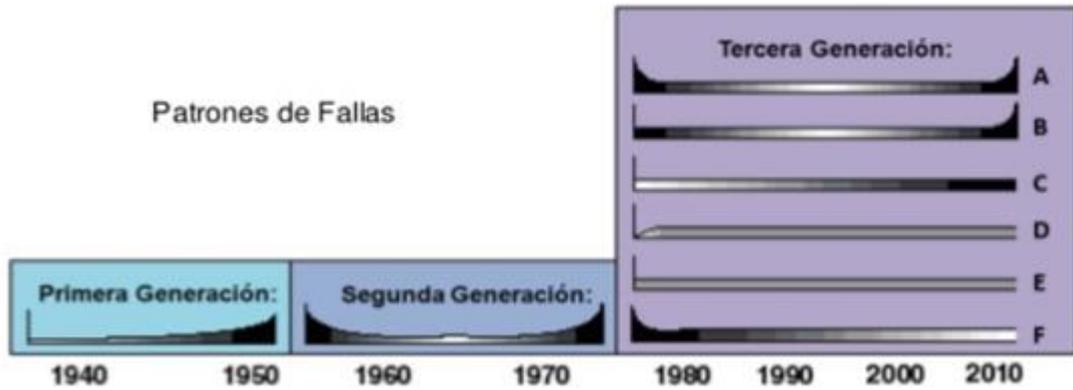


Figura 7. Patrón de Falla.

Fuente: (Moubray, 1997, pág. 4) elaboración propia.

Nuevas técnicas: Estas fueron creciendo de acuerdo al concepto de mantenimiento.



Figura 8. Técnicas de Mantenimiento.

Fuente: (Moubray, 1997, pág. 5) elaboración propia.

- Nuevos Métodos de mantenimiento.
- Diseño de máquinas y equipos con mayor confiabilidad.
- Cambia el modo de trabajo en equipo.
- Herramientas de análisis, modo fallas y efectos.

- A los años siguientes nace el mantenimiento de tercera generación, se incorporan variables adicionales a la disponibilidad, fiabilidad y costos como: el cumplimiento de normas, calidad en los servicios (ISO 000 e ISO 9002), cumplimiento de normas del medio ambiente (ISO 14000), etc. Asimismo, la adquisición de un equipo no solo era realizado en base a su confiabilidad, costo y mantenimiento, sino se realiza un análisis detallado de su costo del ciclo de vida, de esta manera obtener la mayor productividad en el menor costo posible para poder lograr los objetivos de mantenimiento de esta nueva generación se utilizaron técnicas como el mantenimiento basado en la condición, mantenimiento predictivo y otras herramientas como el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM – Reliability – Centered maintenance) y el mantenimiento productivo total (TPM – total Productive Maintenance).

2.1.3. ¿Qué es el mantenimiento centrado en confiabilidad – RCM?

Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

- Moubray (1997) menciona que fue desarrollado en la década de los 60, gracias al aporte del gobierno e industria aeronáutica norte americano con el fin de establecer procedimientos de mantenimientos que permitan reducir los tiempos, costo de parada de los equipos para su mantención y mayor seguridad en los vuelos (Pág. 360).
- Montilla (2016) menciona: Gateway to world class maintenance, el mantenimiento Centrado en la confiabilidad “Es una filosofía de Gestión de mantenimiento que optimiza la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definido”. Se enfatiza en el

funcionamiento global de todo el sistema señalando que la máquina sólo cumple una función que está inmerso en el proceso productivo. (Pág. 155).

El RCM ha sido aplicado por varias industrias en los últimos años y si es enfocado y aplicado correctamente origina beneficios como:

- Incrementa la disponibilidad.
- Disminuye el mantenimiento correctivo y los costos imprevistos.
- Suprime el mantenimiento preventivo innecesario.
- Disminuye el mantenimiento preventivo a componentes que no son críticos.
- Modifica las tareas e intervalos.
- Agrega o quita tareas.
- Mayor conocimiento de las fallas.
- Identifica las deficiencias de diseño.
- Determina las causas de reincidencias de fallas.
- Optimiza el inventario de repuestos.
- Mayor motivación del personal.
- Mejora el costo – eficacia del mantenimiento.
- Enfatiza actividades para llegar a tener mejores resultados.

La metodología RCM va paso a paso con el personal que tenga relación con el proceso del mantenimiento.

2.1.4. RCM – las siete preguntas básicas.

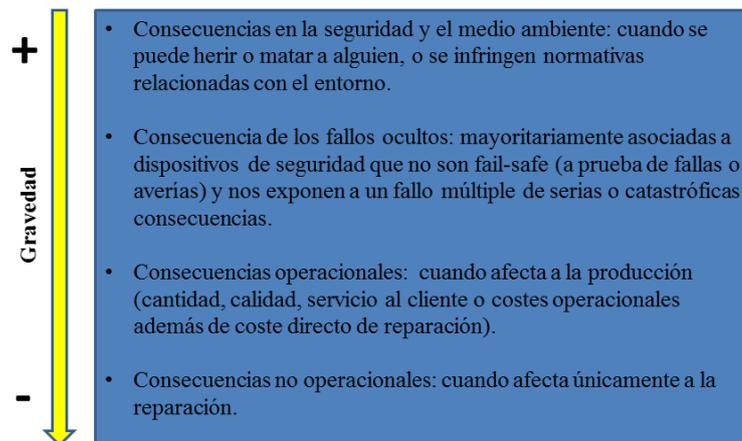
Moubray (1997) Como parte del proceso de implementación del RCM en una compañía, el equipo de trabajo debe responder a las siguientes 7 preguntas.

- ¿Cuáles son las funciones y parámetros actuales del activo?
- ¿De qué manera puede fallar? Fallas funcionales.
- ¿Qué origina la falla?
- ¿Qué ocurre cuando falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?

- ¿Qué puede hacerse para prevenir la falla?
- ¿Qué pasa si no podemos prevenir o predecir la falla?

2.1.5. RCM y sus Fases.

- **Fase 0: Listado y codificación:** Es la etapa en donde se identifican todos los equipos que van a ser incluidos dentro de la estrategia de mantenimiento. Esta lista debe de ser elaborada de manera ordenada comenzando desde un sistema mayor hasta los componentes que forman parte del equipo.
- **Fase 1, Listado de funciones y especificaciones:** Se indica la función principal del equipo. También debe de indicarse la función de los subsistemas ya que si estos no trabajan de manera correcta no se llegará a tener un óptimo funcionamiento. Sin embargo, solo debe de especificar hasta los componentes que sean significativos.
- **Fase 2. Determinación de fallos funcionales y fallos técnicos:** los fallos funcionales son aquellos que originan que el equipo no cumpla con su función principal y los fallos técnicos son aquellas anomalías no originan un fallo funcional, pero pueden trabajar de manera errática o acelerar la vida útil del componente.
- **Fase 3. Determinación de los modos de falla:** es la causa primaria de la falla funcional o técnica. Es importante no profundizar todos los modos de la falla, para este caso puede utilizarse un Pareto para poder centrarse en los principales, los poco vitales.
- **Fase 4. Estudio de la consecuencia de los fallos.** Criticidad: en esta fase se analiza la gravedad de las consecuencias del efecto que puede ocasionar un modo de falla. Están categorizados como crítico, importante y tolerable.



Fuente: Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado, 2da edición.

- **Fase 5, Determinación de las medidas preventivas:** Son las tareas que deben de realizarse para evitar el fallo funcional del equipo, se dividen en 5 tipos:
 - Tareas de mantenimiento.
 - Mejoras.
 - Formación de personal.
 - Modificación de instrucciones de mantenimiento.
 - Modificación de instrucciones de operación.
- **Fase 6. Agrupación de medidas preventivas:** Esta nos permite separar las medidas por tipos lo cual ayuda a la posterior implementación. Las cuales son:
 1. Plan de mantenimiento
 2. Lista de mejores técnicas a implementar.
 3. Actividades de formación.
 4. Lista de procedimientos de operación y mantenimiento a modificar.

- **Fase 7. Puesta en marcha de las medidas preventivas:** Es importante la implementación del nuevo plan de mantenimiento teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante, que se tengan los recursos necesarios para iniciar la nueva estrategia y que el personal técnico se encuentre capacitado.

2.1.6. Implementación de un RCM.

Para poder realizar todas las fases mostradas anteriormente, es necesario tener un proceso que permita su implementación dentro de la empresa. Se detalla el proceso.

- **Planificación.** - Por los cambios en el modo de trabajo que conlleva la implementación de un RCM, es necesario que la alta dirección de la empresa esté comprometida con el cambio y consignación de recursos necesarios para que el resultado sea positivo. Como punto adicional es necesario que se entienda el objetivo y como este está centrado en mejorar la confiabilidad para reducir costos o incrementar la producción a beneficio de la empresa.
- **Proceso de revisión basado en RCM.** - Es en esta etapa en donde el grupo de trabajo comienza sus actividades priorizando los equipos o sistemas que, por su baja disponibilidad, productividad, etc. Es el que debe de atacarse prioritariamente. Se debe definir cuáles son las metas a alcanzar en esta etapa los cuales deben de estar alineados con los objetivos.

Hoja de trabajo R C M			Código 0133	Revisión 02/28/02.02			
Equipo :	Carretilla eléctrica de transporte interno						
Sistema :	Sistema de frenos						
Componentes :	Bombines y mordaza de freno de tambor						
Función	Averías o Fallos	Causa	Efecto	Repercusiones			
1. Parar en 10 m. desde una velocidad de 25 Km/h. en pavimento seco con 3 cm. de accionamiento sobre el pedal	1.1. La distancia es superior a los 10 m. 1.2. El recorrido del pedal es superior al prescrito. 1.3. ...	1.1.1 Desgaste de zapatas de freno. 1.1.2. Bajo nivel de líquido de freno. 1.1.3. Incorrecto dibujo de ruedas 1.1.4. ...	Frenado cada vez más difícil, con mayor recorrido y presión.	Severidad	Frecuencia	Facilidad	Puntuación
				ALTA (7)	BAJA (1)	MEDIA (3)	(11)
Operación de Mantenimiento	Programa	Responsabilidad	Comentarios				
A. Comprobar el movimiento del pedal de freno. B. Comprobar nivel de líquido de freno y reponer. C. Comprobar el sistema hidráulico, fugas y desgastes.	<ul style="list-style-type: none"> Medir cada 3 meses. Intervalos de 5.000 Km. 	<ul style="list-style-type: none"> Operación de Manutención y Transporte. Oficial de Mantenimiento si hay que cambiar pastillas. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador debe hacer estas comprobaciones cada vez que se utilice la carretilla, pues pasan varios días seguidos sin utilizarse. 				

Figura 9. Hoja de Trabajo RCM.

Fuente: Teoría y práctica de mantenimiento industrial avanzado, 2da edición.

- **Grupo de trabajo RCM:** El grupo de trabajo debe estar liderado por una persona que tenga la capacidad de dirigir enérgicamente a los integrantes responsables de la implementación.



Figura 10. Grupo de Trabajo RCM.

Fuente: Elaboración propia

2.1.7. RCM permite lo siguiente:

Identificar las funciones esenciales de la máquina: Actualmente la empresa no cuenta con un área de capacitación que brinda entrenamiento a personal técnico.

Aumento de la eficiencia centrado en la confiabilidad (RCM). Contempla en mejorar el plan de mantenimiento actual a través del RCM (mantenimiento Centrado en Confiabilidad) como propuesta para incrementar la disponibilidad de equipos.

2.1.8. Indicadores del plan de mantenimiento:

Se emplean los siguientes indicadores para la eficiencia del plan de mantenimiento.

- **Tiempo promedio entre falla (MTBF)**

Indicador que controla la efectividad del plan de mantenimiento propuesto.

- **Tiempo promedio para reparar (MTTR)**

Indicador que permite controlar la eficiencia de recursos como personal calificado, repuestos, herramientas.

- **Precisión del servicio (Pre. Ser.)** Indicador que permite controlar la desviación de servicios del plan de mantenimiento.
- **Disponibilidad Física (DF).**

Indicador que permite controlar las horas que el equipo estuvo disponible en tiempos determinados.

Tabla 1 Indicadores de Mantenimiento.

Indicador de Mantenimiento	Abreviatura	Fórmula	Meta
Tiempo Promedio Entre Fallas	MTBF	$MTBF = \frac{HO}{\#RI} \times 100\%$	60 horas
Tiempo Promedio para Reparación	MTTR	$MTTR = \frac{HO}{\#RI} \times 100\%$	3 horas
Precisión de Servicio	PSERV	$Pserv = \frac{H Mantto Real}{H Mantto Programado} - 1$	+0.5 horas
Disponibilidad Física	DF	$DF = \frac{HN - (MP + RI + RP)}{H Mantto Real} \times 100\%$	93%

Nota: R1 = N° de paradas.

Fuente: Elaboración Propia.

2.1.9. Diagrama de Gantt.

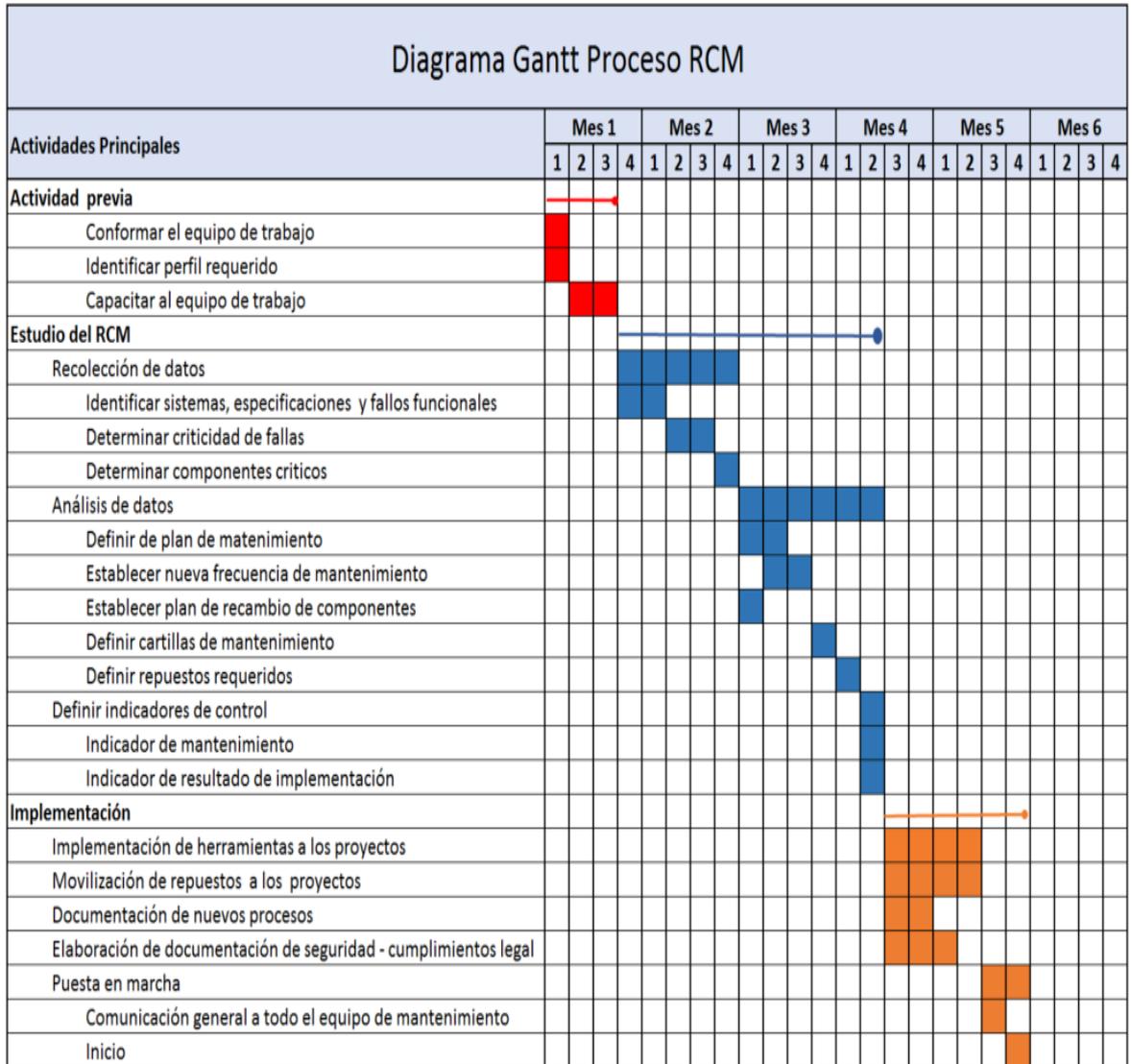


Figura 11. Diagrama de Gantt.

Fuente: Instituto de Mejora Continua.

2.1.10. Diagrama de decisión RCM.

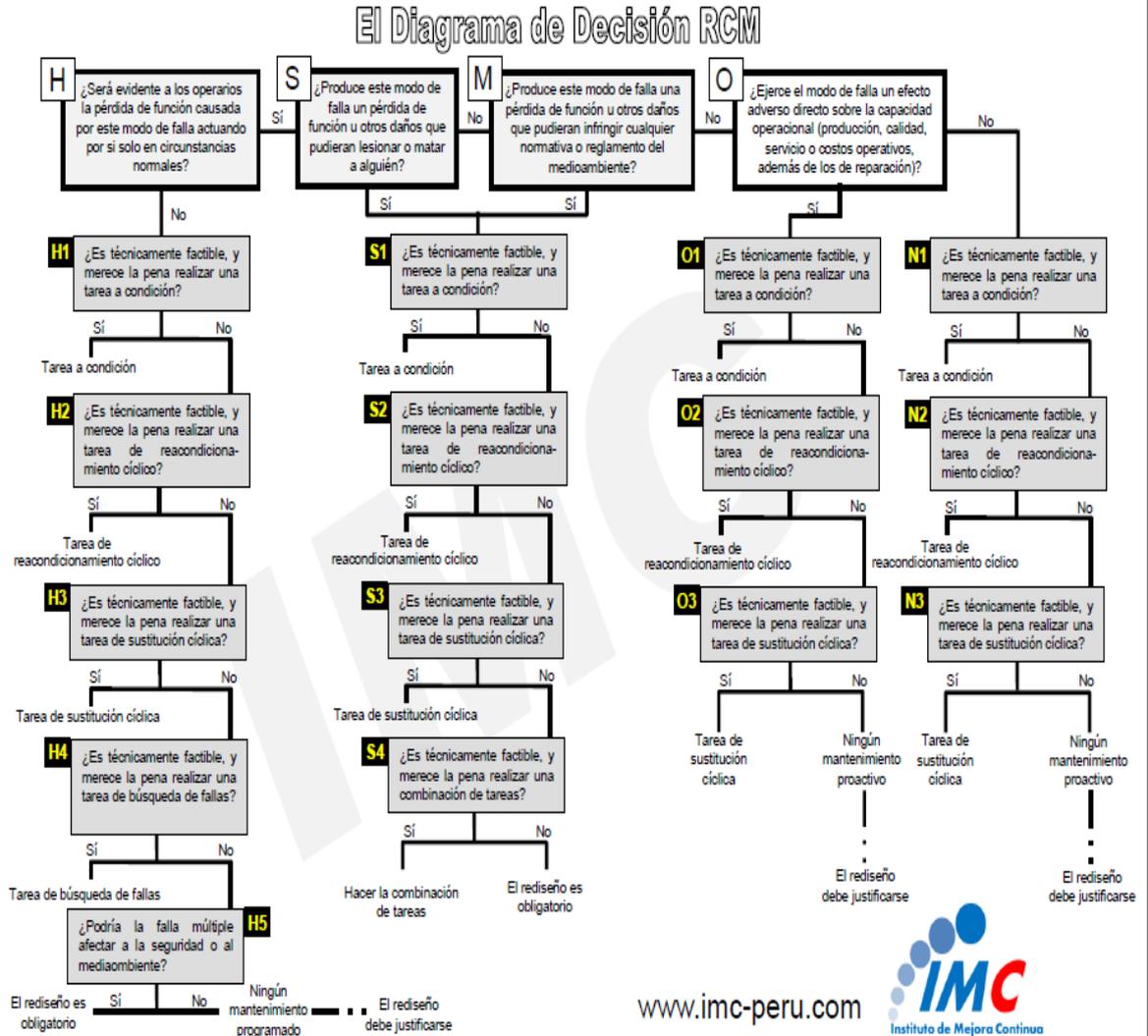
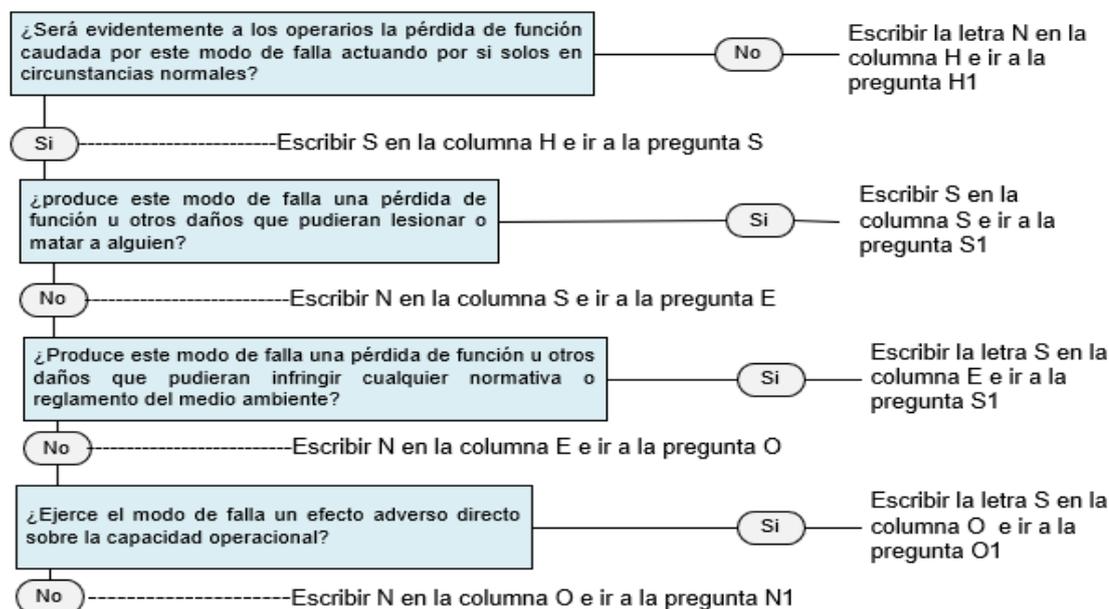


Figura 12. Diagrama de Decisión de RCM.

Fuente: Instituto de Mejora Continua.

2.1.11. Consecuencia de la falla de la hoja de decisión.



Consecuencias de falla en la Hoja de Decisión

Figura 13. Consecuencia de Falla en la Hoja de Decisión.

Fuente (Moubray, 1998, Pág. 207).

Nota: Cada modo de falla es ubicado en sólo una categoría de consecuencia.

2.2. ¿Cómo se describe el mantenimiento predictivo?

Mantenimiento predictivo PdM, es el que monitorea el rendimiento y el estado del equipo durante funcionamiento normal.

Este mantenimiento se ha utilizado en el mundo industrial desde la década del 1990.

Sin embargo, el mantenimiento predictivo es mucho más antiguo, aunque su historia no está documentada formalmente, según Control Engineering.

- **Lubricación:** En 1699, un físico llamado Guillaume Amontons deduce que la fricción es el resultado de la rugosidad de la superficie, dado que no hay una superficie sólida perfectamente lisa, estas superficies opuestas de fricción, tienen unos picos llamados asperezas que entran en contacto una con la otra. Idealmente

un lubricante separará físicamente estas asperezas con la película de aceite. Esto se denomina lubricación de película.

- **Grado de aceite:** Hace más de 70 años, la norteamericana Society of Automotive Engineers (SAE), estableció un protocolo propio para determinar el grado de viscosidad en los aceites de automoción. Grado que hizo público a través de un código, que, con el tiempo, se ha convertido en la referencia.

2.3. Tipos de Mantenimiento.

- **Mantenimiento productivo total:**

(Montilla, 2016) menciona que el TPM es “más que un sistema de mantenimiento, es la aplicación de toda una filosofía empresarial y personal que busca maximizar la productividad en los procesos productivos.” (Pág. 36)

Su objetivo es alcanzar planta con:

- Cero averías.
- Cero tiempos de alistamientos.
- Cero desperfectos
- Cero accidentes
- Cero contaminantes.

- **Mantenimiento preventivo:**

Se basa en actividades básicas de inspecciones, calibración, ajuste, reemplazo de filtros y lubricantes. El objetivo de este tipo de mantenimiento es evitar la ocurrencia de fallas. Así mismo nos permite conocer el estado actual de los equipos para programar los mantenimientos oportunos.

- **Mantenimiento correctivo:**

Es un tipo de mantenimiento reactivo, cuando se interviene el equipo en condición de falla y el activo está en uso afectando al proceso productivo. Los tiempos de reparación se ven afectados negativamente en mayor porcentaje por la disponibilidad de los repuestos y la ubicación de la máquina.

- **Mantenimiento predictivo:**

Basados en estudiar sistemas de falla para predecir la ocurrencia, mide y analiza las variables de operación a través de ensayos o pruebas en parte de la máquina y completamente en variables de operación. Los métodos más comunes son:

- visuales.
- Medición de temperaturas.
- Control de lubricación.
- Medición de vibraciones.
- Control de fisuras.
- Control de corrosión.

2.4. Contaminantes dentro del motor.

El análisis de aceite sirve para encontrar contaminantes, restos de plomo y otros, para prever que parte del motor se podría estar dañado, más allá de que se realice el mantenimiento preventivo.

Los Análisis de aceite lubricante son indicadores de las condiciones del lubricante, posibilitando la optimización de los intervalos de cambio y tiempo de servicio, disminuyendo los costos. También permite verificar el deterioro precoz del aceite y la procedencia de los contaminantes metálicos como indica en la siguiente tabla.

FUENTES TÍPICAS DE ELEMENTOS METÁLICOS	
Elemento	Fuentes típicas
Aluminio	Pistones, cojinetes y polvos
Antimonio	Cojinetes
Cromo	Cilindros, anillos, refrigerante, cigüeñal y engranajes
Cobre	Cojinetes, bujes y piezas de bronce
Hierro	Cilindros, camisas, óxido y cigüeñal
Plomo	Cojinetes, gasolina, grasas y tinta
Níquel	Ejes, anillos y válvulas
Silicio	Polvo y anti-espumantes
Estaño	Soldadura y cojinetes
Titanio	Resortes, válvulas y componentes de turbinas
Zinc	Aditivo, cojinetes y chapas galvanizadas

Figura 14. Contaminantes en el Motor.

Fuente: Tribología y lubricación – Pedro Albarracín Aguillón.

2.5. Máquina:

2.5.1. Breve historia de implementación de la excavadora:

La primera excavadora mecánica a vapor fue creada en el año 1835 por Williams Otis, un joven de 22 años interesado en la mecánica y el movimiento de tierra. Su invento permitiría optimizar el tiempo que tomaban las excavaciones para construir las vías del tren de la empresa Car Michael and Fairbanks, debido a que en aquella época se usaban trabajadores con pico y pala para realizar la misma labor, de esta forma, disminuiría notablemente el número de trabajadores permitiendo el ahorro de tiempo y dinero. Sin embargo, su prototipo fracasó debido a la fractura del cucharón.

En el año 1839 Williams Otis obtiene la patente US1089 que lo describe como grúa excavadora para excavación y remoción de tierra, destacando la instalación de un motor a vapor, sistema de poleas, mecanismo de control de potencia y giro de la

Análisis y monitoreo de aceite de motor con la metodología RCM para el mantenimiento predictivo a excavadoras sobre orugas Komatsu en la empresa KOMAQ SERVICE SAC. cuchara de hasta 180° permitiendo el movimiento de 380 metros cúbicos de tierra al día.

En el mismo año se usó la primera excavadora en la construcción del ferrocarril occidental de Massachusetts que conectaría a New York.

2.5.2. Excavadora Hidráulica sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8.

La excavadora hidráulica modelo PC350LC-8 marca KOMATSU, está diseñada para realizar trabajos de excavación bajo superficies, el equipo de trabajo puede girar 360° sobre su estructura inferior fija, las cuales se detallan las especificaciones a continuación.



Figura 15. Excavadora Hidráulica sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8

Fuente: Elaboración Propia.

2.5.3. Motor Komatsu:

KOMATSU SAA6D114E-3, de 4 tiempos, enfriado por agua, de inyección directa. Turbo-cargado y post-enfriado, cuenta con 6 cilindros en línea con un desplazamiento de 8.27 L de potencia neta de 246 HP a 1950 RPM.

Controlador electrónico para control de todas las velocidades.

Cumple con las normas de emisiones estipuladas por la EPA Tier 3 y EU etapa 3A.



Figura 16. Motor Marca Komatsu.

Fuente: Elaboración propia.

- **SISTEMA DE COMBUSTIBLE:** Este tipo de máquina consta de un sistema de combustible HPCR controlado electrónicamente, que alcanza presiones de hasta 16000 bares. Consta de la bomba de alta presión, la bomba de engranajes de alimentación, riel común, inyectores, tuberías de alta presión y filtros de combustible (2 unidades).



Figura 17. Sistema de Combustible de excavadora sobre orugas modelo PC350LC-8.

Fuente: Elaboración propia.

- **SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:** La principal función es absorber el calor generado por la combustión para mantenerlo a temperatura correcta de operación. Consta de una bomba de agua, termostato, radiador, tapa de radiador, mangueras del sistema.

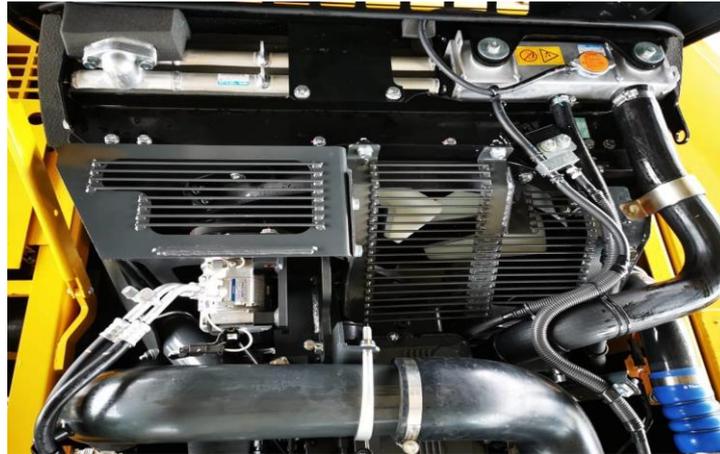


Figura 18. Sistema de Enfriamiento de excavadora sobre orugas modelo PC350LC-8.

Fuente: Elaboración propia.

- **SISTEMA DE LUBRICACIÓN:** Encargada de suministrar el aceite hacia todos los compartimientos móviles internos del motor, consta de una bomba de engranajes que succiona desde la parte interna del cárter y envía flujo de aceite hacia todo el motor.
- **SISTEMA DE ADMISIÓN:** Estos controla la cantidad y calidad de flujo de aire que ingresa dentro del motor, contiene un subsistema principal que consta de un turbo cargador del cual genera una sobrealimentación de aire y lo envía a un post enfriador para que posteriormente ingresa dentro de la cámara de admisión.



Figura 19. Sistema de Admisión de excavadora sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8

Fuente: Elaboración propia.

- **SISTEMA DE ESCAPE:** Este se encarga de derivar los gases de escape hacia el medio ambiente mediante una tubería de salida llamada múltiple de escape, luego de pasar por los ductos, termina por un silenciador. El flujo de gases también pasa por el lado de escape del turbo-cargador haciendo posible su accionamiento.

2.5.4. Sistema eléctrico:

De 24 Voltios con alternador de 60 A y arrancador de 11 KW, con un sistema de iluminación y batería de larga duración.

2.5.5. Sistema hidráulico:

Diseño inteligente con un sistema sensor de carga de centro cerrado, con válvulas sensores de carga y válvulas compensadoras de presión, 5 modos seleccionables de trabajo.

Bomba hidráulica principal de pistones de capacidad variable, para movimientos de la pluma, el brazo, la cuchara, el giro y el traslado.

- Flujo máximo en el circuito de implementos: 380 kg/cm².

Análisis y monitoreo de aceite de motor con la metodología RCM para el mantenimiento predictivo a excavadoras sobre orugas marca Komatsu en la empresa KOMAQ SERVICE SAC.

- Motores hidráulicos de traslado (2) de pistones axiales con freno de parqueo.
- Motor hidráulico de giro (1) de pistones axiales con freno para evitar giros.

Cilindro Hidráulico:



Figura 20. Cilindro Hidráulico de excavadora sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8.

Fuente: Elaboración propia.

Bomba Hidráulica



Figura 21. Bomba Hidráulica de excavadora sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.6. Monitor electrónico:

Monitor LCD a colores multi-funcional, con sistema de regulación de ajuste del flujo de aceite de la bomba hidráulica para 5 modos diferentes de trabajo.



Figura 22. Panel Monitor de Excavadora sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8

Fuente: Elaboración propia.

2.5.7. Sistema de tren de rodado:

El tren de rodado consta de:

Rodillos Superiores: su función principal es dirigir y alinear la cadena desde el lado posterior hasta el lado frontal.

- **Rodillos Inferiores:** soportar el enorme peso de todo el equipo, estos se desplazan sobre los eslabones de la cadena distribuyendo así su carga en toda la cadena.
- **Conjunto de Cadenas:** Está compuesta por eslabones, bocinas, pines, sprocket y zapatas, tomando este último un contacto directo sobre el terreno para poder traccionar.



Figura 23. Sistema Tren de Rodado de excavadora sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8.

Fuente: Elaboración propia

2.5.8. Rueda guía:

Este componente se encarga de guiar a la cadena y absorber los impactos generados durante los desplazamientos del equipo.



Figura 24. Rueda Guía de excavadora sobre orugas modelo PC350LC-8

Fuente: Elaboración propia.

2.5.9. Sistema de estructura:

Chasis principal encargado de alojar a todos los componentes que conforman al equipo, con un radio de giro de 360 grados sobre su eje.



Figura 25. Sistema de Estructura de excavadora marca Komatsu modelo PC350LC-8.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.10. Equipo de trabajo:

Este sistema consta de un conjunto de componentes encargados de la operación y funcionalidad del equipo, Directamente accionados por cilindros hidráulicos para su operación:

- **Brazo:** 2600mm.
- **Aguilón:** 6500mm.
- **Cucharón:** Equipado con puntas roqueras, capacidad de 2.4 m³ para material de densidad máxima de 1.6 Ton/m³.
- **Contrapeso:** 7.371 kg.



Figura 26. Excavadora sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8.

Fuente: Elaboración propia.

2.5.11. Peso de operación:

El equipo pesa 35,091kg. Aproximadamente.

2.6. Descripción de la máquina:

DIMENSIONES DE LA MÁQUINA		PC350LC-8
A	Anchura total de la superestructura	2.995 mm
B	Altura total de la cabina	3.100 mm
C	Longitud total de la máquina base	5.882 mm
D	Longitud cuerpo posterior	3.405 mm
	Radio de giro de cuerpo posterior	3.450 mm
E	Altura libre bajo el contrapeso	1.186 mm
F	Altura del capot de la máquina	2.580 mm
G	Altura libre mínima	498 mm
H	Distancia central entre ejes	4.030 mm
I	Longitud de los carros	4.955 mm
J	Ancho de vía	2.590 mm
K	Anchura de las tejas	600, 700, 800, 850 mm
L	Anchura total con tejas de 600 mm	3.190 mm
	Anchura total con tejas de 700 mm	3.290 mm
	Anchura total con tejas de 800 mm	3.390 mm
	Anchura total con tejas de 850 mm	3.440 mm

Figura 27. Descripción de la Máquina – Excavadora sobre orugas modelo PC350LC-8

Fuente: Empresa KomAQ Service.

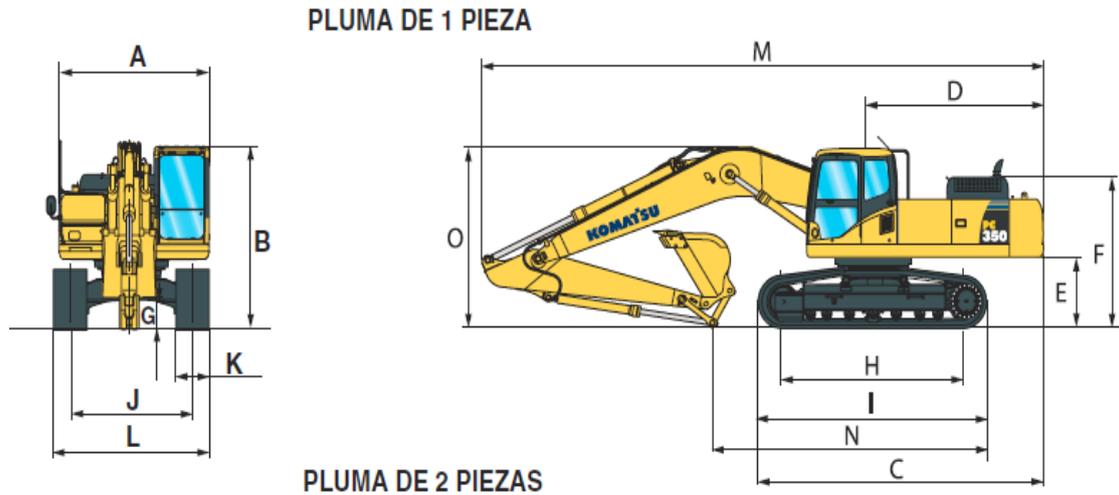


Figura 28. Vista Lateral de Excavadora marca Komatsu modelo PC350LC-8.

Fuente: Empresa Komag Service.

2.7. Limitaciones.

- Una de las principales limitaciones para el desarrollo de la propuesta de implementación fue la restricción a la información, datos que han sido variados por confidencialidad, resistencia al cambio y falta de compromiso por parte de la jefatura.
- Existe gran variedad de información de aplicación de la metodología RCM a equipos del sector minería e industriales, sin embargo, para el campo de equipos de maquinaria pesada fue muy escaso.
- El historial de muestras y mantenimientos predictivos a equipos de marca Komatsu modelo PC350LC-8 ha sido en abundancia, sin embargo, no estaba ordenado para obtener un fácil procesamiento y aplicación.



● **CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

3.1. Proceso de ingreso a la empresa:

Siendo 18 de junio del año 2019, laborando en una empresa, con el cargo de Supervisor de servicios, contacto al dueño de la empresa KOMAQ SERVICE SAC, la cual ya venía realizando trabajos para nuestra compañía como tercero.

Labores la cual realizaba la empresa:

- Mantenimientos preventivos.
- Armado y desarmado de equipos.
- Pintado general de equipos.

Para la fecha siguiente, 24 de junio, tuve conversaciones con el dueño de KOMAQ SERVICE, ya que se había habilitado una plaza para el puesto de SUPERVISOR DE CAMPO, la cual era una muy buena opción como línea de carrera y muy bien remunerada.

A la semana siguiente presento mis documentos para poder postular al puesto.

Se comunicaron con mi persona para acercarme a realizar un Examen médico y seguir con el proceso de ingreso a la nueva compañía.

La primera semana de Julio me indicaron que ya estaba apto para pertenecer a la compañía KOMAQ SERVICE SAC. Sabiendo ello, decido realizar los últimos trabajos en mi compañía anterior para dejar todo en orden y poder retirarme.

En mi compañía, en el área, al cual pertenecía, realizaron una despedida de mi persona, agradeciendo mis años de servicio, ya que empecé como personal técnico de servicios a la maquinaria pesada.

Gracias a este cambio, tengo una línea de carrera en la compañía KOMAQ SERVICE SAC.

Siendo la fecha del 18 de Julio del año 2019, fue mi primer día laboral en las oficinas de KOMAQ SERVICE SAC. Con RUC. 20604794880, ubicado en la Av. Leoncio Prado Mz N Lt 180D Asociación Leoncio Prado Lima – Puente Piedra.

La primera semana de ingreso, estuve en los talleres de la compañía, tratando de aprender y conocer el rubro, movimiento de la compañía, equipos de maquinaria pesada, los cuales indico a continuación.

- Servicio de diagnóstico y reparación de equipos de maquinarias pesada
- Servicio de evaluación y reparación de motores Diesel.
- Servicio de evaluación y reparación de bombas hidráulicas de pistones y engranajes.
- Servicio de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos.
- Importación y venta de repuestos de maquinaria pesada.

A partir de la segunda semana, los trabajos ya empezaron a realizarse en:

- Taller de nuestros clientes.
- Proyectos mineros.
- Campo.
- La misma oficina.

3.2. Personal involucrado en el proyecto.

3.2.1. Personal involucrado:

En el proyecto de análisis y monitoreo de aceite de motor con la metodología RCM para el mantenimiento predictivo a excavadoras sobre orugas en la empresa Kommaq Service SAC:



Para llevar a cabo la aplicación del RCM, es necesario la creación de un equipo de trabajo liderado por un responsable con capacidad para guiar a todo el equipo. El personal involucrado parte de la supervisión hasta el personal técnico calificado.

3.2.2. Miembros del grupo:

- **Planner (1 colaborador).**

Responsable de planificar los mantenimientos de los equipos y sacar información para realizar indicadores de la nueva estrategia.

- **Ing. Predictivo (1 colaborador).**

Responsable de realizar seguimiento a los parámetros de alto potencial y muestras de aceite realizado a nuestros equipos así prolongar la vida útil de estos.

- **Técnico para mantenimiento (1 colaborador).**

Responsable de proporcionar la información y datos reales de los equipos a cargo, especialista en identificación de futuros problemas.

- **Técnico operario (2 colaboradores).**

Personal el cual está en contacto con la mantención y reparación de los equipos

- **Se detalla un nuevo Organigrama.**

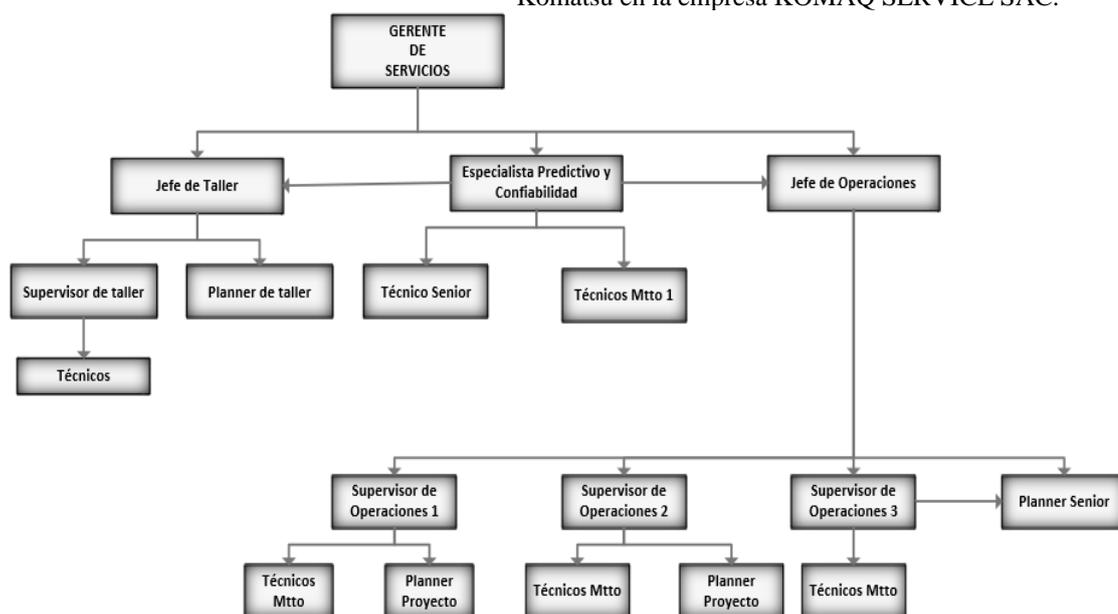


Figura 29. Organigrama Propuesto.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3. El proyecto se desarrolla:

Dentro del área de servicio campo, los cuales indican que la mayoría de equipos son parte del cliente.

3.3.1. Situación actual de los equipos.

Se encontraron falencias en algunos clientes quienes no daban mucha importancia al mantenimiento preventivo y predictivo.

3.3.3. Formato de inspección de equipo.

El resultado de muestras de aceite de los equipos del cliente puede estar siendo de muy buenos resultados y condiciones, pero para ello adicionamos un formato de check list, el cual permite realizar un seguimiento a los equipos con mayor precisión, en base a los niveles de fluidos, fugas, sonidos extraños, etc.

KOMAQ SERVICE	CHECK LIST FINAL INSPECCIÓN GENERAL	Versión: 01
		Código: OMAO_FR_005
		Página 1/2

OS:		Máquina:	
Fecha de Inspección		Supervisor:	
Técnico:			

DATOS DE LA MÁQUINA

Modelo máquina _____ Serie de la Máquina _____
 Modelo del Motor _____ Serie del Motor _____
 Horómetro _____

Elemento a Inspeccionar	Check	Observaciones
ESCALERAS DE ACCESO Y PASAMANOS		
NEUMATICOS		
PUENTE DIFERENCIAL DELANTERO		
PUENTE DIFERENCIAL POSTERIOR		
TANDEM		
CARRILERIA		
RODILLOS SUPERIORES		
RODILLOS INFERIORES		
RUEDA DE GUIA		
GUARDAS Y PROTECTORES		
SEGMENTOS DE SPROCKET		
CARCAZA DE MANDO FINAL		
EJE PIVOTE		
BARRA EQUALIZADORA		
CILINDROS HIDRAULICOS DE DIRECCION		
CILINDROS HIDRÁULICOS DE LEVANTE DELANTERO		
CILINDRO HIDRÁULICO DE INCLINACION DELANTERO		
EQUIPO DE TRABAJO DELANTERO		
VENTILADOR		
RADIADOR		
TAPA DEL RADIADOR		
DEPOSITO DE EXPANSIÓN		
FAJAS EN V		
MOTOR DIESEL		
ALTERNADOR		
ARRANCADOR		
TUBO DE ESCAPE Y SILENCIADOR		
TURBO CARGADOR		
DAMPER		
EJE CARDAN		
BOMBAS Y PTO		

Leyenda	
✓	Conforme
✗	No Conforme
N.A.	No Aplica

OMAO_FR_003 Checklist Final Inspección General Equipos.

Figura 30. Check List de Equipos.

Fuente: Kommaq Service.

KOMAQ SERVICE	CHECK LIST FINAL INSPECCIÓN GENERAL	Versión:	01
		Código:	OMAO_FR_005
		Página	2/2

Elemento a Inspeccionar	Check	Observaciones
CILINDROS HIDRÁULICOS DE LEVANTE POSTERIOR		
CILINDRO HIDRÁULICO DE INCLINACION POSTERIOR		
EQUIPO DE TRABAJO POSTERIOR		
TANQUE DE COMBUSTIBLE		
COLADOR DE TANQUE DE COMBUSTIBLE		
ESPEJOS		
ROPS / FOPS		
BATERIAS		
LLAVE CORTACORRIENTE		
CABINA DEL OPERADOR		
ASIENTO DEL OPERADOR		
CINTURÓN DE SEGURIDAD		
PALANCA DE CONTROL DE TRASLADO		
PALANCA DE SEGURIDAD DE OPERACIÓN		
PEDALES		
JOYSTICK		
PANEL MONITOR		
INTERRUPTORES		
PARADA DE EMERGENCIA		
CLAXÓN Y ALARMA DE MOVIMIENTO		
POTENCIOMETRO DE ACELERACIÓN		
AIRE ACONDICIONADO		
CAJA DE FUSIBLES		
LAMPARA DE SALÓN		
RADIO		
LUZ GIRATORIA		
EXTINTOR		
LUCES DE TRABAJO DELANTERAS		
LUCES DE TRABAJO POSTERIORES		
LUCES DE TRABAJO ADICIONALES		
LUCES DIRECCIONALES (aplica a equipos con neumáticos)		
LUCES DE PARADA (aplica a equipos con neumáticos)		

Observaciones Adicionales

• Nota: Las observaciones escritas en el recuadro deben ser claras y precisas.

Leyenda	
✓	Conforme
✗	No Conforme
N.A.	No Aplica

OMAO_FR_003 Checklist Final Inspección General Equipos.

Figura 31. Check List de Equipos.

Fuente: Komaq Service.

3.3.4. Plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de aceite.

Monitoreo de condiciones. Los equipos son atendidos por mano de obra calificada.

3.3.5. PM Clinic.,

Inspección General de equipo cada 250 horas de operación. Pm clinic cada 2000 horas de operación.



Figura 32. Proceso PM Clinic.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.6. KOMTRAX. Sistema de monitoreo satelital.

3.3.7. KUC.

En esta actividad se mide el desgaste del tren de rodamientos cada 500 horas, el control es mandatorio por tratarse de un costo elevado. Los valores de desgaste de cada componente se encuentran en el anexo 3.



Figura 33. Proceso de Medición KUC.



Figura 34. Proceso de Medición KUC.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.8. Análisis de aceite:

Sistema para medir la densidad de partículas de desgaste que se forman como consecuencia de la fricción constante entre superficies metálicas de componentes.

Toma de muestras y su interpretación KOWA. Este servicio considera:

- Cada 250 horas, muestras de aceite de motor.
- Cada 500 horas, muestras de todos los compartimientos.



Figura 35. Análisis de Muestra de Aceite.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.9. Monitoreo de frecuencia de cambio de aceite de los componentes de

la excavadora marca Komatsu PC350LC-8:

Expresado en intervalos de 0 a 8000 horas.

Intervalos para muestras de Aceite de Sistemas de la excavadora marca Komatsu PC350LC-8 de 0 - 8000 horas						
Horas de servicio	Motor	Damper	Motor de Giro	Sistema Hidráulico	Mando Final Derecho	Mando Final Izquierdo
250	X					
500	X	X	X	X	X	X
750	X					
1000	X	X	X	X	X	X
1250	X					
1500	X	X	X	X	X	X
1750	X					
2000	X	X	X	X	X	X
2250	X					
2500	X	X	X	X	X	X
2750	X					
3000	X	X	X	X	X	X
3250	X					
3500	X	X	X	X	X	X
3750	X					
4000	X	X	X	X	X	X
4250	X					
4500	X	X	X	X	X	X
4750	X					
5000	X	X	X	X	X	X
5250	X					
5500	X	X	X	X	X	X
5750	X					
6000	X	X	X	X	X	X
6250	X					
6500	X	X	X	X	X	X
6750	X					
7000	X	X	X	X	X	X
7250	X					
7500	X	X	X	X	X	X
7750	X					
8000	X	X	X	X	X	X
	32	16	16	16	16	16
				Total de muestras		112

Figura 36. Monitoreo de frecuencia de cambios de aceite de la excavadora marca Komatsu.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.10. Costo de muestras de aceite:

Muestras de Aceite				
Nº	Sistema	Horas 0 - 7000 (Veces de cambio)	Costo por muestra	Costo Total.
1	Motor	28	\$17.00	\$476.00
2	Damper	14	\$17.00	\$238.00
3	Motor de Giro	14	\$17.00	\$238.00
4	Sistema Hidráulico	14	\$17.00	\$238.00
5	Mando Final Derecho	14	\$17.00	\$238.00
6	Mando Final Izquierdo	14	\$17.00	\$238.00
	Total de veces	98	Costo Total	\$1,666.00
			Costo por Hora 0-7000	\$0.24

Figura 37. Costo de Muestra de Aceite.

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.11. Cartilla de mantenimiento preventivo (Reemplazo de componentes):

De acuerdo a la recomendación de fábrica: Estos mantenimientos están basados a lo que recomienda el manual del fabricante en sus manuales de Operación y Mantenimiento, donde se describen los intervalos de mantenimiento.

KOMAQ SERVICE		CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Equipo : EXCAVADORA		O & M : PC350LC-8 N/S: A10001-UP		
Marca : KOMATSU		CSS : PC350LC-8 N/S: A10001-UP		
Modelo : PC350LC-8				
Serie Equipo : A10001 and up				
Motor Diesel :				
Serie Motor:				
FILTROS	Recomendado	Cantidad por Equipo	Frecuencia de Cambio (hrs.)	Observaciones
Filtro de Aire Primario (1)	600-185-6110	1	CSR	
Filtro de Aire Secundario (1)	600-185-6120	1	CSR	
Respiradero de Tanque Hidráulico	20Y-60-21470	1	500	
Respiradero adicional de Tanque Hidráulico	207-60-51311	1	500	
Filtro de Aceite de Motor	6742-01-4540	1	250	
Filtro de Combustible (2)	6754-79-6140	1	250	
Pre Filtro de Combustible	600-319-3610	1	250	Incluye O-ring 600-311-3630
Filtro Piloto para Equipo con Martillo (a)	20Y-62-51691	1	1000	
O-ring Filtro Piloto	706-76-71390	1	1000	
Filtro de Aceite Hidráulico	207-60-71182	1	1000	Incluye el O-ring 07000-15195
Filtro de Aire Acondicionado Recirculante	208-979-7620	1	CSR	
Filtro de Aire Acondicionado Limpio	17M-911-3530	1	CSR	
Filtro para Triturador (b)	207-970-5121	1	CSR	Incluye los O-rings 07000-12011 y 07000-02125

Figura 38. Cartilla de Mantenimiento - Componentes.

Fuente: Komag Service.

3.3.12. Cartilla de mantenimiento preventivo (Reemplazo de fluidos):

De acuerdo a la recomendación de fábrica, se tiene las siguientes cartillas.

KOMAQ SERVICE		CARTILLA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
Equipo :	EXCAVADORA	O & M :	PC350LC-8 N/S: A10001-UP		
Marca :	KOMATSU	CSS :	PC350LC-8 N/S: A10001-UP		
Modelo :	PC350LC-8				
Serie Equipo :	A10001 and up				
Motor Diesel :					
Serie Motor :					

Lubricantes	Especificaciones	Código SAP (55 Gln)	Código SAP (5 Gln)	Frecuencia de Cambio (Hrs.)	Capacidad de Relleno (Gln.)
Cárter del Aceite de Motor (1)	SAE15W40 (-15 a 50 °C)	VAP15405500	VAP15400500	250	9.25
Caja de Giro Mecanizado	SAE 30W	VATO4305500	VATO4300500	1000	4.36
Cajas de Mandos Finales (2)				2000	4.76
Caja del Amortiguador				2000	0.34
Sistema Hidráulico (3)	SAE 10W	VATO4105500	VATO4100500	5000	49.67
Boquillas de Engrase, Circulo y Piñón de Giro. (4)	Grasa Comp. Lito, NLGI 2, EP.	VAVV70129	VAVV70132	-	0.5
Sistema de Enfriamiento	Super refrigerante AF-NAC	KM1400165H1	KM1400164H1 (1 Gln)	4000	8.45

Figura 39. Cartilla de Mantenimiento Preventivo-Fluidos.

Fuente: KomAQ Service.

Se recomienda agregar aceite de acuerdo a lo que manda el manual del fabricante, referente a sus cartillas de mantenimiento, el uso necesario y extracción de muestra de aceite para cada fluido (compartimiento del equipo) para tener un mayor control de desgaste de estos.

Tabla 2. Matriz de Consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVOS	INDICADORES
----------	-----------	-------------

<p>¿Efecto del análisis y monitoreo del aceite lubricante en la anticipación de anomalías o fallas de la maquinaria como herramienta de MP??</p>	<p>* Optimización del rendimiento de la maquinaria pesada por el análisis y monitoreo de aceite lubricante.</p> <p>* Establecer un método de monitoreo de aceite para detectar fallas y evitarlas.</p> <p>* Establecer los costos involucrados en el mantenimiento debido a las fallas no planificadas.</p>	<p>El estado de seguimiento de aceite obtuvo los valores de un 29% a un 86%, quedando como resultado que se tiene una mejora aplicando el análisis de aceite.</p>
--	---	---

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Objetivos:

- Implementar un procedimiento para la realización de toma de muestras de aceite de motor Komatsu.
- Realizar un programa de entrenamiento al personal para la toma de muestras de aceite de motor Komatsu.
- Realizar un proceso para la realización del mantenimiento predictivo durante los cambios de aceite, de excavadoras sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8 en la empresa KOMAQ SERVICE SAC.

3.5. Implementación del análisis y monitoreo de aceite de motor con la metodología RCM para el mantenimiento predictivo a excavadoras sobre orugas en la empresa KOMAQ SERVICE SAC.



3.5.1. Implementación del RCM:

Para llevar a cabo la aplicación del RCM, es necesario la creación de un equipo de trabajo liderado por un responsable con la capacidad de llevar el liderazgo de todo el equipo. El grupo de trabajo debe conocer el proceso para un mejor entendimiento.

- Como estrategia de solución del problema planteado se procedió con la implementación de un plan de mantenimiento.

3.6. Plan de Mantenimiento Propuesto

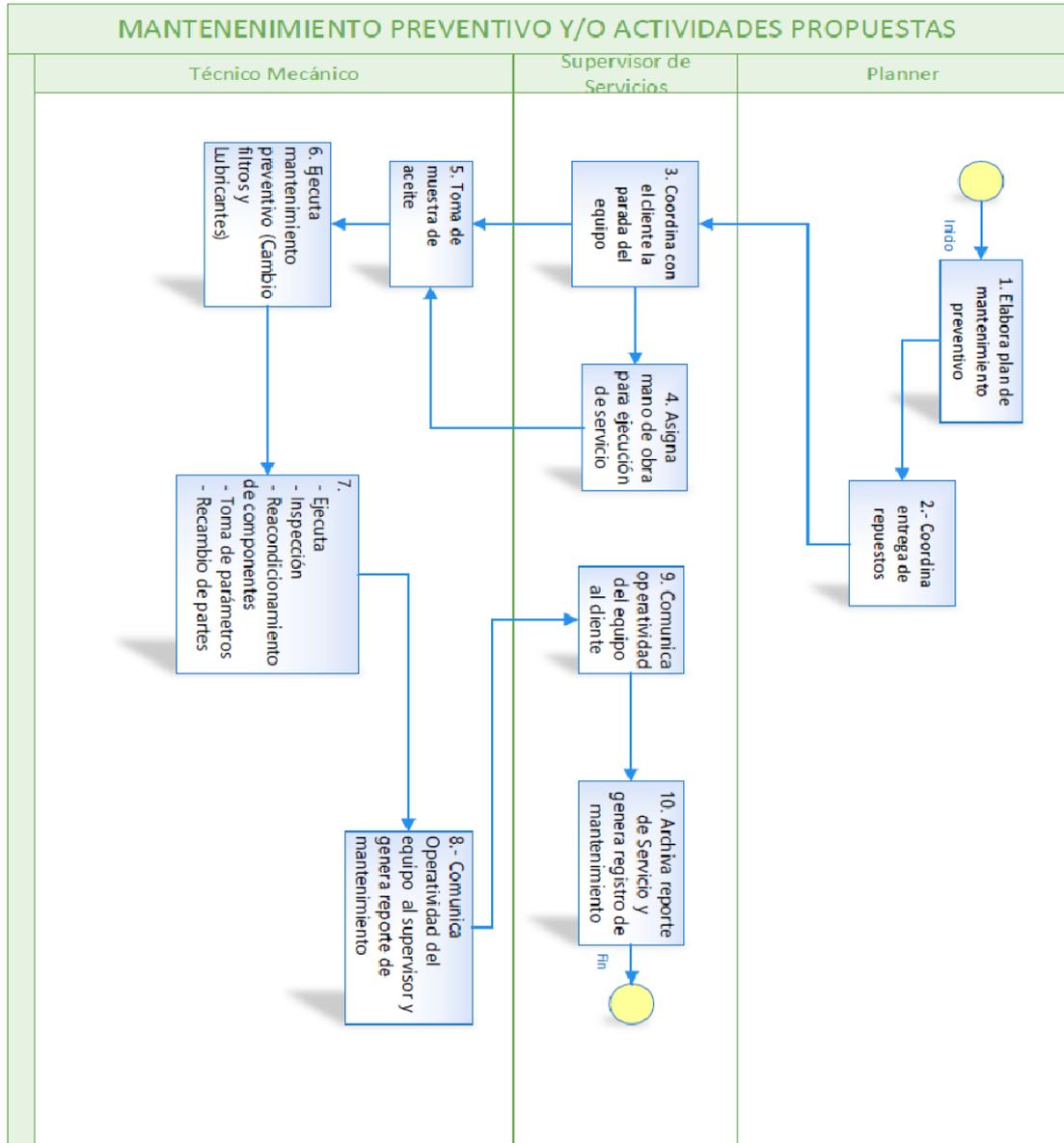


Figura 40. Plan de Mantenimiento Propuesto.

Fuente: Elaboración Propia

3.7. Organigrama Propuesto:

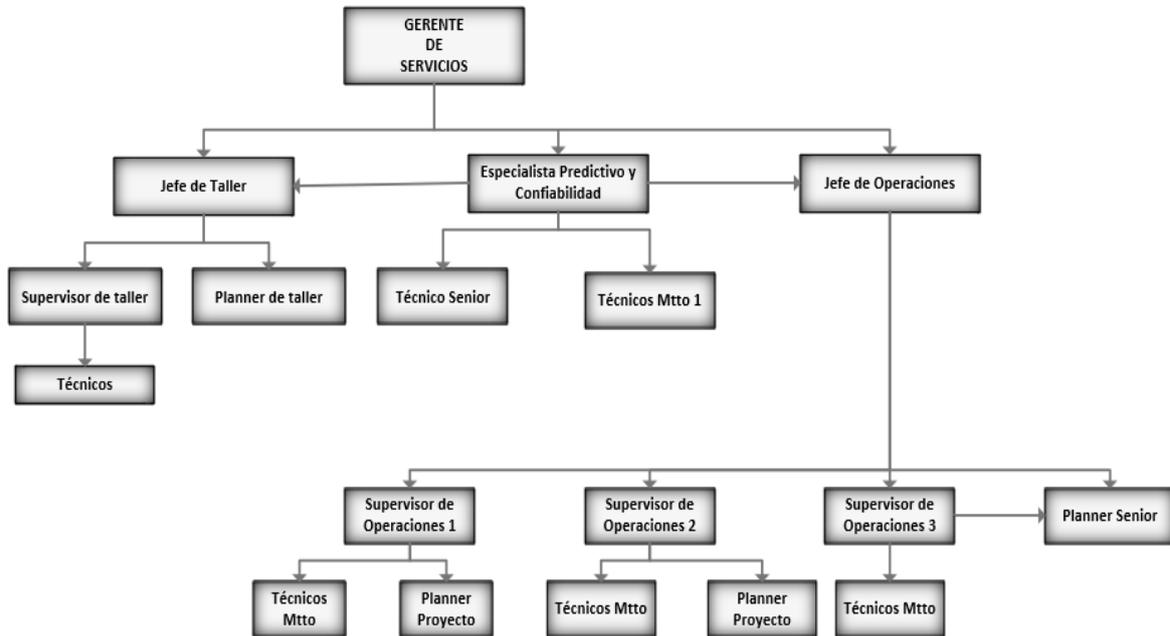


Figura 41. Organigrama propuesto.

Fuente: Elaboración Propia

3.8. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos:

El presente trabajo propone una metodología práctica, sencilla y sistematizada para que cuando se realice el análisis de muestreo del lubricante, se pueda anticipar a las fallas de la maquinaria considerando una herramienta de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. Esto permite que optimicemos los periodos de drenaje de fluidos y mantenimientos.

El reemplazo de fluidos oportuno en los equipos, permite disminuir el gasto de energía adicional y por ello los motores de estos equipos disminuirán en las pruebas de emisiones de gases de combustión. Además, se cuenta con la certificación ISO 14001, así garantizamos los estándares de gestión ambiental.

La metodología se basa en el muestreo de análisis de aceite de 2 maneras muy eficientes:

- Realizar el muestreo de aceite cada mantenimiento de equipo (cada 250 horas de trabajo).
- Realizar el muestreo de aceite en cada observación y/o anomalía detectada durante la operación del equipo.

3.10. Procedimiento – Herramientas de Ingeniería.

(Duffuaa, A. Raouf, Y Dixon, 2009) Sistema de mantenimiento, planeamiento y control.

- **DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO (DIAGRAMA DE ISHIKAWA O ESPINA DE PESCADO).**

Es una herramienta que permite identificar la causa raíz de cada problema dentro de un proceso productivo, clasificando por separado y con distintos factores que intervienen en el proceso.

Se clasifican en 6 puntos principales llamados 6M's.

- M1: Mano de obra.
- M2: Métodos.
- M3: Máquinas.
- M4: Materiales
- M5: Método Ambiente.
- M6: Mediciones.

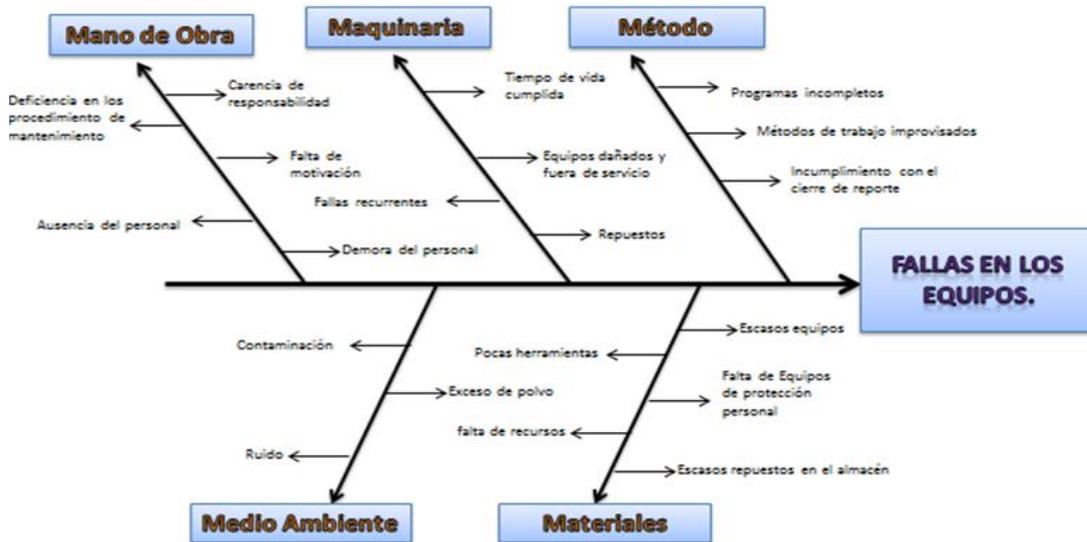


Figura 42. Diagrama de Causa y Efecto - Ishikawa.

Fuente: Empresa de Kommaq service.

3.11. Principio de Pareto:

Este tiene como objetivo encontrar los problemas que tengan mayor impacto en la compañía comparados con las causas que los originan. También conocida como el 80 – 20, que indica que el 20% de los problemas causan un impacto del 80%. Esta se puede aplicar a diversos problemas en una empresa, niveles de inventario, producción e incluso en temas personales.

Generalmente en donde se colocan los problemas, su frecuencia y su frecuencia acumulada debe de ordenarse de mayor a menor de acuerdo a las frecuencias.

En el eje vertical se coloca la frecuencia y en el eje horizontal los problemas, debe realizarse de manera que puede representarse todos los datos de la tabla generada.

Las barras de las frecuencias se grafican con una línea de frecuencia acumulada.

Realizar un análisis de los pocos vitales para establecer prioridades de mejoras.

3.12. Optimización del análisis y monitoreo de aceite lubricante.

3.12.1. Análisis de criticidad:

Se valorará los resultados de criticidad de la siguiente manera

Criticidad = Frecuencia X Consecuencia.

Consecuencia = (Impacto Operacional x Flexibilidad Operacional) + (Costo Mantenimiento) + (Impacto Seguridad y Medio Ambiente).

Consecuencia = (Impacto Operacional x Flexibilidad Operacional) + (Costo Mantenimiento) + (Impacto Seguridad y Medio Ambiente)

Consecuencia = (10 x 2) + (5) + (16)

Consecuencia = 41

Criticidad = Frecuencia X Consecuencia.

Criticidad = 1 X 41.

Criticidad = 41.

Ecuación 1. Análisis de criticidad.

Fuente: Elaboración propia.

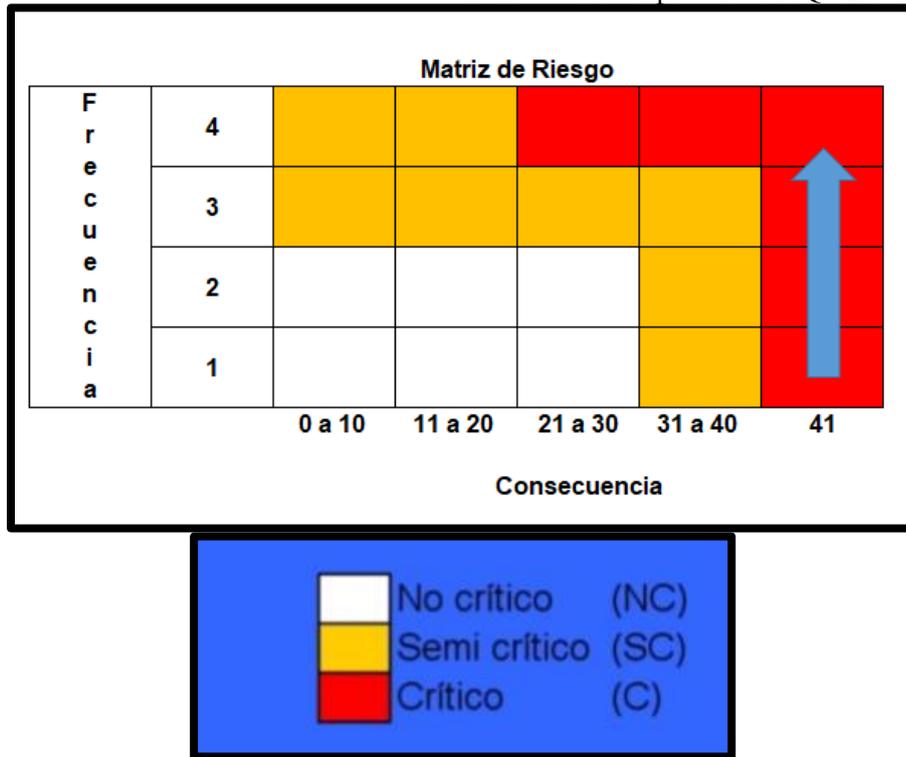


Figura 43 Matriz de Riesgo.

Fuente: Elaboración Propia.

Según el análisis de criticidad, muestra que el estado es crítico, en este caso se necesita realizar un mantenimiento preventivo para evitar y disminuir el nivel de criticidad.

Tabla 3. Matriz de Criticidad.

EQUIPO	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	PRODUCCIÓN	CALIDAD	MANTENIMIENTO
Excavadora Hidráulica PC350	La excavadora hidráulica puede ocasionar lesiones y/o accidentes fatales, si no se tiene mucho cuidado al momento de operar o maniobrar el equipo.	Esta máquina está en un frente de trabajo lo cual tiene como fin cargar 15 volquetes para trasladar el material, pero la parada inesperada que sufre este equipo ocasiona una baja en la producción de movimiento de material, esto ocasiona que los volquetes paren por fuerza mayor hasta que se dé operativo dicha excavadora.	Esta falla compromete el buen funcionamiento de otros componentes	El costo de mantenimiento por equipo es de \$4000
	La máquina requiere de un mantenimiento preventivo el cual se hace cada 250 horas de trabajo.			Las averías se presentan por mal mantenimiento
	Anteriormente algunos operadores no tenían el control total de esta máquina, ocasionando daños internos.			Un mal mantenimiento por horas desfasadas puede ocasionar otra parada inesperada del equipo

Fuente: Elaboración Propia.

● **CAPÍTULO IV. RESULTADOS**

4.1. Descripción de los resultados obtenidos del proyecto laboral.

Al implementar un procedimiento para la toma de muestras de aceite de motor de la marca Komatsu para el modelo de excavadora PC350LC-8, se obtuvieron algunos resultados al ser implementados.

En primer lugar, se realizó un análisis de la situación actual, en donde se describe el flujograma de mantenimiento actual que está basado en mantenimiento preventivo y/o cambio de aceite, organigrama actual, sistemas de los equipos, así mismo se realiza un diagrama de causa y efecto para hallar la causa raíz de la baja, obteniendo como resultado la estrategia de mantenimiento deficiente.

Posteriormente se definen parámetros para cumplir los objetivos finales, los cuales incrementan la disponibilidad de los equipos, obteniendo mayor beneficio y optimización de los recursos ya existentes.

A través de la metodología RCM se identifican sistemas de la excavadora, funciones y especificaciones de los diferentes componentes que conforman el equipo, posteriormente se realiza un análisis de criticidad. A través de la hoja de decisión se define una tarea propuesta a cada falla con asignación de responsable, tiempo. Costo e intervalo de inspección, toma de parámetros, recambio de partes o reacondicionamiento.

Finalmente se incrementan mejoras realizando mantenimientos predictivos, toma de parámetros los cuales ayudan a diagnosticar el estado de los equipos.

4.1.1. Propuesta para implementar un procedimiento para la toma de muestras de aceite de motor Komatsu.

De acuerdo al problema encontrado dentro la empresa Kommaq Service SAC, se implementa un procedimiento para la toma de muestras conformado desde

los materiales e implementos a utilizar como primera parte, los cuales se detallan a continuación.

Materiales:

Aceites de todos los compartimientos las de excavadora PC350LC-8:

- **Aceite de Motor 15W40:** Lubricante multigrado el cual está diseñado precisamente para la protección de motores de combustión interna clasificados como Diesel de 4 tiempos turbo cargados y de aspiración natural ya que soporta bajas y altas temperaturas en diferentes tipos de operación,

Equipos para muestras de aceite de motor.:

- **Bomba de Vacío:** Adaptado para el tipo de botella, extracción de fluidos, para componentes presurizados y no presurizados. Permite tomar una muestra representativa sin contaminación.
- **Manguera para muestra.** Capaz de soportar 13 kg/cm² de presión al momento de la extracción de los fluidos.
- **Frascos Apropriados para Muestras.** Con una capacidad específica para la muestra sin contacto con el exterior.
- **Pirómetro (Pistola de Temperatura).** Dispositivo capaz de medir la temperatura de una sustancia sin necesidad de estar en contacto con ella, para tener una mayor precisión en las muestras de los fluidos.

Procedimiento para la toma de muestra de aceite.

La cantidad mínima de aceite requerida por el laboratorio es de 150 ml.

Con el motor en ralentí y a una temperatura adecuada de 40°C, ya estaría listo para la extracción.



Los pasos a seguir para la buena extracción de muestras de aceite son las siguientes:

- Apagar el motor, utilizar la manguera para muestras y medirla con la varilla de medición de aceite de motor, para así tener la longitud exacta de acuerdo a lo necesitado, desde la bomba de aceite hasta la parte media dentro del compartimiento a extraer la muestra.
- Inserte la manguera por la cabeza de la bomba de vacío, luego apriete la tuerca de retención, la manguera deberá salir aproximadamente 4 cm de la base de la bomba de vacío.
- Una vez colocado el envase a la bomba de vacío, cerciorarse que esté totalmente hermético tanto la bomba de vacío y el frasco para muestreo, no permita que la manguera toque el fondo del envase.
- Accionar la manija de la bomba para generar un vacío, de forma vertical, y así poder extraer la muestra de aceite. Solo llenar las tres cuartas partes del frasco.
- Sacar con cuidado la manguera dentro del compartimiento sin mancharla, sacar el frasco y cerrarla para evitar contaminación con el medio ambiente, podría dar una mala lectura si no se tiene el cuidado necesario con la limpieza.
- Pegar la etiqueta de identificación del equipo.
- Por último, mantener limpio los envases para realizar las muestras de aceite y almacenarlos en bolsas de plásticos a prueba de contaminantes externos.
- Datos necesarios para obtener una muestra de aceite.

Los resultados de muestras de aceite deben tener datos importantes como nombre y marca del lubricante, modelo y serie del equipo, horómetro y fecha de muestreo de análisis, horas de aceite y reemplazo si es que se efectuó, algún relleno adicional y necesariamente el nombre del responsable de la muestra efectuada para tener un registro y datos adicionales.

KOMAQ SERVICE		KOWA		
Equipo: _____	O/S: _____	MUESTRAS DEL COMPONENTE <input type="checkbox"/> Carter de motor <input type="checkbox"/> Transmisión <input type="checkbox"/> Sistema Hidráulico <input type="checkbox"/> Circuito de Giro <input type="checkbox"/> Motor de Giro <input type="checkbox"/> Caja Amortiguador Vib. <input type="checkbox"/> Diferencial Delantero <input type="checkbox"/> Diferencial Posterior <input type="checkbox"/> Mando Final Delantero Der. <input type="checkbox"/> Mando Final Delantero Izq. <input type="checkbox"/> Mando Final Posterior Der. <input type="checkbox"/> Mando Final Posterior Izq. <input type="checkbox"/> Tandem Izquierdo <input type="checkbox"/> Tandem Derecho <input type="checkbox"/> Cojinete de Traslado (Der.) <input type="checkbox"/> Cojinete de Vibración (Izq.) <input type="checkbox"/> Engranaje accionamiento de rodillo <input type="checkbox"/> Engranaje reductor del eje <input type="checkbox"/> Combustible		
Ubicación y/o Cliente: _____				
Marca del lubricante: _____	SAE / ISO: _____ API: _____			
Marca y Modelo: _____	Fecha de Muestreo: _____			
Serie del Equipo: _____	Cap. Sistema / Componente (Gins): _____			
Hrs. del Equipo: _____	Hrs. del Aceite: _____			Aceite Cambiado: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
Rellenos (si son significativos) _____	Filtro Cambiado: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
Técnico(s): _____				
Supervisor: _____				

Figura 44. Formato de Muestra de Aceite.

Fuente: Kommaq Service.



Figura 45. Muestreo de Aceite de motor PC350LC-8.

Fuente: Elaboración Propia.



4.1.2. Propuesta para realizar un programa de entrenamiento al personal para

la toma de muestras de aceite de motor Komatsu.

De manera adicional se debe capacitar al equipo de técnicos que prestarán servicios de mantenimiento y monitoreo de condiciones de los equipos en diferentes puntos de trabajo de los clientes, lima y provincias.

- **Fase 1:** Capacitación interna: Se desarrolla dentro de las instalaciones del área de capacitación de la empresa; el objetivo es nivelar los conocimientos previos del personal.
- **Fase 2:** Capacitación por fábrica: la capacitación se brindará también en las instalaciones de la fase 1 para ahorrar costos. El objetivo es capacitar, orientar la nueva estrategia de mantenimiento por personal capacitado.
- **Fase 3:** Capacitación durante el desarrollo: El especialista Predictivo y confiabilidad viajará a los proyectos en 2 oportunidades, para reforzar el entrenamiento al personal técnico.

A su vez capacitará desde el principio a los técnicos, del nuevo proceso el cual se implementa para el mantenimiento predictivo.



Descripción de costo de capacitación de las tres fases:

DESCRIPCIÓN	LUGAR	MOBILIDAD	DURACIÓN	COSTO TOTAL
Fase 1: Capacitación Interna	Centro de capacitación Central y Sucursales		3 días	
Pasajes terrestres a sucursal				\$1,492.90
Alimentación				\$1,984.90
Traslado				\$1,374.20
Costo del curso				\$4,851.90
Fase 2: Capacitación por Fabrica	Centro de capacitación central y Sucursales	Presencial	3 días	
Hospedaje en Lima				\$499.70
Alimentación en Lima				\$6.94
Servicios de movilidad				\$416.40
Costo del Curso				\$1,610.10
Fase 3: Capacitación durante el desarrollo	Proyectos - Campo		1 semana	
Pasajes Aereos				\$1,838.00
Hospedaje en Lima				\$1,332.50
Alimentación				\$999.40
Costo del curso				\$4,169.90
Total inversión				\$10,631.90

Figura 46. Descripción de Costo de Capacitación de las Tres Fases.

Fuente: Elaboración Propia.

Los cursos para el personal se llevarán a cabo en Lima y provincia (establecimientos de los clientes), con la finalidad de evitar costos de traslados de personal hasta Lima. El costo total se presenta al área de servicios para que contemplen el costo total de \$10631.90 Dólares americanos.

Demostrar el resultado de la implementación:

- **Costo operativo de excavadora – Actual.**

Costo Horario Operativo Actual						
PC350LC-8	Alistamiento	Tren de Rodamiento	Correctivo	Preventivo	HH	Total
Costo Horario	\$0.57	\$4.97	\$3.51	\$2.04	\$0.75	\$11.84
		\$9.05				

El costo Operativo actual, para trabajos a realizarse en una excavadora PC350LC-8 es de \$11.84 por hora.

Se quiere mejorar el costo operativo actual de acuerdo al siguiente cuadro.

- **Costo operativo de excavadora-Nuevo plan de mantenimiento propuesto.**

Costo Horario Operativo Actual								
PC350LC-8	Alistamiento	Tren de Rodamiento	Correctivo	Predictivo	HH por nuevo plan de Mantenimiento	Preventivo	HH	Total
Costo Horario		\$6.83		\$0.24	\$0.85	\$1.11	\$0.75	\$9.78
		\$7.92						

El nuevo plan de mantenimiento presentado, disminuye el costo total, a pesar de haber incluido actividades adicionales.

4.1.3. Propuesta para realizar un proceso para el mantenimiento predictivo durante los cambios de aceite, de excavadoras sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8 en la empresa KOMAQ SERVICE SAC.

A continuación, se implementa como mejora un proceso de ejecución para que acompañe a los mantenimientos preventivos los cuales ya están destinados durante el periodo de trabajo de los equipos.

Este proceso conlleva a detallar cada paso a seguir, desde la identificación de los equipos hasta la última decisión que se pueda tomar con el resultado de los análisis provenientes del laboratorio.

- Identificar los equipos. Ya estando en proyectos de Lima o provincias, el personal realizará la identificación de los equipos para empezar con su seguimiento en campo.
- Toma de muestras. El personal tendrá que llevar un control de mantenimientos preventivos a los equipos, esto indica que cuando intervenga un equipo, no solo realizará el mantenimiento preventivo, sino también el mantenimiento predictivo, detallado en la toma de muestras.
- Llenado de datos. Con el mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo, el personal detalla mediante formatos establecidos, una serie de datos, los cuales

tendrán que ser detallados para nuestro cliente y nosotros como empresa Kommaq Service SAC.

- El personal tendrá un máximo de 7 días para poder trasladar y/o enviar las muestras de los equipos que tiene registrados, ya que, pasado este periodo, dichas muestras no son tan certeras, ya que los contaminantes que se puedan encontrar en el frasco de aceite, se degradan y pierden veracidad.

En ese periodo deberá enviarlo al laboratorio especializado para que también tengan un registro del equipo, adicional enviará un correo como para realizar seguimiento de la sede central de Kommaq Service.

- El laboratorio de muestras de aceite, tiene un plazo de 3 días hábiles el cuál debe de responder con los resultados de las muestras enviadas.
- Recepción de informe. El personal conjuntamente con la supervisión deberá de identificar los resultados provenientes del laboratorio, ya que estos pueden estar fuera de los rangos permisibles de acuerdo a la tabla de valores de muestras de aceite de motor.
- Lectura de información. El laboratorio deberá enviar un informe digital el cual indica en qué valor de contaminación se encuentra la muestra de aceite de motor Komatsu.
- Interpretar resultados. El informe adicionalmente indica de manera muy fácil la lectura de contaminantes, los cuales se detallan por colores.
- Estado de análisis de aceite por componente.

El análisis de muestra de aceite viene hacer de mucha importancia en poder determinar fallas y anomalías que se puedan estar presentando en el componente o sistema.

Tabla 4. Condiciones Permisibles.

CONDICIONES	ABREVIADO	COLOR	DESCRIPCIÓN
NORMAL	N		El aceite se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el fabricante.
SEGUIMIENTO	S		El aceite se encuentra sobre los valores normales, teniendo que realizar un seguimiento constante para detectar la falla antes de pasar a un estado crítico.
ALERTA	A		El aceite se encuentra en un estado de alerta donde se tiene que tomar acciones inmediatas antes de que el componente falle.

Fuente: Elaboración Propia.

Este recuadro indica que los análisis de aceite que están dentro de la casilla verde (N) son de parámetros aceptables, el de color anaranjado (S), muestra que están con alguna operación, y se tiene que hacer seguimiento, en el recuadro rojo (A) indica que hay una alerta de posible anomalía y se tiene que atacar de inmediato para que no sea muy crítico.

- Establecer las acciones. Este punto final es muy importante ya que se refiere a tomar una muy buena decisión al encontrarse con resultados de color naranja, estos implican costo de aceite, mano de obra, tiempo de equipo inoperativo, repuestos críticos.

Procedimiento:

- Se realizó un diagnóstico al área de mantenimiento a través de un recorrido por la situación actual de la línea, para visualizar la problemática planteada.
- Se recopiló solo la información de los principales indicadores necesarios para determinar la situación actual de la disponibilidad de equipos.



- Se analizó la información recopilada.
- Recolección de información del análisis de aceite de equipos pesados en del área de mantenimiento.
- Se efectuó un análisis de las competencias de los colaboradores para determinar el grado de capacitación actual.
- Se elaboraron las actividades a realizar para la implementación de la metodología RCM en el área de mantenimiento.

Muestra de aceite con observación de color verde (desgaste interno normal del equipo)

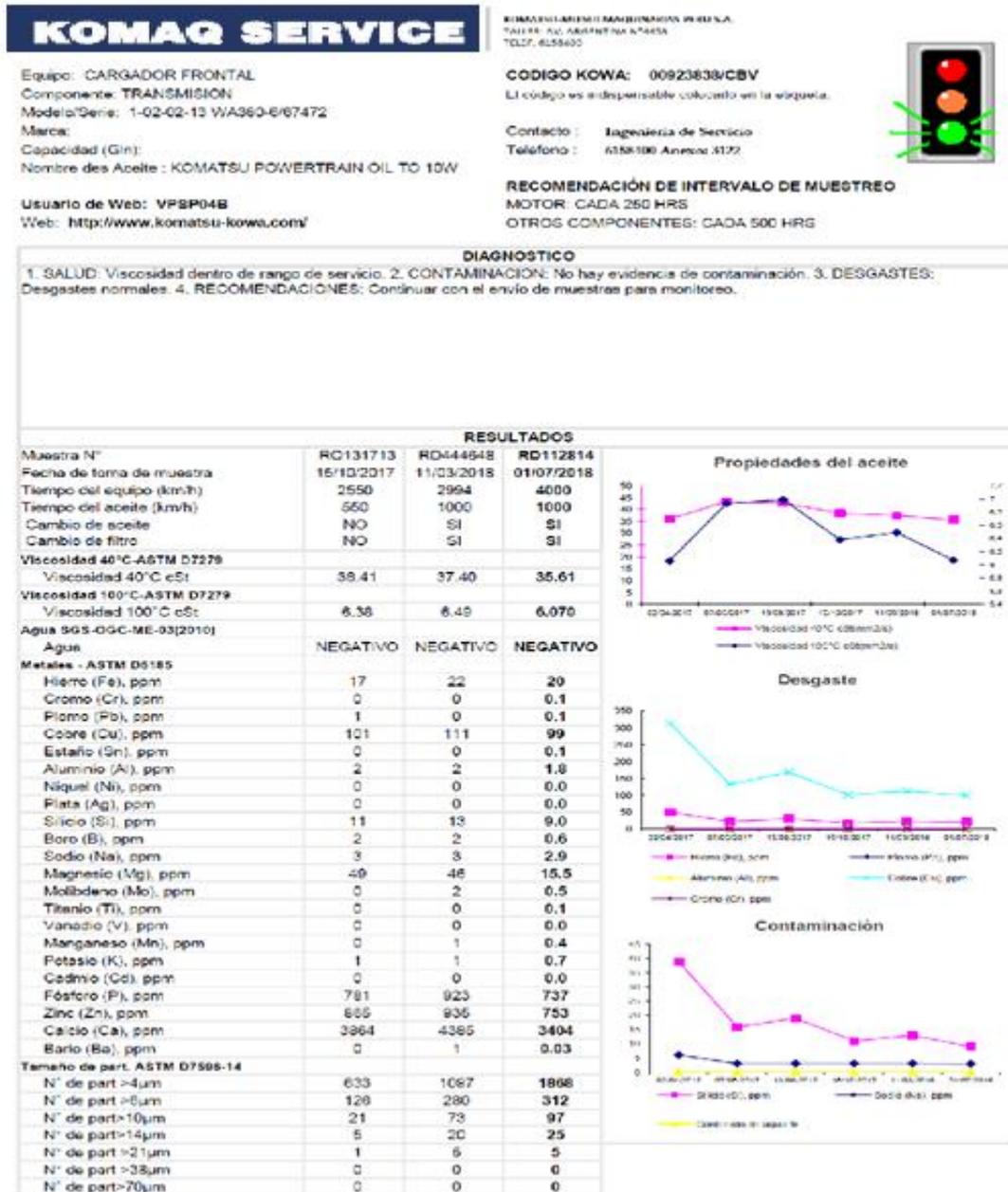


Figura 47. Muestra de aceite color verde.

Fuente: KomAQ Service.

Muestra de aceite con observación de color naranja (realizar seguimiento durante la operación del equipo).

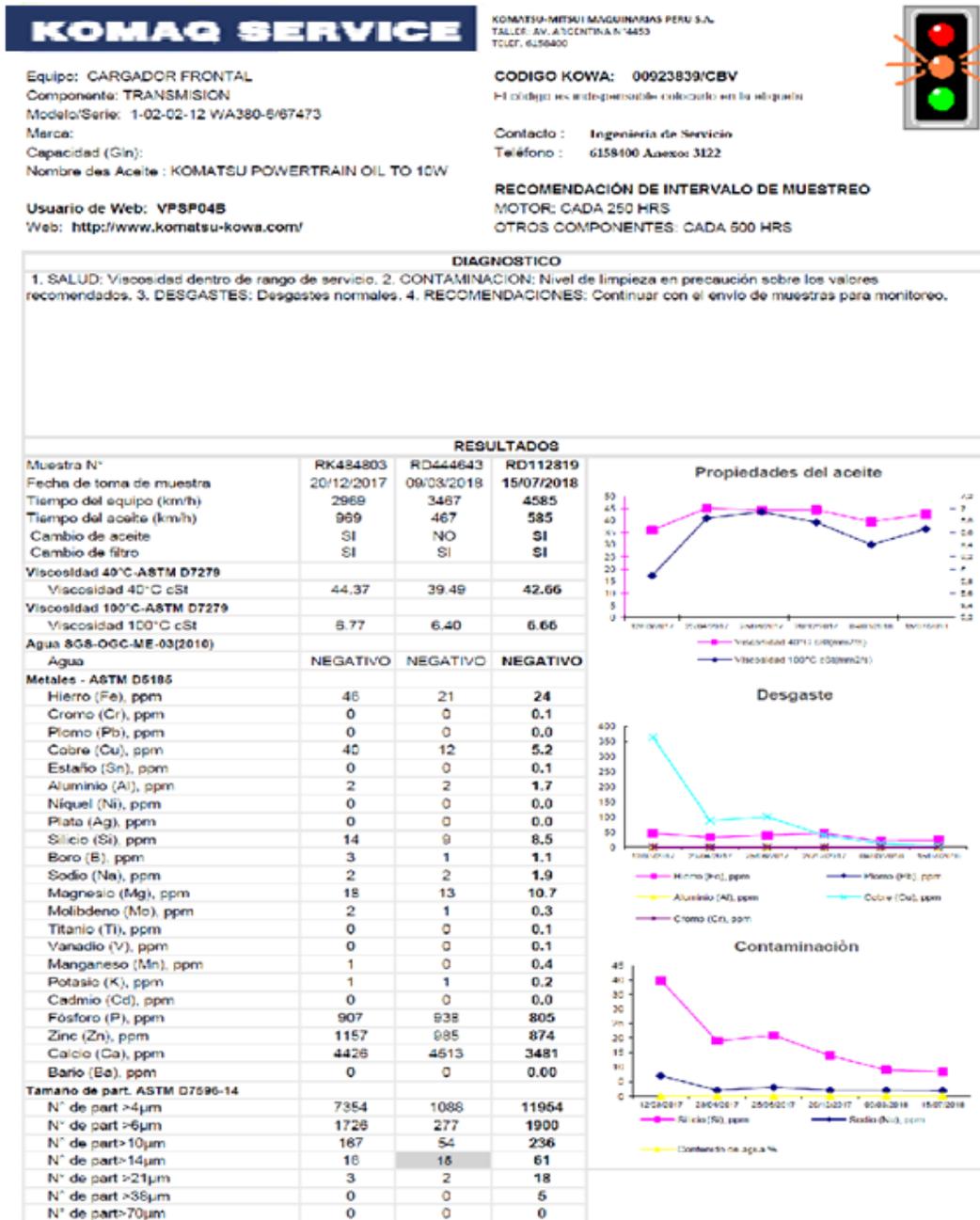


Figura 48. Muestra de aceite color naranja

Fuente: Komag Service.

Muestra de aceite con observación de color rojo (realizar parada urgente del equipo por criticidad).

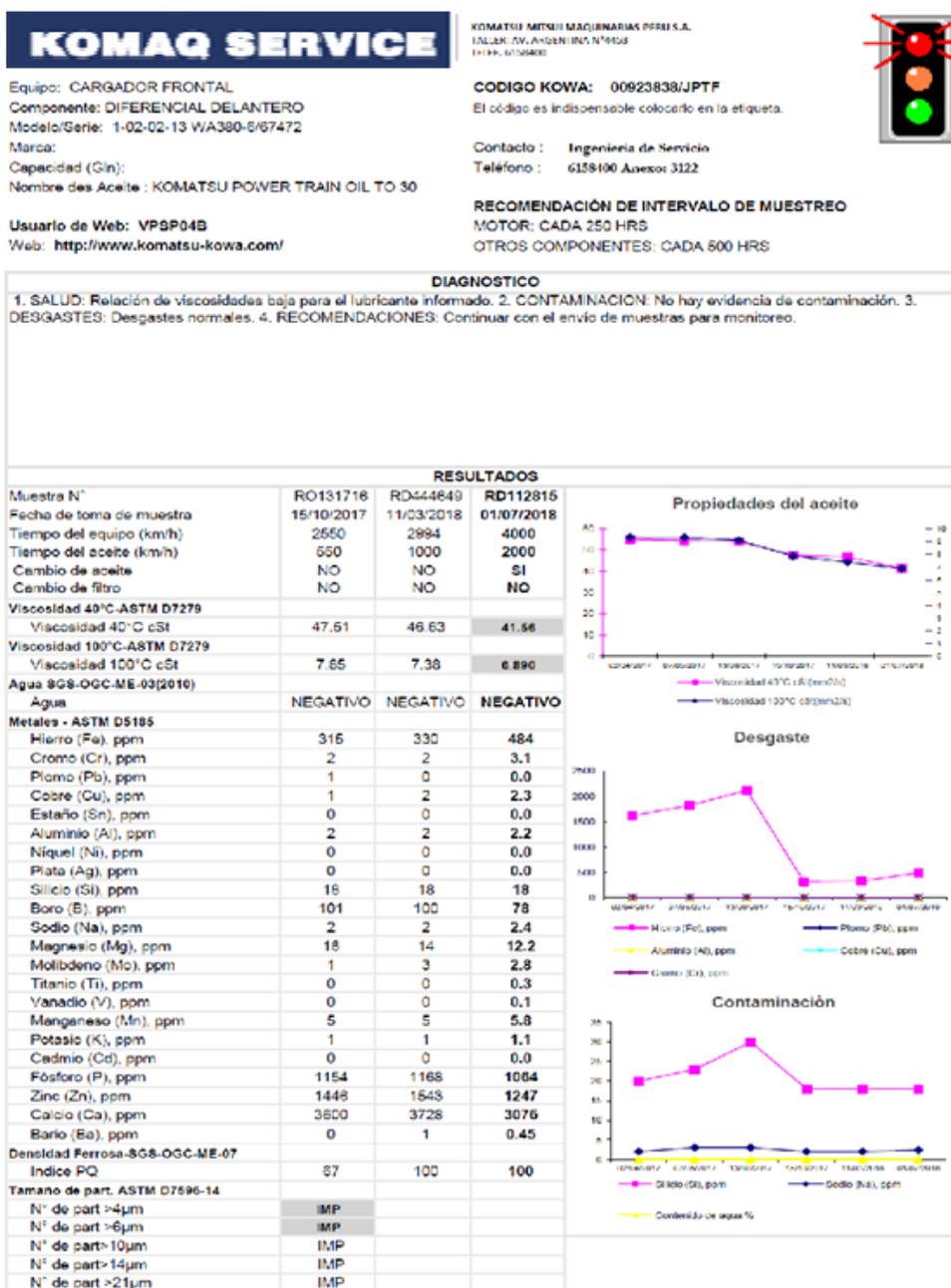


Figura 49. Muestra de aceite color rojo.

Fuente: KomAQ Service.

Mantenimientos preventivos mediante procedimientos tecnificados de acuerdo al plan de mantenimiento del fabricante.

Solución:

- **Reparación del componente:**

Al llegar a este punto, puede haber posibilidad de que algún componente esté dañado y se requiera una reparación. Se toma como ejemplo a la bomba hidráulica del equipo para seguir los pasos para una reparación parcial.

- **Paso de una reparación parcial:**

Verificación e Inspección del Equipo en General:

- Cuando el equipo llega al área de reparaciones, el personal a cargo inspecciona y realiza un Check list inicial del equipo, conociendo así el estado en que se encuentra.
- Revisión del estado de la máquina y componentes adicionales.
- Verificación de niveles y fluidos.
- Registrar historial de mantenimiento y reparación (si no tuviera historial).

Identificación de Falla: se realiza un registro y verificación de evaluación detectando un mal funcionamiento dentro de la bomba hidráulica.

Desmontaje de componentes: el personal capacitado efectuará las labores de desmontaje inicial del componente sin contaminación al medioambiente.

Desarmado y Evaluación a Componente Abierto: con ello se asegura que la evaluación y proceso de reparación sea adecuada.

Realizar informe y Solicitud de Repuestos: Con ello se determina el tiempo y costo de reparación de la máquina o componente.

- ¿Cómo está su máquina? ¿Qué problemas tiene?

- ¿Cuáles son las causas que los originan?
- ¿Cómo deben solucionarse ambos, causas y consecuencias?
- ¿Qué proceso de reparación hay que emplear en cada pieza?
- **Reparación del Componente:** El personal capacitado se encarga de tomar medidas y parámetros establecidos que le ayudan a determinar si los componentes ya están fuera del rango permisible y/o dentro del rango operativo.

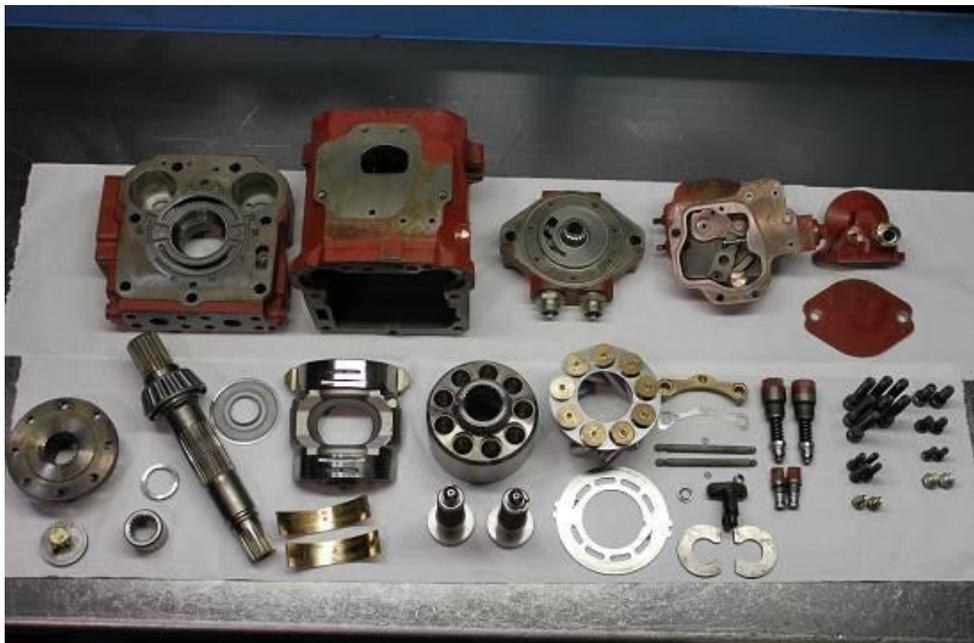


Figura 50. Componentes para reparación.

Fuente: Elaboración Propia.

- **Realizar Montaje, pruebas y Calibración de Componente:** Para esta tarea se suma un personal adicional para verificar las pruebas a regular, así dando la conformidad final a la reparación.
- **Realizar Informe Final:** Se detalla el proceso de reparación el cual es enviado al cliente y subido a un sistema para que quede como antecedente en futuros mantenimientos y reparaciones que necesite el equipo.
- Este detalla lo siguiente:

- Qué se ha hecho en cada pieza de la máquina. Qué procesos se han empleado para su reparación y cómo se han ejecutado.
 - Qué materiales se han empleado, tanto para las reparaciones parciales como para las nuevas reparaciones.
 - Resultado de la verificación dimensional de aquellas piezas reparadas.
¿Qué medidas finales han quedado? ¿Qué holguras?
 - Qué piezas nuevas han sido incorporadas. De qué marcas y calidades, y qué referencias.
 - Comentarios y observaciones acerca del conjunto final.
 - Conclusiones finales.
- **Cómo implementar un programa de entrenamiento interno y externo para mejorar la calidad del servicio mediante procesos técnicos.**

PROCESO DE VERIFICACIÓN PARA INICIO DE REPARACIÓN: DIAGRAMA DE FLUJO.

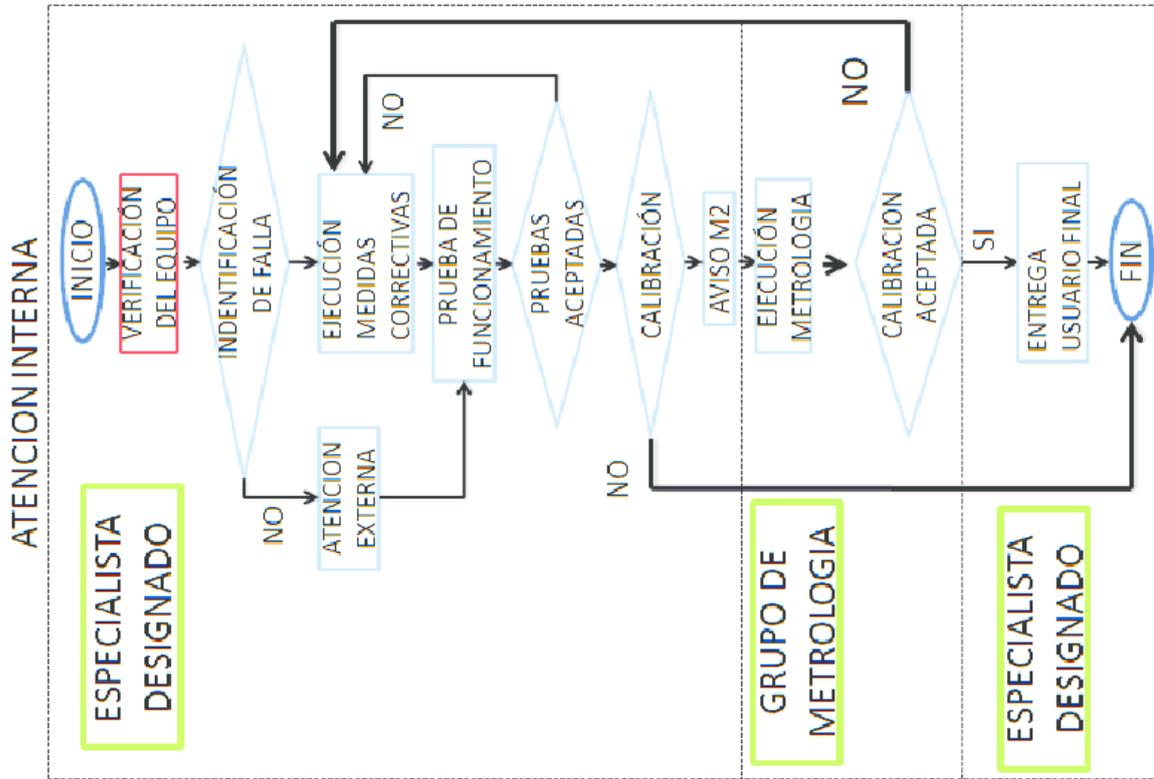


Figura 51. Proceso para inicio de reparación.
Fuente: Elaboración propia.

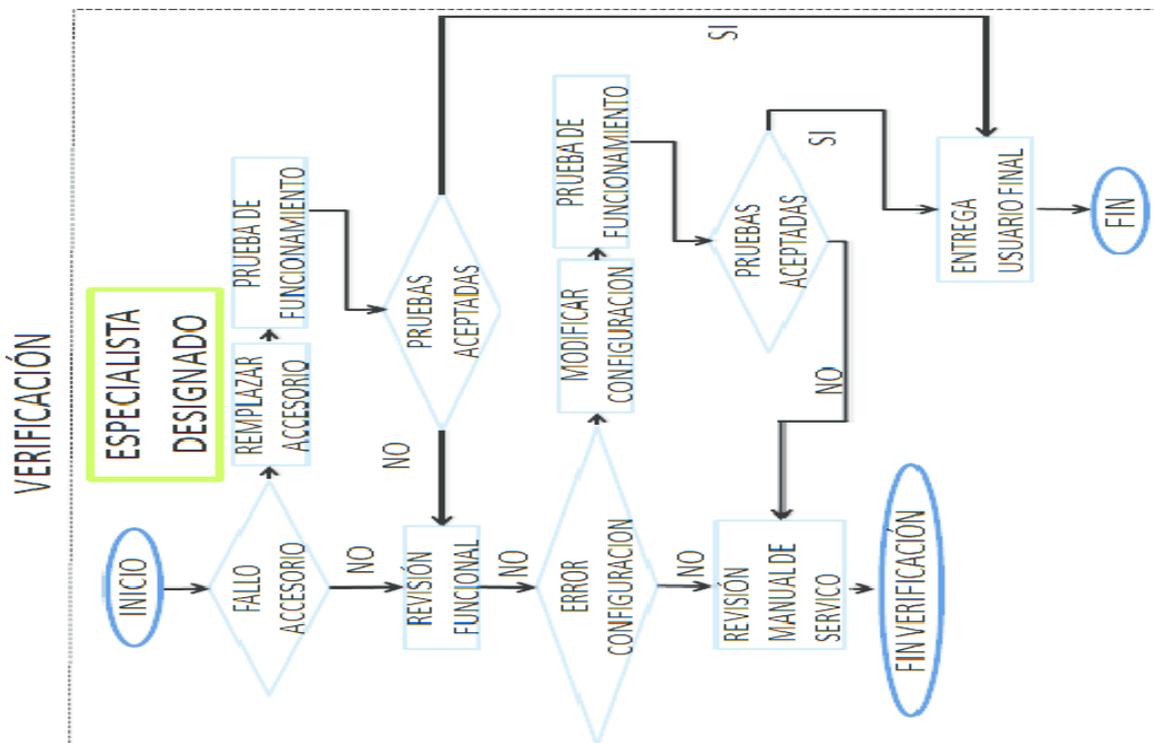


Figura 52. Proceso para inicio de reparación.
Fuente: Elaboración propia.

Nuevo Proceso para el Mantenimiento Predictivo a Excavadora PC350LC

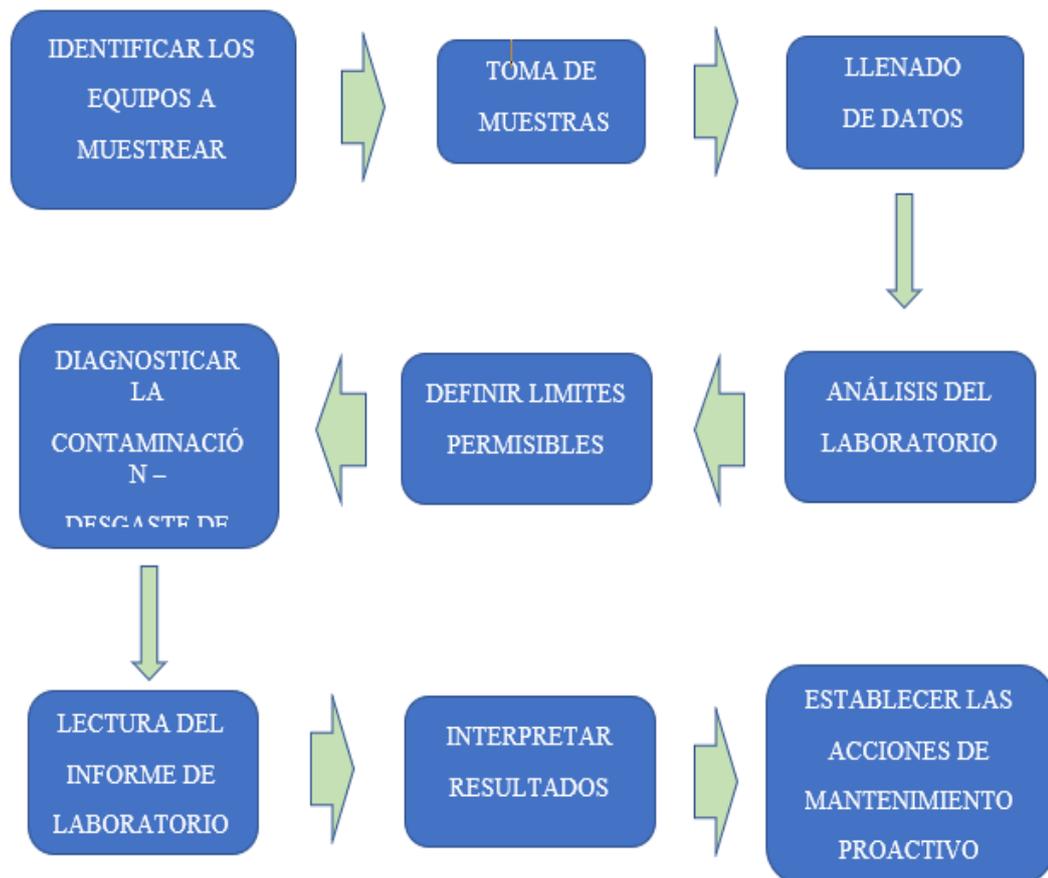


Figura 53. Nuevo Proceso para el mantenimiento predictivo a excavadora Komatsu modelo PC350LC-8.

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de indicadores D, C, M.

Disponibilidad.

El factor de disponibilidad de un equipo o sistema es una medida que nos indica cuánto tiempo está disponible ese equipo o sistema operativo respecto de la duración total durante la que se hubiese deseado que funcionase.

Ejemplo:

En la empresa X a la cual pertenece la excavadora, marca Komatsu modelo PC350LC-8, trabaja 3 turnos laborales, en el cual se emplean 800 horas de mantenimiento anual.

Calcule la disponibilidad anual.

$$D = \frac{\text{horas de produccion}}{\text{h. produccion} + \text{h. mantto}} = \frac{8760}{8760 + 800} = 0.9163$$

El 92 % es la probabilidad de que la máquina esté lista para operar.

Confiabilidad:

$$R(t) = e^{-\delta t}$$

Ecuación 2. Cálculo de indicadores.

Fuente: Elaboración propia.

● **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones.

6. Implementar un procedimiento para la realización de toma de muestras de aceite de motor Komatsu.
7. Realizar un programa de entrenamiento al personal para la toma de muestras de aceite de motor Komatsu.
8. Realizar un proceso para la realización del mantenimiento predictivo durante los cambios de aceite, de excavadoras sobre orugas marca Komatsu modelo PC350LC-8 en la empresa KOMAQ SERVICE SAC.

- Producto de la implementación del procedimiento de la toma de muestra de aceite sugerido en el presente trabajo, se concluye que contribuye a un eficiente proceso durante el mantenimiento predictivo, ya que evita el ingreso de elementos extraños, los cuales pueden alterar la medición.
- Mediante la implementación del procedimiento de la toma de muestras de aceite, se tecnificará lo siguiente: el antes, durante y después de cada muestra de aceite, llevando un orden y control muy preciso de dichas muestras, beneficiando a la empresa con la finalidad de unificar los conocimientos en todos los trabajadores.
- Elaborar el presente trabajo de suficiencia profesional permitió aplicar la competencia de planificación del procedimiento para la toma de muestras de aceite obteniendo según resultados, una mejora de tiempos a comparación con el plan de mantenimiento anterior.
- Como conclusión del segundo objetivo trazado, indicamos que es necesario el entrenamiento del personal técnico, el cual consiste de manera idónea en

tres fases de desarrollo, capacitación interna, capacitación por fábrica y capacitación durante el desarrollo, con la finalidad que el técnico realice una labor más eficiente, con calidad y conocimiento del proceso que realiza.

- La inversión que se realizará a cada persona producto de entrenamiento del personal técnico equivale a unos 000 durante un periodo de 000 meses, lo cual beneficiará tanto a la empresa y la mano calificada, ya este entrenamiento evitará un doble proceso, errores, paradas...
- Al concluir el proceso, el personal estará calificado para realizar un mantenimiento predictivo eficaz, reduciendo tiempos y costos adicionales para la realización de la misma.
- Producto de la implementación del proceso de mantenimiento predictivo, se estima en reducir gastos, los cuales beneficiará en un tiempo mas corto la entrega de resultados de las muestras de aceite.
- La competencia de Conocimiento de técnicas modernas y de calidad se aplicó en el presente trabajo que permitió liderar equipos técnicos y aplicar metodologías modernas para la toma de muestras de aceites de motor.

8.1.1. Lecciones aprendidas en este proyecto:

Las lecciones son:

- La toma de muestras de aceite mediante la metodología sugerida en el presente trabajo, contribuye a detectar prematuramente posibles daños en los diferentes componentes del motor.
- El entrenamiento del personal contribuye a realizar un trabajo más eficiente ya que se evidencia una mayor disponibilidad de las excavadoras.

- Mediante la realización del proceso de mantenimiento predictivo, se observa que el personal está familiarizado con los equipos, obteniendo un mayor aprendizaje.

8.2. Recomendaciones.

- Las diferentes empresas dedicadas al rubro de monitoreo de calidad de aceite, podrían implementar esta metodología que hemos realizado para los diferentes equipos de maquinaria ya que la misma ha sido comprobada y ha demostrado su calidad / eficacia/ .
- Se ha validado el procedimiento para la toma de muestras de aceite para las empresas en este rubro por lo que se pone a consideración de empresa que realicen actividades similares tomen como base la presente metodología de toma de muestras de aceite para ser implementadas.
- Capacitar al personal nuevo que se incorpora al equipo actual, con la finalidad de unificar los conocimientos en todas las áreas, sin desviarse de la propuesta actual de este estudio.

● **REFERENCIAS**

- Duffuaa, S. A. Raouf, & Dixon, J. (2009). Sistemas de Mantenimiento, planeación y Control. México: Limusa Wiley.
- Gonzales, R. (marzo de 2015). Repositorio Unab. Obtenido de <http://repositorio.unab.cl>
- Komatsu Mining Corp. (2018). Obtenido de [http://mining.komatsu/es/servicios/servicios-tecnicos-y-en-terreno/field-services/mantencion-centrado-en-la-confiabilidad-\(rcm\)](http://mining.komatsu/es/servicios/servicios-tecnicos-y-en-terreno/field-services/mantencion-centrado-en-la-confiabilidad-(rcm)).
- Montilla, C. (2016). Fundamentos de mantenimiento industrial. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Mounbray, J. (1997). Mantenimiento Centrado de Confiabilidad (RCM). Oxford: editorial Butterworth Heinemann 2da edición.
- Partidas, G. (2018). Administrador de Motores. Obtenido de <file:///C:/User/Administrador/Downloads/RCM%20MOTORES.pdf>.
- Rivera M. Ceferino, R. & Li Gálvez, C. (2016). Repositorio académico UPC. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe>
- Roa, J. & Gómez, J. (2015). Universidad Industrial Santander. Obtenido de <http://tangara.uis.edu.co>
- Rumbo Minero. (2017). Rumbo Minero. Obtenido de <http://www.rumbominero.com/>
- Yengle, E. (2016). UPNBOX Repositorio Institucional. Obtenido de www.repositorio.edu.pe



- Yupanqui, C. (2016). UPNBOX Repositorio Institucional. Obtenido de www.repositorio.upn.edu.pe
- Francisco Javier Gonzales Fernández. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado, 2da edición. Editorial Confederal



● **ANEXOS**

Anexo 1. Cartilla de Presentación de Equipos	100
Anexo 2. PM Clinic.	103
Anexo 3. Cartilla Kuc.	104
Anexo 4. KOWA.	105
Anexo 5. Mantenimiento del sistema hidráulico para excavadora PC350Lc-8	107
Anexo 6. Lista de partes críticas para excavadora modelo PC350LC-8.	115



Anexo n. 1- Cartilla de Presentación de Equipos

KOMATSU®

PC350LC-8

POTENCIA
184 kW 246 HP @ 1950 rpm

PESO DE OPERACIÓN
35091-35851 kg
77,362-79,037 lb

CAPACIDAD DEL CUCHARÓN
0.68-1.96 m³ 0.89-2.56 yd³



Fuente: Manual de presentación de equipo, Empresa de maquinarias Perú S.A.

PC350-8 EXCAVADORA HIDRÁULICA



CONFORT TOTAL PARA EL OPERADOR

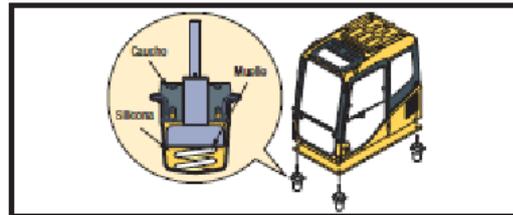
Cabina amplia y espaciosa

La recientemente diseñada cabina de gran amplitud incluye un asiento calefactado de suspensión neumática con respaldo inclinable. La altura del asiento y la inclinación longitudinal se ajustan fácilmente con una palanca de tiro. También es posible fijar la postura del reposabrazos y la posición de la consola de acuerdo a sus necesidades. La posibilidad de una mayor inclinación del asiento permite posicionar éste completamente tumbado con el reposacabezas unido.



Diseñada para reducir los niveles de ruido

La nueva cabina es de una gran rigidez y brinda una excelente capacidad de absorción del sonido. Gracias a la mejora de la tecnología de reducción de ruido y al uso de un motor de bajo nivel acústico, al equipo hidráulico y al aire acondicionado, esta máquina genera niveles de ruido muy bajos, similares a los de un automóvil.



Cabina presurizada

El aire acondicionado y el filtro de aire se suministran como equipo estándar. Además de una mayor presión de aire interior (80 Pa), ambos reducen la entrada de polvo en la cabina.

Bajo nivel de vibraciones con los soportes amortiguadores de la cabina

Un sistema de montaje viscoso multicapa incorpora una carrera más larga y la adición de un resorte. El nuevo soporte del amortiguador de la cabina y la plataforma de gran rigidez reducen las vibraciones en el asiento del operario.

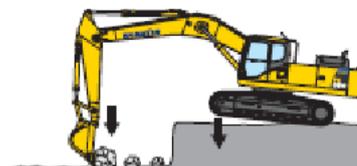
Selección de dos modos para la pluma

Modo suave



La pluma flota hacia arriba, reduciendo la elevación de la parte delantera de la máquina. Ello facilita la recogida y el rascado de rocas voladas.

Modo potencia



Se aumenta la fuerza de empuje de la pluma y se mejora la eficiencia en las tareas de excavación de zanjas y huecos.

Fuente: Manual de presentación de equipo, Empresa de maquinarias Perú S.A.

EXCAVADORA HIDRÁULICA

PC350-8



Aire acondicionado automático

Joysticks con botón de control proporcional para los implementos



Luces de trabajo adicionales (opcional)

Caja para frío/calor



Circuitos hidráulicos para enganche rápido (estándar)

Portabebidas/ Portarevistas



Gran techo solar con protección solar integrada

Toma extra de 12 V



Filtro de aire exterior
El desmontaje y la instalación fáciles del filtro del aire acondicionada sin herramientas facilitan la limpieza.

Radio



Fuente: Manual de presentación de equipo, Empresa de maquinarias Perú S.A.

Mayor Fuerza Máxima de Tracción de la Barra de Tiro

La fuerza máxima de tracción de la barra de tiro brinda un excelente rendimiento en la dirección y al escalar pendientes.

Máxima fuerza de la barra de tiro: 264 kN 26900 kgf 59.300 lb

Mayor Fuerza de Excavación

Con la función de un toque "Power-Max", la fuerza de excavación fue incrementada aun más (8.5 seg de operación).

Máxima fuerza de ataque del brazo (ISO):

160 kN (16,3t) ➔ 171 kN (17.4t) 7% UP
con Máxima Potencia

Máxima fuerza de excavación del cucharón (ISO):

212 kN (21,6t) ➔ 227 kN (23.1t) 7% UP
con Máxima Potencia

*Medido con la función de Máxima Potencia, 3185 mm 10'6" brazo y clasificación ISO.

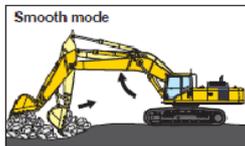
Suave Operación de Carga

Dos mangueras de retorno mejoran el rendimiento hidráulico. En la función de brazo hacia fuera, una porción del aceite es regresado directamente al tanque proveyendo una operación suave.

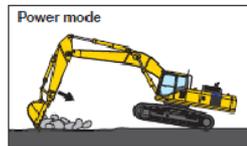


Dos Modos de Configuración para el Aguilón

Modo Suave ofrece una fácil operación para colear roca de voladura o para desgarrar hacia abajo. Cuando se requiere la máxima fuerza de excavación, cambie al modo Potencia para una excavación más efectiva.



El aguilón flota hacia arriba, lo que reduce el levantamiento del frente de la máquina. Esto facilita trabajo fino y operaciones de corte de talud.



La fuerza del aguilón esta en su punto máximo para excavaciones normales de producción.

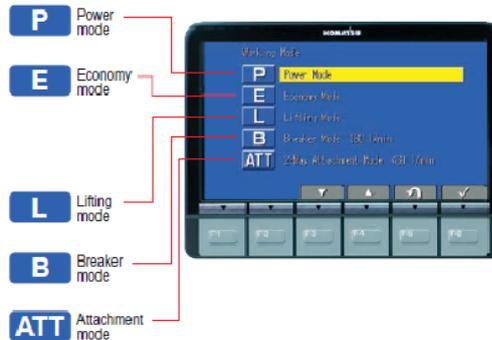
Tres Velocidades de Traslado Automáticas

La velocidad de traslado se cambia automáticamente de alta a baja velocidad de acuerdo con la presión del circuito de traslado.

Selección del Modo de Trabajo

La excavadora PC350LC-8 está equipada con cinco modos de trabajo (Modo P, E, L, B, y ATT). Cada modo está diseñado para que la velocidad del motor, velocidad de la bomba y presión del sistema corresponda con la aplicación del caso. Esto proporciona la flexibilidad para equiparar el desempeño del equipo con el trabajo a realizar.

Modo de Trabajo	Aplicación	Ventajas
P	Modo de Potencia	<ul style="list-style-type: none"> Máxima producción/potencia Tiempos de ciclo rápidos
E	Modo economía	<ul style="list-style-type: none"> Excelente economía de combustible
L	Modo de Elevación	<ul style="list-style-type: none"> La presión hidráulica se ha incrementado en un 7%
B	Modo rompedor	<ul style="list-style-type: none"> Optimas rpm del motor, flujo hidráulico, 1-vía
ATT	Modo aditamento	<ul style="list-style-type: none"> Optimas rpm del motor, flujo hidráulico, 2-vías



Modos de Potencia/Economía

La PC350LC-8 ofrece dos modos de selección de modos de trabajo: Modo de Potencia para aplicaciones severas o de gran producción y Modo de economía permite ahorros de combustible significativos a niveles de producción levemente reducidos.

Modo Elevación

Cuando se selecciona el modo de Elevación, se aumenta la capacidad de levantamiento en 7% aumentando la presión hidráulica.

Fuente: Manual de presentación de equipo, Empresa de maquinarias Perú S.A.



MOTOR

Modelo Komatsu SAA6D114E-3
 Tipo Enfriado por agua, 4 ciclos, Inyección directa
 Aspiración Turboalimentado y posefriado
 No. de cilindros 6
 Diámetro 114 mm 4.49"
 Carrera 135 mm 5.31"
 Desplazamiento del pistón 8.27 ltr 505 in³
 Potencia neta
 SAE J1995 Bruta 194 kW 260 HP
 ISO 9249/SAE J1349 Net 184 kW 246 HP
 Velocidad nominal rpm 1950 rpm
 Tipo de impulsor de ventilador Mecánico
 Gobernador A toda velocidad, electrónico
 Cumple con EPA Tier 3, y las regulaciones sobre emisión de EU etapa 3A.



SISTEMA HIDRÁULICO

Tipo Sistema (Nuevo Diseño de Inteligencia Hidráulicomecánica) HydraMind, de Centro Cerrado con válvulas sensoras de carga y válvulas compensadoras de presión
 Número de modos de trabajo seleccionable 5
 Bomba principal:
 Tipo Tipo pistón de desplazamiento variable
 Bomba para aguilón, brazo, cucharón, giro, y circuitos de traslado
 Máximo caudal 535 ltr/min 141 EE.UU. gal/min
 Suministro para el circuito de control Válvula auto reductora

Motores hidráulicos:
 Desplazamiento 2 x motor de pistones axiales con freno de estacionamiento
 Giro 1 x motor de pistones axiales con freno de sujeción del giro
 Regulación de válvulas de alivio:
 Circuito de implementos 37.3 MPa 380 kg/cm² 5,400 psi
 Circuito de traslado 37.3 MPa 380 kg/cm² 5,400 psi
 Circuito de giro 27.9 MPa 285 kg/cm² 4,050 psi
 Circuito piloto 3.2 MPa 33 kg/cm² 470 psi

Cilindros hidráulicos:
 Número de cilindros—diámetro x carrera x diámetro de vástago
 Aguilón ... 2 – 140 mm x 1480 mm x 100 mm 5.5" x 58.3" x 3.9"
 Brazo ... 1 – 160 mm x 1825 mm x 110 mm 6.3" x 71.9" x 4.3"
 Cucharón para 3.2 m 10'5" y 4.0 m 13'2" Brazos
 1-140 mm x 1285 mm x 100 mm 5.5" x 50.6" x 3.9"
 para 2.54 m 8'4" Brazo
 1-150 mm x 1285 mm x 110 mm 5.9" x 50.6" x 4.3"



TRANSMISIÓN Y FRENOS

Control de la dirección Dos palancas con pedales
 Método de impulso Hidrostático
 Máxima fuerza de la barra de tiro 264 kN 26900 kg 59,300 lb
 Pendiente superable 70%, 35"
 Máxima velocidad de traslado: Altura 5.5 km/h 3.4 mph
 (Cambio automático) Medio 4.5 km/h 2.8 mph
 Bajo 3.2 km/h 2.0 mph
 Freno de servicio Bloqueo hidráulico
 Freno de estacionamiento Freno de disco mecánico



SISTEMA DE GIRO

Método de impulso Hidrostático
 Reducción del giro Engranajes planetarios
 Lubricación del círculo de giro Bañado en grasa
 Freno de servicio Seguro hidráulico
 Freno de retención/Traba del giro Freno de disco mecánico
 Velocidad de giro 9.5 rpm
 Torsión de giro 11386 kg·m 82,313 ft. lbs.



TREN DE RODAJE

Bastidor central Bastidor en X
 Bastidor de la oruga Sección en caja
 Tipo de cadena Sellado
 Ajustador de la oruga Hidráulico
 No. de zapatas 48 a cada lado
 Número de rodillos superiores 2 a cada lado
 Número de rodillos inferiores 8 a cada lado



CAPACIDAD DE REFRIGERANTE Y LUBRICANTE (RELLENO)

Tanque de combustible 605 ltr 160 EE.UU. gal
 Refrigerante 30.3 ltr 8.0 EE.UU. gal
 Motor 35.0 ltr 9.2 EE.UU. gal
 Mando final, a cada lado 8.5 ltr 2.2 EE.UU. gal
 Maquinaria de giro 13.4 ltr 3.5 EE.UU. gal
 Tanque hidráulico 188 ltr 49.7 EE.UU. gal



PESO DE OPERACIÓN (APROXIMADO)

Peso de operación, incluyendo 6500 mm 21'3" aguilón resistente de una pieza, 3185 mm 10'5" brazo, SAE colmado 1.96 m³ 2.56 yd³ capacidad nominal de lubricantes, refrigerante, tanque de combustible lleno, operador, y equipo estándar.

Zapata de Triple Garra	Peso de Operación	Presión Sobre el Terreno
700 mm 28"	35091 kg 77,362 lb	0.58 kg/cm ² 8.22 psi
800 mm 31.5"	35471 kg 78,200 lb	0.51 kg/cm ² 7.32 psi
850 mm 33.5"	35851 kg 79,037 lb	0.49 kg/cm ² 6.92 psi



FUERZAS DE TRABAJO

	Brazo	2540 mm 8'4"	3185 mm 10'5"	4020 mm 13'2"
clasificación SAE	Fuerza de Excavación del Cucharón a máxima potencia	23300 kgf 51,370 lb	20400 kgf 44,970 lb	20400 kgf 44,970 lb
	Fuerza de ataque del brazo a máxima potencia	19700 kgf 43,430 lb	16800 kgf 37,040 lb	14200 kgf 31,310 lb
clasificación ISO	Fuerza de Excavación del Cucharón a máxima potencia	26400 kgf 58,200 lb	23100 kgf 50,930 lb	23100 kgf 50,930 lb
	Fuerza de ataque del brazo a máxima potencia	20500 kgf 45,190 lb	17400 kgf 38,360 lb	14700 kgf 32,410 lb

Anexo 1. Cartilla de Presentación de Equipos

Fuente: Manual de presentación de equipo, Empresa de maquinarias Perú S.A.



Anexo n. 2- PM Clinic

Check sheet (PC350LC/HD-8)

Model	Serial No.	Service meter	User's name	Date of execution	Inspector
				/ /	

1. Engine

No.	Check item	Checking condition					Unit	Standard value for new machine	Service limit value	Measured value	Good	Bad
		Fuel control dial	Working mode	Auto-deceleration	Left knob switch	Operation of work equipment						
1	Engine speed	MAX	P	OFF	OFF	All levers in neutral	rpm	2,000 - 2,100	2,000 - 2,100			
2	Engine oil pressure					MPa (kg/cm ²)	0.34 - 0.59 (3.5 - 6.0)	0.21 (2.1)				
3	Engine speed	MIN	P	OFF	OFF	All levers in neutral	rpm	975 - 1,025	975 - 1,025			
4	Engine oil pressure					MPa (kg/cm ²)	Min. 0.15 (Min. 1.5)	0.08 (0.8)				
5	Engine speed						rpm	1,830 - 2,030	1,830 - 2,030			
6	Blow-by pressure				ON	Arm IN relief	kPa (mmH ₂ O)	Max. 1.57 (Max. 160)	Max. 2.55 (Max. 260)			
7	Engine oil pressure	MAX		ON	OFF	All levers in neutral	rpm	1,300 - 1,500	-			

2. Work equipment speed

No.	Check item	Checking condition				Unit	Standard value for new machine	Service limit value	Measured value	Good	Bad
		Fuel control dial	Working mode	Checking posture, etc.							
1	Boom RAISE	MAX	P	No load, work equipment extended fully		PC350-8	3.3 - 4.1	Max. 4.5			
2	Arm IN					PC350-8	2.6 - 3.2	Max. 3.5			
3						PC350-8	3.4 - 4.2	Max. 4.5			
4	Arm OUT		E	Boom top horizontal		PC350-8	3.6 - 4.6	Max. 4.9			
5			L			PC350-8	4.4 - 5.4	Max. 5.7			
6	Bucket CURL				Boom and arm top horizontal Arm cylinder retracted fully	PC350-8	2.9 - 3.5	Max. 3.8			
7	Swing (5 turns)				Work equipment extended fully		28.7 - 34.5	Max. 38			
8	Travel (5 turns)	P	One side of track pushed up		LO	LC	58.0±11.5	45.0 - 74.5			
						HD	80.4±15.9	64.5 - 96.3			
					MI	LC	41.5±6.0	34.0 - 51.5			
						HD	50.3±7.3	43 - 57.6			
					HI	LC	34.0±2.0	32.0 - 41.5			
						HD	41.0±2.4	38.6 - 43.4			

Fuente: Empresa Komag Service.

3. Hydraulic drift of work equipment

No.	Check item	Fuel control dial	Working mode	Checking condition		Unit	Standard value for new machine	Service limit value	Measured value	Good	Bad
				Checking posture, etc.							
1	Hydraulic drift of bucket tip	Engine stopped		Boom top horizontal Arm cylinder retracted fully Bucket loaded	PC350-8	mm	Max. 450	Max. 675			

4. Hydraulic circuit

No.	Checked part	Checking condition				[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	Good	Bad
		Fuel control dial	Working switch mode	Left knob	Operation of work equipment	600K	600K	600K	600K	60K		
1	Self pressure reducing valve	MAX	P	OFF	All lever in neutral	-	-	-	-	A		
2	Main relief valve (Low pressure)				Arm out relief	B	B	B	B	-		
3	Main relief valve (Low pressure)			ON		C	C	C	C	-		
4	Unload valve				All levers in neutral	D	D	D	D	-		
5	LS valve			Right track driven idle Lever moved halfway	E	-	E	-	-			
				Left track driven idle Lever moved halfway	-	E	-	E	-			
6	Swing motor safety valve			OFF	Swing lock Right swing relief	F	F	-	-	-		
					Swing lock Left swing relief	F	F	-	-	-		
7	Main relief valve Travel motor Safety valve Travel junction valve			OFF	Right travel lock Right forward relief	G	-	-	-	-		
					Right travel lock Right reverse relief	G	-	-	-	-		
					Left travel lock Left forward relief	-	G	-	-	-		
					Left travel lock Left reverse relief	-	G	-	-	-		

Standard value	Checked oil pressure	Unit	Standard value for new machine	Service limit value
	A (Control circuit basic pressure)			31 - 35 (441 - 498)
B (Work equipment relief pressure, low)			345 - 370 (4907 - 5263)	340 - 375 (4836 - 5334)
C (Work equipment relief pressure, high)		kg/cm ²	370 - 395 (5263 - 5618)	365 - 400 (5192 - 5689)
D (Unload pressure)		(psi)	30 - 50 (427 - 711)	30 - 50 (427 - 711)
E (LS differential pressure)			24 - 26 (341 - 370)	24 - 26 (341 - 370)
F (Swing relief pressure)			285 - 335 (4054 - 4765)	285 - 335 (4054 - 4765)
G (Travel relief pressure)			370 - 410 (5263 - 5832)	365 - 415 (5192 - 5903)

Fuente: Empresa KomAQ Service.

*** Gauge changing work: Change hoses of gauges [3] and [4].**

No.	Check item	Checking condition				[1]	[2]	[3a]	[4a]	[5]	Good	Bad
		Fuel control dial	Working mode	Left knob switch	Operation of work equipment	600K F pump main	600K R pump main	600K F pump servo	600K R pump servo	60K Control		
8	Servo piston	MAX	P	OFF	Arm out relief	H1	H1	H2	H2	-		
Standard value		Checked oil pressure		Unit	Standard value for new machine			Service limit value				
		H (Servo control pressure)		-	H1 : H2 = 1 : 0.6 (Oil pressure ratio)							

*** Gauge changing work: Change [3] and [4] to 60K and change hoses of [3], [4], and [5].**

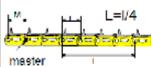
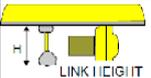
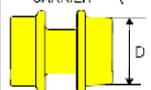
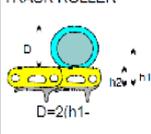
No.	Check item	Checking condition				[1]	[2]	[3b]	[4b]	[5a]	Good	Bad
		Fuel control dial	Working mode	Left knob switch	Operation of work equipment	600K F pump main	600K R pump main	60K F pump (F)	60K R pump (R)	60K LS-EPC		
9	PC-EPC (F) valve PC-EPC (R) valve	MIN	P	All levers in neutral	-	-	J1	J1	-			
					-	-	J2	J2	-			
					-	-	J3	J3	-			
					-	-	J4	J4	-			
					-	-	J5	J5	-			
10	LS-EPC valve	MAX	P	OFF	Travel speed: Lo Travel lever in neutral	-	-	-	-	K1		
					Travel speed: Mi Travel lever operated	-	-	-	-	K2		
					Travel speed: Hi Travel lever operated	-	-	-	-	K3		

Standard value	Checked oil pressure	Unit	Standard value for new machine	Service limit value
		J1 (PC-EPC valve output pressure 1)	MPa {kg/cm ² }	Approximately 1.1 {Approximately 11}
	J2 (PC-EPC valve output pressure 2)	Approximately 0.3 {Approximately 3}		
	J3 (PC-EPC valve output pressure 3)	Approximately 0.7 {Approximately 7}		
	J4 (PC-EPC valve output pressure 4)	Approximately 1.1 {Approximately 11}		
	J5 (PC-EPC valve output pressure 5)	Approximately 0.9 {Approximately 9}		
	K1 (LS-EPC valve output pressure 1)	Approximately 2.1 {Approximately 21}		
	K2 (LS-EPC valve output pressure 2)	Approximately 2.3 {Approximately 23}		
	K3 (LS-EPC valve output pressure 3)		0 {0}	

Anexo 2. PM Clinic.

Fuente: Empresa KomAQ Service.

Anexo n. 3 – Cartilla KUC

Komatsu Undercarriage Inspection											
		Customer name:						Address:			
Model: PC350LC-8		Serial#		Equip#		Work Order No		Wet, AR, HD or Dry			
Location:		SMR		KOMATSU		Shoe width (mm)		600			
Soil condition:		Dealer		Inspector		Shoe type		TRIPLE			
Working condition:		Insp. Date (yyyy/mm/dd)		(yyyy/m/d)		Wear type		NORMAL			
			New	100% Wear	Measured mm	Wear %	SMR		Hours on Parts:	Comments/Observation	
							New	Rebuilt			
 LINK PITCH L=1/4 master	R	LH	865.2	877.2							
		RH	865.2	877.2							
	M	LH	216.30	219.30							
		RH	216.30	219.30							
 LINK HEIGHT		LH	116.0	107.0							
		RH	116.0	107.0							
 BUSHING D is the outside diameter of the bushing		LH	66.9	61.9			New	Turned			
		RH	66.9	61.9			New	Turned			
 CROUSER HEIGHT		LH	36.0	24.0							
		RH	36.0	24.0							
 CARRIER D D	Front	LH	152.0	138.0							
		RH	152.0	138.0							
	Rear	LH	152.0	138.0							
		RH	152.0	138.0							
 IDLER H	Front	LH	22.5	28.5							
		RH	22.5	28.5							
	Rear	LH	22.5	28.5							
		RH	22.5	28.5							
 TRACK ROLLER D=2(h1-h2)		1 LH	180.0	168.0							
		2 LH	180.0	168.0							
		3 LH	180.0	168.0							
		4 LH	180.0	168.0							
		5 LH	180.0	168.0							
		6 LH	180.0	168.0							
		7 LH	180.0	168.0							
		8 LH	180.0	168.0							
		9 LH	180.0	168.0							
		10 LH	180.0	168.0							
		1 RH	180.0	168.0							
		2 RH	180.0	168.0							
		3 RH	180.0	168.0							
		4 RH	180.0	168.0							
		5 RH	180.0	168.0							
		6 RH	180.0	168.0							
		7 RH	180.0	168.0							
		8 RH	180.0	168.0							
		9 RH	180.0	168.0							
		10 RH	180.0	168.0							
 SPROCKET H is the outside diameter of the sprocket		LH	0.0	6.0							
		RH	0.0	6.0							

Remarks:

Anexo 3. Cartilla Kuc.

Fuente: Manual de presentación de equipo, Empresa de maquinarias Perú S.A.

Anexo n. 4 Kowa

Close	Choose type of machine in the drop down bar										
Zoom In	Zoom Out	Applicable Machine	PC350-7(E0) 30001-								▼
Rough terrain crane		Engine Model	SAA6D114E								
Bulldozer		Machine group Code	PC3								
Wheel loader		Category of applicable KOWA criteria									
Dump truck		Normal range : between 0 to value at upper row									
Motor grader		Caution range : between values, at upper and lower rows									
Compressor, Generator, Vibration roller		Dangerous : value at lower row or more									
		Key : Fe : Iron, Cu : Copper, Cr : Chromium, Al : Aluminum, Si : Silicon, Pb : Lead, Na : Sodium (Natrium)									
		(Unit: ppm / 500 hours)									
	Unit codes	Category	Fe	Cu	Cr	Al	Si	Pb	Na	PQ	
	Engine	E56	70 150	15 45	10 25	8 16	20 40	40 120	50 100	24 32	
	Work equipment	H10	40 80	200 400	- -	10 20	30 60	- -	- -	16 26	
	Swing machinery	S20	100 200	30 70	- -	10 30	40 80	- -	- -	51 76	
	Final drive/ Differential / Axle	F20	500 1000	100 200	- -	30 90	100 200	20 40	- -	166 701	
	PTO	-									

Anexo 4. KOWA.

Fuente: Manual de presentación de equipo, Empresa de maquinarias Perú S.A.

Anexo n. 5 Mantenimiento del sistema hidráulico para excavadora PC350LC-8

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	
COMPROBAR Y AJUSTAR LA TENSIÓN DE LA CORREA DEL COMPRESOR DEL ACONDICIONADOR DE AIRE	3-53
MANTENIMIENTO CADA 500 HORAS	3-54
LUBRICANDO	3-54
SUSTITUIR EL ELEMENTO DEL PRE-FILTRO DE COMBUSTIBLE	3-56
COMPROBAR EL NIVEL DE GRASA DEL PIÑÓN DE GIRO, AÑADIR GRASA	3-59
CAMBIAR EL ACEITE DEL CÁRTER DE ACEITE DEL MOTOR, SUSTITUIR EL ELEMENTO DEL FILTRO DEL ACEITE DEL MOTOR	3-60
LIMPIAR Y COMPROBAR LAS ALETAS DEL RADIADOR, DEL ENFRIADOR DE ACEITE, DEL POSTENFRIADOR Y DEL CONDENSADOR	3-62
LIMPIE LOS FILTROS DE AIRE FRESCO/RECIRCULADO DEL ACONDICIONADOR DE AIRE	3-64
SUSTITUIR EL ELEMENTO DEL RESPIRADERO DEL TANQUE HIDRÁULICO	3-65
SUSTITUIR EL ELEMENTO ADICIONAL DEL RESPIRADERO DEL TANQUE HIDRÁULICO	3-66
MANTENIMIENTO CADA 1000 HORAS	3-67
SUSTITUIR EL ELEMENTO DEL FILTRO PRINCIPAL DE COMBUSTIBLE	3-67
SUSTITUIR EL ELEMENTO DEL FILTRO DEL ACEITE HIDRÁULICO	3-69
CAMBIAR EL ACEITE DE LA CAJA DE LA MAQUINARIA DE GIRO	3-70
REVISAR EL NIVEL DE ACEITE EN LA CAJA DEL AMORTIGUADORA, AÑADIR ACEITE	3-71
REVISE TODOS LOS PUNTOS DE APRIETE DE LAS ABRAZADERAS DEL TUBO DE ESCAPE DEL MOTOR	3-71
REVISE LA CORREA DEL VENTILADOR Y LA TENSIÓN DE LA CORREA DE IMPULSO DEL ALTERNADOR, REEMPLACE	3-71
REVISE LA PRESIÓN DE CARGA DEL GAS NITRÓGENO EN EL ACUMULADOR (PARA EL ROMPEDOR)	3-71
SUSTITUIR EL CARTUCHO INHIBIDOR DE CORROSION	3-72
MANTENIMIENTO CADA 2000 HORAS	3-73
CAMBIO DEL ACEITE DE LA CAJA MOTRIZ FINAL	3-73
LIMPIAR COLADOR DEL TANQUE HIDRAULICO	3-74
REVISIÓN DE LA PRESIÓN DE CARGA DEL GAS NITRÓGENO EN EL ACUMULADOR (PARA EL CIRCUITO DE CONTROL)	3-75
REVISANDO LA FUNCIÓN DEL ACUMULADOR	3-76
LIBERANDO LA PRESIÓN EN EL CIRCUITO HIDRÁULICO	3-78
COMPROBAR EL ALTERNADOR	3-79
REVISIÓN DEL ESPACIO LIBRE DE LAS VÁLVULAS DEL MOTOR, AJUSTE	3-79
REVISIÓN DEL AMORTIGUADOR DE VIBRACIÓN	3-79
MANTENIMIENTO CADA 4000 HORAS	3-80
COMPROBAR LA BOMBA DE AGUA	3-80
COMPROBAR EL MOTOR DE ARRANQUE	3-80
REEMPLAZO DEL ACUMULADOR (PARA EL CIRCUITO DE CONTROL)	3-81
COMPROBACIÓN DE LA SUJECIÓN DE LA ABRAZADERA DE LA TUBERIA DE ALTA PRESIÓN Y DEL ENDURECIMIENTO DEL CAUCHO	3-82
COMPROBACIÓN DE CUBIERTAS ANTI-ROCIADO DE COMBUSTIBLE FALTANTES Y DEL ENDURECIMIENTO DEL CAUCHO	3-82
MANTENIMIENTO CADA 5000 HORAS	3-83
CAMBIE EL ACEITE EN EL TANQUE HIDRÁULICO	3-83
MANTENIMIENTO CADA 8000 HORAS	3-85
SUSTITUIR LA ABRAZADERA DE LA TUBERÍA DE ALTA PRESIÓN	3-85
SUSTITUIR LA CUBIERTA ANTI-ROCIADO DE COMBUSTIBLE	3-85

Fuente: Manual de presentación de equipo, Empresa de maquinarias Perú S.A.

MANTENIMIENTO CADA 5000 HORAS

Los mantenimientos cada 50, 250, 500 y 1000 horas de servicio, deben realizarse al mismo tiempo.

CAMBIE EL ACEITE EN EL TANQUE HIDRÁULICO

⚠ ADVERTENCIA

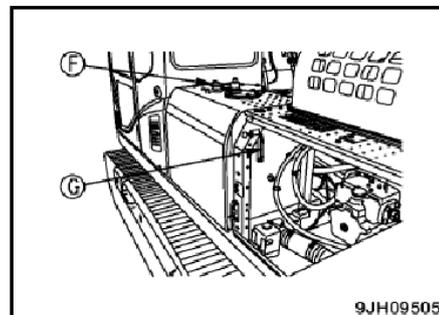
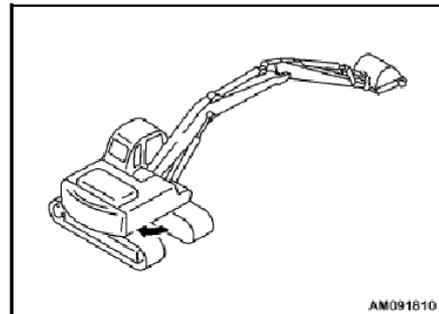
- Las partes y el aceite se encuentran a altas temperaturas inmediatamente después de parar el motor, y pueden llegar a causar quemaduras. Espere a que baje la temperatura antes de iniciar el trabajo.
- Cuando remueva la tapa de la boca de llenado de aceite, gírela lentamente para liberar la presión interna, luego, remuévala.

Comentario

Si la máquina está equipada con un rompedor hidráulico, el aceite hidráulico se deteriorará mucho más rápidamente que con las tareas normales del cucharón. Para detalles, Vea "INTERVALO DE MANTENIMIENTO DEL ROMPEDOR HIDRÁULICO" en página 3-16" cuando efectúe el mantenimiento.

Capacidad de relleno: 188 litros (49.67 galones US)

- Prepare una empuñadura (para juego de llaves de copa).
1. Gire la estructura superior de tal manera que el tapón de drenaje del tanque hidráulico (P) y el tapón de drenaje (A) del fondo del tubo de succión de la bomba, localizado en el fondo del tubo de succión de la bomba, queden en la mitad entre las orugas izquierda y derecha.
 2. Retraiga los cilindros del brazo y del cucharón hasta final de carrera; a continuación, baje el aguilón y haga descansar los dientes sobre el suelo.
 3. Coloque la palanca de seguridad en la posición LOCK y pare el motor.
 4. Retire el tapón del orificio de llenado de aceite (F), situado en la parte superior del tanque hidráulico.



Anexo 5. Mantenimiento del sistema hidráulico para excavadora PC350Lc-8

Fuente: Manual de presentación de equipo, Empresa de maquinarias Perú S.A.

Anexo n. 6 Lista de partes críticas para excavadora modelo PC350LC-8

Número de Parte	Descripcion	Canti dad	Ubicación
HLST002	TALONERA SOLD. CURVA	6	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
HLWS45	HI PROT. SOLD.TIPO4 LABIO 2 ANCHO 4.5	5	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
HLVS450	HI PROTECTOR VERTICAL	2	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
HLVSR3SL	HI BOCINA DE GOMA	4	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
HLVSP2SL	HI PASADOR	4	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
HLVSM150WN	HI BASE SOLDABLE 1 1/2 PULG	4	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
KM2077034230	BOCINA FLOTANTE	1	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
KM2077072470	BOCINA FIJA	1	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
KM0164332060	ARANDELA 3/4"	4	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
KM0101062065	PERNO	4	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
KM2077000061	LAINAS	1	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
KM2077034240	CUBIERTA	1	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
HLAKKH40	KIT (KH120040 + KH40SL + KH40P)	4	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
HLAKKH40S	KIT (KH120040SL + KH40SL + KH40P)	2	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
HLKH40EX	HI PUNTA SERIE 40	6	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO

HLKH40P	HI PASADOR SERIE 40	6	REPUESTOS PARA EQUIPO DE TRABAJO
KM2073000162	RUEDA GUIA	2	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM2073007300	RODILLO INFERIOR CONJUNTO	16	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM2073056190	PERNO	128	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM0164332060	ARANDELA (HLLW34)	128	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM2073078070	PASADOR	64	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM2073051191	GUARDA	6	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM0164332460	ARANDELA (C)	24	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM0101062455	PERNO	24	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM2073000551	RODILLO SUPERIOR	4	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM0101062095	PERNO	8	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM0164332060	ARANDELA (HLLW34)	8	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM2072771460	RUEDA DENTADA	2	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM2072751311	PERNO DE SPROCKET	40	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM2073200360	CADENA 96 ESLABONES	1	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO

KM2073261110	ZAPATA 600 MM	96	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM2073205061	KIT DE 30 PERNOS Y TUERCAS	13	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM6732818810	STUD	4	REPUESTOS DEL TREN DE RODAMIENTO
KM6735518180	GASKET, OIL DRAIN	4	CAMBIO DE TURBO
KM6732818820	NUT, HEX FLANGE (M10-1.50)	1	CAMBIO DE TURBO
KM6745818230	TURBOCHARGER	4	CAMBIO DE TURBO
KM6738114370	SEAL, O-RING	1	CAMBIO DE TURBO
KM6742013620	CLAMP, V-BAND	1	CAMBIO DE TURBO
KM6741611611	THERMOSTAT	1	CAMBIO DE BOMBA DE AGUA Y TERMOSTATO
KM6741612120	SEAL, O-RING	1	CAMBIO DE BOMBA HPCR
KM6742015507	SEAL, RECTANGULAR RING	1	CAMBIO DE BOMBA HPCR
KM6745711170	PUMP ASSEMBLY, FUEL	1	CAMBIO DE BOMBA HPCR
KM6745711130	WASHER, SEALING	3	CAMBIO DE BOMBA HPCR
KM6743611530	PUMP KIT, WATER	1	CAMBIO DE BOMBA DE AGUA
KM6741616130	GASKET, CONNECTION	1	CAMBIO DE BOMBA DE AGUA
KM6732111930	PLUG, PIPE	1	CARCAZA DE ENFRIADOR
KM6745715541	CONNECTOR, INJECTOR FUEL	6	CAMBIO DE INYECTORES
KM6745123100	INJECTOR	6	CAMBIO DE INYECTORES
KM6742011080	GASKET, OIL COOLER CORE	1	CARCAZA DE ENFRIADOR
KM6743514430	GASKET, LUBRICATING OIL COOLER COVER	1	CARCAZA DE ENFRIADOR

KM6731612151	VALVE, PRESSURE RELIEF	1	CARCAZA DE ENFRIADOR
KM6742015117	VALVE, BYPASS	1	CARCAZA DE ENFRIADOR
KM6742012492	GASKET, CONNECTION	1	CARCAZA DE ENFRIADOR
KM6742014220	PLUG, THREADED	1	CARCAZA DE ENFRIADOR
KM6742015202	PLUNGER, PRESSURE REGULATOR	1	CARCAZA DE ENFRIADOR
KM6743612150	SPRING, COMPRESSION	1	CARCAZA DE ENFRIADOR
KM6743612112	COVER, LUBRICATING OIL COOLER	1	CARCAZA DE ENFRIADOR
KM6008616110	ALTERNATOR	1	CAMBIO DE ALTERNADOR
KM6008638112	MOTOR, STARTING	1	CAMBIO DE ARRANCADOR
KM0811602410	BULB, 10 W	2	SISTEMA ELÉCTRICO
KM20Y5315210	WORK LAMP ASSEMBLY	1	SISTEMA ELÉCTRICO
KM20Y0641822	ALARM	1	SISTEMA ELÉCTRICO
KM2070675180	WIRING HARNESS	1	SISTEMA ELÉCTRICO
KM21T0632810	WORK LAMP ASSEMBLY	1	SISTEMA ELÉCTRICO
KM0816072400	HORN	1	SISTEMA ELÉCTRICO
KM0816072420	HORN	1	SISTEMA ELÉCTRICO
KM6741819220	SENSOR, FLUID LEVEL	1	SISTEMA ELÉCTRICO
KMKCLDYC4D	BATTERY	2	BATERÍAS
KM2076274190	HOSE	2	CAMBIO DE MANGUERAS DEL BUCKET
KM700013032	O-RING	4	CAMBIO DE MANGUERAS DEL BUCKET
KM2077033181	O-RING	2	CAMBIO DE ORING DEL CUCHARÓN

KM2076071320	VALVE ASSEMBLY	1	CAMBIO DE BLOQUE DE SOLENOIDES
KM708501009	HOSE	1	CAMBIO DE MANGUERAS DEL BRAZO---
KM2076276810	HOSE	1	CAMBIO DE MANGUERAS DEL BRAZO---
KM700013032	O-RING	2	CAMBIO DE MANGUERAS DEL BRAZO---
KM700013032	O-RING	2	CAMBIO DE MANGUERAS DEL BRAZO---
KM700013032	O-RING	2	CAMBIO DE MANGUERAS DEL BRAZO
KM726009936	HOSE	1	CAMBIO DE MANGUERA DE SUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA
KM2086273910	CLAMP	4	CAMBIO DE MANGUERA DE SUCCIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA
KM2076252621	HOSE	2	CAMBIO DE MANGUERAS DE BOOM
KM2076252610	HOSE	2	CAMBIO DE MANGUERAS DE BOOM
KM700013032	O-RING	4	CAMBIO DE MANGUERAS DE BOOM
KM700013032	O-RING	4	CAMBIO DE MANGUERAS DE BOOM
KM2077072312	PIN	1	CAMBIO PIN DE EQUIPO DE TRABAJO
KM7077690490	BUSHING	2	CILINDRO DE BOOM - BOCINA 1

KM7077610290	BUSHING	2	CILINDRO DE BOOM - BOCINA 2
KM7077610290	BUSHING	1	CILINDRO DE BRAZO - BOCINA 1
KM7077610290	BUSHING	1	CILINDRO DE BRAZO - BOCINA 2
KM7077690490	BUSHING	1	CILINDRO DE CUCHARON - BOCINA
KM2076376170	BUSHING	1	CILINDRO DE CUCHARON - BOCINA
KMKM7074416910	RING	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7073916120	RING, WEAR	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0131001216	SCREW	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0700105100	RING, BACK-UP	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0700015100	O-RING	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0714500100	SEAL, DUST	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7073591640	RING, BACK-UP	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0700015150	O-RING	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0700015150	O-RING	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7073591640	RING, BACK-UP	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7075111640	RING, BUFFER	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7075111030	PACKING, ROD	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7075611740	SEAL, DUST	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0714500100	SEAL, DUST	4	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0717913114	RING, SNAP	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM1766356170	SEAL, DUST	2	SISTEMA HIDRÁULICO

KMKM7075110 030	PACKING, ROD	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7075110 640	RING, BUFFER	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7073591 420	RING, BACK-UP	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0700015 130	O-RING	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7073591 420	RING, BACK-UP	4	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0700015 130	O-RING	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7074414 910	RING	4	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7073914 110	RING, WEAR	4	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7074414 180	RING, PISTON	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0700105 090	RING, BACK-UP	4	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0700015 090	O-RING	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0714500 090	SEAL, DUST	4	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7074415 911	RING	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0714500 090	SEAL, DUST	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7073915 110	RING, WEAR	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0700105 100	RING, BACK-UP	2	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0700015 100	O-RING	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM0700015 140	O-RING	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7073591 660	RING, BACK-UP	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7077511 040	RING, SNAP	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7075111 640	RING, BUFFER	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM7075111 030	PACKING, ROD	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM1986394 170	SEAL, DUST	1	SISTEMA HIDRÁULICO

KMKM0717913 126	RING, SNAP	1	SISTEMA HIDRÁULICO
KMKM2077072 120	SEAL, DUST	2	SISTEMA HIDRÁULICO

Anexo 6. Lista de partes críticas para excavadora modelo PC350LC-8.

Fuente: Manual de presentación de equipo, Empresa de maquinarias Perú S.A.