



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
PIRHUA

# GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE EQUIPO PESADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

Román Valdivia

Piura, Marzo de 2012

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Mecánico-Eléctrica

Valdivia, R. (2012). *Gestión de mantenimiento y reparación de equipo pesado en la construcción de carreteras*. Informe descriptivo profesional de pregrado en Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia](#)  
[Creative Commons Atribución-](#)  
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

**UNIVERSIDAD DE PIURA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**



**“Gestión de mantenimiento y reparación de equipo pesado en la construcción de carreteras”**

Informe descriptivo profesional para optar el Título de Ingeniero Mecánico-Eléctrico

**Román Adolfo Valdivia Sanz**

Piura, Marzo 2012

## **Prólogo**

La empresa Constructora Málaga Hnos S.A desde sus inicios en el año 1982 ha reparado sus equipos pesados con personal propio para poder participar en diversos proyectos de construcción de carreteras y proyectos mineros en todo el Perú.

El informe descriptivo profesional desarrollado tratará sobre diversos trabajos de mantenimiento realizados en proyectos de construcción de carretera en los últimos 5 años en dicha empresa.

La información mostrada constituye un valioso aporte para los registros de la empresa pues siempre ha sido política de la empresa tener historiales de mantenimiento y registros para poder tomar decisiones y evaluar equipos.

Quisiera expresar mi agradecimiento al Sr Alindor Simpertigue y al Ing. Ernesto Málaga por su apoyo brindado durante el tiempo de trabajo que se compartieron diversas experiencias laborales que han permitido a la empresa lograr una posición dentro del sector construcción en el Perú. Muchas veces el diálogo, la discusión y el entendimiento han permitido obtener conclusiones provechosas para tomar las decisiones adecuadas.

De igual modo deseo expresar mi agradecimiento al Msc Jorge Machacuay Arévalo, por el apoyo brindado durante la elaboración del informe descriptivo profesional y la formación académica recibida de estudiante en la universidad.

## Índice

<b>Introducción</b>	1
<b>Capítulo 1:</b>	
<b>Gestión de mantenimiento realizado a una flota de equipos pesados en la obra: “Rehabilitación y mejoramiento a nivel de asfaltado en caliente de la carretera <i>Pilcomayo-Chongos Bajo- Chupuro – Huayucachi, realizado en Huancayo-Región Junín.</i>”</b>	3
1.1.Trabajos realizados.....	3
1.1.1. Implantación de un programa de mantenimiento a una flota de equipos pesados y procedimientos mínimos para realizar mantenimiento...	3
1.1.2. Gestión de mantenimientos preventivos y correctivos a una flota de equipos pesados.....	4
1.2. Trabajo más representativo del periodo de trabajo: “Gestión de reparación de un cargador frontal CAT-966G-serie: 9RS00300”.....	6
<b>Capítulo 2:</b>	
<b>Gestión de mantenimiento realizado a una flota de equipos pesados en la obra: “Construcción de accesos Carretera Tinajones-Sociedad Minera Cerro Verde Tramo I-II (Arequipa)”</b>	18
2.1.Trabajos realizados.....	18
2.1.1. Implantación de un programa de mantenimiento a una flota de equipos pesados.....	18
2.1.2. Implantación de un sistema de gestión de seguridad, salud y manual de procedimientos.....	19
2.2. Trabajo más representativo del periodo de trabajo: “Gestión de reparación y reclamos por garantía de una excavadora hidráulica 325BL en el sistema hidráulico.....	24
<b>Capítulo 3:</b>	
<b>Gestión de mantenimiento realizado a una flota de equipos pesados en la obra: “Mejoramiento de la carretera Yanahuanca-Cerro de Pasco, Cerro de Pasco-Palca, Sub-tramo B, KM 26 + 000-KM 46 +740</b>	33
3.1.Trabajos realizados.....	33

3.1.1. Implantación de un programa de mantenimiento a una flota de equipos pesados.	33
3.1.2. Gestión de mantenimientos preventivos y correctivos a una flota de equipos.....	34
3.2. Trabajo más representativo del periodo de trabajo: Gestión para realizar mejoras en el sistema de abastecimiento de combustible e instalación de filtros de petróleo.....	34
3.2.1. Antecedentes.....	34
3.2.2. Medidas preventivas y correctivas tomadas con el petróleo que abastece a los equipos.....	36
3.2.2.1. Medidas preventivas.....	36
1.- Muestreo de petróleo.....	36
3.2.2.2. Medidas correctivas para filtrar el petróleo y atenuar los efectos de la contaminación del petróleo sucio que se abastece en obra.....	37
3.2.3. Inspección visual de las cisternas que abastecen petróleo en obra.....	39
A. Cisterna ZP-1671-fecha 20 de junio del 2009	
B. Cisterna ZP-1671-fecha 11 de julio del 2009	
C. Cisterna ZI-6528-fecha 23 de julio del 2009	
D. Cisterna ZI-1634-fecha 9 de agosto del 2009	
3.2.4. Conclusiones y resultados del muestreo realizado al petróleo que se abastece en obra por medio de las cisternas y resultados del petróleo filtrado.....	41
3.2.4.1. Conclusiones del petróleo abastecido por las cisternas alquiladas durante el 11 de julio y el 5 de agosto.....	43
3.2.4.2. Conclusiones del petróleo abastecido al camión lubricador XQ-8401 durante el 11 de julio y el 23 de julio.....	45
3.2.4.3. Conclusiones del petróleo abastecido por el camión lubricador XQ-8401 durante el 11 de julio.....	46
3.2.4.4. Conclusión final.....	46

#### Capítulo 4 :

#### Gestión de mantenimiento realizado a una flota de equipos pesados en la obra: “Mejoramiento de la carretera Yanahuanca-Cerro de Pasco, Tramo II, Cerro de Pasco-Palca, Sub-tramo B, KM 26 + 000-KM 46 +740

4.1. Trabajo más representativo del periodo de trabajo.....	48
---	----

#### Capítulo 5 :

#### Gestión de mantenimiento realizado a una flota de equipos pesados en la obra: “Mejoramiento de la carretera Calca-Machacancha-Quellopuytio: Tramo I (Km 0+000-Km 22+511), ubicado en el departamento de Cuzco, provincia y distrito de Calca”

5.1. Trabajos realizados.....	57
5.1.1. Gestión de mantenimientos preventivos y correctivos a una flota de equipos pesados.....	57
5.1.2. Monitoreo de la flota de equipos pesados <i>CATERPILLAR</i>	

mediante el sistema <i>Product Link y Vision Link</i> .....	58
5.2. Trabajo más representativo del periodo e importante para desarrollar el informe descriptivo profesional : “Gestión de mantenimiento realizado al Tractor sobre orugas-D8T-1009T0-Serie: J8B02339”.....	63
5.2.1. Límites de control de calidad de la ejecución de los mantenimientos preventivos.....	63
5.2.2. Estado del equipo.....	64
5.2.2.1. Lampón.....	64
5.2.2.2. Carrilería.....	65
5.2.2.3. Cilindro hidráulico de inclinación del lampón.....	66
5.2.3. Estimación de costos para realizar una reparación del equipo de acuerdo a los problemas que presenta.....	67
5.2.4. Ejecución de los trabajos de reparación del equipo.....	70
5.2.5. Base de datos en base a reparaciones pasadas en carrilería y elementos de corte.....	73
5.2.6. Especificaciones técnicas de los trabajos realizados.....	75
5.2.6.1. Torque de los pernos zapata.....	75
5.2.6.2. Torque de pernos de rodillo simple y doble.....	75
5.2.6.3. Torque de pernos de rueda guía.....	76
5.2.6.4 Tipos de soldadura empleada a la reparación del lampón.....	77
5.2.6.4.1. E7018-E 51 55 B 10 ( <i>Supercito</i> ).....	77
A. Características del <i>supercito</i> .....	77
B. Características químicas del metal depositado.....	77
C. Corriente a la que se debe emplear el electrodo <i>supercito</i> .....	77
D. Propiedades mecánicas de la soldadura depositada en el material base.....	78
5.2.6.4.2. <i>Chamfercord</i> .....	78
A. Características del <i>chamfercord</i> .....	78
B. Corriente a la que se debe emplear el electrodo <i>chamfercord</i> .....	78
5.2.6.4.3. E Fe Cr-Al-E10-UM-60 CGRZ( <i>Citodur 1000</i> ).....	78
A. Características del <i>citodur 1000</i> .....	79
B. Características del metal depositado.....	79
C. Propiedades mecánicas referidas a la dureza del metal depositado...	79
D. Corriente a la que se debe emplear <i>el citodur 1000</i> .....	79
5.2.6.5. Planchas T1-Antidesgaste(DIN: 1.8721).....	80
A. Características mecánicas de las planchas T1-Antidesgaste.....	80
5.2.7. Detalle de compras para realizar mantenimientos preventivos y correctivos realizados a dicho equipo para mantener la operatividad en el periodo: Agosto 2010-Junio 2011.....	81
5.2.8. Cálculo del beneficio costo ciclo de vida del Tractor D8T-1009T0-serie: J8B92339.....	84
5.2.9. Detalle de compras de acero para elementos de corte en diversos equipos..	86
5.2.10. Conclusión final.....	88
 <b>Anexo A</b>	 90
 <b>Anexo B</b>	 103

<b><i>Anexo C</i></b>	113
Diagrama de Gantt.....	114
Tareas completadas.....	116
Tarea y recursos humanos.....	118
 <b><i>Anexo D</i></b>	 122
 <b><i>Bibliografía</i></b>	 125

## Índice de tablas

### Capítulo 1

Tabla 1.1: Tipos de mantenimientos realizados según la frecuencia.....	4
Tabla 1.2: Tipos de mantenimiento realizado según el horómetro.....	4
Tabla 1.3: Relación de equipos presentes en obra.....	4
Tabla 1.4: Personal que se tenía en obra para realizar los mantenimientos.....	6
Tabla 1.5: Relación de repuestos para reparar el equipo.....	6

### Capítulo 2

Tabla 2.1: Tipos de mantenimientos realizados según la frecuencia.....	18
Tabla 2.2: Tipos de mantenimiento realizado según el horómetro.....	19

### Capítulo 3

Tabla 3.1: Tipos de mantenimientos realizados según la frecuencia.....	33
Tabla 3.2: Tipos de mantenimiento realizado según el horómetro.....	34
Tabla 3.3: Cantidad de partículas presentes en el petróleo por abastecimiento de cisternas a los tanques principales.....	42
Tabla 3.4: Relación(%) entre muestras de petróleo.....	42
Tabla 3.5: Resultados de muestreo de petróleo. análisis realizado por Ferreyros S.A.A.....	43
Tabla 3.6: Resultados del muestreo realizado al petróleo que se abastece al camión lubricador por medio de los tanques de almacenamiento(Tanque 1 y Tanque 2).....	44
Tabla 3.7: Relación de filtrado(%) entre muestras de petróleo.....	44
Tabla 3.8: Resultados del muestreo realizado al petróleo que se abastece a los equipos por medio del camión lubricador XQ-8401.....	45
Tabla 3.9: Relación de filtrado(%) entre muestras de petróleo.....	45
Tabla 3.10: Cantidad de partículas que ingresan a los equipos.....	46

### Capítulo 4

Tabla 4.1: Relación de trabajos más representativos realizados en obra durante el periodo enero-2010-abril-2010.....	49
Tabla 4.2: Relación de trabajos preventivos y correctivos realizados	

en el sistema de inyección realizado durante el periodo agosto-2009-febrero 2010.....	55
Tabla 4.3: Relación de trabajos preventivos y correctivos realizados en el sistema de inyección durante el periodo agosto-2009 -abril 2010.....	56

## Capítulo 5

Tabla 5.1: <i>Product Link</i> -Octubre.....	58
Tabla 5.2: <i>Product Link</i> -Octubre. H-MÁQUINA.....	59
Tabla 5.3: <i>Product Link</i> -Noviembre.....	60
Tabla 5.4: <i>Product Link</i> -Noviembre. H-MÁQUINA.....	60
Tabla 5.5: Relación de mantenimiento preventivo realizado.....	64
Tabla 5.6: Alternativa a.....	68
Tabla 5.7: Alternativa b.....	68
Tabla 5.8: Alternativa c.....	69
Tabla 5.9: Alternativa d.....	69
Tabla 5.10: Detalle de repuestos y materiales comprados para la reparación del tractor D8T-1009TO-J8B00332.....	70
Tabla 5.11: Trabajos correctivos de cambio de zapatas en el sistema de carrilería realizados a diversos equipos según detalle adjunto.....	74
Tabla 5.12: Duración de los elementos de corte en obra.....	74
Tabla 5.13: Supercito.....	77
Tabla 5.14: Supercito.....	77
Tabla 5.15: Supercito.....	78
Tabla 5.16: <i>Chamfercord</i> .....	78
Tabla 5.17: <i>Citodur 1000</i> .....	79
Tabla 5.18: <i>Citodur 1000</i> .....	79
Tabla 5.19: <i>Citodur 1000</i> .....	80
Tabla 5.20: Planchas T1.....	80
Tabla 5.21: Detalles de compras del tractor D8T-1009TO.....	81
Tabla 5.22: Tablas resumen- año 2010-2011.....	83
Tabla 5.23: Detalle de horas de trabajo del equipo durante el Periodo agosto-2010 a junio del 2011.....	84
Tabla 5.24: Detalle de ingresos US\$ durante el periodo agosto-2010 a junio del 2011.....	85
Tabla 5.25: Detalle del beneficio-costo-ciclo-vida-Año 2010.....	85
Tabla 5.26: Detalle del beneficio-costo-ciclo-vida-Año 2011.....	86
Tabla 5.27: Detalle del consumo de petróleo, periodo agosto-2010 a junio 2011...	86
Tabla 5.28: Tabla resumen de aceros usados para elementos de corte en diversos equipos.....	87

## Índice de figuras

### Capítulo 1

Fig. 1.1: Descripción del diferencial delantero.....	10
Fig. 1.2: Descripción de la corona del diferencial.....	11
Fig. 1.3: Descripción de los discos.....	11
Fig. 1.4: Descripción del control hidráulico de la transmisión.....	12
Fig. 1.5: Descripción de salida de la transmisión.....	13
Fig. 1.6: Plano esquemático, cargador frontal 966G, detalle de los sensores GP-Speed-193-2550.....	14
Fig. 1.7: Declaración de aduana para solicitar el retiro de los repuestos importados de <i>USA</i> .....	17

### Capítulo 2

Fig. 2.1: Formato de inspección.....	22
Fig.2.2: Diagrama de cargas, grúa <i>Hiab F160</i> .....	23
Fig. 2.3: Reporte de análisis de falla.....	25
Fig. 2.4: Reporte de análisis de falla.....	26
Fig. 2.5: Carta-Reclamo por garantía de la falla ocurrida en el componente reparado a FERREYROS S.A.....	27
Fig. 2.6: Detalle de la bomba hidráulica, parte afectada.....	28
Fig. 2.7: Detalle de la bomba hidráulica principal.....	28
Fig. 2.8: Orden de compra, limpieza del sistema hidráulico.....	29
Fig. 2.9: Orden de compra, limpieza del sistema hidráulico.....	30
Fig. 2.10: Informe de reparación, equipo operativo.....	31
Fig. 2.11: Informe de reparación, equipo operativo.....	32

### Capítulo 3

Fig. 3.1: Resultado de análisis de petróleo realizado por FERREYROS S.A al tanque de petróleo del tractor D6T-SMC00145-1008TO.....	35
Fig. 3.2: Detalle de los filtros surtidores de petróleo.....	39
Fig. 3.3: Informe UNI-23 de junio-2009.....	41

### Capítulo 5

Diagrama pastel-5.1-noviembre.....	61
Diagrama pastel-5.2-noviembre.....	61
Gráfico de barras-5.1.....	61
Fig. 5.1: Ubicación del área de mantenimiento según sus operaciones.....	62
Fig. 5.2: Brecha del aprendizaje.....	63
Fig. 5.3: Resumen del proyecto, realizado por el <i>MS Project</i> .....	73
Fig. 5.4: Torque de los pernos de zapata.....	75
Fig. 5.5: Torque de los pernos de rodillo.....	76
Fig. 5.6: Torque de los pernos de rueda guía.....	76
Fig. 5.7: Desgaste abrasivo que se produce en las planchas de equipo pesado.....	81
Diagrama pastel 5.3.....	83
Diagrama pastel 5.4.....	84
Diagrama pastel 5.5.....	84
Diagrama pastel 5.6.....	87
Gráfico de barras 5.2.....	88

### **Anexo B**

Fig. B.1: Pedido de obra-N°00759.....	103
Fig. B.2: Orden de compra-N°0012467.....	104
Fig. B.3: Orden de compra-N°0012475.....	105
Fig. B.4: Orden de compra-N°0012519.....	106
Fig. B.5: Factura correspondiente a la Orden de compra-N°0012519.....	107
Fig. B.6: Orden de compra-N°0012586.....	108
Fig. B.7: Orden de compra-N°0012653.....	109
Fig. B.8: Orden de compra-N°0012669.....	110
Fig. B.9: Orden de compra-N°0012693.....	111
Fig. B.10: Factura-001-N°0010760.....	112

### **Anexo D**

Fig. D.1: Propiedades físicas de los agregados a los que está sometido el Tractor D8T-1009-Serie: J8B02339 y los demás equipos pesados de obra.....	123
Fig. D.2: Propiedades físicas de los agregados a los que está sometido el Tractor D8T-1009-Serie: J8B02339 y los demás equipos pesados de obra.....	124

## Índice de fotos

### Capítulo 1

Foto 1.1: <i>Plate Reaction</i> -130-5866.....	8
Foto 1.2: <i>Gear Ring</i> -129-5403.....	8
Foto 1.3: <i>Washer-Thrust</i> -163-3008.....	8
Foto 1.4: <i>Washer-Thrust</i> -163-3008.....	8
Foto 1.5: <i>Shaf-Planetary</i> -129-4323.....	9
Foto 1.6: <i>Disc Friction</i> -141-2622.....	9
Foto 1.7: <i>Disc Friction</i> -141-2622.....	9
Foto 1.8: <i>Gear Planet</i> -129-4299.....	9
Foto 1.9: <i>Gear Sun</i> -127-8909.....	9
Foto 1.10: <i>Gear Sun</i> -127-8909.....	9

### Capítulo 3

Foto. 3.1: Filtro surtidor-tanques 1 y 2.....	37
Foto. 3.2: Filtro lavable tanque-bomba.....	37
Foto. 3.3: Filtro surtidor filtra el petróleo de los Tanques 1 y Tanques 2, montado en el surtidor central. . Se usa el filtro Nro-30033, filtra partículas de 10 µm que pueden ser partículas de agua y sólidos..	38
Foto. 3.4: Filtro surtidor del camión abastecedor XQ-8401, el petróleo filtrado se abastece a los tanques de los equipos. Se usa el filtro Nro-30036, filtra partículas de 30 µ que pueden ser partículas de agua y sólidos.....	38
Foto. 3.5: Cisterna ZP-1671 –Fecha 20 de junio del 2009.....	39
Foto. 3.6: Cisterna ZP-1671 –Fecha 20 de junio del 2009.....	39
Foto. 3.7: Cisterna ZP-1671-Fecha-11 de julio del 2009.....	40
Foto. 3.8: Cisterna ZP-1671-Fecha-11 de julio del 2009.....	40
Foto. 3.9: Cisterna ZP-1671-Fecha-11 de julio del 2009.....	40
Foto. 3.10: Cisterna ZP-1671-Fecha-11 de julio del 2009.....	40
Foto. 3.11: Cisterna ZP-1671-Fecha-11 de julio del 2009.....	40
Foto. 3.12: Cisterna ZI-6528-Fecha-23 de julio del 2009.....	40
Foto. 3.13: Cisterna ZI-6528-Fecha-23 de julio del 2009.....	40
Foto. 3.14: Cisterna ZI-1634-Fecha-9 de agosto del 2009.....	41
Foto. 3.15: Cisterna ZI-1634-Fecha-9 de agosto del 2009.....	41
Foto. 3.16: Cisterna ZI-1634-Fecha-9 de agosto del 2009.....	41

### Capítulo 4

Foto 4.1: Presenta desgaste en los pines.....	54
Foto 4.2: Presenta desgaste en el alojamiento de la bocina.....	54
Foto 4.3: Presenta deterioro en los sellos hidráulicos.....	54
Foto 4.4: Presenta deterioro en los sellos hidráulicos y surcos producidos en el pistón al tener contacto con el cilindro hidráulico.....	55
Foto 4.5: Presencia de partículas metálicas en los sellos debido a que el vástago se ha tenido contacto irregular con la superficie del cilindro.....	55

## Capítulo 5

Foto 5.1: Estado del lampón tractor D8T-1009TO-Serie: J8B00332, en el mes de enero-2011.....	65
Foto 5.2: Estado de rodillo inferior del tractor D8T-1009TO-Serie: J8B00332, en el mes de enero-2011.....	65
Foto 5.3: Estado de rueda guía del tractor D8T-1009TO-Serie: J8B00332, en el mes de enero-2011.....	66
Foto 5.4: Estado de rodillo inferior y tapas del tractor D8T-1009TO-Serie: J8B00332, en el mes de enero-2011.....	66
Foto 5.5: Estado de cilindro hidráulico de inclinación del tractor D8T-1009TO-Serie: J8B00332, en el mes de enero-2011.....	67

## Anexo A

Foto A.1: Daños producidos en la base de cuchilla del lampón, lado derecho.....	90
Foto A.2: Superficie de contacto que debe ser retirada, debido a que presenta desgaste.....	91
Foto A.3: Planchas de refuerzo colocadas después de los trabajos de reforzamiento del lampón.....	92
Foto A.4: Planchas de refuerzo colocadas después de los trabajos de reforzamiento del lampón y de los brazos del lampón.....	93
Foto A.5: Proceso de reforzamiento de los brazos del lampón.....	94
Foto A.6: Proceso de reforzamiento de los brazos del lampón.....	94
Foto A.7: Proceso de reparación de la rueda guía.....	95
Foto A.8: Rodillo inferior reparado, observe los <i>Retainer</i> desgastados por la abrasión.....	95
Foto A.9: Rodillos inferiores reparados en proceso de montaje.....	96
Foto A.10: En proceso de montaje de un rodillo inferior.....	96
Foto A.11: Cadena de tractor con los pernos de la cadena cortados listos para ser retirados.....	97
Foto A.12: Pernos de cadena cortados en proceso de retiro de la cadena.....	97
Foto A.13: Zapatas de tractor en proceso de montaje a la cadena.....	98
Foto A.14: Los <i>Guide</i> o zapatitos en proceso de montaje, observe la diferencia entre uno nuevo y uno gastado.....	98
Foto A.15: Proceso de torque de los pernos de zapata.....	99
Foto A.16: Lampón reparado y montado en el equipo luego de su reparación.....	99
Foto A.17: Equipo con los brazos de lampón reforzado y con zapatas nuevas.....	100

Foto A.18: Cilindro hidráulico reparado.....	100
Foto A.19: Equipo operativo, listo para ser enviado al frente de trabajo en camabaja.....	101
Foto A.20: Brazo de inclinación del lampón, doblado por el impacto que sufrió el equipo.....	101
Foto A.21: Trabajos de soldadura realizados al cucharón de una excavadora, de acuerdo a la Tabla 5.28.....	102
Foto A.22: Trabajos de soldadura realizados al cucharón de una excavadora, de acuerdo a la Tabla 5.28.....	102

## **Resumen**

En el presente informe descriptivo profesional se tratará una serie de casos o experiencias referidas al mantenimiento de equipos pesados en proyectos de construcción de carreteras en diversos departamentos del Perú. En los casos tratados se tratará de exponer los detalles más importantes de los trabajos realizados y aplicar los conocimientos técnicos referidos a los manuales para poder realizar los trabajos de reparación o mantenimiento adecuadamente de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante.

En el área de mantenimiento muchas veces predomina las ideas prácticas y puntuales que solucionan problemas, para realizar los casos o experiencias mostradas las ideas prácticas se han tratado de mejorarlas y fundamentarlas con los conocimientos técnicos adquiridos para tomar decisiones correctas de modo que se aplica la ingeniería del mantenimiento y desarrollar una cultura preventiva que fomenta la conservación y preservación de los activos a lo largo de su ciclo de vida.

El informe descriptivo profesional presentado será una valiosa ayuda para el estudiante o profesional que tenga el interés de iniciarse en el mantenimiento de equipo pesado.

## **Introducción**

En los últimos años el Perú ha tenido un auge económico notable y se han realizado una serie de proyectos en el sector minero y en el sector de construcción civil que han permitido mejorar la calidad vida de la población. Esto debido a que los proyectos realizados en el Perú han generado puestos de trabajo en distintas áreas y especialidades.

En el presente informe descriptivo profesional se tratará de una serie de experiencias o casos referidos al mantenimiento de equipos pesados en la construcción de carreteras en el Perú en los últimos 5 años.

Para ingresar en el campo del mantenimiento de equipo pesado, es recomendable tener ideas y conceptos referidos a la gestión de mantenimiento de equipo pesado para poder comprender mejor el campo. La experiencia que se obtenga en la vida diaria es recomendable reforzarla con los conocimientos técnicos que se puede adquirir en los manuales técnicos o libros referidos a la gestión del mantenimiento para enriquecer la vida profesional del ingeniero que se dedica a esta área.

En el Capítulo 1, Capítulo 2, Capítulo 3, Capítulo 4 se trataran casos o situaciones que un ingeniero que se dedica al área de mantenimiento puede encontrar en la vida diaria.

En el Capítulo 5 se concentra la parte más importante del informe descriptivo profesional, se tratará sobre la gestión de mantenimiento y reparación de un Tractor D8T que cumple un papel importante en un proyecto de construcción de carreteras. Dicho equipo presenta problemas debido al trabajo que ha realizado en condiciones de material abrasivo lo cual ha disminuido su capacidad operativa.

Adicionalmente en el Capítulo 5, se tratará un tema referido a los cambios tecnológicos que han sufrido los equipos pesados en los últimos años al emplear herramientas de *software* y módulos de comunicación para obtener información vía satélite y poder obtener una serie de información que permite administrar adecuadamente una flota de equipos. La interpretación y uso de la información muchas veces dependerá del área que monitorea dicha información y se pueda utilizar adecuadamente integrándose al área de operaciones de la empresa. Actualmente existe una brecha entre la tecnología que existe o se usa y los conocimientos que se tiene, el resultado obtenido es que la tecnología tiene una tendencia de crecimiento notable y los conocimientos no pueden seguir la misma tasa de crecimiento. Muchas veces el éxito de los cambios que se quieran implantar en una empresa dependerá de las personas que realizan esos cambios y tener bien definido adonde se quiere llegar con los cambios propuestos para lograr el éxito.

## **Capítulo 1**

### **Gestión de mantenimiento realizado a una flota de equipos pesados en la obra:**

**“Rehabilitación y mejoramiento a nivel de asfaltado en caliente de la carretera *Pilcomayo-Chongos Bajo- Chupuro – Huayucachi*, realizado en Huancayo-Región Junín.”**

**Periodo de trabajo: 23 de setiembre del 2006-30 de diciembre del 2006**

#### **1.1. Trabajos realizados**

##### **1.1.1 Implantación de un programa de mantenimiento a una flota de equipos pesados y procedimientos mínimos para realizar mantenimiento**

Se establece un programa de mantenimiento preventivo para realizar los mantenimientos de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes. Dicho programa no existía en la empresa, no existían los registros de los mantenimientos realizados y los mantenimientos muchas veces se hacían luego de pasarse las 250 horas.

La Tabla 1.1 y la Tabla 1. 2 mostradas a continuación, han sido realizadas en base a las especificaciones y recomendaciones del fabricante *CATERPILLAR*.

**Tabla 1.1: Tipos de mantenimientos realizados según la frecuencia.**

TIPO DE MTTTO	FRECUENCIA	CONTENIDO
PM1	250	Cambio de aceite de motor, cambio de filtros de aceite de motor, cambio de filtros de petróleo, cambio de filtros de aire.
PM2	500	PM1, cambio de filtros hidráulicos, cambio de filtros de transmisión.
PM3	1000	PM1+PM2, cambio de aceite de transmisión, cambio de aceite de diferencial, cambio de aceite de tornamesa,
PM4	2000	PM1+PM2+PM3, cambio de aceite hidráulico, cambio de aceite de diferencial, calibración de válvulas de motor.

**Tabla 1.2: Tipos de mantenimiento realizado según el horómetro.**

HORÓMETRO	TIPO DE MTTTO
250	PM1
500	PM1+PM2
750	PM1
1000	PM1+PM2+PM3
1250	PM1
1500	PM1+PM2
1750	PM1
2000	PM1+PM2+PM3+P4

### 1.1.2. Gestión de mantenimientos preventivos y correctivos a una flota de equipos pesados

Se debe realizar la gestión de personal, recursos y planificar adecuadamente los trabajos de mantenimiento para mantener operativa la flota de equipos y recuperar su operatividad cuando los equipos queden inoperativos o realizar la intervención necesaria para que no queden inoperativos intempestivamente.

La flota a la cual se le debía hacer la gestión de mantenimiento era la siguiente:

#### Gestión de mantenimiento preventivo de los siguientes equipos pesados:

**Tabla 1.3: Relación de equipos presentes en obra.**

ITEM	EQUIPO	MARCA	MODELO	PLACA	AÑO	CÓDIGO
1	TRACTO	<i>VOLVO</i>	<i>WHITE-WUDGE</i>	YG-7391	1987	2202TR
2	CAMION CISTERNA	<i>INTERNATIONAL</i>	4700	XI-7064	1993	2051CA
3	VOLQUETE	<i>VOLVO</i>	N1242	WQ-1840	1981	2053CA
4	VOLQUETE	<i>VOLVO</i>	N10	WQ-1841	1987	2054CA

5	VOLQUETE	<i>VOLVO</i>	NL-10	WQ-1843	1990	2056CA
6	VOLQUETE	<i>VOLVO</i>	NL10	WQ-1845	1990	2058CA
7	VOLQUETE	<i>VOLVO</i>	NL-10	WQ-1846	1990	2059CA
8	TRACTO	<i>VOLVO</i>	N12	XI-3744	1981	2060CA
9	VOLQUETE	<i>VOLVO</i>	N10	XG-1967	1986	2061CA
10	CAMION GRÚA	<i>INTERNATIONAL</i>	4700	XI-9521	1995	2063CA
11	CAMIONETA-SIMPLE	<i>TOYOTA</i>	HILUX SSR	OQ-8135	1990	2006CT
12	CAMIONETA-SIMPLE	<i>NISSAN</i>	UFLG-D21-SF	OQ-5962	1989	2009CT
13	CAMIONETA-4X4	<i>TOYOTA</i>	HILUX SSR	PIB-619	1991	2014CT
14	MINICARGADOR	<i>CASE</i>	1845-C	---	1992	1057CF
15	CARGADOR FRONTAL	<i>CASE</i>	621ZF	---	1992	1058CF
16	CARGADOR FRONTAL	<i>KOBELKO</i>	LK-400	---	1987	1060CF
17	CARGADOR FRONTAL	<i>CATERPILLAR</i>	950G	---	---	1061CF
18	CARGADOR FRONTAL	<i>CATERPILLAR</i>	950G	---	---	1062CF
19	CARGADOR FRONTAL	<i>CATERPILLAR</i>	966G	---	1999	1063CF
20	CARGADOR FRONTAL	<i>CATERPILLAR</i>	966G	---	1999	1064CF
21	TRACTOR SOBRE ORUGAS	<i>CATERPILLAR</i>	D6H	---	1992	1001TO
22	TRACTOR SOBRE ORUGAS	<i>CATERPILLAR</i>	D8H	---	1973	1005TO
23	EXCAVADORA	<i>CASE</i>	880B	---	1980	1154RE
24	RETROEXCAVADORA	<i>CASE</i>	580SK	---	1995	1156RE
25	EXCAVADORA	<i>CASE</i>	330BL	---	1997	1159RE
26	MOTONIVELADORA	<i>CHAMPION</i>	720 A	---	1996	1103MN
27	MOTONIVELADORA	<i>CATERPILLAR</i>	12G	---	1986	1105MN
28	MOTONIVELADORA	<i>FITALLIS</i>	FG-85 A	---	1995	1107MN
29	MOTONIVELADORA	<i>FITALLIS</i>	FG-105B	---	1997	1108MN
30	MOTONIVELADORA	<i>FITALLIS</i>	FG-85 A	---	1997	1109MN
31	RODILLO PATA DE CABRA	<i>DYNAPAC</i>	CA-251D	---	1995	1201RV
32	RODILLO LISO	<i>DYNAPAC</i>	CA-251D	---	1996	1203RV
33	RODILLO NEUMATICO	<i>INGERSOLL-RAND</i>	PT-140 A	---	1989	1205RV
34	RODILLO TANDEN-DOBLE-ROLA	<i>DRESSER</i>	VOS266B	---	1994	1208RV
35	RODILLO LISO	<i>DYNAPAC</i>	CA-25II	---	1995	1209RV
36	RODILLO	<i>INGERSOLL-RAND</i>	SD-100	---	---	1212RV
37	RODILLO	<i>CHAMPION</i>	SUPER-PAC-840	---	1996	1213RV
38	RODILLO LISO	<i>CATERPILLAR</i>	CS563D	---	2002	1215RV
39	RODILLO LISO	<i>CATERPILLAR</i>	CS563E	---	2003	1216RV
40	RODILLO NEUMATICO	<i>BOOMAG</i>	BW-20R	---	---	1217RV

41	ESPARCIDORA DE ASFALTO	<i>INGERSOLL-RAND</i>	1010W	---	1993	3001EA
42	GRUPO ELECTRÓGENO	<i>CATERPILLAR</i>	3406TA	---	1997	3053GE
43	GRUPO ELECTRÓGENO	<i>CUMMINS</i>	NT-335-GS	---	1975	3055GE
44	GRUPO ELECTRÓGENO	<i>F.G. WILSON</i>	P65E	---	1998	3057GE
45	MOTOSOLDADORA	<i>HOBART</i>	MA5040D	---	1996	3658MS
46	COMPRESORA DE AIRE	<i>ATLAS COPCO</i>	XA-210	---	1989	3103CO

**Tabla 1.4: Personal que se tenía en obra para realizar los mantenimientos.**

<b>Cargo</b>	<b>Turno</b>	<b>Cantidad</b>
Mecánico	Día	2
Electricista	Día	1
Llantero	Día	1
Engrasador	Día	1
Mecánico	Noche	1
Chofer	Día	1
Soldador	Día	1
Soldador	Noche	1

La Tabla 1.3 y la Tabla 1. 4, han sido realizadas en base al inventario de equipos de obra y personal disponible en obra.

Dicho personal resultaba insuficiente debido a que la flota de equipos presentaba fallas constantemente y era obsoleta.

## **1.2. Trabajo más representativo del periodo de trabajo**

### **“Gestión de reparación de un cargador frontal Cat-966G-serie: 9RS00300”**

#### **Tipo de trabajo realizado:**

Gestión y supervisión de reparación completa del diferencial delantero.

Para realizar la reparación del equipo se requieren de los siguientes repuestos:

**Tabla 1.5: Relación de repuestos para reparar el equipo.**

<b>Cantidad</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>P.U</b>	<b>TOTAL</b>
1	127-8909	<i>GEAR SUN-18 TEETH</i>	1122,96	1122,96
2	130-5867	<i>PISTON</i>	533,89	1067,78
4	130-5860	<i>DISCO</i>	168,12	672,48

2	149-9113	<i>DOWEL</i>	16,76	33,52
2	149-9114	<i>PIN</i>	6,43	12,86
2	150-4651	<i>SEAL O RING</i>	0,98	1,96
12	163-3008	<i>WASHER-THRUST</i>	20,55	246,6
6	129-4296	<i>BEARING SLEEVE</i>	114,44	686,64
6	129-4323	<i>SHAFT PLANETARY</i>	158,83	952,98
1	129-5403	<i>GEAR RING-75 TEETH</i>	905,08	905,08
3	129-4299	<i>GEAR PLANET(27 TEETH)</i>	525,46	1576,38
2	130-5859	<i>PLATE-REACTION</i>	516,12	1032,24
2	130-5866	<i>PLATE-REACTION</i>	334,52	669,04
2	172-6007	<i>SEAL-BRAKE</i>	43,83	87,66
2	172-6011	<i>SEAL-BRAKE</i>	44,98	89,96
6	8T-2923	<i>PIN-SPRING</i>	1,66	9,96
6	138-1645	<i>PIN-SPRING</i>	1,08	6,48
2	135-7494	<i>KIT-DISC</i>	758,21	1516,42
1	135-7495	<i>KIT-DISC</i>	86,53	1516,42
1	6B-4370	<i>CUP BEARING</i>	86,53	86,53
1	1L-7518	<i>CONE BEARING</i>	137,64	137,64
1	8S-9076	<i>CUP BEARING</i>	26,92	26,92
1	8S-9075	<i>CONE BEARING</i>	53	53
<b>SUB-TOTAL US\$</b>				<b>12511,51</b>
<b>IMPUESTOS+FLETE AEREO (30%)</b>				<b>3753,453</b>
<b>TOTAL US\$</b>				<b>16264,963</b>

La Tabla 1. 5 ha sido realizada en base al pedido de repuestos para reparar el equipo.

El personal que realizó la reparación fue:

Taller de Mecánica Bastidas, taller de reparaciones ubicado en la ciudad de Huancayo. El trabajo de reparación se realizó en obra.

**Fotografías de los elementos afectados.**

**Foto 1.1: *Plate Reaction*: 130-5866.**



**Foto 1.2: *Gear Ring*-129-5403.**



**Foto 1.3: *Washer-Thrust*-163-3008.**

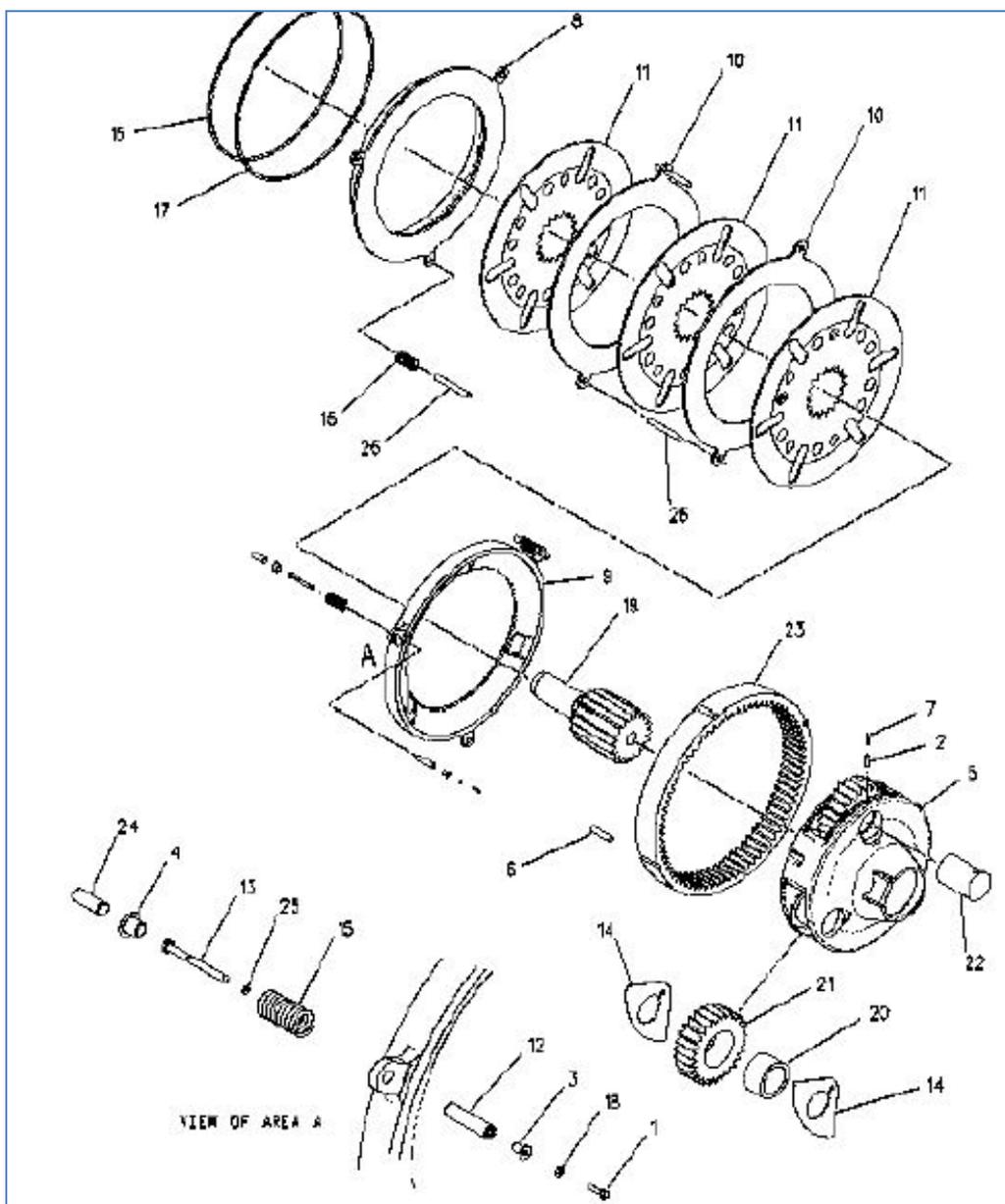


**Foto 1.4: *Washer-Thrust*-163-3008.**



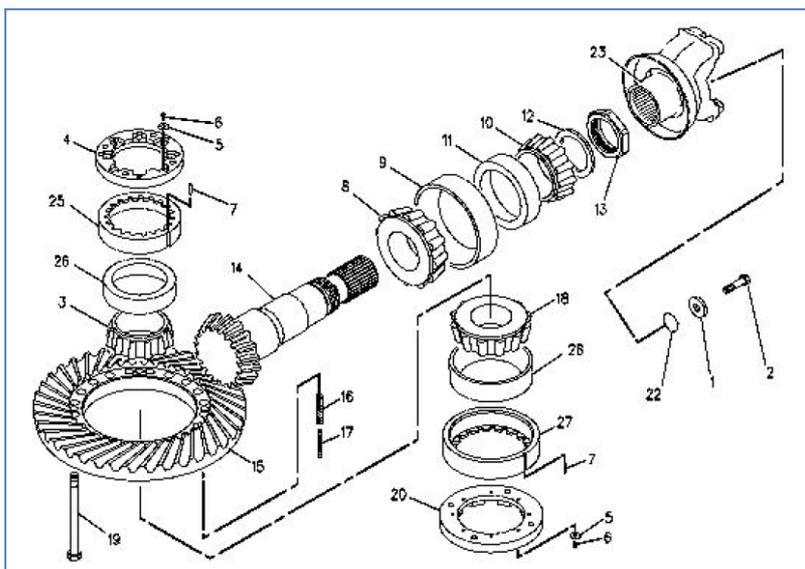
Foto 1.5: *Shaf-Planetary-129-4323.*Foto 1.6: *Disc Friction-141-2622.*Foto 1.7: *Disc Friction-141-2622.*Foto 1.8: *Gear Planet-129-4299.*Foto 1.9: *Gear Sun-127-8909.*Foto 1.10: *Gear Sun-127-8909.*

**Fig. 1.1: Descripción del diferencial delantero.<sup>1</sup>**

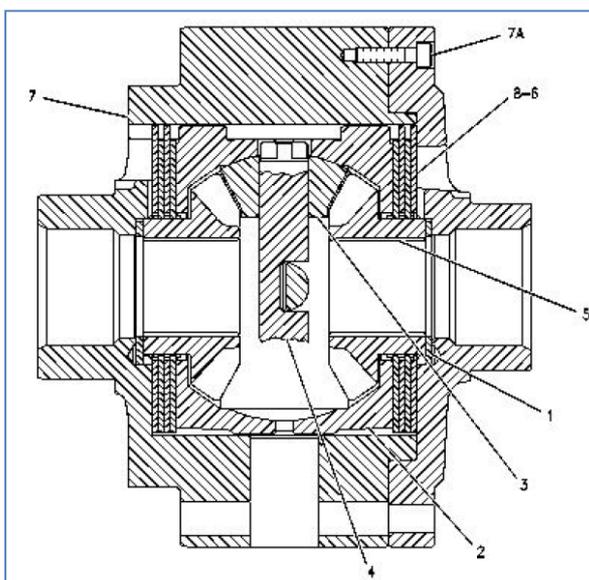


<sup>1</sup> SIS-Caterpillar-143-5267 BRAKE & PLANETARY GP- Parte de: 143-5255 AXLE AR-FIXED, Número de medio - SEBP2570-67

**Fig. 1.2: Descripción de la corona del diferencial.<sup>2</sup>**



**Fig. 1.3: Descripción de los discos.<sup>3</sup>**

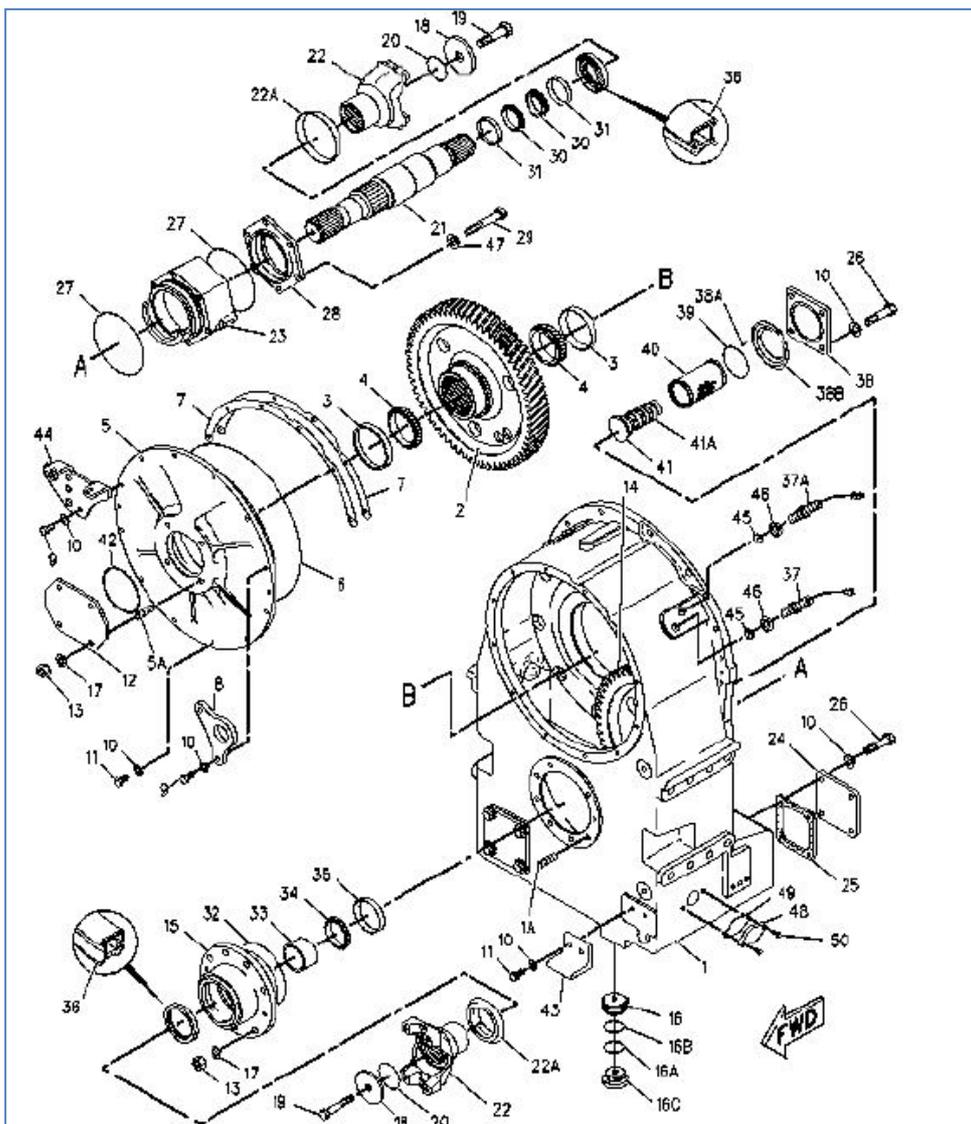


<sup>2</sup> SIS-CATERPILLAR-129-4290 GEAR GP-BEVEL & PINION-143-5255 AXLE AR-FIXED, Número de medio - SEBP2570-67

<sup>3</sup> SIS-CATERPILLAR-129-4304 DIFFERENTIAL GP-LIMITED SLIP-139-9104 AXLE AR-FIXED, Número de medio - SEBP2570-67



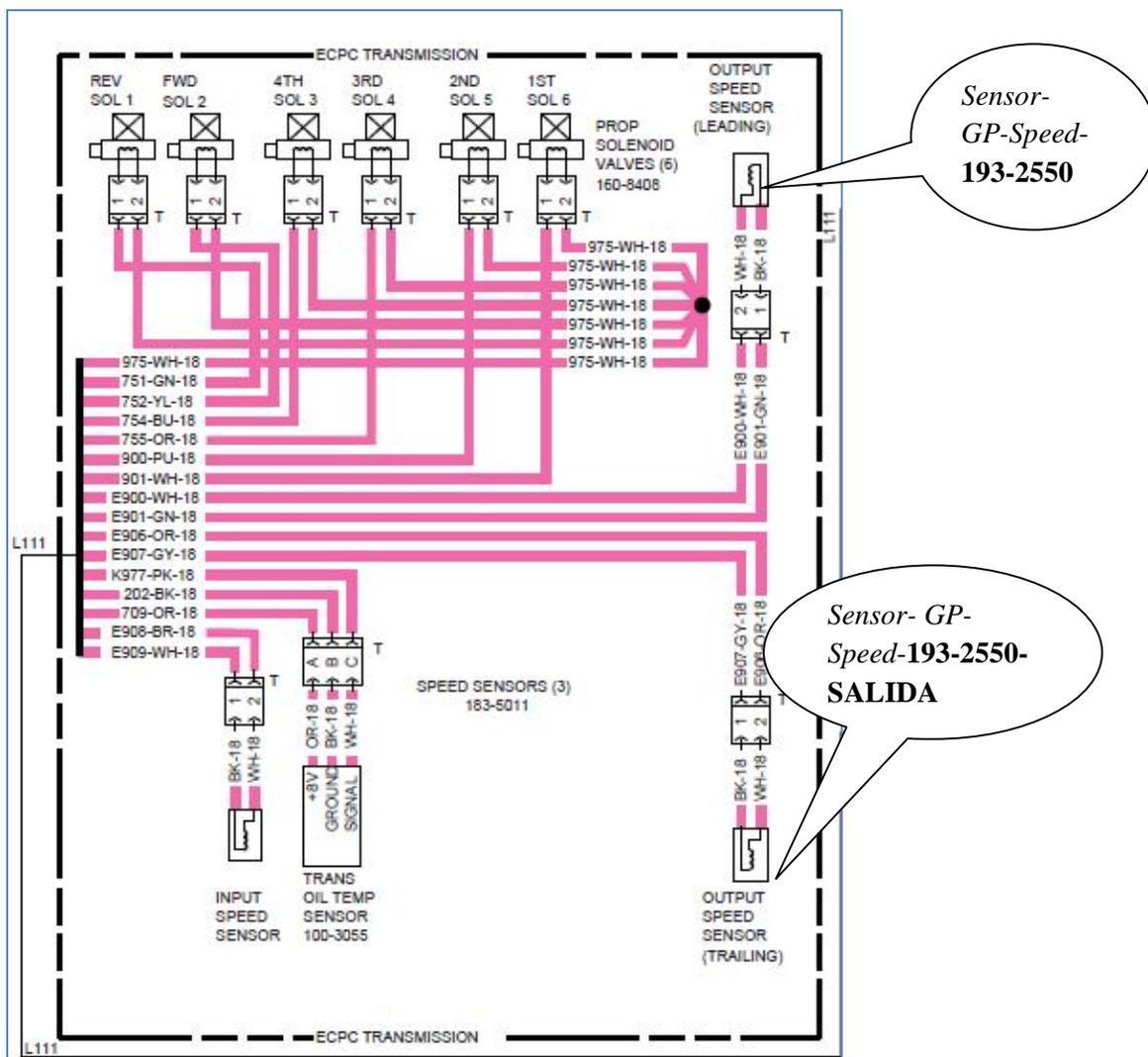
Fig. 1.5: Descripción de salida de la transmisión.<sup>5</sup>



37	<input type="checkbox"/>	Y	<a href="#">193-2550</a>	1	SENSOR GP-SPEED (MAGNETIC, HIGH OUTPUT) (TRANSMISSION OUTPUT NO.1)
37A	<input type="checkbox"/>	Y	<a href="#">193-2550</a>	1	SENSOR GP-SPEED (MAGNETIC, HIGH OUTPUT) (TRANSMISSION OUTPUT NO.2)

<sup>5</sup> SIS-CATERPILLAR-146-9868 GEAR GP-OUTPUT TRANSFER- S/N CGF1-99999; BSN1-99999; 4XY1-99999; 9GY1-99999- PART OF 141-1058, 177-1067, 186-2382, 195-7892 TRANSMISSION AR- Número de medio - SEBP2570-67

**Fig. 1.6: Plano esquemático, cargador frontal 966G, detalle de los sensores GP-Speed-193-2550.<sup>6</sup>**



<sup>6</sup> Plano eléctrico-966G and 972G Wheel Loader- Electrical System- RENR4329- December 2001

**Informe del análisis de falla para determinar la causa de la falla que originó los daños producidos en el equipo.**

### INFORME DE ANÁLISIS DE FALLA<sup>7</sup>

COMPONENTE: 129-4289

MÁQUINA: 1063CF

I DATOS DE LA MÁQUINA			
	SI	NO	
1	1.1. Modelo : 966G	X	
	1.2. Serie : 9RS00300	X	
	1.3. Horas : 8503	X	El equipo ha trabajado sólo 68 horas en la obra aproximadamente.
	1.4. Código Maquina : 1063CF	X	
	Ingeniero y/o Técnico que atendió la falla	X	ROMÁN VALDIVIA / ERNESTO ÁLVAREZ.
II RELACIONADAS CON LA FALLA			
1	Inspección de tapones y nivel de aceite		X Al realizar la inspección de nivel de aceite del mando final delantero izquierdo se encuentra abundante limaya y salen gases. Al retirar el tapón del diferencial, se encuentra excesiva limaya gruesa. Se drena totalmente el aceite del diferencial delantero.
2	Fecha que falló el componente / sistema	X	26-sep-06
3	Horas de trabajo del componente fallado		X No hay información disponible debido a que es un equipo comprado de importación.
4	¿Reporte del componente?	X	Al realizar el desmontaje del mando final delantero izquierdo, se encontró abundante limaya gruesa y los discos de fricción totalmente desgastados y otros componentes del BRAKE&PLANETARY GP (129-4289) totalmente deteriorados. el mando final delantero derecho se encontró en buen estado.
<b>Informe del operador antes de la falla :</b>			
5	5.1. Lugar / tipo y condiciones ambientales del terreno	X	Terreno pedregoso con piedras no cortantes a orillas del rio Mantaro o en camino en buen estado hacia una cantera.
	5.2. ¿Qué trabajos realizaba y por cuánto tiempo?	X	Carga y acarreo de material agregado. Trabaja alrededor de 16 horas diarias en promedio.
	5.3. ¿Qué síntomas presentó la máquina y/o el motor?	X	Presento sonidos extraños en el mando final delantero izquierdo

<sup>7</sup> Elaboración propia del análisis de falla realizado en setiembre del 2006, dicho informe se presentó a la gerencia de la empresa y se registró en los archivos de la empresa.

6	¿Qué hizo el operador inmediatamente después que ocurrió la falla?	X	Reporto a personal de mantenimiento un sonido que se escuchaba en el mando final delantero izquierdo y se para inmediatamente la maquina.
7	¿La máquina se encontró en el mismo lugar que falló o donde? / ¿Cómo se le trasladó?	X	El equipo se traslada a taller de consorcio "El Milagro" por medio de una cama baja. Se rellena con aceite Shell TC 50, para subir el equipo a la cama baja.
8	Elementos dañados del componente al realizar el desmontaje.		Las partes del componente 129-4289(BRAKE & PLANETARY GP) presentaron lo siguiente al realizar la inspección: Excesivo desgaste de los DISC-FRICTION(130-5860), desgaste de las BEARING-SLEEVE(129-4296) debido a la excesiva limaya que se encontró en el componente.
9	Fotografías en campo	X	Fotografías de las partes afectadas
10	CAUSA POSIBLE DE LA FALLA	X	La falla del equipo, se debió a una mala operación del mismo y ocasionado por la negligencia del operador al no tener un completo conocimiento de la forma de operar el equipo. Dicho modo de falla se complementa debido a que el equipo empezó a mostrar un comportamiento errático en los sensores GP-SPEED(123-2350) que gobiernan los cambios, el operador no reporta dicha falla y fuerza al equipo a realizar los cambios en forma incorrecta lo que ocasiona que se realice un mal cambio y probablemente ocasione la rotura de algún diente de los componentes afectados y posteriormente se produce una contaminación general del aceite y degradación de los elementos internos de los componentes afectados. Se debe tener en cuenta que el equipo es importado y al momento de preparar el equipo para ser enviado a obra en la ciudad de Lima-Perú, al equipo no se le drena los aceites del diferencial y no se le revisa el sistema eléctrico y es muy probable que el equipo ya presentaba algún daño en el diferencial al momento de ser vendido en USA. Se encontraron activos los códigos de falla relacionados al POWER TRAIN ECM- 081.0585.2 (TRANSMISION OUPUT SENSOR 1), 081.0673 (SPEED SENSOR TRANSMISION OUTPUT 2) y presentaban un comportamiento errático, intermitente o incorrecto.

**Fig. 1.7: Declaración de aduana para solicitar el retiro de los repuestos importados de USA.<sup>8</sup>**

**CML** Constructora Málaga Hnos. S.A.  
 AV. JAVIER PRADO ESTE N° 2813 - B 303 SAN BORJA TELÉFAX 346-1858 e-mail: onalaga@telefonosia.net.pe

Lima 06 de Octubre del 2006

Señores  
 INTENDENTE DE LA ADUANA DEL CALLAO  
 Presente:

TRADUCCION DE LA FACTURA DE KELLY TRACTOR N° 10Q166694

CANT	CODIGO	DESCRIPCION	P.U.	TOTAL
01	127-8909	RODAJE	1122.96	1122.96 ✓
02	130-5867	PISTON	533.89	1067.78 ✓
04	130-5860	DISCO	168.12	672.48 ✓
02	149-9113	PASADOR	16.76	33.52 ✓
02	149-9114	EJE	6.43	12.86 ✓
02	150-4651	RETEN	0.98	1.96 ✓
12	163-3000	ARANDELA	20.55	246.60 ✓
08	129-4296	RODAJE	114.44	686.64 ✓
06	129-4323	EJE	158.83	952.98 ✓
01	129-5403	RODAJE	905.08	905.08 ✓
03	129-4299	RODAJE	525.48	1576.38 ✓
02	130-5859	PLATO	516.12	1032.24 ✓
02	130-5866	PLATO	334.52	669.04 ✓
02	172-6007	RETEN	43.83	87.66 ✓
02	172-6011	RETEN	44.98	89.96 ✓
06	8T-2923	EJE	1.66	9.96 ✓
06	138-1645	EJE	1.08	6.48 ✓
02	135-7494	JUEGO DISCO	758.21	1516.42 ✓
01	135-7495	JUEGO DISCO	86.53	86.53 ✓
01	6B-4370	COPA	86.53	86.53 ✓
01	1L-7518	CONO	137.64	137.64 ✓
01	8S-9076	COPA	26.92	26.92 ✓
01	8S-9075	CONO	53.00	53.00 ✓
		TOTAL		12,511.51

ESTOS REPUESTOS SON PARA CARGADOR FRONTAL MARCA CATERPILLAR  
 MOD. 966G, SERIE 9RS00300, AÑO 1999.

Atentamente,  
 CONSTRUCTORA MALAGA HNOS S.A.

*[Firma manuscrita]*

1063CF - Reparación - HYO.

<sup>8</sup> Repuestos comprados en USA al proveedor *KELLY TRACTOR*-www.kellytractor.com Miami-Florida-USA.

## Capítulo 2

### Gestión de mantenimiento realizado a una flota de equipos pesados en la obra:

#### “Construcción de nuevos accesos carretera Tinajones-Sociedad Minera Cerro Verde Tramo I-II (Arequipa)”

Periodo de trabajo: 8 de mayo del 2008-22 de diciembre del 2008

#### 2.1. Trabajos realizados

##### 2.1.1 Implantación de un programa de mantenimiento a una flota de equipos pesados

Se establece un programa de mantenimiento preventivo para realizar los mantenimientos de acuerdo a las especificaciones del fabricante *CATERPILLAR*. Ver Tabla 2.1 y Tabla 2.2

**Tabla 2.1: Tipos de mantenimientos realizados según la frecuencia.**

TIPO DE MTTO	FRECUENCIA	CONTENIDO
PM1	250	Cambio de aceite de motor, cambio de filtros de aceite de motor, cambio de filtros de petróleo, cambio de filtros de aire.
PM2	500	PM1, cambio de filtros hidráulicos, cambio de filtros de transmisión.

PM3	1000	PM1+PM2, cambio de aceite de transmisión, cambio de aceite de diferencial, cambio de aceite de tornamesa,
PM4	2000	PM1+PM2+PM3, cambio de aceite hidráulico, cambio de aceite de diferencial, calibración de válvulas de motor.

**Tabla 2.2: Tipos de mantenimiento realizado según el horómetro.**

HORÓMETRO	TIPO DE MTTO
250	PM1
500	PM1+PM2
750	PM1
1000	PM1+PM2+PM3
1250	PM1
1500	PM1+PM2
1750	PM1
2000	PM1+PM2+PM3+P4

Los trabajos de mantenimiento deben realizarse siguiendo procedimientos de seguridad aprobados mediante un POE<sup>9</sup> de mantenimiento.

Como modo de herramienta de inspecciones preventivas se implantó un formato de inspección de equipos que se realizaba todas las mañanas antes de iniciar la jornada de trabajo. Dicho formato era aplicable a todos los equipos presentes en la obra y la inspección del equipo la realizaba el chofer u operador del equipo. El área de mantenimiento diariamente levantaba las observación o programaba los equipos para realizar los trabajos preventivos y correctivos respectivos. Ver Fig. 2.1: Formato de inspección

### **2.1.2. Implantación de un sistema de gestión de seguridad, salud y manual de procedimientos**

El sistema de gestión se basaba en los POE.

Se implantaron los siguientes POE en el área de mantenimiento de equipos:

**POE de mantenimiento de equipos**, fomenta procedimientos y prácticas seguras en la ejecución de mantenimientos preventivos y correctivos.

**POE de trabajos en caliente**, fomenta procedimientos y prácticas seguras en la ejecución de soldadura y trabajos de corte o en caliente.

<sup>9</sup> POE: Procedimiento de operacional estándar.

**POE de trabajos de izaje**, fomenta procedimientos y prácticas seguras en el trabajo de izaje. Se debe tener en cuenta que los trabajos de izaje es uno de los trabajos de más alto riesgo de los que se puede realizar. Para ejecutar los trabajos de izaje se utilizaba la cartilla de cargas de la grúa de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Ver Fig. 2.2

**Grúa:** Tipo *HIAB F160*, carga máxima 5 Tn.

**Chasis:** *International 4700*.

La cultura del POE tiene los siguientes alcances:

#### **a. Objetivo del POE**

Brindar un ambiente de trabajo seguro a los trabajadores a través del POE, minimizando los peligros y riesgos de esta actividad que puedan ocasionar daños para el personal encargado de ejecutar el mantenimiento de equipos pesados en la construcción de los nuevos accesos carretera Tinajones a SMCV. El POE fomenta una cultura de educación orientada a las actitudes preventivas y activas del personal para realizar adecuadamente las actividades y descarta las actitudes pasivas que puedan generar situaciones de alto riesgo o incidentes.

#### **b. Alcance del POE**

Todas las áreas y trabajadores involucrados en el mantenimiento de equipos que van a trabajar en la construcción de nuevos accesos carretera Tinajones a SMCV Tramos I y II.

#### **c. Responsabilidades**

Definir las responsabilidades de cada área para el buen cumplimiento de los procedimientos.

El personal que tiene asignadas sus responsabilidades es el siguiente:

#### **Gerente de Obra**

- Aprobar y verificar que se cumpla el presente POE aprobado por SMCV.
- Facilitar los recursos necesarios al área de mantenimiento para que dicha área pueda ejecutar correctamente los procedimientos aprobados por el cliente SMCV.

#### **Ing. Residente**

- Difundir el presente POE aprobado por SMCV
- Efectuar las correcciones que estime por conveniente SMCV

#### **Supervisor Responsable de mantenimiento de equipos:**

- Revisar el pre-uso de los equipos a utilizarse.
- Asegurarse que el personal cuente con su foto-check emitido por SMCV.

- Verificar el correcto llenado del ARO<sup>10</sup>.
- Verificar el cumplimiento de las Charlas de 5 minutos.
- Charla de 30 minutos para difusión del POE.

### **Logística**

- Proveer los recursos logísticos que sean necesarios para ejecutar las actividades con seguridad, las hojas *MSDS*<sup>11</sup> para todas las sustancias que se emplearán en los trabajos de mantenimiento de equipos, los repuestos a cambiar y los materiales a usar de acuerdo al trabajo específico a realizar.

### **Jefe de Seguridad y Medio Ambiente**

- Auditar, asesorar y apoyar para que se cumpla el presente POE. Caso contrario coordinar con el Gerente de Obra las medidas que correspondan a las infracciones de seguridad.

### **Trabajadores para Mantenimiento de equipo pesado**

- Cumplir con el presente POE.
- Tienen el derecho de conocer los peligros y riesgos identificados en este POE.
- No operar con equipos y herramientas que no tengan los resguardos o que éstos estén en malas condiciones y que presentan observaciones en la Lista de Chequeo de pre-uso.
- Reportar en forma inmediata a su supervisor sobre los desperfectos mecánicos o eléctricos que observen los equipos para su corrección inmediata.

---

<sup>10</sup> ARO: Análisis de riesgo operacional. Se realizaba el llenado de dicho formato de uso obligatorio antes de realizar una labor o trabajo y se colocaba en un lugar visible. En el llenado de dicho documento participaban las personas que realizaban dicho trabajo.

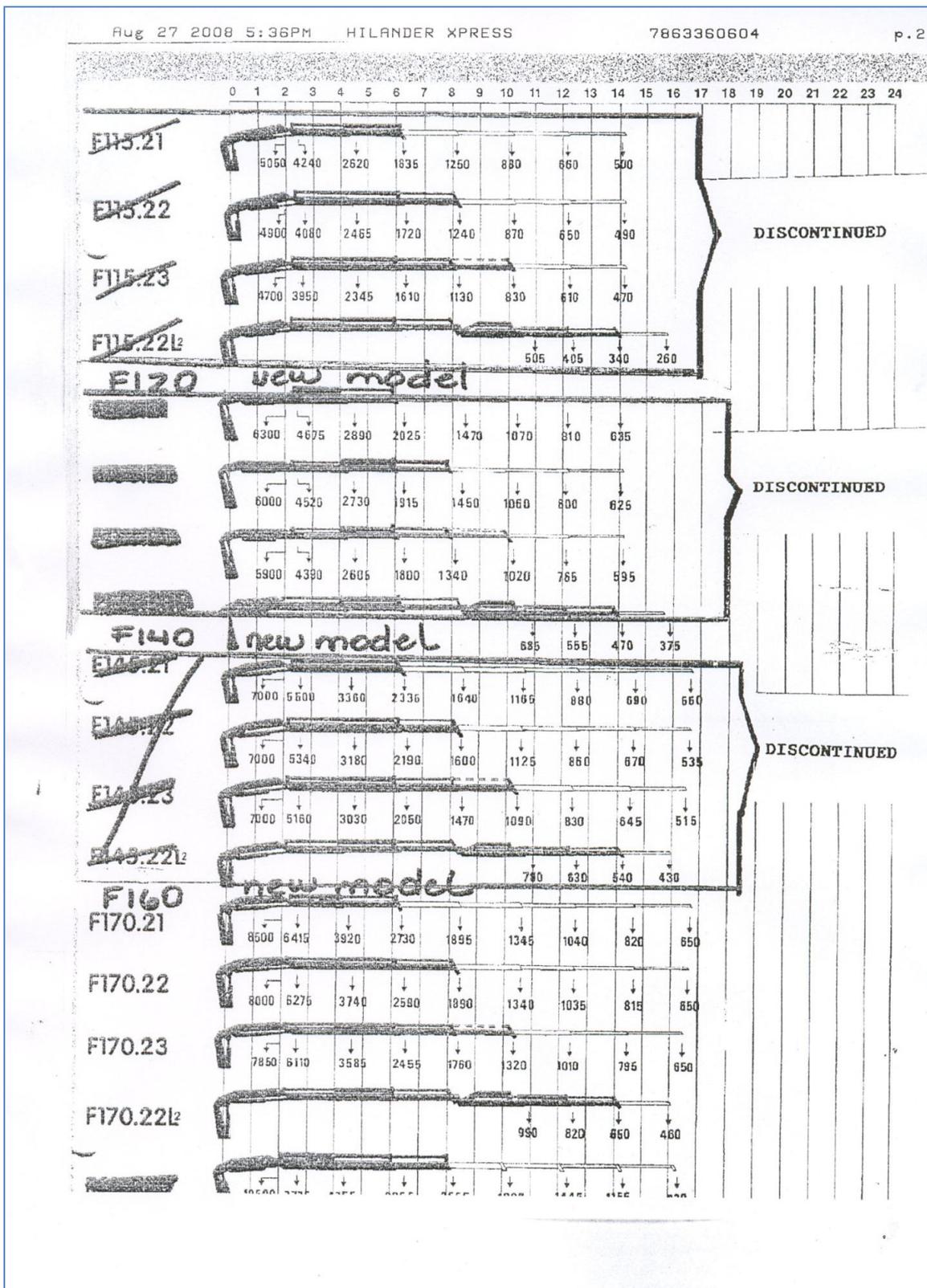
<sup>11</sup> *MSDS*: son las siglas en ingles de *material safety data sheet* ("Hoja de información de seguridad de material").

Fig. 2.1: Formato de inspección.<sup>12</sup>

		
<b>INSPECCION DIARIA DE EQUIPOS</b>		
Proyecto:	Obra:	
Equipar:	Placa/código:	
Operador/Chofer:		
Supervisor Responsable:		
Fecha:	Turno:	
<b>PARA TODO VEHICULO</b> 1. Sistema de Dirección <input type="checkbox"/> 2. Sistema de Freno <input type="checkbox"/> 3. Sistema Hidráulico <input type="checkbox"/> 4. Cinturón de Seguridad <input type="checkbox"/> 5. Luces Delanteras <input type="checkbox"/> 6. Luces Posteriores <input type="checkbox"/> 7. Faro Pirata <input type="checkbox"/> 8. Circulina <input type="checkbox"/> 9. Alarma de Retroceso <input type="checkbox"/> 10. Claxón <input type="checkbox"/> 11. Pértiga <input type="checkbox"/> 12. Panel de Controles <input type="checkbox"/> 13. Espejos <input type="checkbox"/> 14. Lunas <input type="checkbox"/> 15. Limpiaparabrisas <input type="checkbox"/> 16. Extintor <input type="checkbox"/> 17. Botiquín <input type="checkbox"/> 18. Linterna <input type="checkbox"/> 19. Tacos de Seguridad <input type="checkbox"/> 20. Triángulos de Seguridad <input type="checkbox"/>  <b>VOLQUETES</b> 1. Sistema de Freno de Emergencia <input type="checkbox"/> 2. Compresora, Sistema de Aire <input type="checkbox"/> 3. Pin del Seguro de Tolva <input type="checkbox"/> 4. Pines - Pistón de Levante <input type="checkbox"/> 5. Compuerta <input type="checkbox"/>	<b>CAMION CISTERNA Y PRATAFORMA</b> 1. Sistema Freno de Emergencia <input type="checkbox"/> 2. Compresora - Sistema de Aire <input type="checkbox"/> 3. Descarga a Tierra <input type="checkbox"/> 4. Válvulas <input type="checkbox"/> 5. Sistema de Tornamesa <input type="checkbox"/> 6. Acoples-Sistemas de Frenos <input type="checkbox"/> 7. Acoples - Sistemas Eléctrico <input type="checkbox"/> 8. Escaleras y Barandas <input type="checkbox"/> 9. Gatas Mecánicas se Estacionamiento <input type="checkbox"/>  <b>GRUAS</b> 1. Plumas o Brazos <input type="checkbox"/> 2. Gatas Estabilizadoras <input type="checkbox"/> 3. Gancho de Levante <input type="checkbox"/> 4. Lengüeta de Seguridad de Gancho <input type="checkbox"/> 5. Eslingas <input type="checkbox"/> 6. Estrobo <input type="checkbox"/> 7. Diagrama de Carga <input type="checkbox"/> 8. Diagrama de Señales <input type="checkbox"/>  <b>RODILLO</b> 1. Rola <input type="checkbox"/> 2. Mangueras de Presión <input type="checkbox"/> 3. Inyectores <input type="checkbox"/>	<b>MOTONIVELADORA</b> 1. Sistema Freno de Emergencia <input type="checkbox"/> 2. Sistema Hidráulica de Tornamesa y Dirección <input type="checkbox"/> 3. Articulación de Escarificador <input type="checkbox"/> 4. Balancín de Dirección <input type="checkbox"/>  <b>CARGADOR FRONTAL</b> 1. Sistema Freno de Emergencia <input type="checkbox"/> 2. Botellas Hidráulicas <input type="checkbox"/> 3. Cucharas y Dientes <input type="checkbox"/> 4. Pines y Bocinas <input type="checkbox"/>  <b>EXCAVADORAS Y RETROEXCABADORAS</b> 1. Ruedas Grúas Sprocket <input type="checkbox"/> 2. Botellas Hidráulicas <input type="checkbox"/> 3. Mandos Finales <input type="checkbox"/> 4. Orugas y Rodillos <input type="checkbox"/> 5. Tornamesa <input type="checkbox"/> 6. Pines de Cucharón <input type="checkbox"/> 7. Zapatas <input type="checkbox"/>  <b>TRACTORES</b> 1. Baterías Hidráulicas <input type="checkbox"/> 2. Freno de Emergencia Parqueo <input type="checkbox"/> 3. Cantoreras <input type="checkbox"/> 4. Ripper <input type="checkbox"/> 5. Pines y Zapatas <input type="checkbox"/> 6. Escaleras y Pasamanos <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES: _____		
_____		
_____		
_____ Firma del Inspector	_____ Firma del Supervisor del Area	
Leyenda: Bueno ✓    Malo ✗    No aplicable N		

<sup>12</sup> Formato de inspección diaria utilizado por los operadores y choferes de equipos para reportar averías y fallas en los equipos todos los días.

Fig.2.2: Diagrama de cargas grúa *Hiab F160*.<sup>13</sup>



<sup>13</sup> Diagrama de cargas proporcionado por el fabricante de acuerdo al modelo de Grúa F160.

## **2.2. Trabajo más representativo del periodo de trabajo:**

**“Gestión de reparación y reclamos por garantía de una excavadora hidráulica 325BL en el sistema hidráulico”.**

### **Tipo de trabajo realizado:**

Gestión de reparaciones, supervisión y solicitud de servicios en obra para llevar a cabo a la reparación del equipo.

El día 28 de agosto del 2008, la excavadora 325BL-1157RE-8F00184 quedó inoperativa debido a que presentó golpeteos anormales en la bomba hidráulica principal. El equipo tenía el siguiente horómetro UMS: 23582 horas y 400 horas de servicio en obra. El equipo quedó inoperativo en el tramo I de la construcción de accesos carretera Tinajones-SMCV.

Se debe tener en cuenta que la bomba hidráulica principal fue reparada por el laboratorio hidráulico de FERREYROS-Lima y el componente fallado tenía una garantía de 6 meses de reparación. La bomba hidráulica fue ingresada a los talleres de FERREYROS-Lima para proceder con el reclamo respectivo. Ver Fig. 2.5

Se adjunta el reporte del análisis de falla que menciona que la causa de la falla fue debida a la fractura del pin central (9T-3369), localizado en el barrel principal y alojado en el engrane conductor. Ver Fig. 2.3

En las Fig. 2.4, Fig. 2.6, Fig.2.7, se adjuntan más detalles en el reporte de los análisis de falla realizado al componente afectado y demuestra que la falla ocasionada en el componente reparado se ocasionó debido a un error humano. La reparación de la bomba hidráulica fue por garantía y el costo lo asumió FERREYROS S.A.A

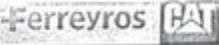
El tipo de falla producida generó una contaminación general del sistema hidráulico al producirse una dispersión de partículas por todo el sistema hidráulico al desprenderse partículas de metal de los elementos afectados.

En el mes de noviembre del 2008, se procedió a realizar los trabajos de limpieza del sistema hidráulico y se procede a montar la bomba hidráulica principal. Ver Fig. 2.8 y Fig. 2.9

El equipo quedó operativo el 28 de noviembre del 2008, luego de seguir las recomendaciones de limpieza de FERREYROS S.A.A. El equipo no se llegó a probar en campo pues la obra había terminado. Ver Fig. 2.10 y Fig. 2.11.

En el mes de febrero del 2009, el equipo presentó deficiencias en el sistema hidráulico y contaminación en el sistema hidráulico. Lo cual generó nuevos reclamos por garantía a FERREYROS S.A.A. Las deficiencias en el sistema hidráulico se originaron debido a una mala calibración de la bomba hidráulica al realizar el *Flowmeter* por el personal de servicio de FERREYROS S.A.A.

Fig. 2.3: Reporte de análisis de falla.<sup>14</sup>

 <b>REPORTE DE ANÁLISIS DE FALLA</b>			
Cliente:	CONSTRUCTORA MALAGA	OT Cliente:	
Modelo Máquina:	325B	Número Serie:	8FN00184
Identificación Maq:	No indicado	Horas Máquina:	23587
Componente:	8FN00184	OT Anterior:	
Número de Parte:	133-7539	Fecha Instalación:	18/08/2008
Horas Componente:	400	Fecha Falla:	29/08/2008
Síntoma de Falla:	Sonido extraño en la bomba hidráulica principal.		
Parte Generadora de Falla:	Mala regulación N/P 133-7539 (Armado)		

**RESULTADO DEL ANÁLISIS**

Durante la evaluación de la bomba principal y bomba piloto se determinó que el sonido anormal fue originado por la fractura del pin central (9T-3369) localizado en el barrel principal y alojado en el engranaje conductor. No se pudo apreciar el tipo de fractura debido a que se encontró con excesivo rozamiento, pero se observó un excesivo desgaste por fatiga en la cabeza del pin fracturado indicando que antes de la fractura existió un excesivo esfuerzo de contacto por rodadura.

De acuerdo con los hechos presentados, se entiende que en el conjunto barrel-pin existió demasiado apriete ocasionado por una mala regulación en el momento del armado (reparación anterior). El único factor que regula el juego axial del conjunto barrel y pistones se encuentra en el spacer que se coloca entre el alojamiento del pin y el barrel, que en el caso de un mayor apriete (mayor spacer) produce un elevado esfuerzo de contacto entre el pin y engranaje, tal como se ha abordado en el presente análisis.

Se descartaron problemas de baja viscosidad y degradación del aceite, así como problemas operacionales, al no encontrarse evidencias de ello durante el desarmado. El pin central no presentó desprendimientos de material en la evaluación de la reparación anterior (1300 horas), luego de lo cual trabajó 400 horas donde desarrolló un patrón de fatiga.

Cabe indicar que en el momento de la evaluación de la bomba piloto se encontró un severo desgaste abrasivo en los lóbulos de succión ocasionados por contaminación, los cuales fueron ocasionados por un problema de contaminación por partículas en el aceite.

**ANTECEDENTES**

**Historial de mantenimientos y evaluaciones registradas por FESA**

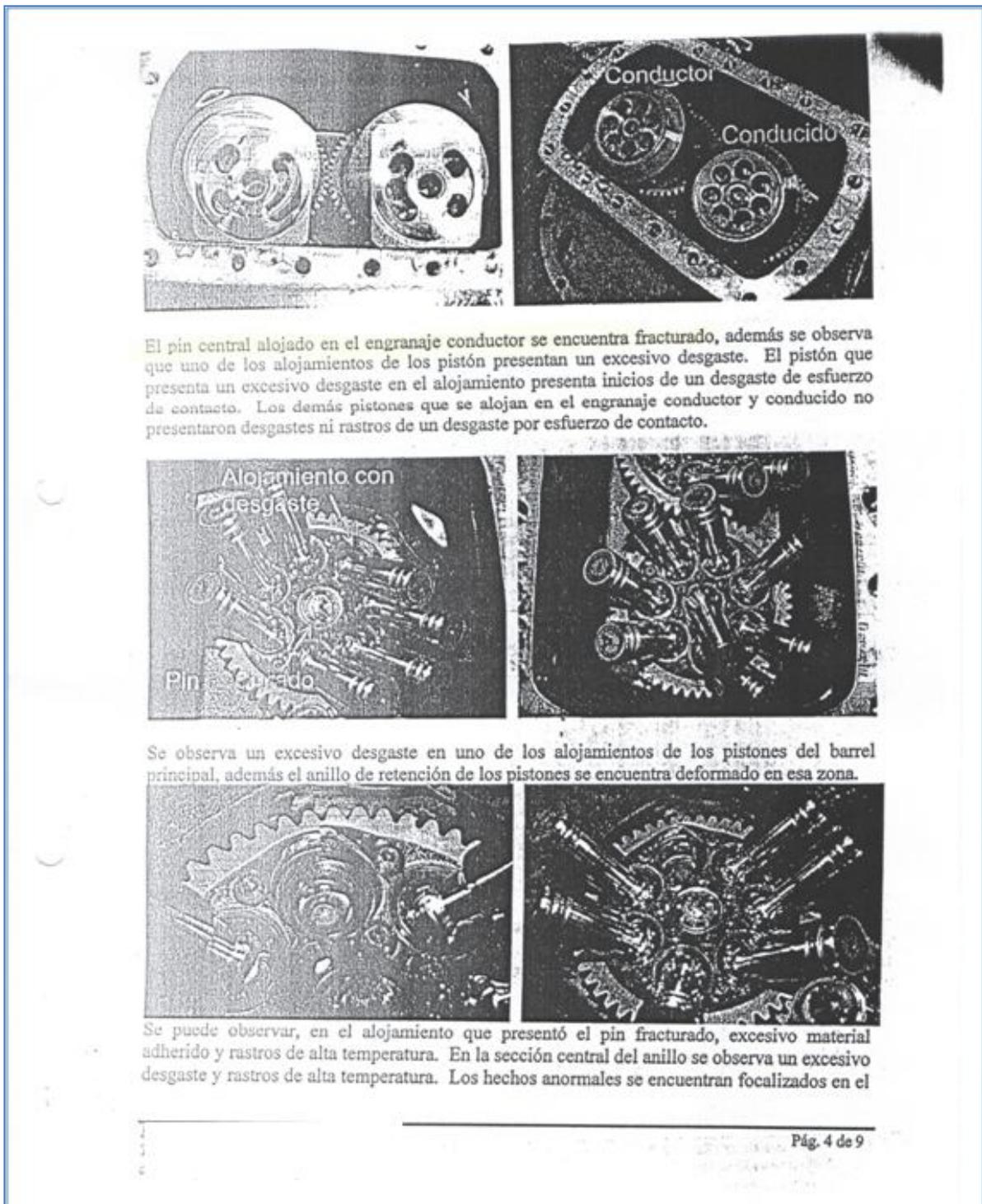
*LC09533: Evaluación al sistema hidráulico*

20/06: En la evaluación con flowmeter se observó un perno roto del regulador de la válvula relief piloto. Se realizó la calibración de la presión de válvula de la PRV.

Pág. 1 de 9

<sup>14</sup> Extracto del informe de reparación emitido por FERREYROS-Año 2008.

Fig. 2.4: Reporte de análisis de falla.<sup>15</sup>



<sup>15</sup> Extracto del informe de reparación emitido por FERREYROS-Año 2008.

**Fig. 2.5: Carta-Reclamo por garantía de la falla ocurrida en el componente reparado a FERREYROS S.A.<sup>16</sup>**

**CML** Constructora Málaga Hnos. S.A.  
AV. LAUREN PRADO ESTE 1, 2011 B 200 SAN BORJA TELEFONO 345-1256 AREQUIPA PERU FAX 345-1256

Lima, 12 de septiembre de 2008

Señores  
**FERREYROS S.A.A.**  
Arequipa.-

Atención

C.C.

Asunto: Reclamo por Garantía de servicio

Referencia : Excavadora Caterpillar 325BLN, Serie 8FN00184

Estimados señores:

Mediante la presente nos dirigimos a ustedes para saludarlos y remitirles el informe del Ing. Román Valdivia quien es el Jefe de Equipos de la obra donde se encuentra el equipo de la referencia, en ella se detalla los trabajos efectuados, las horas que trabajó la máquina hasta su paralización y se descarta la posibilidad de "MALA OPERACIÓN" como posible falla de la pieza.

Por lo expuesto solicitamos una respuesta inmediata por la garantía de servicio, han pasado 12 días de haber sido ingresada la bomba a sus talleres y no podemos seguir esperando los 8 a 10 días que indican para el diagnóstico ya que reiteramos y descartamos rotundamente la falla por mala operación, como podrán verificar en el adjunto se ha hecho una inversión considerable exclusivamente para que el equipo trabaje sin problemas en la Mina Cerro Verde, por tratarse de trabajos puntuales que deben ser realizados sólo por dicha máquina.

Como clientes tanto en compra de equipos, suministros y servicios, al realizar una adquisición confiamos en la garantía de FERREYROS S.A.A. lo cual no está sucediendo en esta oportunidad.

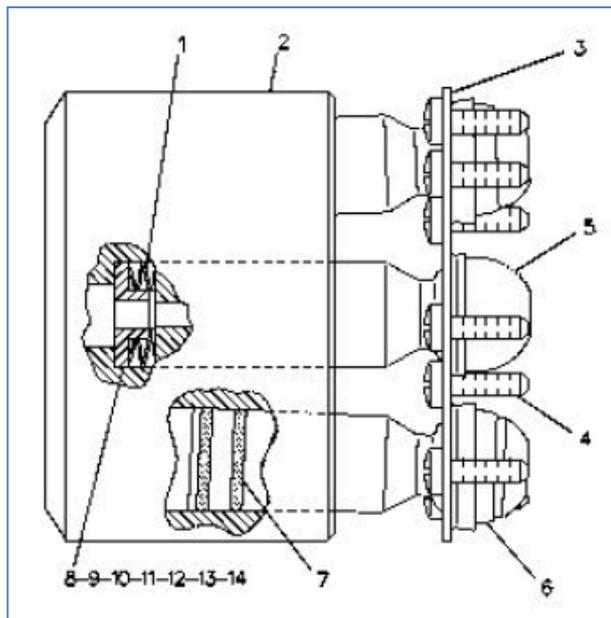
Atentamente,

CONSTRUCTORA MÁLAGA HNOS. S.A.

Adj: Informe del Ing. Mecánico de obra

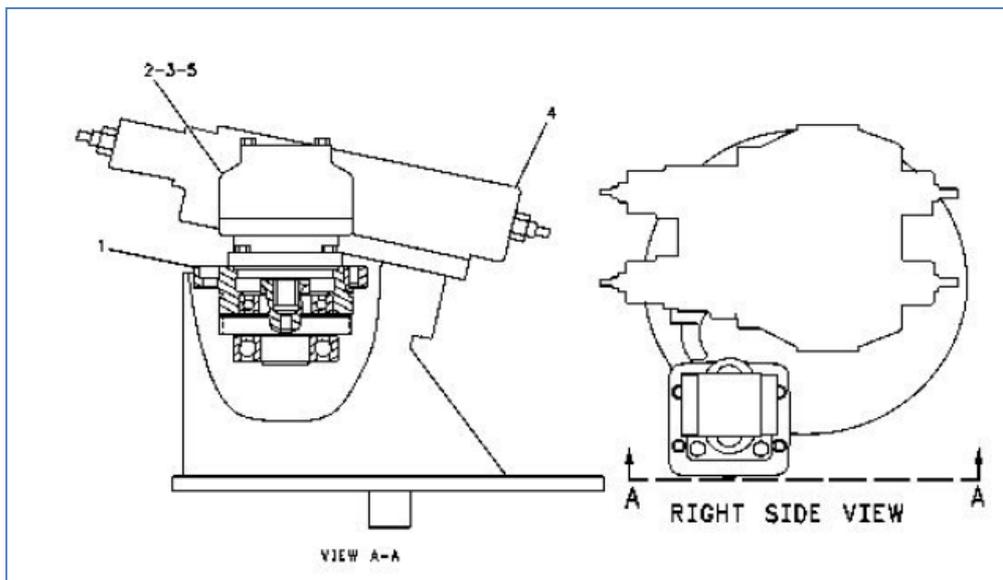
<sup>16</sup> Carta presentada por Constructora Málaga Hnos S.A a FERREYROS S.A para agilizar el reclamo presentado.

**Fig. 2.6: Detalle de la bomba hidráulica, parte afectada.**<sup>17</sup>



Item 5: *Pin Center* (9T-3369)

**Fig. 2.7: Detalle de la bomba hidráulica principal.**<sup>18</sup>



<sup>17</sup> SIS CATERPILLAR-087-4782 ROTATING GP-PUMP S/N 6DN1-UP; 8FN1-UP- PART OF 087-4780, 087-4781 ROTATING GP-PUMP- Número de medio - SEBP2523-30

<sup>18</sup> SIS CATERPILLAR-133-7539 PUMP & DRIVE GP- S/N 6DN1-UP; 8FN1-UP- PART OF 122-4837, 122-4847, 147-9404, 159-1418, 4Q-4499 CONTROL ARAUXILIARY- Número de medio - SEBP2523-30

Fig. 2.8: Orden de compra, limpieza del sistema hidráulico.<sup>19</sup>

**CM** Constructora Málaga Hnos. S.A.  
R.U.C. 20102297581  
AV. JAVIER PRADO ESTE N° 2813 OF. B 203 SAN BORJA TEL/FAX 345-1858 e-mail: constructoramalaga@o-malaga.com

Señor(es): FERREYROS Fecha de Emisión: 13-nov-08  
Dirección: \_\_\_\_\_ **ORDEN DE COMPRA**  
R.U.C. N°: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ **N° 007348**  
Obra N° Cerro Verde/117

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	TOTAL
		<b>PPRESUPUESTO Nro. SACO</b>		
		<b>EXCAVADORA 325 BLN / 8FN00184(1157 RE)</b>		
		MONTAJE DE BOMBA HIDRAULICA Y LIMPIEZA DE SISTEMA HIDRAULICO		
		<b>MANO DE OBRA CAMPO</b>	1.430,00	1.430,00
		MONTAJE DE BOMBA HIDRAULICA		
		LIMPIEZA DEL SISTEMA HIDRAULICO		
		FLOWMETER		
		<b>MISCELANEOS</b>		248,20
		MATERIALES DE SERVICIO	235,20	
		01 MUESTRA DE ANALISIS DE ACEITE	13,00	
				<b>1.678,20</b>
			IGV (19%)	<b>318,86</b>
			<b>-TOTAL INCLUIDO IGV US\$.</b>	<b>1.997,06</b>
		<b>SON: MIL NOVECIENTOS NOVENTISIETE y 06/100 DOLARES AMERICANOS</b>		
		<b>CONDICIONES DEL SERVICIO</b>		
		- Forma de pago:		
		/Opto. Logística		
		<b>OBSERV:</b> Sirvase adjuntar copia de la Guía de remisión y de la orden de compra a su factura, de igual forma copia de la factura y orden de compra a la Guía de remisión. Es indispensable para su cancelación.		

<sup>19</sup> Orden de compra Nro. 007348 emitida por Constructora Málaga Hnos S.A a FERREYROS S.A para solicitar el servicio de montaje de la bomba hidráulica principal y limpieza del sistema hidráulico.

Fig. 2.9: Orden de compra, limpieza del sistema hidráulico.<sup>20</sup>

**Constructora Málaga Hnos. S.A.**

R.U.C. 20102297581

AV. PRADO ESTE N° 2813 OF. 802 SAN BORJA TELEFAX 345-1858 e-mail: constructoramálaga@comálaga.com

Señor(es): PERREYROS

Fecha de Emisión: 11-nov-08

Dirección: \_\_\_\_\_ FAX: \_\_\_\_\_

R.U.C. N°: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_

**ORDEN DE COMPRA**  
N° 007342  
Centro Verde/117

Obra N° \_\_\_\_\_

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	TOTAL
		<b>PRESUPUESTO Nro. SACO-AG1576-08</b>		
		<b>EXCAVADORA 325 BLN / 8FN00184(1157 RE)</b>		
		MONTAJE DE BOMBA HIDRAULICA Y LIMPIEZA DE SISTEMA HIDRAULICO		
		REPUESTOS		
		SEGUN COTIZACION N° 608020345	1.301,77	1.301,77
		(Servicio en espera de presupuesto realizado)		
				1.301,77
			IGV (19%)	247,34
			<b>TOTAL INCLUIDO IGV US\$:</b>	<b>1.549,11</b>
		<b>SON: MIL QUINIENTOS CUARENTINUEVE y 11/100 DOLARES AMERICANOS</b>		
		<b>CONDICIONES DEL SERVICIO</b>		
		- Forma de pago:		
		Dpto. Logística		
		OBSERV.: Sirvase adjuntar copia de la Guia de remisión y de la orden de compra a su factura, de igual forma copia de la factura y orden de compra a la Guia de remisión. Es indispensable para su cancelación.		

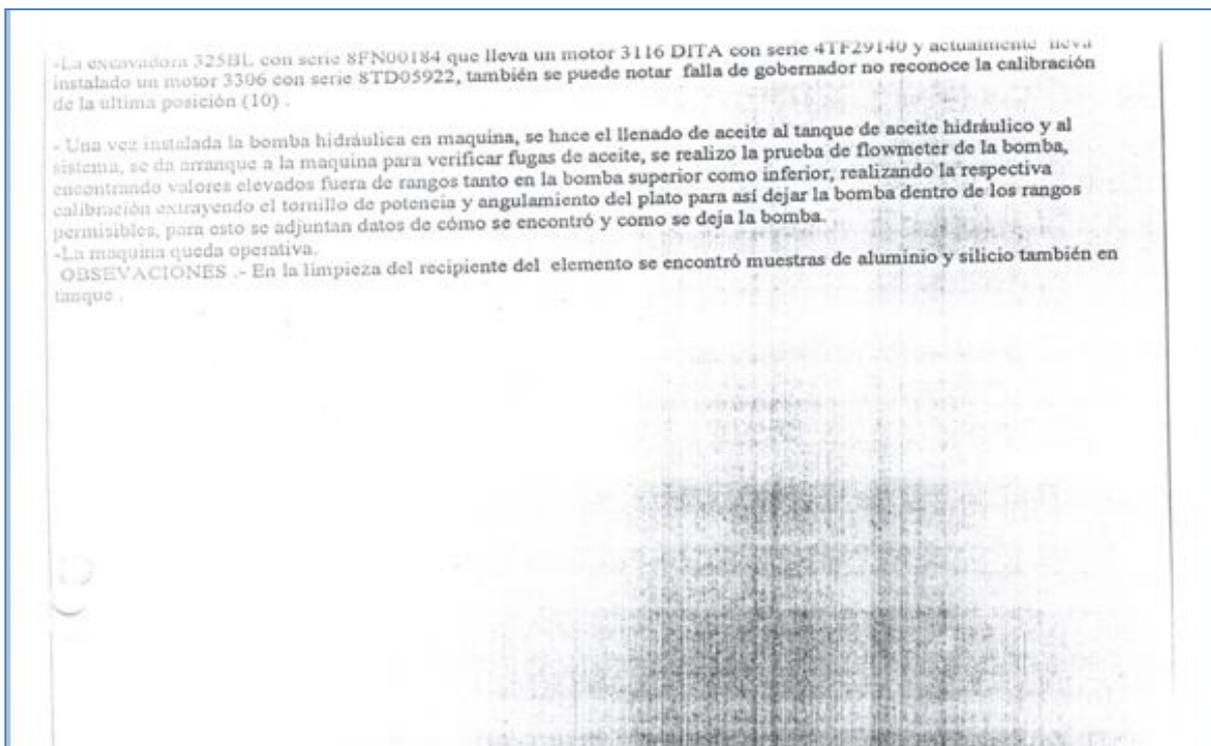
<sup>20</sup> Orden de compra Nro. 007342 emitida por Constructora Málaga Hnos S.A a FERREYROS S.A para solicitar repuestos para el servicio de montaje de la bomba hidráulica principal y limpieza del sistema hidráulico.

Fig. 2.10: Informe de reparación, equipo operativo.<sup>21</sup>

DATOS DEL CLIENTE		DATOS DEL TÉCNICO		FECHAS		DD	MM	AA
RAZÓN SOCIAL: Constructora Malaga SAC		CÓDIGO		INICIO LABOR	20	11	8	
		NOMBRE		FIN LABOR	26	11	8	
EQUIPO	MODELO:	325BL	COMPONENTE	N/S	ARREGLO	HORÓMETRO		
	N/S:	8FND0184	0					
	ARREGLO:		0					
	HORÓMETRO:	23591	0					
GENERADOR	MODELO:		VOLTAJE [V]:		POTENCIA [KW]			
	NUMERO SERIE:		AMPERAJE [A]:					
	ARREGLO:		FRECUENCIA [Hz]:					
¿COMO ENCONTRO LA MÁQUINA? DISCREPANCIA		¿REALIZÓ MUESTREO DE ACEITE?		¿SE DIALIZO ACEITE DEL CLIENTE?		SE ADOJUNTA		
		<input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		<input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NO REQUERIDO		<input type="checkbox"/> DATOS DE E.T. <input type="checkbox"/> FOTOS DIGITALES <input checked="" type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/> COTIZACIONES		
		<input type="checkbox"/> MOTOR <input type="checkbox"/> TRANS. <input type="checkbox"/> MOTOR		<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				
		<input type="checkbox"/> (2)M.F. DER. <input type="checkbox"/> (2)M.F. IZQ.		<input type="checkbox"/> (1) ISO <input type="checkbox"/> (2) ISO <input type="checkbox"/> (4) ISO				
CÓDIGO SIMS	Ajuste	NP DE LA PIEZA QUE FALLO	NUMERO DE PIEZA	CANT. REQUERIDA	COMIDA	GRUPO QUE CONTIENE A LA PIEZA	COMENTARIO DESCRIPTIVO	CATRA PARARAT
		133-7539	Bomba hidráulica principal	1	91		Falla por mala regulacion	SI
		CÓDIGO DE MODO DE FALLA	91					
TRABAJO ASIGNADO								
LIMPIEZA DE LINEAS DEL SISTEMA HIDRAULICO Y EVALUACION DE BOMBA HIDRAULICA CON FLOWMETER								
TRABAJO REALIZADO								
<p>-Se realizo la limpieza del sistema hidráulico de las líneas en su totalidad, inspección del control de válvulas encontrando en el banco izquierdo del control de válvulas en el spill del stick, banco derecho boom y attachment rebabas y ralladuras profundas por desprendimiento de material, llegando a pulir y torneare el spill y el alojamiento de spill, se limpio el control de válvulas.</p> <p>-Prueba de tiempos de los implementos.</p>								
		Travel speed		New	Rebuilt	Tiempo tomado		
HIGH	Forward	16 o menos	19 o menos	18.8				
	Reverse	16 o menos	19 o menos	18.5				
LOW	Forward	25 o menos	29 o menos	28.6				
	Reverse	25 o menos	29 o menos	28.5				
SWING TIME (seconds)								
		New	Rebuilt	Tiempo tomado				
Right swing		5.7	6.6	9.2				
Left swing				9.2				
Cylinder operating speed (seconds)								
		New	Rebuilt	Tiempo tomado				
BOOM	Extensión	4.1 +/- 0.5	5.3	5.7				
	Retracción	3 +/- 0.5	3.9	2.7				
STICK	Extensión	4.3 +/- 0.5	5.6	8.1				
	Retracción	2.9 +/- 0.5	3.8	3.4				
BUCKET	Extensión	4.4 +/- 0.5	5.7	5.8				
	Retracción	2.5 +/- 0.5	3.3	3.1				
<input checked="" type="checkbox"/> SERVICIO EN PROCESO			<input type="checkbox"/> SERVICIO PENDIENTE POR REPUESTOS			<input checked="" type="checkbox"/> SERVICIO TERMINADO		
RESPONSABLE		ING. RAMON VALDIVIA		CARGO JEFE DE EQUIPOS		FECHA 28 DE NOVIEMBRE 2008		

<sup>21</sup> Extracto del informe de reparación emitido por FERREYROS-Arequipa-Año 2008.

**Fig. 2.11: Informe de reparación, equipo operativo.<sup>22</sup>**



<sup>22</sup> Extracto del informe de reparación emitido por FERREYROS-Arequipa-Año 2008.

### Capítulo 3

#### Gestión de mantenimiento realizado a una flota de equipos pesados en la obra:

**“Mejoramiento de la carretera Yanahuanca-Cerro de Pasco, Cerro de Pasco-Palca, Sub-tramo B, KM 26 + 000-KM 46 +740**

**Periodo de trabajo: 1 de julio del 2009-30 de setiembre del 2009**

#### 3.1. Trabajos realizados

##### 3.1.1. Implantación de un programa de mantenimiento a una flota de equipos pesados

Se establece un programa de mantenimiento preventivo para realizar los mantenimientos de acuerdo a las especificaciones del fabricante *CATERPILLAR* Ver Tabla 3.1 y Tabla 3.2

**Tabla 3.1: Tipos de mantenimientos realizados según la frecuencia.**

TIPO DE MTTO	FRECUENCIA	CONTENIDO
PM1	250	Cambio de aceite de motor, cambio de filtros de aceite de motor, cambio de filtros de petróleo, cambio de filtros de aire.

PM2	500	PM1, cambio de filtros hidráulicos, cambio de filtros de transmisión.
PM3	1000	PM1+PM2, cambio de aceite de transmisión, cambio de aceite de diferencial, cambio de aceite de tornamesa,
PM4	2000	PM1+PM2+PM3, cambio de aceite hidráulico, cambio de aceite de diferencial, calibración de válvulas de motor.

**Tabla 3.2: Tipos de mantenimiento realizado según el horómetro.**

HORÓMETRO	TIPO DE MTTT
250	PM1
500	PM1+PM2
750	PM1
1000	PM1+PM2+PM3
1250	PM1
1500	PM1+PM2
1750	PM1
2000	PM1+PM2+PM3+P4

La Tabla3. 1 y la Tabla3. 2, ha sido elaboradas en base a especificaciones y recomendaciones del fabricante *CATERPILLAR*.

### **3.1.2. Gestión de mantenimientos preventivos y correctivos a una flota de equipos pesados**

Se debe realizar la gestión de personal, recursos y planificar adecuadamente los trabajos de mantenimiento para mantener operativa la flota de equipos y recuperar su operatividad cuando los equipos queden inoperativos o realizar la intervención necesaria para que no queden inoperativos intempestivamente.

## **3.2. Trabajo más representativo del periodo de trabajo**

**“Gestión para realizar mejoras en el sistema de abastecimiento de combustible e instalación de filtros de petróleo.”**

### **3.2.1. Antecedentes**

En el mes de junio del 2009, el tractor sobre orugas-D6T-SMC00145 quedó inoperativo debido a que presentó problemas con el 4to inyector. El equipo tenía un horómetro de

**1130 horas** y su garantía había terminado el 23 de mayo del 2009 cuando el equipo tenía 882 horas, sin haber llegado a las 5000 horas de servicio ó 1 año de garantía de acuerdo al fabricante.

Se gestiona un reclamo de buena voluntad (*GOOD WILL*) a *CATERPILLAR* debido a las pocas horas de trabajo que tenía el equipo a pesar que la garantía había terminado.

De acuerdo a una muestra de petróleo analizado del tanque de petróleo del tractor D6T-SMC00145, se encontró presencia de partículas y suciedad. Dichos resultados pudieron haber anulado cualquier intento de reclamo por garantía o reclamo de buena voluntad. Ver Fig. 3.1

**Fig. 3.1: Resultado de análisis de petróleo realizado por FERREYROS S.A al tanque de petróleo del tractor D6T- SMC00145-1008TO.**<sup>23</sup>

Numero Equipo: SMC00145		Marca de Motor:		Lugar Trabajo: CONT. MALAGA																						
Marca de Equipo: Caterpillar		Modelo de Motor:		Marca Aceite: Unspec																						
Modelo de Equipo: D6T		Serie de Motor:		Nombre Aceite:																						
Serie de Equipo: SMC00145		O/T Cliente:		Visc En Etiqueta:Unspec																						
Componente: COMBUSTIBLE DIESEL 2		O/T Ferreyros: CP 0145		PM:																						
Rango de Contador/Particulas esta Ligeram/Alto. INSPECCIONAR POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACION.																										
Informacion De La Muestra			ANALISIS DE ELEMENTOS (Partes por Millon)																							
Fecha Muestreo	Numero Laboratorio	Horas / Km		Cu	Fe	Cr	Ni	Ti	V	Cd	Ag	Pb	Sn	Al	Si	Na	K	Mo	B	Ba	Ca	Mg	Mn	P	Zn	
		Del Equipo	Del Aceite	Cobre	Hierro	Cromo	Niquel	Titanio	Mercurio	Cadmio	Plata	Plomo	Estano	Aluminio	Silicio	Sodio	Potasio	Molibdeno	Boro	Bario	Calcio	Magnesio	Manganeso	Fosforo	Zinc	
03-07-09	9773730	1152		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	1	2	
03-07-09	9773730	1152		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	1	2	
HISTORIAL DEL ACEITE				CONTEO PARTICULAS (por 1 ml)										PQ	ISO	PVI	FISICOS									
Fecha Muestreo	Numero Laboratorio	Cambio		Visc En Etiqueta	Visc cSt 40°C	Visc cSt 100°C	>4µ							Particulas Ferrosas	Codigo ISO	Volumen Particula	Fuligines	Dilucion Fuel	Agua							
		Aceite	Filtro				Agregado	>4µ	>6µ	>10µ	>14µ	>21µ	>25µ							>38µ	>50µ					
03-07-09	9773730	Unk	Unk	Unspec			22820	12088	3567	921	30	6	1	1		21/17	5	Neg	Neg	Neg						
03-07-09	9773730	Unk	Unk	Unspec			22820	12088	3567	921	30	6	1	1		21/17	5	Neg	Neg	Neg						

Se tenían antecedentes pasados de cambios de inyectores y el caso del tractor D6T-SMC00145, se encontraba dentro de las horas promedio de falla de un inyector (Horómetro de falla de los inyectores-1130 horas).

Se mencionan los siguientes casos ocurridos en el año 2007 y en otra obra:

### 1. Excavadora 330DL-Serie: JJLP00243-Motor-C9-Año 2007

<sup>23</sup> Informe de laboratorio SOS FERREYROS-DIESEL N°209773730-Julio-2009.

- FERREYROS cambió un inyector por garantía el 23 de junio del 2008 en Arequipa y con horómetro: **1038,7 horas**.
- FERREYROS reparó el motor por garantía a las 2420 horas en febrero del 2009, debido a que los inyectores (254-4339) no presentaban buen funcionamiento y que su mal funcionamiento habría provocado mala combustión y generando SOOT excesivo. Referencia: AFA03405, Caso N° R-0013-0109, OT-AR11217.

## **2. Excavadora 325DL-Serie: T2S00331-Motor-C7-Año 2007**

- FERREYROS cambió el 1er inyector por garantía, el 22 de agosto del 2008 en Arequipa y con horómetro: **1541 horas**.

### **3.2.2. Medidas preventivas y correctivas tomadas con el petróleo que se abastece a los equipos**

#### **3.2.2.1. Medidas preventivas**

##### **1.- Muestreo de petróleo**

Se realiza con el objetivo de identificar la calidad del petróleo que abastece el proveedor y verificar si los tanques cisterna de petróleo que se tiene en obra presentan contaminación por silicio y otras partículas extrañas.

- Se realiza un muestro a los compartimientos de la cisterna que viene de Lima.
- Se realiza un muestreo del surtidor de petróleo del campamento con el fin de verificar si presenta contaminación en los tanques. Se toman 2 muestras (Tanque 1 y Tanque 2).
- Se realiza un muestreo de petróleo del surtidor-XQ-8401 que abastece a los equipos, se toma diferentes muestras para verificar si presentan contaminación en el tanque.

Es de mencionar que se realizó un muestreo de petróleo que certifica que el petróleo que se abastece a los equipos se encuentra dentro del rango de especificación de calidad pero en ningún momento menciona si el petróleo presenta contaminación por silicio y otras partículas extrañas en suspensión (Ver Fig. 3.3: informe del 23 de junio del 2009-UNI<sup>24</sup>). Los resultados del análisis de petróleo mostrado en la Fig.3.1 mencionan al detalle el tamaño de partículas presentes en el petróleo y que se encuentra sucio.

A pesar de usar 3 filtros de filtrado, el petróleo presenta cierto grado de contaminación al realizar una inspección visual.

#### **Detalles de los filtros presentes montados en el sistema de abastecimiento de petróleo**

1. Filtro del surtidor del campamento.(Tanque 1 y Tanque 2)
2. Filtro de la bomba-tanque del cisterna XQ-8401.(Filtro lavable)
3. Filtro del surtidor de equipos.(XQ-8401)

<sup>24</sup> UNI: Universidad Nacional de Ingeniería.

Se revisan y abren los filtros que se cambian con una frecuencia semanal. Dichos filtros presentan partículas pequeñas y otras medianas. Las partículas pequeñas causan daño a las bombas de inyección, ocasionando desgaste y ralladuras a los elementos internos de las bombas de inyección y malogra las toberas de los inyectores lo que ocasiona una mala inyección debido a la suciedad del petróleo.

Para tener una idea de la contaminación o suciedad que el petróleo que se abastecía a los equipos pesados, verificar la serie de fotos desde la Foto. 3.5 hasta la Foto. 3.16. Se observa las diferentes partículas extrañas y agua que pueden causar daños en el sistema de inyección de combustible y deben ser filtradas en lo posible con un filtro de petróleo.

### Suciedad encontrada en los filtros de petróleo

**Foto. 3.1:**



**Foto. 3.2:**



#### 3.2.2.2. Medidas correctivas para filtrar el petróleo y atenuar los efectos de la contaminación del petróleo sucio que se abastece en obra.

- A. Se usaron filtros de 10  $\mu\text{m}$  y filtros de 30  $\mu\text{m}$  para poder filtrar y poder abastecer el petróleo a los equipos.
- B. Periódicamente se limpiaba el interior de los tanques principales de petróleo para retirar la suciedad presente en los mismos. Las fotos mostradas anteriormente, es un claro ejemplo de la suciedad que ingresaba a los tanques de petróleo.

**Foto. 3.3: Filtro surtidor filtra el petróleo de los Tanques 1 y Tanques 2, montado en el surtidor central. . Se usa el filtro Nro-30033, filtra partículas de 10  $\mu\text{m}$  que pueden ser partículas de agua y sólidos.**



**Foto. 3.4: Filtro surtidor del camión abastecedor XQ-8401, el petróleo filtrado se abastece a los tanques de los equipos. Se usa el filtro Nro-30036, filtra partículas de 30  $\mu$  que pueden ser partículas de agua y sólidos.**



**Fig. 3.2: Detalle de los filtros surtidores de petróleo.<sup>25</sup>**

## Centurion I Elements

Part No.	Model No.	Description
30065	E02	Element for Particulate Removal. High-Performance 2 Micron Microglass/Cellulose Media Blend.
30002	E10	Element for Particulate Removal. 10 Micron Cellulose Media.
30004	E30	Element for Particulate Removal. 30 Micron Cellulose Media.
30033	EHS-10	Element for Water Detection and Particulate Removal. 10 Micron Hydrosorb <sup>®</sup> Media.
30036	EHS-30	Element for Water Detection and Particulate Removal. 30 Micron Hydrosorb <sup>®</sup> Media.

### 3.2.3. Inspección visual de las cisternas que abastecen petróleo en obra

#### A. Cisterna ZP-1671 –Fecha 20 de junio del 2009

Observe la presencia de suciedad en los tanques

**Foto. 3.5:**



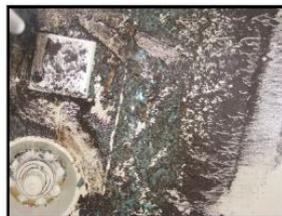
**Foto. 3.6:**



#### B. Cisterna ZP-1671-Fecha-11 de julio del 2009

Compartimiento de la cisterna, observe la presencia de suciedad y los restos de pintura encontrada

<sup>25</sup> Información de filtros Centurion I-Cim Tek-Filtration

**Foto. 3.7:****Foto. 3.8:****Foto. 3.9:****Foto. 3.10:****Foto. 3.11:**

### C. Cisterna ZI-6528-Fecha-23 de julio del 2009

Compartimiento de la cisterna, observe la suciedad presente en los compartimientos

**Foto. 3.12:****Foto. 3.13:**

### D. Cisterna ZI-1634-Fecha-9 de agosto del 2009

Petróleo extraído del compartimiento 3-1350Gln, se extrae al inicio de la descarga. Dicho petróleo se devuelve por contener partículas en suspensión y contener partículas de agua. Es de mencionar, que se encontró alrededor de 185 Gln de petróleo en el manparón de la Cisterna ZI-1634, dicho petróleo se encontró sucio con presencia de partículas sólidas, partículas en suspensión y agua.

Foto. 3.14:



Foto. 3.15:



Foto. 3.16:

Fig. 3.3: Informe UNI-23 de junio-2009.<sup>26</sup>

RESUMEN DE RESULTADOS N° IE-135609 y IE-135709				
CARACTERÍSTICAS	ESPECIFICACIONES SEGÚN DECRETO SUPREMO N° 041- 2005-EM 14 DE OCTUBRE DE 2005		MUESTRA CLIENTE  Diesel 2	Norma ASTM
	DIESEL N°2			
	MIN.	MAX.		
<b>CONTAMINANTES</b>				
-Agua y Sedimentos, %vol	-	0,05	0,0	D1796-97
<b>FLUIDEZ</b>				
-Viscosidad Cinemática, 40°C, cSt	1,9	4,1	2,107	D445-06
<b>VOLATILIDAD</b>				
-Destilación, °C a 760 mmHg 90% Recuperado	282	360	326,5	D86-09
-Punto de inflamación P.M., °C	52	-	57,0	D 93-08

Los resultados de las muestras del Diesel 2, del cliente CONSTRUCTORA MÁLAGA HNOS S.A. (Fecha muestra: 20/06/09, Procedencia: \_\_\_\_\_, correspondiente a los análisis de ensayo:

- Agua y Sedimentos, %vol
- Viscosidad Cinemática, 40°C, cSt
- Destilación °C a 760 mmHg: 90% recuperado
- Punto de Inflamación P.M., °C

Se encuentran dentro del rango de especificación de calidad, correspondiente al Diesel 2. Por lo expuesto anteriormente, la muestra del cliente CONSTRUCTORA MÁLAGA HNOS S.A. (Fecha muestra: 20/06/09, Procedencia: \_\_\_\_\_) se ajusta a las especificaciones establecidas para el Diesel 2, según DECRETO SUPREMO N° 041-2005-EM.

  
 Lima, 23 de Junio del 2009.

### 3.2.4. Conclusiones y resultados del muestreo realizado al petróleo que se abastece en obra por medio de las cisternas y resultados del petróleo filtrado.

<sup>26</sup> Análisis de petróleo realizado por la UNI demuestra que el petróleo no está adulterado pero no especifica si tiene partículas presentes en suspensión (Suciedad).

Las diversas muestras de petróleo que se tomaron en obra, fueron enviadas al Laboratorio S.O.S<sup>27</sup> de FERREYROS S.A.A para ser analizadas y los resultados obtenidos se llevaron a tablas para poder ser interpretadas adecuadamente. En las siguientes conclusiones, se trata con mayor detalle el tema.

**Tabla 3.3:**

CANTIDAD DE PARTICULAS PRESENTES EN EL PETROLEO POR ABASTECIMIENTO DE CISTERNAS A LOS TANQUES PRINCIPALES. DICHO CONTEO SE REALIZA POR 1ml DE DB2.										
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS POR ABASTECIMIENTO.(CISTERNAS ALQUILADAS)	>4μ	>6μ	>10μ	>14μ	>21μ	>25μ	>38μ	>50μ	VOLUMEN PARTICULA	AGUA
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS POR ABASTECIMIENTO.-11 DE JULIO.- CISTERNA-(ZP-1671)	127476	59870	27784	5542	1973	35	4	79	79	1.0+
RESUMEN DE PARTICULAS POR ABASTECIMIENTO.DESCONCHE.- 11 DE JULIO.-CISTERNA-(ZP-1671)	1146229	1106009	1051740	1025886	1006264	1002201	1000015	999999	1000069	2.1+
RELACIÓN(%) DESCARGA/DESCONCHE	11,12	5,41	2,64	0,54	0,20	0,00	0,00	0,01	0,01	47,62
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS POR ABASTECIMIENTO.-18 DE JULIO.- CISTERNA(ZI-6528)	26927	10961	937	81	5	2	0	0	2	Neg
RESUMEN DE PARTICULAS POR ABASTECIMIENTO.DESCONCHE.- 18 DE JULIO.-CISTERNA(ZI-6528)	29056	7137	350	66	20	15	6	3	3	Neg
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS POR ABASTECIMIENTO.-23 DE JULIO.- CISTERNA(ZI-6528)	78257	56544	20741	7165	1670	767	28	2	27	0,40
RESUMEN DE PARTICULAS POR ABASTECIMIENTO.DESCONCHE.- 23 DE JULIO.-CISTERNA(ZI-6528)	1041269	1031846	1013760	1004439	1000785	1000334	1000005	1000000	1000015	1,1+
RELACIÓN(%) DESCARGA/DESCONCHE.	7,52	5,48	2,05	0,71	0,17	0,08	0,00	0,00	0,00	36,36
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS POR ABASTECIMIENTO.-5 DE AGOSTO- CISTERNA(ZG-8376)	223005	152200	54322	21461	5408	2330	76	10	79	0,9
RESUMEN DE PARTICULAS POR ABASTECIMIENTO.DESCONCHE.- 5 DE AGOSTO.- (CISTERNA ZG-8376)	234594	194032	98560	64794	20668	9434	287	58	195	4,1+
RELACIÓN(%) DESCARGA/DESCONCHE	95,06	78,44	55,12	33,12	26,17	24,70	26,48	17,24	40,51	21,95

**Tabla 3.4:**

RELACIÓN(%) ENTRE MUESTRAS DE PETROLEO. DESCARGA INICIAL	>4μ	>6μ	>10μ	>14μj	>21μ	>25μ	>38μ	>50μ	VOLUMEN PARTICULA
RELACIÓN(%) ENTRE MUESTRA 11 DE JULIO Y 5 DE AGOSTO	57,16	39,34	51,15	25,82	36,48	1,50	5,26	790,00	100,00
RELACIÓN(%) ENTRE MUESTRA 18 DE JULIO Y 5 DE AGOSTO	12,07	7,20	1,72	0,38	0,09	0,09	0,00	0,00	2,53
RELACIÓN(%) ENTRE MUESTRA 23 DE JULIO Y 5 DE AGOSTO	35,09	37,15	38,18	33,38	30,87	32,90	36,18	20,00	34,18

<sup>27</sup> Laboratorio S.O.S: Laboratorio de análisis de fluidos.

Tabla 3.5:

RESULTADOS DE MUESTREO DE PETROLEO-ANÁLISIS REALIZADOS POR FERREYROS S.A.A. RESUMEN DE INGRESO DE PARTÍCULAS AL CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401 AL SER ABASTECIDO POR GRIFOS LOCALES EN CERRO DE PASCO.										
RESUMEN DE INGRESO DE PARTÍCULAS AL CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401. DICHO PETROLEO ES ABASTECIDO A LOS EQUIPOS	>4 $\mu$	>6 $\mu$	>10 $\mu$	>14 $\mu$	>21 $\mu$	>25 $\mu$	>38 $\mu$	>50 $\mu$	VOLUMEN PARTICULA	AGUA
RESUMEN DE INGRESO DE PARTÍCULAS AL CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401 DICHO PETROLEO PROVIENE DEL GRIFO PRIMAX-CERRO DE PASCO-18 DE JULIO	9114	1361	31	3	1	0	0	0	0	NEG
RESUMEN DE INGRESO DE PARTÍCULAS AL CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401 DICHO PETROLEO PROVIENE DEL GRIFO YIMMY-CERRO DE PASCO-18 DE JULIO	5640	709	22	3	1	0	0	0	0	NEG

### 3.2.4.1. Conclusiones del petróleo abastecido por las cisternas alquiladas durante el 11 de julio y el 5 de agosto

1. Se puede observar en la Tabla 3.3 y Tabla 3.4 que el petróleo abastecido el 5 de agosto presenta mayor número de partículas y la relación (%) entre la descarga y desconche es mayor. Pues el petróleo que se descarga al inicio tiene una cantidad similar de partículas al desconche.
2. En tres de los cuatro abastecimientos de petróleo muestreados se ha encontrado presencia de partículas de agua de acuerdo a los resultados analizados por FERREYROS S.A.A. Los abastecimientos que presentan mayor cantidad de agua son los realizados el 11 de julio y el 5 de agosto. Verificar Tabla 3.5.
3. En la Tabla 3.5, al ser abastecido el camión abastecedor XQ-8401 por los grifos locales como el Grifo Yimmy y el Grifo Primax y al realizar el muestreo de petróleo antes que ingrese a los tanques del camión lubricador XQ-8401, se puede apreciar la diferencia de la cantidad de partículas de petróleo que ingresa a los tanques. Los resultados arrojan una muestra más limpia y presenta menor cantidad de partículas >4  $\mu$ , >6  $\mu$  y prácticamente las partículas >10  $\mu$  ya son mínimas las cuales son más fáciles de filtrar.
4. Al comparar la Tabla 3.5 y la Tabla 3.8, se puede observar que el petróleo que se adquiere en los grifos locales es mucho más limpio que el petróleo que se adquiere Lima y que pasa por un proceso de filtrado realizado por los filtros de los surtidores de obra.

Tabla 3.6:

RESULTADOS DEL MUESTREO REALIZADO AL PETROLEO QUE SE ABSTECE AL CAMIÓN LUBRICADOR POR MEDIO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO (TANQUE 1 Y TANQUE 2)

CANTIDAD DE PARTICULAS PRESENTES EN EL PETROLEO POR ABASTECIMIENTO DE LOS TANQUES PRINCIPALES AL CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401. DICHO CONTEO SE REALIZA POR 1ml DE DB2.												
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS POR ABASTECIMIENTO.(TANQUES PRINCIPALES-TANQUE 1 Y TANQUE 2)	>4 $\mu$	>6 $\mu$	>10 $\mu$	>14 $\mu$	>21 $\mu$	>25 $\mu$	>38 $\mu$	>50 $\mu$	VOLUMEN PARTICULA	AGUA	PROCEDENCIA DB2	FECHA ABASTECIMIENTO
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS AL CAMIÓN ABASTECEDOR DICHO PETROLEO PROVIENE DE LOS TANQUES PRINCIPALES-10 DE JULIO.	46059	20566	4150	736	22	5	0	0	5	Neg	CISTERNA ZP-1671-CONCHAN	5 DE JULIO
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS AL CAMIÓN ABASTECEDOR DICHO PETROLEO PROVIENE DE LOS TANQUES PRINCIPALES-13 DE JULIO.	43632	22444	5699	1304	48	10	2	1	7	Neg	CISTERNA ZP-1671-CALLAO	11 DE JULIO
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS AL CAMIÓN ABASTECEDOR DICHO PETROLEO PROVIENE DE LOS TANQUES PRINCIPALES-24 DE JULIO.	35201	14579	3155	913	106,5	26	2	2	6	Neg	CISTERNA ZI-6528-CALLAO	23 DE JULIO

Tabla 3.7:

RELACIÓN DE FILTRADO (%) ENTRE MUESTRAS DE PETROLEO-	>4 $\mu$	>6 $\mu$	>10 $\mu$	>14 $\mu$	>21 $\mu$	>25 $\mu$	>38 $\mu$	>50 $\mu$	VOLUMEN PARTICULA
RELACIÓN DE FILTRADO (%) ENTRE MUESTRAS DE PETROLEO DE LOS TANQUES PRINCIPALES Y EL PETROLEO ABSTECIDO POR LA CISTERNA ALQUILADA. FECHA DE ABASTECIMIENTO-11 DE JULIO. FECHA DE MUESTRA-11 DE JULIO.	65,77	62,51	79,49	76,47	97,57	71,43	50,00	98,73	91,14
RELACIÓN DE FILTRADO (%) ENTRE MUESTRAS DE PETROLEO DE LOS TANQUES PRINCIPALES Y EL PETROLEO ABSTECIDO POR LA CISTERNA ALQUILADA. FECHA DE ABASTECIMIENTO- 23 DE JULIO. FECHA DE MUESTRA 24 DE JULIO.	55,02	74,22	84,79	87,26	93,62	96,61	92,73	0,00	77,78

### 3.2.4.2. Conclusiones del petróleo abastecido al camión abastecedor XQ-8401 durante el 11 de julio y el 23 de julio

1. Debido al proceso de filtrado que se usa, no se tiene la presencia de agua en las muestras obtenidas. Pero no se descarta la posibilidad de ingreso de agua al camión abastecedor-XQ-8401. Verificar Tabla 3.6:
2. Las muestras obtenidas el 11 de julio presentan una mayor concentración de partículas. Pero se disminuye la concentración con el filtro presente en el surtidor. Verificar Tabla 3.7
3. Al realizar la comparación entre la Tabla 3.5 y la Tabla 3.6, es notable la diferencia entre el petróleo que se adquiere en Cerro de Pasco y el petróleo que se abastece con el surtidor de los tanques principales del surtidor de Obra.

**Tabla 3.8:**

RESULTADOS DEL MUESTREO REALIZADO AL PETROLEO QUE SE ABSTECE A LOS EQUIPOS POR MEDIO DEL CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401												
CANTIDAD DE PARTICULAS PRESENTES EN EL PETROLEO POR ABASTECIMIENTO DEL CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401 A LOS EQUIPOS. DICHO CONTEO SE REALIZA POR 1ml DE DB2.												
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS A LOS EQUIPOS POR ABASTECIMIENTO. (CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401)	>4 $\mu$	>6 $\mu$	>10 $\mu$	>14 $\mu$	>21 $\mu$	>25 $\mu$	>38 $\mu$	>50 $\mu$	VOLUMEN PARTICULA	AGUA	PROCEDENCIA DB2	FECHA ABASTECIMIENTO
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS A LOS EQUIPOS POR ABASTECIMIENTO DE PETROLEO DEL CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401.-10 DE JULIO.	7760	1665	382	129	21	5	1	0	1	Neg	CISTERNA ZP-1671-CONCHAN	5 DE JULIO
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS A LOS EQUIPOS POR ABASTECIMIENTO DE PETROLEO DEL CAMIÓN LUBRICADOR.-12 DE JULIO.	15760	4703	830	227	39	13	1	0	1	Neg	CISTERNA ZI-6528-CALLO	11 DE JULIO

**Tabla 3.9:**

RELACIÓN DE FILTRADO (%) ENTRE MUESTRAS DE PETROLEO-	>4 $\mu$	>6 $\mu$	>10 $\mu$	>14 $\mu$	>21 $\mu$	>25 $\mu$	>38 $\mu$	>50 $\mu$	VOLUMEN PARTICULA
RELACIÓN DE FILTRADO (%) ENTRE MUESTRAS DE PETROLEO DEL CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401 Y EL PETROLEO ABSTECIDO POR LA CISTERNA ALQUILADA. FECHA DE ABASTECIMIENTO-11 DE JULIO.	87,64	92,14	97,01	95,90	98,02	62,86	75,00	100,00	98,73

Tabla 3.10:

----- Cantidad de partículas que ingresan a los equipos. Cálculo realizado por 1Gln de petróleo.										
CANTIDAD DE PARTICULAS PRESENTES POR 1 GALON DE PETROLEO POR ABASTECIMIENTO DEL CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401 A LOS EQUIPOS										
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS POR 1 GALÓN A LOS EQUIPOS POR ABASTECIMIENTO.(CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401)	>4 $\mu$	>6 $\mu$	>10 $\mu$	>14 $\mu$	>21 $\mu$	>25 $\mu$	>38 $\mu$	>50 $\mu$	PROCEDENCIA DB2	FECHA ABASTECIMIENTO
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS POR 1 GALÓN A LOS EQUIPOS POR ABASTECIMIENTO DE PETROLEO DEL CAMIÓN LUBRICADOR XQ-8401.-10 DE JULIO.	29371600	6302025	1445870	488265	79485	18925	3785	0	CISTERNA ZP-1671-CONCHAN	5 DE JULIO
RESUMEN DE INGRESO DE PARTICULAS POR 1 GALÓN A LOS EQUIPOS POR ABASTECIMIENTO DE PETROLEO DEL CAMIÓN LUBRICADOR.-12 DE JULIO.	59651600	17800855	3141550	859195	147615	49205	3785	0	CISTERNA ZI-6528-CALLO	11 DE JULIO

### 3.2.4.3. Conclusiones del petróleo abastecido por camión abastecedor XQ-8401 el 11 de julio

1. Los filtros usados en los surtidores filtran en gran medida la contaminación presente en el petróleo. Se puede apreciar que filtra en su mayor parte el 87% de las partículas >4  $\mu$  presentes en el petróleo. Si se revisa la Tabla 3.8, la Tabla 3.9 y la Tabla 3.10, se puede apreciar con detalle el porcentaje de filtrado, los filtros dan buenos resultados pero debe cambiarse de ser posible en cada abastecimiento de petróleo para obtener dichos resultados.
2. En la Tabla 3.10, se puede observar la cantidad de partículas que ingresan por 1 Galón de petróleo a los equipos. Se puede apreciar que su mayor parte son partículas >4  $\mu$ , >6 $\mu$ , >10 $\mu$ , >14 $\mu$ , >21 $\mu$ , >25 $\mu$ , >38 $\mu$ , que no son visibles a simple vista pero que ocasionan desgaste prematuro a los elementos de las bombas de inyección y ocasionan daños a los inyectores. Dichos efectos ocasionan una mala inyección de petróleo y posteriormente daños en el motor producto de una mala combustión. Se tiene un equipo que ha colapsado por falla de inyectores. (Tractor D6T-1008TO)
3. Debido a la cantidad de petróleo que se abastece a los equipos las partículas que son pequeñas se acumulan en los tanques de petróleo de los equipos y llegan a ser visibles a simple vista.

### 3.2.4.4. Conclusión final

1. El problema de la suciedad de petróleo se debía a que las cisternas que abastecían el petróleo en obra se encontraban sucias, debido que cargaban otro tipo de contenidos.
2. El uso de filtros de petróleo solucionaba en gran medida la contaminación del petróleo pero debía monitorearse constantemente mediante una inspección visual y

tomar muestras de petróleo que se abastecía a los equipo y podía dar un claro indicador de la calidad de petróleo a simple vista.

3. El filtro de petróleo actuaba como fusible, en caso de una contaminación extrema este se saturaba rápidamente y no dejaba pasar más petróleo o el surtidor abastecía con poco caudal de petróleo. Al ocurrir dicha situación, se podía estimar que el petróleo estaba sucio y se debía cambiar los filtros cuanto antes por estar el petróleo sucio.
4. El personal encargado del abastecimiento de petróleo cumple un papel vital de informar si el petróleo se encuentra sucio o no.
5. Los filtros de petróleo son económicos y sirven para proteger elementos caros como pueden ser una bomba de inyección. Un filtro de petróleo cuesta US\$ 50 y una bomba de inyección e inyectores nuevos cuesta alrededor de US\$ 10000. En esta situación se cumple la siguiente ley práctica: “Los elementos baratos y fáciles de reemplazar están diseñados para proteger a los elementos caros que cumplen una función vital en el equipo.”

## **Capítulo 4**

### **Gestión de mantenimiento realizado a una flota de equipos pesados en la obra:**

**“Mejoramiento de la carretera Yanahuanca-Cerro de Pasco, Tramo II, Cerro de Pasco-Palca, Sub-tramo B, KM 26 + 000-KM 46 +740**

**Periodo de trabajo: 3 de enero del 2010-30 de abril del 2010**

#### **4.1. Trabajo más representativo del periodo de trabajo**

En la temporada, de enero-2010 a abril-2010, los equipos se encontraban parados debido a la temporada de lluvias lo que impedía trabajar al 100%. Se realiza las coordinaciones con Gerencia-Lima para realizar reparaciones puntuales en obra y poder restablecer la capacidad operativa de los equipos que presentaban fallas.

Los equipos se encontraban ubicados en el siguiente lugar.

Lugar : Centro poblado de Tambopampa.

Distrito : Yanahuanca

Provincia : Daniel Alcides Carrión

Departamento : Pasco

Altura : 4200 m.s.n.m

Se realiza la gestión de mantenimiento para poder programar, supervisar, monitorear y gestionar los recursos necesarios para poder realizar las reparaciones de los siguientes equipos. La coordinación con Logística-Lima es fundamental para poder solicitar los repuestos necesarios. La ejecución de estos trabajos permite ahorrar tiempo, pues los equipos no deben viajar a Lima o a otra ciudad para realizar los trabajos correctivos.

El lugar de trabajo para la ejecución de dichos trabajos es: Centro Poblado de Tambopampa-Pasco.

**Tabla 4.1: Relación de trabajos más representativos realizados en obra durante el periodo enero-2010-abril-2010.**

Equipo	Código	Placa	UMS	Fecha	Horas de servicio	Trabajo Realizado	Observaciones
Volquete-NL-10	2067CA	WD-7650	30067	ene-10	2280	Cambio de bocinas y pines de los muñones de la dirección. El muñón derecho presenta desgaste en la bocina de bronce y presenta desgaste en el pin. El muñón izquierdo, no tiene presente la bocina de baquelita y el pin presenta excesivo desgaste. Presenta desgaste en el alojamiento de la bocina lo cual requiere realizar trabajos de rellenado y rectificad.	Ver Foto 4.1, Foto 4.2
				ene-10	2280	Cambio de accesorios del servo-embrague parte baja, cambio de accesorios de la bomba máster de freno, cambio del interruptor de contacto, cambio de pasadores del servo-embrague por presentar desgaste.	
Excavadora	1159RE	---	18779	feb-10	1727	Cambio de la manguera hidráulica de vibración, cambio de aceite hidráulico, cambio de filtros hidráulicos, cambios de <i>Seal Oring</i> , cambio de <i>Screen</i> metálico del tanque hidráulico. Se realiza cambio de aceite hidráulico por adelantado como medida preventiva de limpieza.	
Volquete-NL-12	2070CA	XQ-3942	2000	feb-10	2000	1. Cambio de los forros de los discos de embrague. 2. Cambio del collarín de la caja. 3. Cambio de retén de cigüeñal posterior del	

						<p>motor.</p> <p>4. Se ha realizado trabajos de soldadura a la campana del motor debido a que se encontraba rajada.</p> <p>5. Cambio de los 12 espárragos y tuercas de la campana del motor.</p> <p>6. Cambio de accesorios de la bomba máster de freno.</p> <p>7. Cambio de la válvula de pedal de freno de motor.</p> <p>8. Reparación de alternador.</p> <p>9. Se ha colocado bomba hidráulica nueva. Reposición de bomba hidráulica, debido a que su bomba original se puso al volquete 2053CA-WQ-1840.</p> <p>10. Cambio de baquelitas <i>Bogues</i> y sellos.</p> <p>11. Cambio de aceite de motor, cambio de filtros de aceite, cambio de filtros de petróleo, cambio de filtros de aire primario y secundario.</p> <p>12. Cambio de accesorios del filtro secador de aire.</p> <p>13. Cambio de accesorios de pedal de embrague parte alta.</p> <p>14. Cambio de accesorios de servo-embague.</p> <p>15. Cambio de toberas a los 6 inyectores. Debido a los antecedentes de contaminación del petróleo sucio en obra.</p>	
Tractor	1008TO	---	2680	feb-10	2680	<p>Cambio de bomba <i>HEUI</i> (10R-7148), la falla prematura se debe posiblemente a una falla de fábrica debido a que se tiene antecedentes con fallas similares en los motores <i>C-9-CAT</i><sup>28</sup>.</p>	Ver Tabla 4.2, Tabla 4.3

<sup>28</sup> Los motores *C9-CAT* con tecnología *ACERT* proporcionan mayor eficiencia en el consumo de combustible y un menor desgaste.

Retroexcavadora	1156RE	---		feb-10		1. Cambio de bocinas y rectificación de los alojamientos del puente delantero.2. Retiro de inyectores para revisión, debido a los antecedentes de petróleo sucio abastecido en obra.3. Retiro de diversas mangueras hidráulicas que se encuentran picadas o están a punto de reventar.	
Motoniveladora	1102MN	---		feb-10		1. Cambio de sellos del cilindro hidráulico del <i>Ripper</i> , debido a que el cilindro hidráulico se caía. Al desarmar el cilindro se encontró los sellos con desgaste.	Ver Foto 4.3
Cargador Frontal	1054CF	---		feb-10		El equipo presentaba recalentamiento y se siguieron los siguientes procedimientos de revisión: 1. Paneles de agua del radiador, se encontraron aparentemente limpios. Se envían a Lima para ser sondeados. 2. Enfriador de aceite de motor, se encontró ligeramente sucio pero no tenía la cantidad de suciedad para obstruir la buena refrigeración del equipo. Se realiza la limpieza del enfriador en obra. 3. Enfriador de aceite de transmisión, se encontró ligeramente sucio pero no tenía la cantidad de suciedad para obstruir la buena refrigeración del equipo. Se realiza la limpieza del enfriador en obra. 4. No tenía termostato, el equipo trabajaba supuestamente frío. 5. La tina superior e inferior se encontraron ligeramente sucias. Se envían a Lima para su limpieza. 6. La bomba de agua, tenía una ligera separación entre el Impeler y el cuerpo de la bomba. Dicha bomba es nueva y tiene 1573 horas de servicio. (La causa del recalentamiento fue la	

						falla de la bomba de agua, debido a un mal armado en la fabricación de la bomba, pues el <i>Impeller</i> de la bomba de agua, tenía excesiva luz de separación entre el <i>Impeller</i> y el cuerpo de la misma y no permitía que el agua se bombease adecuadamente.)	
Volquete-NL-12	2066CA	XQ-8119		mar-10		<p><b>Motor</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarmado y armado de culatas para su envío a Lima. Se retiran las culatas del equipo para realizar cambio de guías de admisión, guías de escape, válvulas de admisión, válvulas de escape. Se cambia los empaques de culata, pases de agua, empaques del múltiple de admisión y empaques del múltiple de escape.</li> <li>2. Retiro de inyectores para su envío a Lima, se han cambiado las toberas.</li> <li>3. Cambio de cable estrangulador.</li> <li>4. Cambio de retén de cigüeñal posterior.</li> </ol>	
Volquete-NL-12	2066CA	XQ-8119		mar-10		<p><b>Dirección</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La caja de dirección se ha reparado.</li> <li>2. La servodirección se ha realizado cambio de accesorios.</li> <li>3. La barra larga de dirección se ha enderezado.</li> <li>4. Se ha cambiado la manguera de la servodirección.</li> </ol>	
Volquete-NL-12	2066CA	XQ-8119		mar-10		<p><b>Frenos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cambio de accesorios a la válvula máster de freno.</li> </ol>	
Volquete-NL-12	2066CA	XQ-8119		mar-10		<p><b>Transmisión</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se retira el paquete de embrague y se envía a Lima. Se ha cambiado los dos discos de embrague, collarín.2. Cambio de brida de re-envío.3. Cambio de espárragos de campana. (10Unid), debido a que 6 espárragos se encontraban rotos.</li> </ol>	

Volquete-NL-10	2067CA	WD-7650	30601	abr-10	2813	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reparación de caja de cambios, presenta problemas con la super-marcha. (A realizarse en Lima)</li> <li>2. Reparación y/o mantenimiento de bomba de inyección. (A realizarse en Lima)</li> <li>3. Revisión de inyectores. (A realizarse en Lima)</li> <li>4. Reparación de embrague. (A realizarse en Lima)</li> <li>5. Cambio de baquelitas <i>Boguis</i>.</li> <li>6. Cambio de cruceta de cardán bebe. (En mal estado)</li> <li>7. Cambio de plato de brida de cardán bebe. (Plato original, se colocó al WD-7655)</li> <li>8. Cambio de retén de cigüeñal posterior.</li> <li>9. Instalación de reloj tacómetro. (El reloj, se puso al volquete XQ-3952)</li> <li>10. Cambio de pernos de cardán grande.</li> <li>11. Cambio de espárragos de campana.</li> <li>12. Cambio de mando direccional de luces-Derecha-Izquierda. (No funciona)</li> <li>13. Cambio de pernos de cardán bebe.</li> </ol>	
Volquete-NL-10	2069CA	WD-7657	30991	mar-10	2769	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reparación y/o mantenimiento de bomba de inyección. (A realizarse en Lima)</li> <li>2. Revisión de inyectores. (A realizarse en Lima)</li> <li>3. Reparación de embrague. (A realizarse en Lima)</li> <li>4. Cambio de baquelitas <i>Boguis</i>.</li> <li>5. Cambio de accesorios de la caja de dirección. (Presenta fuga de aceite)</li> <li>6. Cambio de accesorios de servodirección. (Presenta fuga de aceite)</li> <li>7. Cambio de faro delantero izquierdo. (Presenta rotura)</li> <li>8. Cambio de retén de cigüeñal posterior</li> </ol>	

Volquete-NL-12	2072CA	XQ-3952	20308	mar-10	2681	1. Reparación y/o mantenimiento de bomba de inyección. (A realizarse en Lima) 2. Revisión de inyectores. (A realizarse en Lima) 3. Reparación de embrague. (A realizarse en Lima) 4. Cambio de retén de cigüeñal posterior.	
Excavadora	1157RE	---	25375	mar-10	---	Cambio del cilindro del <i>Stick</i> , debido a que presentaba rayaduras y deterioro en la superficie interior del cilindro. Limpieza del sistema hidráulico, cambio de sellos del cilindro hidráulico del <i>Stick</i> .	Ver Foto 4.4, Foto 4.5

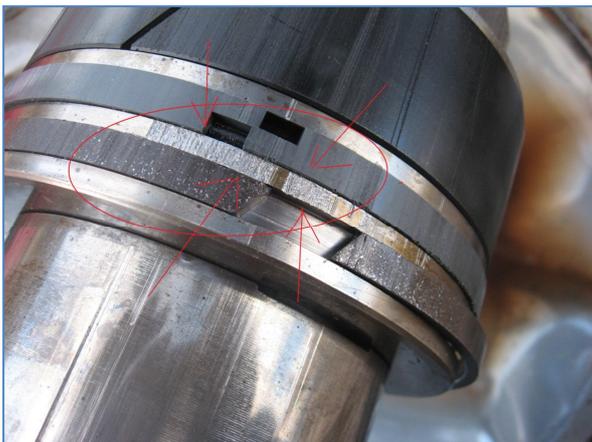
**Foto 4.1: Presenta desgaste en los pines. Foto 4.2: Presenta desgaste en el alojamiento de la bocina.**



**Foto 4.3: Presenta deterioro en los sellos hidráulicos.**



**Foto 4.4: Presenta deterioro en los sellos hidráulicos y surcos producidos en el pistón al tener contacto con el cilindro hidráulico.**



**Foto 4.5: Presencia de partículas metálicas en los sellos debido a que el vástago ha tenido contacto irregular con la superficie del cilindro.**



**Tabla 4.2: Relación de trabajos preventivos y correctivos realizados en el sistema de inyección realizado durante el periodo agosto-2009 -febrero 2010.**

<i>EQUIPO</i>	<i>CÓDIGO</i>	<i>PLACA</i>	<i>MODELO</i>	<i>DETALLE</i>	<i>HÓRÓMETRO</i>	<i>FECHA</i>
Excavadora	1160RE	---	330DL	Cambio de bomba HEUI	3103	07/08/2009
Excavadora	1157RE	---	325BL	Reparación bomba de inyección, cambio de inyectores	24194	15/09/2010
Excavadora	1160RE	---	330DL	Cambio de 6 inyectores	4332	27/11/2009
Volquete	2070CA	XQ-3942	NL-12	Cambio de toberas	1995	09/02/2010
Volquete	2066CA	XQ-8119	NL-12	Cambio de toberas	22162	26/02/2010
Cargador	1064CF	---	966G	Cambio de inyectores, se encontraban en mal estado.	16240	15/01/2010
Camioneta	2010CT	OH-4837	4X4	Cambio de toberas	3597	26/02/2010

Excavadora	1159RE	---	330BL	Reparación bomba de inyección, cambio de inyectores	18425	31/12/2009
------------	--------	-----	-------	---	-------	------------

**Tabla 4.3: Relación de trabajos preventivos y correctivos realizados en el sistema de inyección realizado durante el periodo agosto-2009-abril 2010.**

EQUIPO	CÓDIGO	REPUESTO
Cargador	1063CF	Cambio de 6 inyectores, por presentar mal funcionamiento.
Volquete	2070CA-XQ-3942	Cambio de toberas a los 6 inyectores, presentaban mal funcionamiento.
Volquete	2073CA-XQ-8240	Cambio de toberas a los 6 inyectores, presentaban mal funcionamiento.
Excavadora	1159RE	Cambio de inyectores, por presentar mal funcionamiento.
Excavadora	1159RE	Reparación de bomba de inyección.
Cargador	1064CF	Cambio de 6 inyectores, por presentar mal funcionamiento.
Cargador	1064CF	Reparación de bomba de inyección, por presentar mal funcionamiento.
Compresora	3107CO	Cambio de toberas a los 4 inyectores, presentaban mal funcionamiento.
Compresora	3107CO	Reparación de bomba de inyección, por presentar mal funcionamiento.
Volquete	2066CA-XQ-8119	Cambio de toberas a los 6 inyectores, presentaban mal funcionamiento.
Volquete	2068CA-WD-7655	Cambio de toberas a los 6 inyectores, presentaban mal funcionamiento.
Volquete	2071CA-XQ-3949	Cambio de toberas a los 6 inyectores, presentaban mal funcionamiento.
Camioneta	2010CT-OH-4837	Cambio de toberas a los 4 inyectores, presentaban mal funcionamiento.
Camioneta	2013CT-PIM-159	Cambio de toberas a los 4 inyectores, presentaban mal funcionamiento.
Camioneta	2014CT-PIB-619	Cambio de toberas a los 4 inyectores, presentaban mal funcionamiento.
Excavadora	1160RE	Cambio de 6 inyectores, por presentar mal funcionamiento.
Excavadora	1161RE	Cambio de 1 inyector, por presentar mal funcionamiento.

## **Capítulo 5**

### **Gestión de mantenimiento realizado a una flota de equipos pesados en la obra:**

**“Mejoramiento de la carretera Calca-Machacancha-Quellopuytio: Tramo I (Km 0+000-Km 22+511), ubicado en el departamento de Cuzco, provincia y distrito de Calca”**

**Periodo de trabajo: 23 de agosto del 2010-28 de febrero del 2011**

#### **5.1. Trabajos realizados**

##### **5.1.1. Gestión de mantenimientos preventivos y correctivos a una flota de equipos pesados**

Se debe realizar la gestión de personal, recursos y planificar adecuadamente los trabajos de mantenimiento para mantener operativa la flota de equipos y recuperar su operatividad cuando los equipos queden inoperativos o realizar la intervención necesaria para que no queden inoperativos intempestivamente.

Se establece un programa de mantenimiento preventivo para realizar los mantenimientos de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes, el programa de mantenimiento incluía a los equipos nuevos recientemente adquiridos y equipos antiguos con varios años de antigüedad.

Se realiza la gestión de mantenimientos preventivos con los proveedores para realizar mantenimientos cada 250 horas en la flota *CATERPILLAR* y 450 horas en la flota *Volvo* que fue adquirida en el mes de junio del 2010 para poder ejecutar la obra mencionada.

### 5.1.2. Monitoreo de la flota de equipos pesados *CATERPILLAR* mediante el sistema *Product Link* y *Vision Link*

Mediante el uso del *Software Product Link*, se podía monitorear a 11 equipos pesados *CATERPILLAR* que tenían un módulo de comunicaciones y que se comunicaba vía satélite. La información recopilada se podía visualizar *On-Line* en una página *WEB* con un usuario autorizado.

La información obtenida era la siguiente [1]:

- Administrar los bienes de equipo utilizando límites del sitio y grupos de bienes.
- Hacer el seguimiento de las horas y la ubicación de los bienes de equipo.
- Crear alertas por correo electrónico o *SMS* relacionadas a la ubicación y bien de equipo encendido.
- Administrar los códigos de error de bienes de equipo.
- Hacer el seguimiento de inactividad de la máquina contra el tiempo de actividad (operación o utilización del bien de equipo).
- Hacer el seguimiento de las tasas de combustión y volúmenes.
- Medir la utilización y eficiencia del bien de equipo.
- Ajustar la configuración del dispositivo telemático.

La información mostrada en las Tablas 5.1 y 5.3, ha sido elaborada en base a la información obtenida por el *Product-Link* en los meses de octubre y noviembre del 2010. Muestra la información del tiempo de inactividad de la máquina contra el tiempo de actividad.

#### Resumen mes de octubre. Del 1 al 31 de octubre del 2010

Tabla. 5.1: *Product Link*-Octubre.

EQUIPO	CÓDIGO	MODELO	DISPONIBILIDAD <sup>29</sup> EQUIPO DÍA(HR)	%USO <sup>30</sup>	% SIN USO <sup>31</sup>	% DE USO EN CARGA <sup>32</sup>	% DE USO EN VACIO <sup>33</sup>
TRACTOR	1010TO	D7R	16	37,30%	62,70%	76,43%	23,57%
TRACTOR	1009TO	D8T	16	75,40%	24,60%	78,82%	21,18%

<sup>29</sup> La DISPONIBILIDAD EQUIPO DÍA (HR), se refiere a las horas que el equipo se encuentra disponible en una jornada laboral o en un turno de trabajo. La disponibilidad del equipo puede ser fijada por los responsables de un proyecto que utilizan dichos equipos y en base a ese valor programar sus actividades diarias como un límite máximo de horas que el equipo realmente se va a utilizar.

<sup>30</sup> El %USO, representa el porcentaje real de uso de un equipo dentro de una jornada laboral o turno de trabajo. Es decir el porcentaje de tiempo que el equipo estuvo arrancado.

<sup>31</sup> EL %SIN USO, representa el porcentaje real que no se ha utilizado el equipo. Es decir el porcentaje de tiempo que el equipo estuvo apagado sin estar arrancado.

<sup>32</sup> El %DE USO EN CARGA, representa el porcentaje real que el equipo estuvo operando por encima de la velocidad de ralentí. El operador ha estado pisando el pedal del acelerador, manteniendo una velocidad de operación y realizando una tarea específica.

<sup>33</sup> El %DE USO EN VACIO, representa el porcentaje real que el equipo estuvo operando en la velocidad de ralentí, es decir el equipo estuvo prendido en vacío y quemando combustible. El operador ha tenido prendida la máquina sin operar el equipo. La velocidad de ralentí, varía de acuerdo al modelo de máquina y se mantiene en un rango entre 800-850 RPM.

EXCAVADORA	1163RE	329DL	16	90,32%	9,68%	82,17%	17,83%
EXCAVADORA	1164RE	336DL	16	86,69%	13,31%	89,48%	10,52%
EXCAVADORA	1165RE	336DL	16	88,31%	11,69%	82,27%	17,73%
CARGADOR	1066CF	950H	16	88,51%	11,49%	59,87%	40,13%
CARGADOR	1068CF	966H	16	69,56%	30,44%	51,38%	48,62%
RETROEXCAVADORA	1162RE	420E	16	67,94%	32,06%	59,05%	40,95%
RODILLO LISO	1221RV	CS56	6	40,91%	59,09%	99,72%	0,28%
RODILLO LISO	1222RV	CS56	6	34,41%	65,59%	99,59%	0,41%
<b>PROMEDIO</b>				67,94%	32,07%	77,88%	22,12%
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR</b>				22,47%		15,83%	

## Resumen mes de octubre. H-MÁQUINA

**Tabla. 5.2: Tabla Product Link-Octubre. H-EN VACIO VS H-EFECTIVAS**

EQUIPO	CÓDIGO	MODELO	H-MÁQUINA <sup>34</sup>	H-EN VACIO (% DE USO EN VACIO) <sup>35</sup>	H-EFECTIVAS (% DE USO EN CARGA) <sup>36</sup>
TRACTOR	1010TO	D7R	185	43,60	141,40
TRACTOR	1009TO	D8T	374	79,2	294,8
EXCAVADORA	1163RE	329DL	448	79,9	368,1
EXCAVADORA	1164RE	336DL	430	45,25	384,75
EXCAVADORA	1165RE	336DL	438	77,65	360,35
CARGADOR	1066CF	950H	439	176,15	262,85
CARGADOR	1068CF	966H	345	167,75	177,25
RETROEXCAVADORA	1162RE	420E	337	138	199
RODILLO LISO	1221RV	CS56	54	0,15	53,85
RODILLO LISO	1222RV	CS56	122	0,5	121,5
<b>HORAS TOTALES</b>			3172	808,15	2363,85

<sup>34</sup> La H-MÁQUINA, es el %USO de horas dentro de un periodo de tiempo que puede ser día, semana o mes y se encuentra directamente relacionada a la DISPONIBILIDAD EQUIPO DÍA(HR). Representa las horas máquina que el equipo ha estado arrancado y prendido. No hace distinción si el equipo estuvo en vacío o en carga.

<sup>35</sup> La H-EN VACÍO, es el % DE USO EN VACIO dentro de un período de tiempo que puede ser día, semana o mes y se encuentra directamente relacionada a la H-MÁQUINA. Representa las horas máquina que el equipo ha estado arrancado sin ser operado y en la velocidad de ralentí. Es decir el operador ha tenido la máquina prendida sin pisar el acelerador y quemando combustible.

<sup>36</sup> La H-EFECTIVAS, es el % DE USO EN CARGA dentro de un período de tiempo que puede ser día, semana o mes y se encuentra directamente relacionada a la H-MÁQUINA. Representa las horas máquina que el equipo ha estado arrancado y realizando una actividad. Es decir el operador ha tenido la máquina pisando el pedal del acelerador y manteniendo una velocidad de operación. La H-EFECTIVA se considera como las horas reales de trabajo de un equipo.

## Resumen mes de noviembre. Del 1 al 30 de noviembre del 2010

Tabla. 5.3: *Product Link*-Noviembre.

EQUIPO	CÓDIGO	MODELO	DISPONIBILIDAD <sup>29</sup> EQUIPO DÍA(HR)	%USO <sup>30</sup>	% SIN USO <sup>31</sup>	% DE USO EN CARGA <sup>32</sup>	% DE USO EN VACIO <sup>33</sup>
TRACTOR	1010TO	D7R	16	95,42%	4,58%	78,43%	21,57%
TRACTOR	1009TO	D8T	18	97,09%	2,91%	77,57%	22,43%
EXCAVADORA	1163RE	329DL	17	97,26%	2,74%	83,93%	16,07%
EXCAVADORA	1164RE	336DL	17	99,36%	0,64%	89,26%	10,74%
EXCAVADORA	1165RE	336DL	16	100,00%	0,00%	83,76%	16,24%
CARGADOR	1066CF	950H	17	97,97%	2,03%	56,87%	43,13%
CARGADOR	1068CF	966H	19	100,00%	0,00%	55,92%	44,08%
RETROEXCAVADORA	1162RE	420E	16	96,05%	3,95%	68,64%	31,36%
MOTONIVELADORA	1113MN	140K	12	100,00%	0,00%	71,37%	28,63%
RODILLO LISO	1221RV	CS56	9	100,00%	0,00%	99,94%	0,06%
RODILLO LISO	1222RV	CS56	10	100,00%	0,00%	99,95%	0,05%
<b>PROMEDIO</b>				<b>98,47%</b>	<b>1,53%</b>	<b>78,69%</b>	<b>21,31%</b>
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR</b>				<b>1,77%</b>		<b>14,90%</b>	

## Resumen mes de noviembre. H-MÁQUINA

Tabla. 5.4: Tabla *Product Link*-Noviembre. H-EN VACIO VS H-EFECTIVAS

EQUIPO	CÓDIGO	MODELO	H- MÁQUINA <sup>34</sup>	H-EN VACIO (% DE USO EN VACIO) <sup>35</sup>	H-EFECTIVAS (% DE USO EN CARGA) <sup>36</sup>
TRACTOR	1010TO	D7R	396	85,40	310,60
TRACTOR	1009TO	D8T	501	112,35	388,65
EXCAVADORA	1163RE	329DL	462	74,25	387,75
EXCAVADORA	1164RE	336DL	468	50,25	417,75
EXCAVADORA	1165RE	336DL	420	68,2	351,8
CARGADOR	1066CF	950H	483	208,3	274,7
CARGADOR	1068CF	966H	555	244,65	310,35
RETROEXCAVADORA	1162RE	420E	438	137,35	300,65
MOTONIVELADORA	1113MN	140K	233	66,7	166,3
RODILLO LISO	1221RV	CS56	237	0,15	236,85
RODILLO LISO	1222RV	CS56	292	0,15	291,85
<b>HORAS TOTALES</b>			<b>4485</b>	<b>1047,75</b>	<b>3437,25</b>

Diagrama pastel-5.1-noviembre.



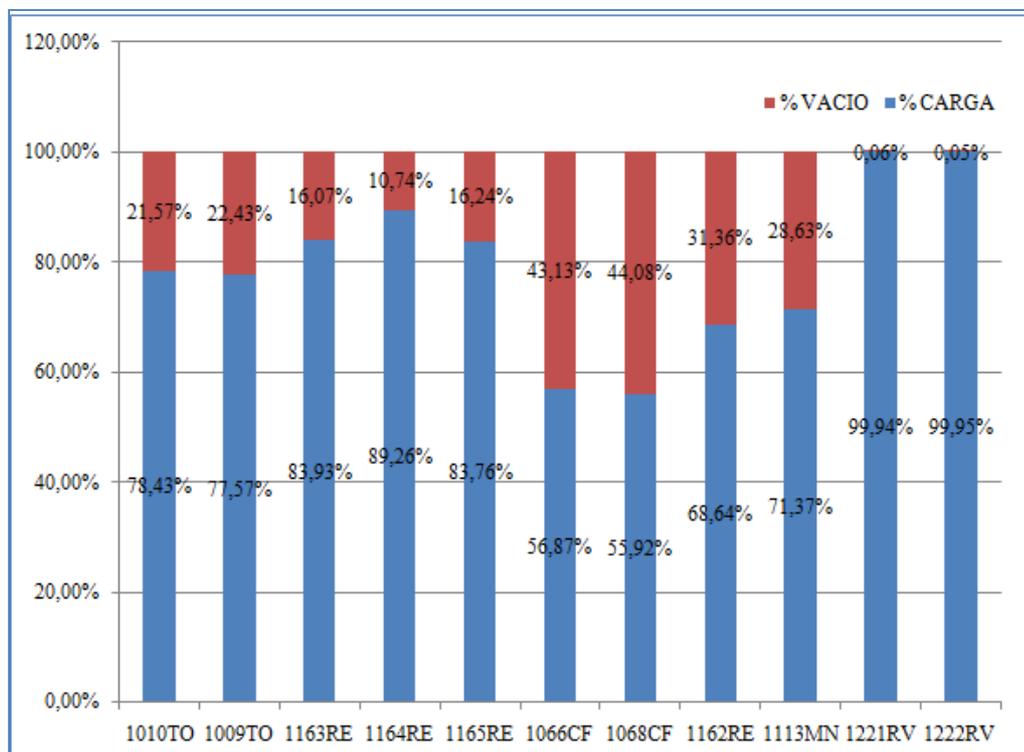
Diagrama pastel-5.2-noviembre.



La información obtenida en la Tabla 5.3 se ha procesado en los Diagrama pastel 5.1, 5.2 y el Gráfico de barras 5.1 para un mejor entendimiento e interpretación.

**Porcentaje de uso de equipos. Mes de noviembre del 2010 uso en vacío y en carga**

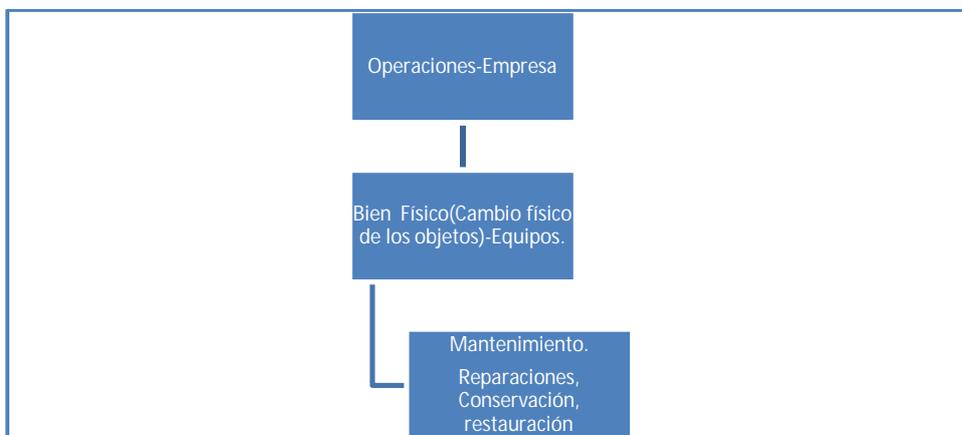
Gráfico de barras-5.1



Se debe tener en cuenta el siguiente esquema, para ubicar al área de mantenimiento según sus operaciones en el proyecto: “Mejoramiento de la carretera Calca-Machacancha-

Quellopuytio: Tramo I (Km 0+000-Km 22+511), ubicado en el departamento de Cuzco, provincia y distrito de Calca” Ver Fig. 5.1

**Fig. 5.1: Ubicación del área de mantenimiento según sus operaciones. [2]**

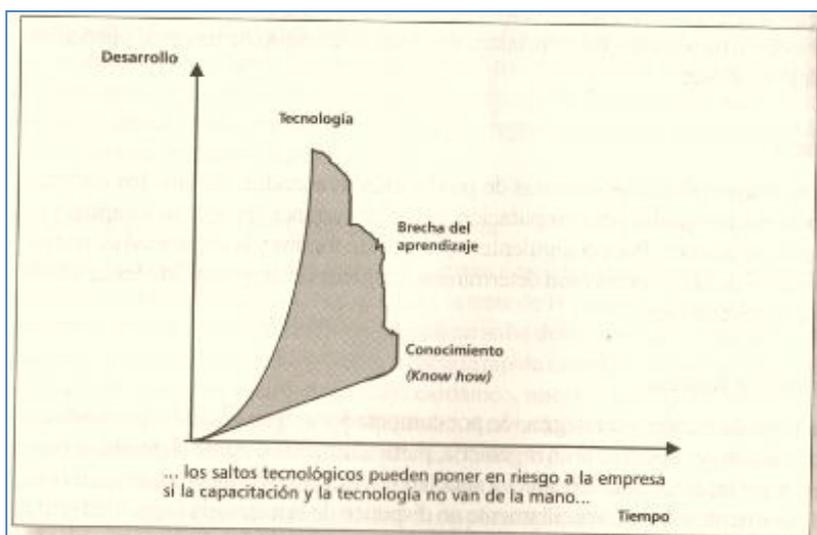


La información mostrada en los diagrama pastel 5.1 y 5.2 y en el gráfico de barras 5.1, son vitales para desarrollar indicadores de rendimiento y operación de los equipos en los diversos frentes de trabajo. Se puede determinar si los equipos son aprovechados adecuadamente en el frente de trabajo asignado, pues un porcentaje de uso en vacío mayor al 15%, puede indicar que el equipo no se está usando adecuadamente y puede ocasionar problemas en el motor a dicho equipo en el largo plazo. Adicionalmente un porcentaje mayor al 15%, indica que se está subutilizando el equipo y se está perdiendo horas-máquina lo cual tiene un costo de máquina perdida que muchas veces no se considera dentro de los costos de operación en la empresa. El tener estos indicadores, ocasiona muchas veces cierto rechazo al mostrar condiciones de operación incorrectas y ayuda a corregir ciertos paradigmas que el área de operaciones maneja.

El área de mantenimiento desempeña una labor esencial dentro del área operativa que en los modelos tradicionales no se considera pero de acuerdo a la estructura mostrada en la Fig. 5.1 desempeña un papel vital dentro de la parte de conservación y restauración de bienes físicos de la empresa que se refleja en el beneficio ciclo de vida de los activos de la empresa.

El uso de nuevas herramientas de software como el *Product Link* y *Vision Link*, propuso un nuevo reto a la empresa pues no se utilizaba ningún software de monitoreo de equipos. En este caso el personal de la empresa se enfrentó al reto de Tecnología vs Conocimiento (Ver Fig. 5.2), pero la brecha existente fue superada gracias al apoyo de la alta dirección de la empresa para llevar un mejor control de la flota de equipos y aprovechar las ventajas de la tecnología existente. Siempre a todo cambio tecnológico existen paradigmas entre el personal que afronta dichos cambios.

**Fig. 5.2: Brecha del aprendizaje. [3]**



## 5.2. Trabajo más representativo del periodo e importante para desarrollar el informe descriptivo profesional

**“Gestión de mantenimiento realizado al Tractor sobre orugas-D8T-1009T0-Serie: J8B02339”**

**Periodo: Agosto 2010-Julio 2010.**

En una obra de construcción civil, se debe conservar los activos y mantener la operatividad de los equipos para poder cumplir con los plazos de obra y no estar sujetos a retrasos o penalidades. A continuación se mostrará un caso de un Tractor sobre orugas que cumple una función vital en el proyecto como: Explotación de cantera y corte de cerros, dicho equipo es pieza clave en la programación de obra.

Se deben realizar los trabajos correctivos necesarios en obra para restablecer su capacidad operativa.

### 5.2.1. Límites de control de calidad, de la ejecución de los mantenimientos preventivos

En la empresa Constructora Málaga Hnos S.A, se tiene establecido los siguientes límites de trabajo:

250±5%

**Límite mínimo de ejecución del mantenimiento: 237,5 horas**

**Límite máximo de ejecución del mantenimiento: 262,5 horas**

De acuerdo al fabricante *CATERPILLAR* recomienda los siguientes límites:

250±10%

**Límite mínimo de ejecución del mantenimiento: 225 horas**

**Límite máximo de ejecución del mantenimiento: 275 horas**

Los mantenimientos realizados y los límites establecidos se pueden observar en la Tabla 5.5

**Tabla 5.5: Relación de mantenimiento preventivo realizado.**

FECHA	TIPO PM	UMS-PROG	UMS-EJEC	PROM-MTTO	DIF	LIMITES-CONSTRUCTORA MÁLAGA	LIMITES-CATERPILLAR
13/08/2010	PM1	250	255	255	5	---	---
27/08/2010	PM2	500	525	270	25	O.L	---
13/09/2010	PM1	750	739	214	-11	O.L	O.L
11/10/2010	PM3	1000	1063	324	63	O.L	O.L
28/10/2010	PM1	1250	1256	193	6	O.L	O.L
11/11/2010	PM2	1500	1487	231	-13	O.L	---
26/11/2010	PM1	1750	1768	281	18	O.L	O.L
16/12/2010	PM4	2000	2013	245	13	---	---
27/01/2011	PM1	2250	2252	239	2	---	---
31/03/2011	PM2	2500	2504	252	4	---	---
12/05/2011	PM1	2750	2749	245	-1	---	---
05/07/2011	PM3	3000	3000	251	0	---	---

**5.2.2. Estado del equipo**

En el mes de enero-2011, el tractor D8T, presentaba los siguientes problemas:

**5.2.2.1. Lampón**

- Desgaste de la plancha de contacto frontal y debe reforzarse colocando planchas adicionales.
- Las planchas laterales del lampón, presentan desgaste y debe reforzarse.
- Los brazos del lampón, presentan desgaste y debe reforzarse colocando planchas adicionales.
- El desgaste presentado es del tipo abrasivo con pérdida de material procedente de superficie que se encuentra en contacto con el material de trabajo.

**Foto 5.1: Estado del lampón tractor D8T-1009TO-Serie: J8B00332, en el mes de enero-2011.**



### 5.2.2.2. Carrilería

- Las zapatas presentan desgaste y deben cambiarse por zapatas nuevas o deben ser recalzadas.
- Los rodillos inferiores, presentaban desgaste en las tapas laterales del rodillo y deben cambiarse.
- Las ruedas guía, presentan desgaste en las tapas laterales de la rueda y debían cambiarse.
- Presenta desgaste en las tapas de soporte de los rodillos inferiores y en las tapas de soporte de la rueda guía. Dichas tapas deben cambiarse.
- Falta 1 rodillo simple posterior lado derecho.
- El equipo presenta dificultad para poder subir por zonas de pendientes, debido al desgaste de las zapatas.
- El desgaste presentado es del tipo abrasivo con pérdida de material procedente de superficie que se encuentra en contacto con el material de trabajo.

Las siguientes fotografías muestran el estado del equipo.

**Foto 5.2: Estado de rodillo inferior del tractor D8T-1009TO-Serie: J8B00332, en el mes de enero-2011.**



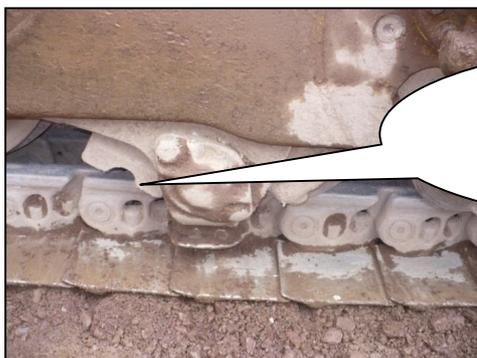
*Retainer-107-8085,*  
presenta desgaste. Los  
*Bolt-241-1855,* presentan  
desgaste avanzado.

**Foto 5.3: Estado de rueda guía del tractor D8T-1009TO-Serie: J8B00332, en el mes de enero-2011.**



*Retainer-107-3946, de rueda guía presenta desgaste. Los Bolt-5P-2546, presentan desgaste avanzado.*

**Foto 5.4: Estado de rodillo inferior y tapas del tractor D8T-1009TO-Serie: J8B00332, en el mes de enero-2011.**

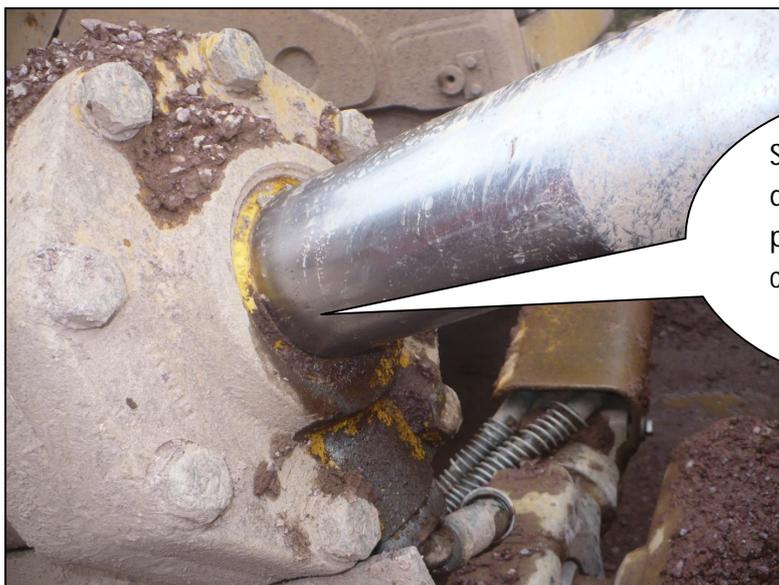


Falta un rodillo inferior. Dicho rodillo quedo inoperativo en el mes de diciembre-2010.

### **5.2.2.3. Cilindro hidráulico de inclinación del lampón**

- Presentaba fuga de aceite hidráulico debido al deterioro de los sellos hidráulicos
- Daños en la superficie del cromo del vástago.

**Foto 5.5: Estado de cilindro hidráulico de inclinación del tractor D8T-1009TO-Serie: J8B00332, en el mes de enero-2011.**



Sellos hidráulicos deteriorados y el vástago presenta daño en el cromo de la superficie.

### **5.2.3. Estimación de costos para realizar una reparación del equipo de acuerdo a los problemas que presenta.**

Inicialmente, se realiza un presupuesto para estimar el costo de la reparación mencionada y se tiene las siguientes alternativas de reparación:

Se realiza la cotización con 2 proveedores de carrilería:

- 1.-FERREYROS S.A.A, repuestos originales *CATERPILLAR*
- 2.-ICC-SAC, repuestos alternativos-*BERCO*.

#### **1.-Proveedor: FERREYROS S.A.A**

- a) Incluye, compra de 8 rodillos inferiores.

Tabla 5.6: Alternativa a:

ITEMS COTIZADOS EN FERREYROS S.A						
OPCIÓN 1: CAMBIO DE ZAPATAS, CAMBIO DE RODILLOS INFERIORES Y REPARACIÓN DE RUEDA GUÍA						
ITEM	DESCRIPCIÓN	N-PARTE	CANTIDAD	US\$/UNITARIO	COSTO TOTAL US\$	OBSERVACIÓN
1	NUT	7G-6442	344	1.66	571.04	PERNOS Y ZAPATAS DE LA CADENA
2	BOLT	6V-1723	344	4.88	1678.72	
3	BOLT	6V-1724	4	5.44	21.76	
4	BOLT	6V-1725	4	7.42	29.68	
5	SHOE-22"	7T-2390	88	105.75	9306	
6	ROLLER GP-SF	196-9947	8	884.61	7076.88	RODILLOS INFERIORES, TAPAS Y PERNOS
7	CAP AS TRACK	131-1651	8	54.78	438.24	
8	BOLT	6T-1140	16	4.51	72.16	
9	WASHER	5P-8249	16	1.75	28	
10	STOPPER	9G-4872	4	4.45	17.8	REPARACIÓN DE RUEDA GUÍA.
11	PLUG	6Y-0473	4	0.16	0.64	
12	COLLAR	107-3947	8	150.38	1203.04	
13	SEAL O RING	107-4057	8	3.1	24.8	
14	WASHER	3K-6113	96	0.34	32.64	
15	BOLT	5P-2546	96	5.44	522.24	
16	RETAINER	107-3946	8	116.51	932.08	
17	SEAL	8F-9516	8	5.74	45.92	
Valor IGV					4180.31	
TOTAL US\$					26181.95	

b) Los rodillos inferiores se reparan y se compra 1 rodillo.

Tabla 5.7: Alternativa b:

OPCIÓN 2: CAMBIO DE ZAPATAS, REPARACIÓN DE RODILLOS INFERIORES Y REPARACIÓN DE RUEDA GUÍA						
ITEM	DESCRIPCIÓN	N-PARTE	CANTIDAD	US\$/UNITARIO	COSTO TOTAL US\$	OBSERVACIÓN
1	NUT	7G-6442	344	1.66	571.04	PERNOS Y ZAPATAS DE LA CADENA
2	BOLT	6V-1723	344	4.88	1678.72	
3	BOLT	6V-1724	4	5.44	21.76	
4	BOLT	6V-1725	4	7.42	29.68	
5	SHOE-22"	7T-2390	88	105.75	9306	
6	ROLLER GP-SF	196-9947	1	884.61	884.61	REPARACIÓN DE RODILLOS INFERIORES, TAPAS Y PERNOS
7	CAP AS TRACK	131-1651	8	54.78	438.24	
8	BOLT	6T-1140	16	4.51	72.16	
9	WASHER	5P-8249	16	1.75	28	
10	RETAINER	107-8085	16	64.48	1031.68	
11	WASHER	5P-8245	84	0.65	54.6	
12	BOLT	241-1855	84	1.47	123.48	
13	SEAL	5F-3106	14	5.61	78.54	
14	STOPPER	9G-5664	7	2.05	14.35	
15	PLUG	6Y-0473	7	0.16	1.12	
16	STOPPER	9G-4872	4	4.45	17.8	REPARACIÓN DE RUEDA GUÍA.
17	PLUG	6Y-0473	4	0.16	0.64	
18	COLLAR	107-3947	8	150.38	1203.04	
19	SEAL O RING	107-4057	8	3.1	24.8	
20	WASHER	3K-6113	96	0.34	32.64	
21	BOLT	5P-2546	96	5.44	522.24	
22	RETAINER	107-3946	8	116.51	932.08	
23	SEAL	8F-9516	8	5.74	45.92	
Valor IGV					3251.4966	
TOTAL US\$					20364.64	

## 2.-Proveedor ICC-SAC

c) Incluye, compra de 8 rodillos inferiores.

**Tabla 5.8: Alternativa c:**

ITEMS COTIZADOS EN ICC SAC-LIMA						
OPCIÓN 1: CAMBIO DE ZAPATAS, CAMBIO DE RODILLOS INFERIORES Y REPARACIÓN DE RUEDA GUÍA						
ITEM	DESCRIPCIÓN	N-PARTE	CANTIDAD	US\$/UNITARIO	COSTO TOTAL US\$	OBSERVACIÓN
1	NUT	7G-6442	344	1.8	619.2	PERNOS Y ZAPATAS DE LA CADENA
2	BOLT	6V-1723	344	1.9	653.6	
3	BOLT	6V-1724	4	4.36	17.44	
4	BOLT	6V-1725	4	4.98	19.92	
5	SHOE-22"	7T-2390	88	82.84	7289.92	
6	ROLLER GP-SF	196-9947	8	674.82	5398.56	RODILLOS INFERIORES, TAPAS Y PERNOS
7	CAP AS TRACK	131-1651	8	0	0	
8	BOLT	6T-1140	16	3.51	56.16	
9	WASHER	5P-8249	16	2.02	32.32	REPARACIÓN DE RUEDA GUÍA.
10	STOPPER	9G-4872	4	0	0	
11	PLUG	6Y-0473	4	0.1	0.4	
12	COLLAR	107-3947	8	0	0	
13	SEAL O RING	107-4057	8	0.37	2.96	
14	WASHER	3K-6113	96	1.84	176.64	
15	BOLT	5P-2546	96	0	0	
16	RETAINER	107-3946	8	0	0	
17	SEAL	8F-9516	8	0	0	
Valor IGV					2710.75	
TOTAL US\$					16977.87	

d) Los rodillos inferiores se reparan y se compra 1 rodillo.

**Tabla 5.9: Alternativa d:**

OPCIÓN 2: CAMBIO DE ZAPATAS, REPARACIÓN DE RODILLOS INFERIORES Y REPARACIÓN DE RUEDA GUÍA						
ITEM	DESCRIPCIÓN	N-PARTE	CANTIDAD	US\$/UNITARIO	COSTO TOTAL US\$	OBSERVACIÓN
1	NUT	7G-6442	344	1.8	619.2	PERNOS Y ZAPATAS DE LA CADENA
2	BOLT	6V-1723	344	1.9	653.6	
3	BOLT	6V-1724	4	4.36	17.44	
4	BOLT	6V-1725	4	4.98	19.92	
5	SHOE-22"	7T-2390	88	82.84	7289.92	
6	ROLLER GP-SF	196-9947	1	674.82	674.82	REPARACIÓN DE RODILLOS INFERIORES, TAPAS Y PERNOS
7	CAP AS TRACK	131-1651	8	0	0	
8	BOLT	6T-1140	16	3.51	56.16	
9	WASHER	5P-8249	16	2.02	32.32	
10	RETAINER	107-8085	14	58.8	823.2	
11	WASHER	5P-8245	84	0.29	24.36	
12	BOLT	241-1855	84	0.33	27.72	
13	SEAL	5F-3106	14	0.85	11.9	
14	STOPPER	9G-5664	7	0	0	
15	PLUG	6Y-0473	7	0.1	0.7	NO VENDE
16	STOPPER	9G-4872	4	0	0	NO VENDE
17	PLUG	6Y-0473	4	0.1	0.4	NO VENDE
18	COLLAR	107-3947	8	0	0	NO VENDE
19	SEAL O RING	107-4057	8	0.37	2.96	REPARACIÓN DE RUEDA GUÍA.
20	WASHER	3K-6113	96	1.84	176.64	
21	BOLT	5P-2546	96	0	0	
22	RETAINER	107-3946	8	0	0	
23	SEAL	8F-9516	8	0	0	
Valor IGV					1981.94	
TOTAL US\$					12413.20	

**“Se opta por la alternativa b, correspondiente al proveedor FERREYROS S.AA”**

#### 5.2.4. Ejecución de los trabajos de reparación del equipo

El equipo quedó inoperativo debido a daños producidos en la base de la cuchilla del lampón-lado-derecho el día 5 de febrero del 2011. Los trabajos de reparación, empezaron el 13 de febrero debido a la falta de personal y moto-soldadora indispensable para realizar los trabajos de reparación.

La Foto A.1 y Foto A.2 del Anexo A, muestran los daños producidos en la base de la cuchilla del lampón-lado-derecho. Se puede apreciar una rotura de tipo frágil por impacto y debido a una mala operación o uso del equipo. El impacto fue tan fuerte que dobló el brazo de inclinación del lampón (Foto A.20) y dobló el vástago del cilindro hidráulico el cual tuvo que ser reemplazado por uno nuevo. (Fig. B.10 del Anexo B: Factura-001-N°0010760)

Los repuestos y materiales empleados y comprados para realizar la reparación, se detallan a continuación:

**Tabla 5.10: Detalle de repuestos y materiales comprados para la reparación del tractor D8T-1009TO-J8B00332.<sup>37</sup>**

Total US\$-IGV, incluye el IGV; Total US\$ no incluye el IGV

Descripción	N-Parte	Cantidad	Costo US\$	Total US\$	Total US\$-IGV	Tipo	Fecha	Registro
Platina-3/4"x7"x3,10mts	---	4	200	800	971,04	EC	19-01-11	OC-012467
Platina-3/4"x7"x14"	---	8	23	184	223,34	EC	19-01-11	OC-012467
Platina-3/4"x18"x0,95mts	---	2	161	322	390,84	EC	19-01-11	OC-012467
Platina 15,88x12"x 3,20mts	---	1	782,85	782,85	931,59	EC	20-01-11	OC-012475
Platina 15,88x 5 1/2"x 3,20mts	---	1	359,36	359,36	427,64	EC	20-01-11	OC-012475
<i>Roller GP</i>	196-8847	1	769,61	769,61	915,8359	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Cap as Track</i>	131-1651	8	47,66	381,28	453,7232	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Bolt</i>	6T-1140	16	3,92	62,72	74,6368	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Washer</i>	5P-8249	16	1,52	24,32	28,9408	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Retainer</i>	107-8085	14	73,5	1029	1224,51	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Washer-Hard</i>	5P-8245	168	0,57	95,76	113,9544	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Bolt Hex</i>	241-1855	168	1,28	215,04	255,8976	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Seal</i>	5F-3106	30	4,88	146,4	174,216	CL	27-01-11	OC-0012519

<sup>37</sup> Elaboración propia en base a las órdenes de compra. Para más detalles verificar las figuras en el Anexo-B: Fig. B.1, Fig. B.2, Fig. B.3, Fig. B.4, Fig. B.5, Fig. B.6, Fig. B.7, Fig. B.8, Fig. B.9, Fig. B.10.

<i>Stopper</i>	9G-5664	15	1,78	26,7	31,773	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Plug</i>	6Y-0473	15	0,14	2,1	2,499	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Stopper</i>	9G-4872	4	3,88	15,52	18,4688	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Plug</i>	6Y-0473	4	0,14	0,56	0,6664	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Collar</i>	107-3947	8	130,83	1046,64	1245,5016	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Seal O ring</i>	107-4057	8	2,69	21,52	25,6088	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Washer</i>	3K-6113	98	0,3	29,4	34,986	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Bolt</i>	5P-2546	98	4,73	463,54	551,6126	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Retainer</i>	107-3946	8	101,37	810,96	965,0424	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Seal</i>	8F-9516	8	4,99	39,92	47,5048	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Shoe</i>	7T-2390	88	92,01	8096,88	9635,2872	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Nut</i>	7G-6442	344	1,44	495,36	589,4784	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Bolt</i>	6V-1723	344	4,25	1462	1739,78	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Bolt</i>	6V-1724	4	4,72	18,88	22,4672	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Bolt</i>	6V-1725	4	6,46	25,84	30,7496	CL	27-01-11	OC-0012519
<i>Seal</i>	5P-7593	1	7,6	7,6	9,044	SH	10-02-11	OC-0012586
<i>Ring</i>	1J-2674	1	49,6	49,6	59,024	SH	10-02-11	OC-0012586
<i>Seal Wiper</i>	225-3286	1	23,95	23,95	28,5005	SH	10-02-11	OC-0012586
<i>Seal</i>	167-2324	1	23,93	23,93	28,4767	SH	10-02-11	OC-0012586
<i>Seal As Buff</i>	167-2211	1	75,66	75,66	90,0354	SH	10-02-11	OC-0012586
<i>Ring</i>	8C-5245	1	28,16	28,16	33,5104	SH	10-02-11	OC-0012586
<i>Seal</i>	8T-8381	1	14,41	14,41	17,1479	SH	10-02-11	OC-0012586
<i>Hose</i>	295-6897	2	110,62	221,24	263,2756	SH	21-02-11	OC-0012653
<i>Seal O ring</i>	4J-5267	6	1,84	11,04	13,1376	SH	21-02-11	OC-0012653
<i>Washer</i>	8E-6619	8	46,47	371,76	442,3944	CL	21-02-11	OC-0012653
<i>Seal O ring</i>	107-4057	4	3,1	12,4	14,756	CL	21-02-11	OC-0012653
<i>Ring Toric</i>	162-2167	8	4,51	36,08	42,9352	CL	21-02-11	OC-0012653
<i>Collar</i>	107-3945	2	149,51	299,02	355,8338	CL	21-02-11	OC-0012653
<i>Seal O ring</i>	7J-2036	30	2,68	80,4	95,676	CL	21-02-11	OC-0012653

<i>Ring Toric</i>	162-2166	60	4,05	243	289,17	CL	21-02-11	OC-0012653
<i>Washer</i>	8E-7510	7	33,21	232,47	276,6393	CL	21-02-11	OC-0012653
<i>Bearing</i>	9W-9844	6	61,74	370,44	440,8236	CL	21-02-11	OC-0012653
<i>Bolt</i>	6T-1140	20	4,51	90,2	107,338	CL	23-02-11	OC-0012669
<i>Washer</i>	5P-8249	20	1,75	35	41,65	CL	23-02-11	OC-0012669
<i>Bolt</i>	4J-9058	33	5,12	168,96	201,0624	CL	23-02-11	OC-0012669
<i>Nut</i>	2J-3507	33	3,08	101,64	120,9516	CL	23-02-11	OC-0012669
<i>Bolt</i>	3E-9859	1	36,59	36,59	43,5421	CL	23-02-11	OC-0012669
<i>Washer</i>	5P-8250	33	2,99	98,67	117,4173	CL	23-02-11	OC-0012669
<i>Seal GP Duo</i>	162-7862	4	42,4	169,6	201,824	CL	23-02-11	OC-0012669
<i>Guide</i>	248-2987	6	100,56	603,36	717,9984	CL	23-02-11	OC-0012669
<i>Bolt</i>	8T-8924	16	3,7	59,2	70,448	CL	23-02-11	OC-0012669
<i>Seal</i>	8T-1790	1	83,9	83,9	99,841	SH	25-02-11	OC-0012693
Fabricación vástago	---	1	463	463	550,97	SH	28-02-11	F-0010760
<b>TOTAL US\$</b>					<b>25901,0164</b>			

Para realizar la reparación del equipo, se realiza un diagrama de *Gantt* mediante el *Software MS Project* que ayudó a programar adecuadamente las actividades que se realizaron y se pudo determinar los costos en las actividades realizadas y permitió identificar costos que normalmente no se toman en cuenta como es el caso de la mano de obra que participa en la reparación del equipo.

Para más detalles del diagrama de *Gantt* y la información obtenida, verificar el Anexo C.

**Fig. 5.3: Resumen del proyecto, realizado por el MS Project.**

Fechas			
Comienzo:	dom 13/02/11	Fin:	jue 03/03/11
Comienzo previsto:	dom 13/02/11	Fin previsto:	jue 03/03/11
Comienzo real:	dom 13/02/11	Fin real:	jue 03/03/11
Variación de comienzo:	0 días	Variación de fin:	0 días
Duración			
Programada:	18,17 días?	Restante:	0 días?
Prevista:	18,17 días?	Real:	18,17 días
Variación:	0 días?	Porcentaje completado:	100%
Trabajo			
Programado:	1.496 horas	Restante:	0 horas
Previsto:	1.454,75 horas	Real:	1.496 horas
Variación:	41,25 horas	Porcentaje completado:	100%
Costos			
Programados:	\$35.228,09	Restantes:	\$0,00
Previstos:	\$35.224,19	Reales:	\$35.228,08
Variación:	\$3,90		
Estado de las tareas		Estado de los recursos	
Tareas aún no comenzadas:	0	Recursos de trabajo:	18
Tareas en curso:	0	Recursos de trabajo sobreasignados:	0
Tareas finalizadas:	55	Recursos materiales:	62
Total de tareas:	55	Total de recursos:	80

El costo de los materiales y repuestos comprados para realizar la reparación del equipo fue de **US \$ 25901,02** de acuerdo a la Tabla 5.10. Al observar la Fig. 5.3, realizada por el *MS-Project* se tiene el costo real del proyecto de **US\$ 35228,08**. Existe una diferencia de **US\$ 9327,06** que no se ha considerado en los cálculos y que son los costos indirectos. Se detalla los siguientes costos indirectos:

Mano de obra que interviene en la reparación del equipo, los equipos auxiliares de ayuda como cargador frontal, moto-soldadora, herramientas, prensa hidráulica y equipos diversos que hacen posible que los trabajos programados se ejecuten y que muchas veces no se realizan cálculos del costo que representa el uso de dichos equipos y especialmente el costo real de de reparación de un equipo.

Si el Consorcio Calca II, hubiera sub-contratado la realización de los trabajos de reparación del tractor D8T-1009TO-Serie: J8B02339 tendría que pagar al sub-contratista un promedio de **US\$ 9327,06** y la reparación hubiera costado en promedio **US\$ 35228,08** ó más dependiendo del sub-contratista. La estructura propuesta en la Fig. 5.1 asigna una posición importante al área de mantenimiento muchas veces no reconocida pero muy importante dentro de las operaciones de la empresa.

### 5.2.5. Base de datos en base a reparaciones pasadas en carrilería y elementos de corte

De acuerdo a los datos obtenidos a otras reparaciones realizadas a equipos similares se tiene la siguiente tabla que puede ayudar a determinar si las reparaciones y trabajos realizados se encuentran dentro del promedio.

**Tabla 5.11: Trabajos correctivos de cambio de zapatas en el sistema de carrilería realizados a diversos equipos según detalle adjunto.<sup>38</sup>**

Equipo	Modelo	Serie	Código	Horómetro	Duración	Fecha	Lugar de trabajo	Frente de trabajo	Observaciones
Tractor	D8T	J8B01312	1007TO	2432	<b>2432</b>	mar-09	SMCV-Arequipa	Zona de roca pura y roca de voladura.	Cambio de zapatas realizado
Tractor	D8T	J8B02339	1009TO	2300	<b>2300</b>	feb-11	Calca-Cuzco	Zona de roca pura, material suelto altamente abrasivo y roca de voladura.	Cambio de zapatas realizado
Tractor	D7R	AEC02194	1010TO	2200	---	jul-11	Calca-Cuzco	Zona de material suelto altamente abrasivo, material suelto, tierra de cultivo y desmote.	Pendiente de realizar trabajos en la carrilería.
Tractor	D8T	J8B01312	1007TO	5750	<b>3318</b>	ene-11	Churín-Lima	Zona de roca pura, material suelto altamente abrasivo y roca de voladura.	Cambio de zapatas realizado

**Tabla 5.12: Duración de los elementos de corte en obra.<sup>39</sup>**

Equipo	Modelo	Código	Elemento de corte	Duración-Horas (Hr)	Zona de trabajo
Cargador frontal	950H	1066CF	Uñas	250-300	Zaranda de materiales, chancadora
Cargador frontal	966H	1068CF	Uñas	250-300	Zaranda de materiales, chancadora
Tractor	D8T	1009TO	Cuchilla-entera	1200,00	Roca de voladura, material abrasivo.

<sup>38</sup> Elaboración propia, después de realizada la reparación del equipo.

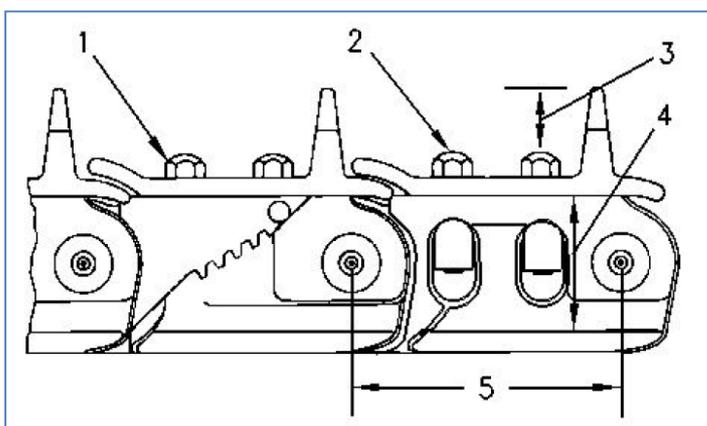
<sup>39</sup> Elaboración propia, en base a los cambios de elementos de corte realizados en Obra.

Tractor	D8T	1009TO	Cantoneras	250-300	Roca de voladura, material abrasivo.
Motoniveladora	140K	1113MN	Cuchilla-entera	125,00	Material base, sub-base, altamente abrasivo
Excavadora	336DL	1164RE-1165RE	Uñas	300-350	Roca de voladura, material abrasivo.

## 5.2.6. Especificaciones técnicas de los trabajos realizados

### 5.2.6.1. Torque de los pernos de zapata

Fig. 5.4: Torque de los pernos de zapata.<sup>40</sup>

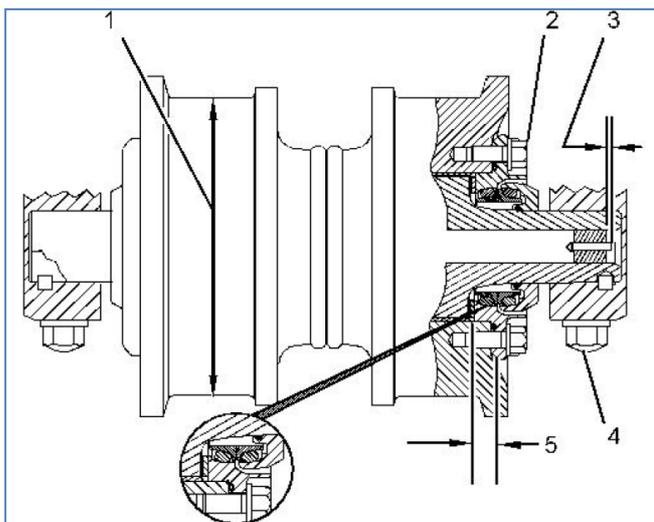


- 1: Perno master, Torque** :  $650 \pm 70$  N·m ( $480 \pm 50$  lb ft), adicionalmente torque ángulo de  $120^\circ$ .
- 2: Perno de zapata, Torque** :  $650 \pm 70$  N·m ( $480 \pm 50$  lb ft), adicionalmente torque ángulo de  $120^\circ$ .

### 5.2.6.2. Torque de pernos de rodillo simple y doble

<sup>40</sup> SIS CATERPILLAR- Número de medio -REN7526-05, Fecha de publicación -01/02/2008

**Fig. 5.5: Torque de los pernos de rodillo.**<sup>41</sup>

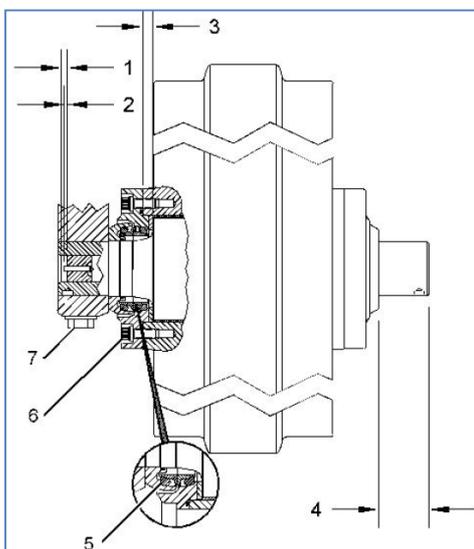


**2: Perno de rodillo, Torque** :  $135 \pm 20 \text{ N}\cdot\text{m}$  ( $100 \pm 15 \text{ lb ft}$ )

**4: Perno de tapa de rodillo, Torque** :  $750 \pm 70 \text{ N}\cdot\text{m}$  ( $553 \pm 51 \text{ lb ft}$ )

### 5.2.6.3. Torque de pernos de rueda guía

**Fig. 5.6: Torque de los pernos de rueda guía.**<sup>42</sup>



<sup>41</sup> SIS CATERPILLAR-Número de medio -REN7526-05, Fecha de publicación -01/02/2008

<sup>42</sup> SIS CATERPILLAR-Número de medio -REN7526-05, Fecha de publicación -01/02/2008

- 6: Perno de rueda guía, Torque** :  $85 \pm 15 \text{ N}\cdot\text{m}$  ( $65 \pm 11 \text{ lb ft}$ )
- 7: Perno de tapa rueda guía, Torque** :  $1600 \pm 200 \text{ N}\cdot\text{m}$  ( $1180 \pm 150 \text{ lbft}$ )

#### 5.2.6.4. Tipos de soldadura empleada a la reparación del lampón

##### 5.2.6.4.1. E 7018-E 51 55 B 10 (*Supercito*)<sup>43</sup>

El electrodo empleado durante los trabajos del reparación y reforzamiento del lampón fue el *supercito* 5/32 ". El *supercito* se emplea en aceros de alto contenido en carbono, alta resistencia y baja aleación. Es ideal y económico para realizar trabajos de maquinaria pesada.

#### A. Características del *supercito*

- Electrodo con bajo tenor de hidrógeno, que otorga al material depositado buenas propiedades mecánicas.
- Su contenido de hierro en polvo mejora la soldabilidad, aumentando la penetración, deposición y mejorando al mismo tiempo su comportamiento en distintas posiciones.
- Rendimiento al 98%

#### B. Características químicas del metal depositado:

Tabla 5.13: *Supercito*.

Normas:	AWS/ASME: A5.1 - 91	DIN 1913	ISO 3580
	E 7018	E 51 55 B 10	E 51 4 B 26 (H)
Análisis Químico del Metal Depositado (%):	C	Mn	Si
	0,08	1,20	0,50

#### C. Corriente a la que se debe emplear el electrodo *supercito*

Tabla 5.14: *Supercito*.

Corriente y Polaridad:	Para corriente alterna o continua - Electrodo al polo positivo					
	5/64"	3/32"	1/8"	5/32"	3/16"	1/4"
	2,0 mm	2,5 mm	3,25 mm	4,0 mm	5,0 mm	6,30 mm
Amp. mín.	45	70	100	140	190	260
Amp. máx.	60	90	140	200	250	340

<sup>43</sup> Manual de soldadura & catálogo de productos EXSA-OERLIKON-Pp. 178

## D. Propiedades mecánicas de la soldadura depositada en el material base

Tabla 5.15: *Supercito*.

Propiedades Mecánicas:				
Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción	Límite Elástico	Ch V -20°C	Elongación en 2"
Sin	510-610 N/mm <sup>2</sup>	> 380 N/mm <sup>2</sup>	> 140 J	24%
	74 000 a 88 000 lb/pulg <sup>2</sup>	> 55 000 lb/pulg <sup>2</sup>		
Aivio de Tensiones	480-580 N/mm <sup>2</sup>	> 380 N/mm <sup>2</sup>	> 140 J	24%
Normalizado	420-520 N/mm <sup>2</sup>	> 290 N/mm <sup>2</sup>	> 140 J	26%

\* Para la calificación ABS según AWS la prueba de impacto es a -29°C

### 5.2.6.4.2. *Chamfercord*<sup>44</sup>

El electrodo empleado durante los trabajos de biselado y achaflanado de las superficies durante los trabajos de reparación del lampón fue el *chamfercord* 5/32 ".

#### A. Características del *chamfercord*

- El *chamfercord* permite usarlo con cualquier equipo convencional de arco eléctrico de corriente alterna o continua.
- Es de muy fácil aplicación y debe colocarse en forma casi paralela a la pieza o plancha que se desea biselar.
- La profundidad del canal del ángulo en que se aplica el electrodo, depende del ángulo de inclinación. A mayor ángulo de inclinación mayor profundidad.
- No requiere equipo de oxígeno, se puede omitir el equipo de corte en trabajos donde se debe eliminar excesos de material soldado o remache o pernos lo que lo hace versátil y práctico.

#### B. Corriente a la que se debe emplear el electrodo *chamfercord*

Tabla 5.16: *Chamfercord*.

Corriente y Polaridad:				
Para corriente continua - Electrodo al polo positivo				
Ø	3/32"	1/18"	5/32"	3/16"
	2,5 mm	3,25 mm	4,0 mm	5,0 mm
Amp. mín.	150	180	300	340
Amp. máx.	180	220	380	450 máx.

### 5.2.6.4.3. E Fe Cr-Al – E10-UM-60 CGRZ (*Citodur 1000*)<sup>45</sup>

<sup>44</sup> Manual de soldadura & catálogo de productos *EXSA-OERLIKON*-Pp. 221

<sup>45</sup> Manual de soldadura & catálogo de productos *EXSA-OERLIKON*-Pp.208

El electrodo empleado para recubrir o reforzar las zonas que se encuentran sometidas a desgaste abrasivo severo sin golpe es el *citodur* 1000. El *citodur* 1000, es muy empleado en la industria minera, construcción, agrícola, siderúrgica y todas aquellas situaciones donde el material base está expuesto a desgaste abrasivo severo.

#### A. Características del *citodur* 1000

- Electrodo cuyo depósito presenta un alto contenido de carburos de cromo, por lo que se logran alta resistencia al desgaste, a la corrosión y oxidación.
- El depósito es una fundición blanca con alto contenido de cromo(36%) por lo que sólo es recomendable aplicar 2 pases para que el relleno no se fisure o se desprenda.
- En la mayoría de los casos, para obtener las buenas características deseadas, es recomendable usar una base apropiada para cada caso.
- Gracias a su alto contenido de cromo, el depósito conserva la resistencia a la abrasión será aún a temperatura elevadas(1000°C).
- Los cordones que deposita son perfectamente lisos, libres de poros, salpicaduras e inclusiones de escoria.
- El material de aporte no es manipulable pero puede ser forjado y templado.

#### B. Características químicas del metal depositado

**Tabla 5.17: *Citodur* 1000.**

Normas:	AWS A5.13-B0R		DIN 8555	
	E Fe Cr-Al		E 10 - UM - 60 CGRZ	
Análisis Químico del Metal Depositado (%):	C	Mn	Si	Cr
	4,0	1,1	0,6	36,0

#### C. Propiedades mecánicas referidas a la dureza del metal depositado:

**Tabla 5.18: *Citodur* 1000.**

Propiedades Mecánicas:	DUREZA	
	ROCKWELL C	57 - 62
	VICKERS	700 - 800

#### D. Corriente a la que se debe emplear el electrodo *citodur* 1000:

**Tabla 5.19: Citodur 1000.**

Corriente y Polaridad:

Para corriente alterna o continua - Electrodo al polo positivo				
Ø	3/32"	1/8"	5/32"	3/16"
	2,5 mm	3,25 mm	4,0 mm	5,0 mm
Amp. mín.	90	110	150	190
Amp. máx.	110	140	190	250

### 5.2.6.5. Planchas T1-Antidesgaste (DIN: 1.8721) <sup>46</sup>

Las planchas T1 de 400HB-500HB son usadas para reforzar el lampón especialmente en las zonas sometidas a desgaste abrasivo debido a que están en contacto con partículas duras que penetran las superficies de contacto, ocasionado deformación plástica y arranque virutas rayando permanentemente la superficie de contacto.

Las planchas T1, tienen los siguientes elementos de aleación: C-Si-Mn-Mo-Ni-Cr-V-Nb-B dichos elementos le dan características especiales contra el desgaste y la abrasión por el contacto de materiales.

#### A. Características mecánicas de las planchas T1-Antidesgaste

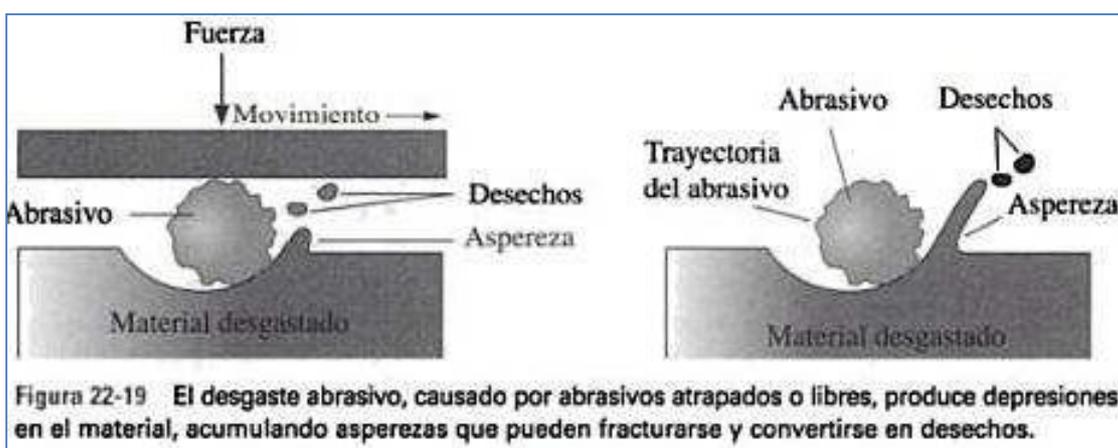
**Tabla 5.20: Planchas T1.**

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	CHRONIT T-1 400	CHRONIT T-1 500
Dureza suministro	360 - 440 HB	450 - 530 HB
Resistencia a la tracción	1300 N/mm <sup>2</sup>	1650 N/mm <sup>2</sup>
Límite de fluencia	1000 N/mm <sup>2</sup>	1300 N/mm <sup>2</sup>
Elongación (Lo = 5,65 <sub>v</sub> So)	12%	8%
Tenacidad (longitudinal)	30J (-40 °C)	25J (-20 °C)

El tipo de desgaste que se produce en las planchas T1, se puede apreciar en la Fig. 5.6

<sup>46</sup> Aceros Bohler-Perú: [http://www.bohlerperu.com/files/CHRONIT\\_T-1\\_400\\_Y\\_CHRONIT\\_T-1\\_500\\_PLANCHA\\_ANTIDESGASTE\\_Rev.01.pdf](http://www.bohlerperu.com/files/CHRONIT_T-1_400_Y_CHRONIT_T-1_500_PLANCHA_ANTIDESGASTE_Rev.01.pdf)

**Fig. 5.7: Desgaste abrasivo que se produce en las planchas de equipo pesado. [4]**



**5.2.7. Detalle de compras para realizar mantenimientos preventivos y correctivos realizados a dicho equipo para mantener la operatividad en el periodo: Agosto 2010-Junio 2011**

Para mantener la operatividad del equipo se realizaron una serie de compras de repuestos y materiales que se especifican en la Tabla 5.21, se encuentra especificado por diversos tipos de compras referidas a repuesto por mantenimiento (MTTO), elementos de corte (EC), carrilería (CL), sistema hidráulico (SH)

**Tabla 5.21: Detalles de compras del tractor D8T-1009TO. <sup>47</sup>**

**Total US\$, incluyen IGV**

Detalles por Meses			
<b>Mes Agosto-2010</b>		<b>US\$</b>	<b>%</b>
Repuesto Mantenimiento	<b>Mtto</b>	2557,8	64,01%
Elementos de corte	<b>EC</b>	1438,21	35,99%
<b>Total US\$</b>		<b>3996,01</b>	<b>100,00%</b>
<b>Mes Setiembre-2010</b>		<b>US\$</b>	<b>%</b>
Repuesto Mantenimiento	<b>Mtto</b>	605,9	71,62%
Carrilería	<b>CL</b>	31,99	3,78%
Elementos de corte	<b>EC</b>	208,11	24,60%
<b>Total US\$</b>		<b>846,00</b>	<b>100,00%</b>

<sup>47</sup> La Tabla 5.21 ha sido elaborada para el presente informe descriptivo profesional en base a la información obtenida en las órdenes de compra-Constructora Málaga Hnos S.A- Periodo: Agosto 2010-Junio 2011. Las órdenes de compra referidas a dicho equipo, no se muestran al detalle en el presente informe descriptivo profesional por confidencialidad de la información.

<b>Mes Octubre-2010</b>		<b>US\$</b>	<b>%</b>
Repuesto Mantenimiento	<b>Mtto</b>	2973,23	100,00%
<b>Total US\$</b>		<b>2973,23</b>	<b>100,00%</b>

<b>Mes Noviembre-2010</b>		<b>US\$</b>	<b>%</b>
Repuesto Mantenimiento	<b>Mtto</b>	1809,63	29,77%
Carrilería	<b>CL</b>	45,98	0,76%
Elementos de corte	<b>EC</b>	4224,02	69,48%
<b>Total US\$</b>		<b>6079,63</b>	<b>100,00%</b>

<b>Mes Diciembre-2010</b>		<b>US\$</b>	<b>%</b>
Repuesto Mantenimiento	<b>Mtto</b>	3328,93	65,23%
Carrilería	<b>CL</b>	1774,21	34,77%
<b>Total US\$</b>		<b>5103,14</b>	<b>100,00%</b>

<b>Mes Enero-2011</b>		<b>US\$</b>	<b>%</b>
Repuesto Mantenimiento	<b>Mtto</b>	547,73	2,22%
Carrilería	<b>CL</b>	18374,87	74,70%
Elementos de corte	<b>EC</b>	5675,18	23,07%
<b>Total US\$</b>		<b>24597,78</b>	<b>100,00%</b>

<b>Mes Febrero-2011</b>		<b>US\$</b>	<b>%</b>
Carrilería	<b>CL</b>	3580,46	75,01%
Sistema Hidráulico	<b>SH</b>	1192,96	24,99%
<b>Total US\$</b>		<b>4773,42</b>	<b>100,00%</b>

<b>Mes Marzo-2011</b>		<b>US\$</b>	<b>%</b>
Repuesto Mantenimiento	<b>Mtto</b>	772,76	100,00%
<b>Total US\$</b>		<b>772,76</b>	<b>100,00%</b>

<b>Mes Mayo-2011</b>		<b>US\$</b>	<b>%</b>
Carrilería	<b>CL</b>	1305,79	81,10%
Repuesto Mantenimiento	<b>Mtto</b>	304,32	18,90%
<b>Total US\$</b>		<b>1610,11</b>	<b>100,00%</b>

<b>Mes Junio-2011</b>		<b>US\$</b>	<b>%</b>
Repuesto Mantenimiento	<b>Mtto</b>	1469,24	100,00%
<b>Total US\$</b>		<b>1469,24</b>	<b>100,00%</b>

La Tabla 5.22, ha sido elaborada como un resumen de la Tabla 5.21

**Tabla 5.22: Tablas resumen- año 2010-2011.**

Total 2010	US\$	%
Mtto	11275,49	59,35%
CL	1852,18	9,75%
EC	5870,34	30,90%
<b>Total 2010-US\$</b>	<b>18998,01</b>	<b>100,00%</b>

Total 2011	US\$	%
Mtto	3094,05	9,29%
CL	23261,12	69,86%
EC	5675,18	17,04%
SH	1266,21	3,88%
<b>Total 2011-US\$</b>	<b>33296,56</b>	<b>100,00%</b>

Total 2010-2011	US\$	%
Mtto	14369,54	27,47%
CL	25113,3	48,02%
EC	11545,52	22,07%
SH	1266,21	2,42%
<b>Total 2010-2011-US\$</b>	<b>52294,57</b>	<b>100,00%</b>

La información obtenida en la Tabla 5.22 se ha procesado en los diagrama pastel 5.3, 5.4 y 5.5 para un mejor entendimiento e interpretación.

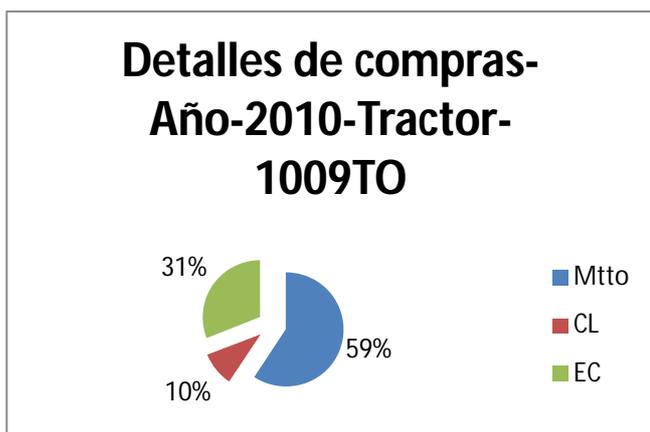
**Diagrama pastel 5.3:**

Diagrama pastel 5.4:

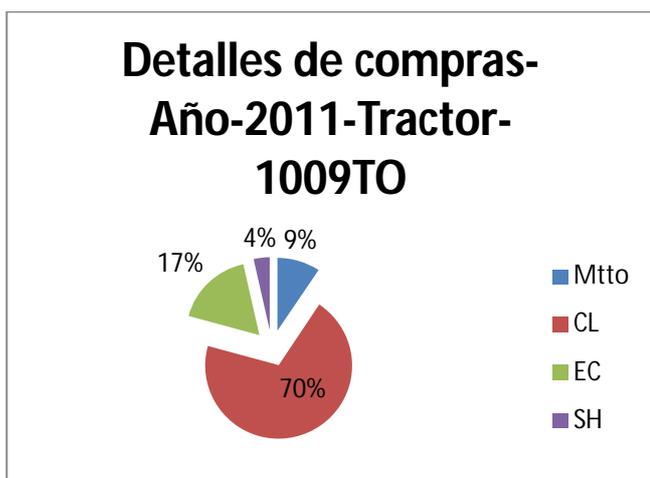
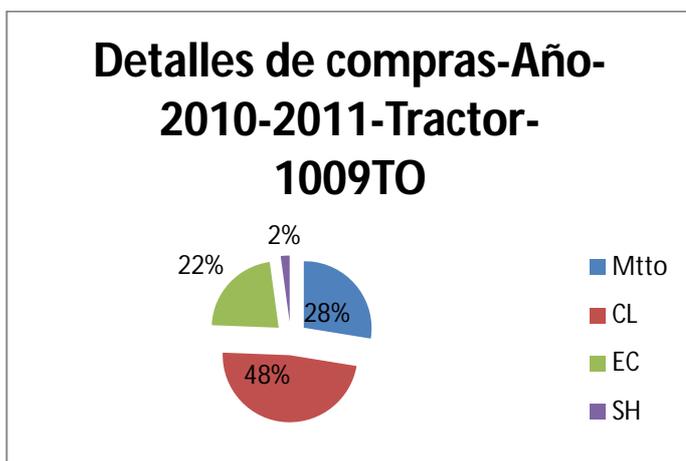


Diagrama pastel 5.5:



### 5.2.8 Cálculo del beneficio costo ciclo de vida del Tractor D8T-1009TO-serie: J9B02339

Tabla 5.23: Detalle de horas de trabajo del equipo durante el Periodo agosto-2010 a junio del 2011.<sup>48</sup>

Código	Mes	Año	Horas-Motor-Arrancado	Tiempo operación	Tiempo-Inactivo	% Carga	% Vacio
1009TO	Agosto	2010	317	263	54	82,97%	17,03%

<sup>48</sup> Elaboración propia en base a la información obtenida en [www.myvisionlink.com](http://www.myvisionlink.com), usuario autorizado de Vision Link-CATERPILLAR. Base de datos correspondiente al tractor D8T-J8B00332. Neptuno Contratistas Generales S.A.C

1009TO	Setiembre	2010	375	299,2	75,8	79,79%	20,21%
1009TO	Octubre	2010	374	294,8	79,2	78,82%	21,18%
1009TO	Noviembre	2010	501	388,65	112,35	77,57%	22,43%
1009TO	Diciembre	2010	270	211,03	58,97	78,16%	21,84%
1009TO	Enero	2011	214	166,8	47,2	77,94%	22,06%
1009TO	Febrero	2011	58	36,6	21,4	63,10%	36,90%
1009TO	Marzo	2011	143	99,6	43,4	69,65%	30,35%
1009TO	Abril	2011	147	99,5	47,5	67,69%	32,31%
1009TO	Mayo	2011	180	136,2	43,8	75,67%	24,33%
1009TO	Junio	2011	130	103,4	26,6	79,54%	20,46%

**Tabla 5.24: Detalle de ingresos US\$ durante el periodo Agosto-2010 a Junio del 2011.**<sup>48</sup>

Mes	Año	Horas-Máquina	Costo US\$/hora	Total-Mes-US\$
Agosto	2010	317	80	25360
Setiembre	2010	375	80	30000
Octubre	2010	374	80	29920
Noviembre	2010	501	80	40080
Diciembre	2010	270	80	21600
Enero	2011	214	80	17120
Febrero	2011	58	80	4640
Marzo	2011	143	80	11440
Abril	2011	147	80	11760
Mayo	2011	180	80	14400
Junio	2011	130	80	10400
<b>Total-Periodo-US\$</b>				<b>216720</b>

**Total Mes-US\$ y Total-Periodo-US\$, no incluye IGV**

**Tabla 5.25: Detalle del beneficio-costo-ciclo-vida-Año 2010.**<sup>49</sup>

	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10
<b>Ingresos US\$</b>	<b>25360</b>	<b>30000</b>	<b>29920</b>	<b>40080</b>	<b>25704</b>
<b>Egresos US\$</b>	<b>3357,99</b>	<b>710,92</b>	<b>2498,51</b>	<b>5108,94</b>	<b>4288,35</b>
<b>Beneficio-costo-ciclo-vida US\$</b>	<b>22002,01</b>	<b>29289,08</b>	<b>27421,49</b>	<b>34971,06</b>	<b>21415,65</b>

**Beneficio-costo-ciclo-vida US\$: No incluye el IGV**

(\*) El ingreso US\$, se debe a las Horas-Máquina que trabaja el equipo.

<sup>49</sup> Elaboración propia en base a la Tablas 5.21, 5.22, 5.23 y 5.24.

Tabla 5.26: Detalle del beneficio-costo-ciclo-vida-Año 2011.<sup>49</sup>

	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11
<b>Ingresos US\$</b>	<b>20372,8</b>	<b>4640</b>	<b>11440</b>	<b>11760</b>	<b>14400</b>	<b>10400</b>
<b>Egresos US\$</b>	<b>20644,29</b>	<b>4011,28</b>	<b>654,88</b>	<b>0</b>	<b>1364,5</b>	<b>1245,12</b>
<b>Beneficio-costo-ciclo-vida US\$</b>	<b>-271,49</b>	<b>628,72</b>	<b>10785,12</b>	<b>11760</b>	<b>13035,5</b>	<b>9154,88</b>

**Beneficio-costo-ciclo-vida US\$: No incluye el IGV**

Tabla 5.27: Detalle del consumo de petróleo, periodo agosto-2010 a junio 2011.<sup>50</sup>

Código	Inactivo			En operación			Activo (Total)			Mes
	Combustible Consumido (gal)	Horas	Tasa de Combustión (gal/hr)	Combustible Consumido (gal)	Horas	Tasa de Combustión (gal/hr)	Combustible Consumido (gal)	Horas	Tasa de Combustión (gal/hr)	
1009TO	10,500	54,0	0,2	3.341,875	263,0	12,7	3.352,375	317,0	10,6	ago-10
1009TO	22,500	75,8	0,3	3.533,125	299,2	11,8	3.555,625	375,0	9,5	sep-10
1009TO	29,625	79,2	0,4	1.775,750	294,8	6,0	1.793,250	374,0	4,8	oct-10
1009TO	69,000	112,4	0,6	4.755,000	388,7	12,2	4.824,000	501,0	9,6	nov-10
1009TO	44,814	59,0	0,8	2.942,786	211,0	13,9	2.987,600	270,0	11,07	dic-10
1009TO	30,345	46,0	0,7	1.992,655	168,0	11,9	2.023,000	214,0	ND	ene-11
1009TO	12,750	21,4	0,6	373,000	36,6	10,2	385,750	58,0	6,7	feb-11
1009TO	32,750	43,4	0,8	874,750	93,6	9,3	946,375	143,0	6,6	mar-11
1009TO	21,250	47,5	0,4	986,375	99,5	9,9	1.007,625	147,0	6,9	abr-11
1009TO	28,500	43,8	0,7	1.530,500	136,2	11,2	1.559,000	180,0	8,7	may-11
1009TO	14,875	26,6	0,6	1.273,500	103,4	12,3	1.288,375	130,0	9,9	jun-11

### 5.2.9. Detalle de compras de acero para elementos de corte en diversos equipos

En una obra de construcción civil, especialmente donde se tiene movimientos de tierra, los cucharones, lampones y cuchillas de los equipos se ven sometidos a desgaste por abrasión debido al tipo de trabajo que realizan. Se debe realizar continuamente trabajos de soldadura y reforzar constantemente las zonas afectadas por la abrasión de contacto de materiales.

<sup>50</sup> Elaboración propia de acuerdo a la base de datos obtenida en [www.myvisionlink.com](http://www.myvisionlink.com), usuario autorizado de Vision Link-CATERPILLAR- D8T-J8B00332- Neptuno Contratistas Generales S.A.C

La Tabla 5.28, muestra las compras de aceros usados para reforzar y reparar a los diferentes equipos que se ven sometidos a desgaste.

**Periodo: Agosto 2010-Abril 2011.**

**Tabla 5.28: Tabla resumen de aceros usados para elementos de corte en diversos equipos.**<sup>51</sup>

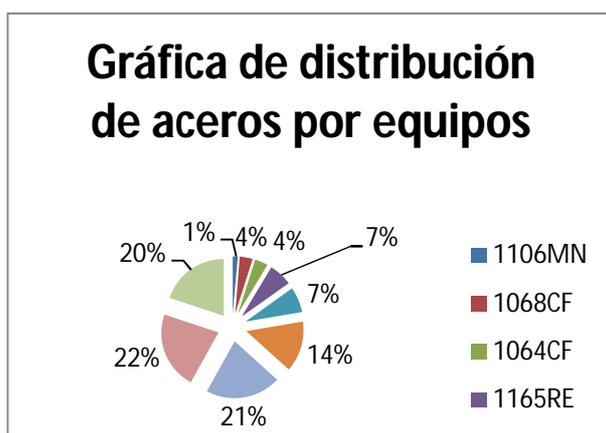
EQUIPO	CÓDIGO	SUB-TOTAL US\$	TOTAL US\$	%
MOTONIVELADORA	1106MN	160	194,2	1,31%
CARGADOR	1068CF	429,6	521,45	3,52%
CARGADOR	1064CF	445	540,14	3,64%
EXCAVADORA	1165RE	797,6	968,13	6,54%
RETROEXCAVADORA	1162RE	882	1070,57	7,23%
TRACTOR	1010TO	1778	2140	14,45%
EXCAVADORA	1163RE	2615,6	3154,61	21,31%
EXCAVADORA	1164RE	3233,39	3267,1	22,07%
TRACTOR	1009TO	2448,28	2944,53	19,89%
	<b>US\$</b>	<b>12789,47</b>	<b>14800,73</b>	<b>100%</b>

**TOTAL US\$: Incluye IGV y el impuesto de percepción 2%.**

En el Anexo D, Fig. D.1 y Fig. D.2, se pueden apreciar las propiedades físicas de los agregados empleados en obra.

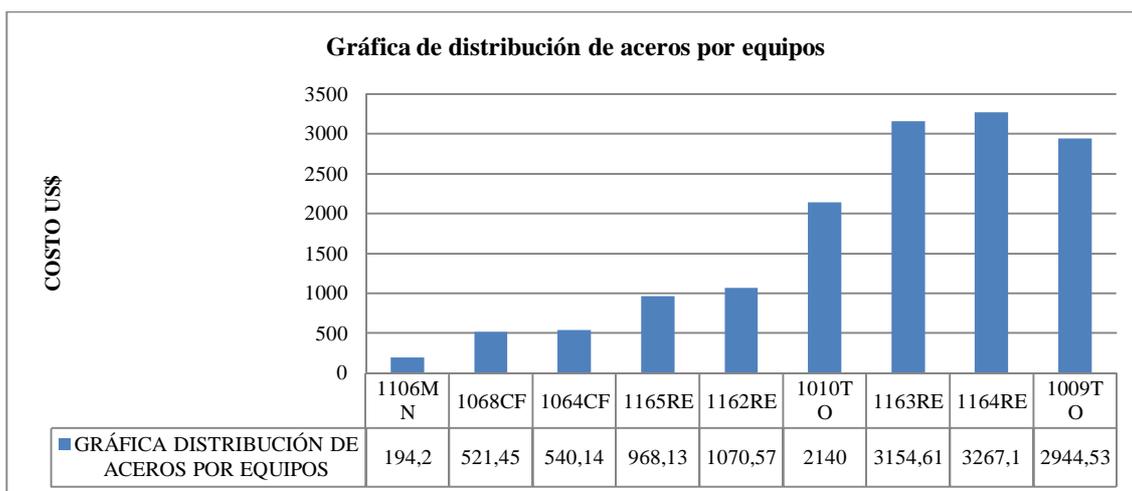
La Tabla 5.28 se ha procesado en el Diagrama pastel 5.6 y el Gráfico de barras 5.2 para un mejor entendimiento e interpretación.

**Diagrama pastel 5.6:**



<sup>51</sup> Elaboración propia en base a la información obtenida en las órdenes de compra-Constructora Málaga Hnos S.A- Periodo: Agosto 2010-Abril 2011. Las órdenes de compra referidas a dichos equipos, no se muestran en el presente informe descriptivo profesional por confidencialidad de la información.

Gráfico de barras 5.2:



### 5.2.10. Conclusiones

1. La información proporcionada en la sección 5.1.2 constituye una herramienta poderosa dentro del área de operaciones pues se puede administrar adecuadamente los costos de operación de un equipo. Al tener un equipo o una flota de equipos que no se maneja adecuadamente los costos de operación aumenta, se pierde dinero y los costos de un proyecto aumentan. Esta situación se agrava más si el equipo es alquilado y la hora de equipo se debe pagar al propietario. Mucho influirá la planificación y programación de los trabajos para no tener equipos parados trabajando en vacío y quemando petróleo innecesariamente.
2. La Fig.5.2, muestra la brecha tecnológica vs conocimiento. Una empresa que adquiere nuevas herramientas tecnológicas debe estar preparada para asumir ese reto y adecuar las bondades que la tecnología actual puede brindar. Se deben eliminar las ideas de rechazo al cambio al usar nuevas herramientas, para poder aprovechar las ventajas de la información. El personal que se encuentra en contacto con estas herramientas cumple una labor vital para llevar un control adecuado de la información. La alta dirección cumple un papel vital desde el inicio de los cambios al tener claro adonde se pretende llegar y como va a realizar dichos cambios.
3. La conservación de los activos para mantener la operatividad de un equipo o equipos es un trabajo que se debe realizar continuamente. No se debe dejar de lado dicha labor y constituye una inversión para restablecer la capacidad operativa de un equipo. La Tabla 5.25 y la Tabla 5.26 constituye un claro ejemplo del beneficio costo ciclo de vida de un activo que se mantiene durante un periodo de tiempo y que se conserva durante un periodo. Si las inversiones se mantienen periódicamente el equipo se conserva a lo largo de su vida útil y produce lo que se espera y se puede dar de baja cuando ya no produzca. Las inversiones realizadas dependerán del dueño del equipo o empresa y la administración de sus ganancias es vital.
4. En los trabajos de construcción de carreteras los equipos pesados estarán sujetos a desgaste permanente en las zonas expuestas a contacto con materiales abrasivos y mucho dependerá los trabajos de reparación y conservación periódica.  
Si el equipo se descuida y no se le realizan trabajos de reparación la falta de acción y reparación puede salir más costosa debido a que el equipo no trabaja en su capacidad neta y generará sobrecostos por una deficiente producción. Los costos de operación elevados cuando el equipo no produce de acuerdo a su capacidad

muchas veces no se toman en cuenta y se opta por soluciones rápidas o simplemente no se toman acciones hasta llegar al colapso.

5. En la Tabla 5.28 se puede ver que existe una tendencia de desgaste en los cucharones y lampones de los equipos pesados en trabajos de construcción de carreteras. De acuerdo a condiciones de trabajo alrededor de las 1200 a 1500 primeras horas de trabajo los equipos cuando son nuevos presentan desgaste y ya se debe iniciar los primeros trabajos de reforzamiento.

A partir de las primeras 2500 horas ya es notable el deterioro y a las 3500 horas se puede estar planificando la primera reparación de lampón o cucharón.

En condiciones de minería, los entornos son más abrasivos y las horas de duración de los cucharones y lampones se reduce a la mitad o incluso menos.

**Bibliografía:**

[1] **CATERPILLAR**. Guía de iniciación, *Vision Link*, Pp-4

[2] **FERNANDO D`ALESSIO IPINZA**. Administración y dirección de la producción. 2da edición, 2004, Pp-22.

[3] **FERNANDO D`ALESSIO IPINZA**. Administración y dirección de la producción. 2da edición, 2004, Pp-180.

[4] **DONALD R. ASKELAND-PRADEEP P. PHULE**. Ciencia e ingeniería de los materiales. 4ta edición, 2004, Pp-971.

**Manual de soldadura & catalogo de productos**

Exsa-Oerlikon

Disponible en: [www.exsa.com.pe](http://www.exsa.com.pe)