



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PARA LA MAQUINARIA PESADA DE LA CÍA. CIUDAD  
RODRIGO C.A”**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**ANDRÉS EDUARDO MEZA CEDEÑO**

**DIRECTOR: ING. CARLOS ROSALES MEDINA**

**Quito, Noviembre, 2013**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2013  
Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo ANDRÉS EDUARDO MEZA CEDEÑO, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Andrés Eduardo Meza Cedeño

131210897-8

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “Propuesta de un Programa de Mantenimiento para la Maquinaria pesada de la Cía. Ciudad Rodrigo C.A.”, que, para aspirar al título de Ingeniero Automotriz fue desarrollado por Andrés Eduardo Meza Cedeño, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.

---

Ing. Carlos Rosales

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 180196922-9

# CARTA DE LA INSTITUCIÓN



KM-2 VIA MANTA-ROCAFUERTE  
Contiguo al Aeropuerto \* Casilla 13-05-3851  
Teléfs 2380900 - 2380976 - 2380871  
Telefax: 2380998  
MANTA - ECUADOR

E-MAIL: [tc@ciudadrodrigo.com](mailto:tc@ciudadrodrigo.com)  
[cia\\_ciudad\\_rodrigo@hotmail.com](mailto:cia_ciudad_rodrigo@hotmail.com)  
Pag Web: [www.ciudadrodrigo.com](http://www.ciudadrodrigo.com)

## CARTA DE AUSPICIO

Manta, 8 de Julio del 2013

Ing. Jorge Viteri Moya.

DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA

PRESENTE:

De nuestra consideración:

Por medio de la presente, deseamos comunicar a tan distinguida entidad educativa, el compromiso de auspiciar el proyecto de tesis titulado **"Propuesta de un Programa de Mantenimiento para la Maquinaria pesada de la Cía. Ciudad Rodrigo C.A."**, del Sr. Andrés Eduardo Meza Cedefío, con Cl. 131210897-8

Atentamente,

Roberth Magno Vélez Barberán

Gerente General

CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.

## **DEDICATORIA**

El desarrollo de esta tesis está dedicado a mis padres, que en toda mi formación educativa me dieron su apoyo incondicional y a mi novia que junto a ellos también fue participe con su ayuda moral y confianza íntegra en esta última etapa para realizarme profesionalmente.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento más sincero y afectuoso a:

**DIOS.-** Por brindarme la sabiduría y fortaleza en estos largos años de estudio.

**MIS PADRES.-** Alexis Meza y Virgilia Cedeño por su sustento moral, espiritual, experimental y económico ante todo.

**MI NOVIA.-** Evelyn Fernández por brindarme su amor y confianza siempre; sobre todo apoyarme con su buen criterio, sugerencias y comentarios constructivos para el desarrollo de esta tesis.

**MI HERMANA.-** Vanessa Rivera que es la única persona que me sabe escuchar, entender y sobre todo me ayuda a corregir mis errores; ella también formó parte de la mayoría de sucesos de mi formación académica y personal.

**A MI TIO.-** Guido Cedeño por motivarme a seguir adelante, aconsejarme de manera prudente y sobre todo tenerme paciencia.

**A MIS PRIMOS (AS).-** Marielisa, Gabriela y Rogger, que compartieron conmigo gran parte de mi etapa universitaria, contribuyendo con su ayuda incondicional y como ejemplo de seres humanos y profesionales.

**A MIS AMIGOS DE UNIVERSIDAD.-** Daniel, Jorge, Carlos, David y Freddy con los cuales formé una sincera e inquebrantable amistad, de tal forma que su ayuda fue también vital para lograr terminar esta fase de mi vida.

**A MI DIRECTOR DE TESIS.-** Ing. Carlos Rosales, que con sus conocimientos, experiencia laboral y brindándome todas las facilidades por las circunstancias dadas, lograron aportar satisfactoriamente en el desarrollo de este proyecto de tesis.

**A LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.-** Que por medio de sus docentes competentes como el Ing. Simón Hidalgo contribuyeron con mi formación superior, tanto teórica como experimental.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	xiv
<b>ABSTRACT</b>	xvi
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	4
2.1 MOTOR DIÉSEL	4
2.1.1 BLOQUE	5
2.1.2 CILINDROS	5
2.1.3 PISTONES	6
2.1.4 ANILLOS	6
2.1.5 BIELAS Y BULONES	6
2.1.6 CIGÜEÑAL	6
2.1.7 VOLANTE DE INERCIA	7
2.1.8 ACEITES PARA MOTORES	7
2.2 SISTEMAS Y MECANISMOS DEL VEHÍCULO	8
2.2.1 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	8
2.2.2 SISTEMA DE LUBRICACIÓN	9
2.2.2.1 Grados SAE (Sociedad de Ingeniería Automotriz)	11
2.2.2.2 Grados API (Instituto Americano de Petróleo)	11
2.2.2.3 Grasas lubricantes	12
2.2.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	13
2.2.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	14
2.2.4.1 Circuito de baja presión	14
2.2.4.2 Circuito de alta presión	15
2.2.5 LA UNIDAD DE CONTROL	16
2.2.6 SISTEMA TURBO-COMPRESOR INTERCOOLER	18
2.2.7 SISTEMA DE TREN DE POTENCIA	19
2.2.7.1 Transmisión automática	20

2.2.7.2	Convertidor de par	20
2.2.7.3	Toma fuerza	21
2.2.7.4	Aceites para transmisiones	21
2.2.8	SISTEMA HIDRÁULICO	22
2.2.8.1	Aceites hidráulicos	23
2.2.9	SISTEMA ELÉCTRICO	24
2.2.10	SISTEMA DE DIRECCIÓN	25
2.2.11	SISTEMA DE NEUMÁTICO (FRENOS)	27
2.2.11.1	Freno de parqueo	28
2.2.11.2	Freno de remolque	28
2.2.11.3	Freno de motor	29
2.2.12	SISTEMA DE SUSPENSIÓN	29
2.2.12.1	Subsistema de suspensión neumático	30
2.3	TIPOS DE MAQUINARIA PESADA	31
2.3.1	TRACTOR DE ORUGAS	31
2.3.1.1	Herramientas	32
2.3.2	CARGADOR FRONTAL	32
2.3.2.1	Funciones	33
2.3.2.2	Herramientas	33
2.3.3	MOTONIVELADORA	36
2.3.3.1	Funciones	36
2.3.3.2	Herramientas	37
2.3.4	RODILLO VIBROCOMPACTADOR	38
2.3.4.1	Funciones	38
2.3.5	RETROEXCAVADORA	39
2.3.5.1	Herramientas	40
2.3.6	EXCAVADORA	41
2.3.6.1	Herramientas	42
2.3.7	VOLQUETE	43
2.4	MANTENIMIENTO	44

2.4.1	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	45
2.4.1.1	Ventajas operativas del mantenimiento preventivo.	45
2.4.1.2	Ventajas económicas del mantenimiento preventivo	46
2.4.2	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	46
2.4.2.1	Ventajas operativas del mantenimiento predictivo.	46
2.4.2.2	Desventajas operativas del mantenimiento predictivo.	47
2.4.3	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	47
2.4.3.1	Ventajas operativas del mantenimiento correctivo.	47
2.4.3.2	Desventajas operativas del mantenimiento correctivo	48
2.5	INDICADORES DE MANTENIMIENTO	48
2.5.1	INDICADOR DE EFECTIVIDAD OEE	48
2.5.1.1	Disponibilidad	49
2.5.1.2	Flujo	49
2.5.1.3	Rendimiento	49
2.5.2	PARAMETROS OEE	50
2.5.3	INDICADOR DE FIABILIDAD	50
2.5.4	INDICADOR DE MANTENIBILIDAD	51
2.5.5	INDICADOR DE ACCIDENTABILIDAD	51
2.6	EL PROGRAMA 5s	52
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>53</b>
3.1	METODOLOGÍA ADMINISTRATIVA	53
3.1.1	MÉTODO DE ORGANIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL PERSONAL	53
3.1.2	SELECCIÓN DEL EQUIPO PESADO EN REFINERÍA	54
3.1.3	PROCESO PARA LA NUEVA CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	54
3.1.4	SELECCIÓN DE COMPONENTES CRÍTICOS DE LOS SISTEMAS EN EL EQUIPO PESADO	54
3.1.5	MÉTODO PARA EL ALMACENAMIENTO Y CONSUMO DE REPUESTOS, NEUMÁTICOS Y LUBRICANTES	55
3.1.5.1	Condiciones de la bodega de aceites	55

3.1.5.2	Condiciones de la bodega de neumáticos	55
3.1.5.3	Condiciones de la bodega de repuestos	56
3.1.6	BIBLIOTECA DE MANUALES DE MANTENIMIENTO	56
3.1.7	MÉTODO PARA EL ANÁLISIS ORGANIZACIONAL DEL MANTENIMIENTO	56
3.1.8	MÉTODO PARA EL REGISTRO DE DATOS	57
3.1.8.1	Estructura de la ficha para el inventario del equipo	57
3.1.8.2	Estructura de la ficha de la orden de trabajo	57
3.1.8.3	Estructura de la ficha de solicitud de materiales y repuestos	57
3.1.8.4	Estructura de la ficha de especificaciones técnicas de la maquinaria	58
3.1.8.5	Estructura del historial de fallas y averías	58
3.1.8.6	Estructura de la ficha de control de paros	58
3.1.9	METODOLOGÍA PARA CÁLCULOS DE RENDIMIENTOS E INDICADORES	59
3.1.9.1	Procedimiento para el registro y rendimiento de combustible	59
3.1.9.2	Procedimiento para el cálculo del indicador de efectividad	59
3.1.9.3	Procedimiento para el cálculo de los indicadores complementarios	60
3.2	METODOLOGÍA TÉCNICA	60
3.2.1	PROCEDIMIENTO PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN EL EQUIPO	60
3.2.1.1	Proceso de diagnóstico a motores diésel	61
3.2.1.2	Proceso de diagnóstico del sistema hidráulico	61
3.2.1.3	Proceso de diagnóstico del sistema neumático	62
3.2.1.4	Proceso de diagnóstico del sistema eléctrico	62
3.2.1.5	Proceso de diagnóstico del sistema del tren de potencia	63
3.2.1.6	Proceso de diagnóstico en sistemas de alimentación de combustible	63
3.2.1.7	Proceso de diagnóstico del sistema electrónico	64
3.2.1.8	Proceso de diagnóstico de herramientas de trabajo	64

3.2.1.9 Proceso de diagnóstico del tren de rodaje.	64
3.2.2 METODOLOGÍA DE LOS NIVELES DE MANTENIMIENTO	65
3.2.2.1 Metodología para el mantenimiento correctivo	65
3.2.2.2 Metodología para el mantenimiento preventivo	65
3.2.2.3 Metodología para el mantenimiento predictivo	66
3.2.3 PROCESO PARA LA INCORPORACIÓN DE UN CAMIÓN DE SERVICIO TÉCNICO PARA LA MAQUINARIA EN REFINERÍA	66
3.2.4 METODOLOGÍA PARA ESTABLECER PARÁMETROS BÁSICOS DE SEGURIDAD EN EL TALLER	67
<b>4. PROPUESTA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>68</b>
4.1 PROPUESTA ADMINISTRATIVA	68
4.1.1 ORGANIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL PERSONAL	68
4.1.2 EQUIPO CAMINERO EN REFINERÍA	69
4.1.3 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	71
4.1.4 COMPONENTES CRÍTICOS DE LOS SISTEMAS EN EL EQUIPO	71
4.1.5 ALMACENAMIENTO EN LAS BODEGAS	74
4.1.5.1 Bodega de aceite	74
4.1.5.2 Bodega de neumáticos	76
4.1.5.3 Bodega de repuestos	78
4.1.6 MANUALES DE MANTENIMIENTO	78
4.1.7 ANÁLISIS ORGANIZACIONAL	78
4.1.7.1 Fortalezas	78
4.1.7.2 Oportunidades	79
4.1.7.3 Debilidades	79
4.1.7.4 Amenazas	79
4.1.8 FICHAS DE REGISTRO DE INFORMACIÓN	80
4.1.8.1 Ficha para inventario del equipo	80
4.1.8.2 Ficha de orden de trabajo	81
4.1.8.3 Ficha de la solicitud de repuestos y materiales	83
4.1.8.4 Ficha de características técnicas del equipo	83

4.1.8.5 Historial de reparaciones y averías	84
4.1.8.6 Ficha de control de paros	85
4.1.9 CÁLCULOS DE INDICADORES Y RENDIMIENTOS	86
4.1.9.1 Consumo y rendimiento de combustible	86
4.1.9.2 Cálculos del indicador OEE	88
4.1.9.3 Cálculo del indicador de fiabilidad	92
4.1.9.4 Cálculo del indicador de mantenibilidad	92
4.1.9.5 Cálculo de indicador de accidentabilidad	93
4.1.9.6 Resultado de todos los cálculos de consumos y rendimientos	94
4.2 PROPUESTA TÉCNICA	95
4.2.1 ESTADO TÉCNICO DEL EQUIPO EN REFINERÍA	95
4.2.2 CALIFICACIÓN DEL ESTADO TÉCNICO	99
4.2.3 NIVELES DE MANTENIMIENTO	100
4.2.3.1 Mantenimiento correctivo	100
4.2.3.2 Mantenimiento preventivo	108
4.2.3.3 Mantenimiento predictivo	126
4.2.4 PROPUESTA PARA LA INCORPORACIÓN Y EQUIPAMIENTO DE UN CAMIÓN DE SERVICIO TÉCNICO PARA LA MAQUINARIA EN OBRA	130
4.2.5 PARÁMETROS ELEMENTALES DE SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO PESADO	131
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	132
5.1 CONCLUSIONES	132
5.2 RECOMENDACIONES	133
<b>GLOSARIO</b>	134
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	136
<b>ANEXOS</b>	139

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.</b> Aceites utilizados en motores diésel / gasolina	8
<b>Tabla 2.</b> Aceites para cada sistema de acuerdo a la SAE	11
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de aceites según los grados API.	12
<b>Tabla 4.</b> Grasa Lubricante en clasificación SAE y API.	12
<b>Tabla 5.</b> Aceites para transmisión utilizados en equipo pesado.	22
<b>Tabla 6.</b> Aceites hidráulicos utilizados.	24
<b>Tabla 7.</b> Rangos del indicador OEE	50
<b>Tabla 8.</b> Listado de máquinas en refinería	69
<b>Tabla 9.</b> Listado de volquetes en refinería.	70
<b>Tabla 10.</b> Elementos críticos en el equipo pesado	72
<b>Tabla 11.</b> Tipos y marcas de aceite en bodega.	74
<b>Tabla 12.</b> Registro de aceite del mes de abril	75
<b>Tabla 13.</b> Tipos y marcas de neumáticos en bodega	76
<b>Tabla 14.</b> Registro de neumáticos	77
<b>Tabla 15.</b> Registro de rendimiento de llantas	77
<b>Tabla 16.</b> Registro de inventario de equipo	80
<b>Tabla 17.</b> Registro de orden de trabajo	81
<b>Tabla 18.</b> Registro de solicitud de repuesto	83
<b>Tabla 19.</b> Registro de especificaciones del equipo	84
<b>Tabla 20.</b> Registro de averías y reparaciones	85
<b>Tabla 21.</b> Registro de control de paros	86
<b>Tabla 22.</b> Reporte de combustible de tractor D7R	87
<b>Tabla 23.</b> Condiciones para el cálculo y rendimiento del combustible	87
<b>Tabla 24.</b> Horario de trabajo de los equipos	88
<b>Tabla 25.</b> Disponibilidad teórica del equipo	89
<b>Tabla 26.</b> Disponibilidad real del equipo	89
<b>Tabla 27.</b> Condiciones para la producción del equipo	90

<b>Tabla 28.</b> Datos del flujo de la producción	90
<b>Tabla 29.</b> Datos para el cálculo la fiabilidad del equipo	92
<b>Tabla 30.</b> Datos para el cálculo de la mantenibilidad del equipo	92
<b>Tabla 31.</b> Datos para el cálculo de la accidentabilidad del equipo	93
<b>Tabla 32.</b> Resultados globales de consumos, rendimientos e indicadores	94
<b>Tabla 33.</b> Estado técnico del tractor Cat D7R	95
<b>Tabla 34.</b> Estado técnico de la cargadora frontal Cat 966H	96
<b>Tabla 35.</b> Estado técnico rodillo compactador Bomag	96
<b>Tabla 36.</b> Estado técnico de la excavadora Komatsu PC 350	97
<b>Tabla 37.</b> Estado técnico de la motoniveladora Cat 140H	97
<b>Tabla 38.</b> Estado técnico de una retroexcavadora Cat 416E	98
<b>Tabla 39.</b> Estado técnico de un volquete International	98
<b>Tabla 40.</b> Estado del equipo	99
<b>Tabla 41.</b> Calificación del estado técnico	99
<b>Tabla 42.</b> Niveles, frecuencias y actividades de cada nivel de mantenimiento	100
<b>Tabla 43.</b> Historial de los rodillos compactadores Cat y Bomag	101
<b>Tabla 44.</b> Historial de las motoniveladoras Cat	102
<b>Tabla 45.</b> Historial de las excavadoras Cat y Komatsu	103
<b>Tabla 46.</b> Historial de las retroexcavadoras Cat	104
<b>Tabla 47.</b> Historial de los tractores Cat y Komatsu	105
<b>Tabla 48.</b> Historial de la cargadora frontal Cat	106
<b>Tabla 49.</b> Historial de los volquetes Mack e International.	107
<b>Tabla 50.</b> Mantenimiento preventivo del tractor Cat D7R	109
<b>Tabla 51.</b> Viscosidad de aceite para el tractor D7R	110
<b>Tabla 52.</b> Mantenimiento preventivo de la motoniveladora Cat 140H	112
<b>Tabla 53.</b> Viscosidad de aceite para la motoniveladora Cat 140H	113
<b>Tabla 54.</b> Mantenimiento preventivo de la retroexcavadora Cat 416	114
<b>Tabla 55.</b> Viscosidad de aceite para la retroexcavadora Cat 416E	115
<b>Tabla 56.</b> Mantenimiento preventivo de la excavadora Cat 320 DI	116
<b>Tabla 57.</b> Viscosidad de aceite para la excavadora Cat 320 DI	117

<b>Tabla 58.</b> Mantenimiento preventivo del rodillo Cat CS-533E	118
<b>Tabla 59.</b> Viscosidad de aceite para el rodillo Cat CS-533E	119
<b>Tabla 60.</b> Mantenimiento preventivo de la cargadora Cat 966 H	120
<b>Tabla 61.</b> Viscosidad de aceite para la cargadora Cat 966 H	121
<b>Tabla 62.</b> Mantenimiento preventivo de los volquetes International	122
<b>Tabla 63.</b> Viscosidad de aceite para los volquetes International	123
<b>Tabla 64.</b> Niveles de reservorios	124
<b>Tabla 65.</b> Especificaciones de soldadura para herramientas de maquinaria	125
<b>Tabla 66.</b> Frecuencia de la muestra del aceite	127
<b>Tabla 67.</b> Frecuencia de aplicación de la tinta penetrante en equipo que trabajan en cubicaje	129
<b>Tabla 68.</b> Frecuencia de aplicación de la tintas penetrante en equipo que trabajan por áreas.	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.</b> Motor	5
<b>Figura 2.</b> Bloque del motor y sus componentes	7
<b>Figura 3.</b> Sistema de distribución	9
<b>Figura 4.</b> Sistema de lubricación	10
<b>Figura 5.</b> Sistema de refrigeración	14
<b>Figura 6.</b> Sistema de alimentación de combustible	16
<b>Figura 7.</b> ECU y sensores	17
<b>Figura 8.</b> ECU y sus señales salidas	17
<b>Figura 9.</b> Sistema de sobrealimentación	18
<b>Figura 10.</b> Sistema de tren de fuerza	20
<b>Figura 11.</b> Toma fuerza	21
<b>Figura 12.</b> Sistema hidráulico	23
<b>Figura 13.</b> Motor de arranque	25
<b>Figura 14.</b> Sistema de dirección de un tractor	26
<b>Figura 15.</b> Sistema neumático	28
<b>Figura 16.</b> Sistema de suspensión	30
<b>Figura 17.</b> Tractor de orugas Cat D7R	31
<b>Figura 18.</b> Protección de la hoja	32
<b>Figura 19.</b> Cargadora frontal Cat 966H	33
<b>Figura 20.</b> Guardaesquinas	34
<b>Figura 21.</b> Guardaesquina de penetración	34
<b>Figura 22.</b> Guardaesquina corta	34
<b>Figura 23.</b> Guardaesquina larga	35
<b>Figura 24.</b> Guardaesquina abrasión	35
<b>Figura 25.</b> Guardaesquina abrasión de servicio pesado	35
<b>Figura 26.</b> Motoniveladora Cat 140H	37
<b>Figura 27.</b> Puntas de los desgarradores	38

<b>Figura 28.</b> Rodillo compactador Bomag BW219DH4	39
<b>Figura 29.</b> Retroexcavadora Cat 416E	40
<b>Figura 30.</b> Excavadora 336D	42
<b>Figura 31.</b> Enrasadora	42
<b>Figura 32.</b> Tipo dientes	43
<b>Figura 33.</b> Volquete Mack	44
<b>Figura 34.</b> Organigrama del departamento de mantenimiento TCR	68
<b>Figura 35.</b> Nueva codificación para motoniveladora	71
<b>Figura 36.</b> Flujograma de la orden de trabajo	82

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b>	140
Entrevista al jefe de mantenimiento de CIA. Ciudad Rodrigo C.A.	
<b>ANEXO II</b>	142
Lista de todo el equipo TCR en el sistema.	
<b>ANEXO III</b>	142
Bodega de tanques de aceites	
<b>ANEXO IV</b>	143
Bodega de filtros	
<b>ANEXO V</b>	143
Inventario de aceites	
<b>ANEXO VI</b>	144
Bodega de neumáticos	
<b>ANEXO VII</b>	144
Inventario de neumáticos	
<b>ANEXO VIII</b>	145
Bodega de repuestos	
<b>ANEXO IX</b>	145
Inventario de repuestos	
<b>ANEXO X</b>	146
Biblioteca de manuales de mantenimiento	
<b>ANEXO XI</b>	146
Proceso de diagnóstico a motores	
<b>ANEXO XII</b>	147
Proceso de diagnóstico a sistema hidráulico	
<b>ANEXO XIII</b>	147
Proceso de diagnóstico a herramienta de corte y desgarre	

<b>ANEXO XIV</b>	148
Refuerzo con cordones de soldadura a un cucharón de excavadora	
<b>ANEXO XV</b>	148
Refuerzo con plancha de acero para cucharón de excavadora	
<b>ANEXO XVI</b>	149
Análisis de aceite SOS Cat	
<b>ANEXO XVII</b>	150
Reporte de análisis de aceites	
<b>ANEXO XVIII</b>	151
Análisis de tintas penetrantes	
<b>ANEXO XIX</b>	151
Camión lubricador para servicio de mantenimiento en campo	
<b>ANEXO XX</b>	152
Estacionamiento de una excavadora	
<b>ANEXO XXI</b>	152
Equipo de protección personal	

## RESUMEN

El desarrollo de esta propuesta de mantenimiento se ejecutó en el taller de la CIA Ciudad Rodrigo C.A, en el cual se procedió a realizar un diagnóstico de cada equipo por tipo, medio de revisiones visuales, pruebas con instrumentos de medición registrando la información en una lista de chequeo (checklist) para dictaminar el estado real de los sistemas y posteriormente dar una valoración en porcentajes de las condiciones reales de las maquinarias y volquetes.

Después se identificó la criticidad de todos los componentes correspondientes a los sistemas de cada equipo para tener una referencia exacta de todos los repuestos que se deterioran con frecuencia y prever cualquier mantenimiento correctivo contando con repuestos en stock en la bodega.

Posteriormente se procedió a calcular consumos de aceites, llantas y rendimiento de combustible con relación a la producción para el tractor Cat D7R, obteniéndose como resultado 9.52 gls/hrs, 169.41 m<sup>3</sup>/hrs y 17.79 m<sup>3</sup>/gls, lo que indica que su rendimiento en el proyecto es bajo. Otro dato relevante que se calculó fue el OEE, con un valor de 0.33, que es insuficiente. Otros indicadores también fueron deducidos como la fiabilidad, mantenibilidad y accidentabilidad.

En el mantenimiento predictivo, se propuso ejecutar dos pruebas: la de análisis de aceite que consiste en tomar una muestra en cada cambio de aceite y filtro de motor como recomienda el fabricante y las pruebas de tintas penetrantes que se debe realizar a los implementos y herramientas para detectar posibles fracturas.

Luego se planteó el programa de mantenimiento preventivo propuesto por los fabricantes, además de exponer las capacidades de llenado de los diferentes depósitos y sistemas, también se detallan los tipos de aceite con su respectiva viscosidad y temperatura de funcionamiento. Otro mantenimiento preventivo

planteado fue el de soldadura para recubrimiento de herramientas de corte o refuerzo con planchas navales a cucharones y cuchillas.

Como dato adicional se propuso la incorporación y equipamiento de un camión lubricador y de servicio técnico para realizar mantenimiento dentro de la refinería.

Por último se identificaron algunos parámetros básicos para un mantenimiento seguro en el perímetro del taller de maquinaria pesada.

## ABSTRACT

The development of this research took place in Ciudad Rodrigo's workshop. First, many different and specialized tests were made to all the different machinery and trucks in order to determine their actual conditions. Once the tests were done all the results were documented in order to obtain accurate percentages and values.

Secondly, the critical points of the parts on each machinery were identified, in order to have an exact reference, on how often certain parts wear out and which wear out the most. With this in mind, it would be possible to schedule regular maintenance for the machinery and stock up inventory with the most necessary spare parts

Thirdly the oil consumption was calculated, as well as the tire and fuel efficiency relative to production for Cat tractor D7R, yielding 9.52 resulting gls / hrs, 169.41 m<sup>3</sup> / hrs and 17.79 m<sup>3</sup> / gls, indicating that their performance in the project was low. Another relevant fact was the OEE calculation, with a value of 0.33, which is insufficient. Other indicators were also calculated as reliability, maintainability and accident. In the preventive maintenance, it was proposed to run two tests: oil analysis that involves taking a sample at each change of engine oil and filter as recommended by the manufacturer and also, to perform the dark ink penetration test to detect possible fractures.

Then it was suggested to run full maintenance proposed by manufacturers and distributors during which it would be presented the fuel tanks capacity, viscosity of the oil and engine's operating temperature. Another preventive maintenance was raised, the coating or reinforcement of cutting tools and parts.

It was also suggested to incorporate a lubricator truck as part of the maintenance equipment inside the refinery.

Last but not least, there were some basic parameters identified to secure the heavy machinery workshop perimeter.

# 1. INTRODUCCIÓN

La CIA Ciudad Rodrigo C.A. se dedica a las actividades de construcción y transporte terrestre de carga en las principales rutas del país, contratista de obras viales, obras marítimas y aeroportuarias, transporte y venta de materiales de construcción, edificación de urbanizaciones, excavaciones, desalojo, movimientos de tierras, mejoramiento de suelos, alquiler de maquinaria pesada y últimamente ha incursionado en la actividad de urbanización, venta de terrenos y viviendas. Se encuentra ubicada en la vía Manta-Rocafuerte Km.2 contiguo al aeropuerto Eloy Alfaro de Manta.

La empresa goza de un gran prestigio en la provincia de Manabí, por tener gran experiencia en el desarrollo de todas sus funciones, también tiene una amplia cartera de clientes, contratos, subcontratos y obras viales.

En el proyecto de movimiento de tierras para la construcción de la Refinería del Pacífico, se está utilizando maquinarias de la compañía en mención, subcontratista de la empresa contratada por la Refinería Eloy Alfaro.

En dicho propósito, existen problemas de relevancia y de alta prioridad, como la carencia de un programa de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para el equipo caminero utilizado en dicha obra, en consecuencia, la paralización de las máquinas y volquetes genera impuntualidad e incumplimiento con la empresa constructora del proyecto. Toda esta problemática involucra pérdidas de tiempo y dinero para la refinería, contratistas y subcontratistas.

Se ha propuesto un programa de mantenimiento para el equipo pesado de la CIA. Ciudad Rodrigo C.A. que está operando en la refinería antes mencionada, ya que existen repetidas reparaciones mecánicas, eléctricas, hidráulicas,

neumáticas y de otra índole en las maquinarias que se están utilizando en esta obra; de igual manera no existe un control de los mantenimientos preventivos y correctivos; no se aplica el criterio de mantenimiento predictivo, no se registran bitácoras de averías y reparaciones, de tal forma que resulta imposible llevar estadísticas de fallas, controles de mantenimiento, estudios de costos reales y consumo de repuestos, lubricantes y rendimiento de combustible.

Todo esto desencadena pérdidas de tiempo y dinero para contratistas y subcontratistas. Cabe destacar que cuando la maquinaria está parada por alguna reparación de importancia, se debe reemplazar por otra, en este caso de la misma compañía, pero, para que pueda empezar a operar, debe obligatoriamente ser inspeccionada en todos sus sistemas y componentes por la misma empresa contratada, teniendo como punto relevante la seguridad y capacidad máxima de rendimiento del equipo.

El diseño del plan de mantenimiento se sustenta con manuales originales de los fabricantes del equipo pesado, guías de mantenimiento preventivo y predictivo, etc. con el objetivo de que el equipo pesado esté siempre operativo.

El objetivo general de la propuesta fue plantear un programa de mantenimiento estructurado para la maquinaria pesada de la CIA. Ciudad Rodrigo C.A. que está siendo utilizada en el acondicionamiento del terreno donde se construirá la Refinería del Pacífico Eloy Alfaro.

Entre los objetivos específicos se puede mencionar los siguientes:

- Se identificó sistemas, subsistemas y componentes principales de la dinámica de operación de la maquinaria y volquetes para conocer su estado técnico.

- Se recopiló y se estructuró información acerca de las rutinas de mantenimiento preventivo y predictivo para cada uno de los sistemas y demás elementos de los vehículos pesados en las frecuencias recomendadas por los fabricantes.
- Se desarrollaron algunas fichas en las que se detallaron datos de operación, especificaciones de la maquinaria y reparaciones realizadas para la administración de mantenimiento del equipo pesado.
- Se organizó el ingreso de repuestos, materiales, lubricantes y neumáticos a las bodegas correspondientes, de tal forma que se actualice el sistema de inventario en la compañía.
- Por último se calculó el consumo y rendimiento de combustible, aceites y llantas para conocer datos de producción de los equipos, operadores y choferes.

El desarrollo de la propuesta del programa de mantenimiento se efectúa en el taller de la compañía en mención y en campo del proyecto. Debido a que solo está planteado como propuesta no se va a implementar ningún cambio sin la debida autorización de los directivos y dueños.

## **2. MARCO TEÓRICO**

En términos generales, el marco teórico está basado en tres aspectos tales como:

- Motor diésel, sistemas, mecanismos de máquinas y volquetes.
- Tipos de equipo pesado, generalidades y su función.
- Conceptualización de mantenimiento, generalidades, tipos e indicadores.

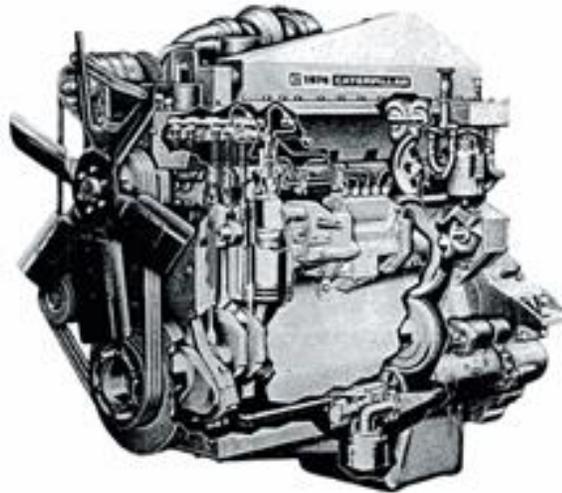
### **2.1 MOTOR DIÉSEL**

El motor es la unidad que provee la potencia necesaria para que la máquina pueda funcionar y hacer el trabajo para el cual fue diseñado. También es llamado motor de encendido por compresión.

Consume combustibles pesados como el gasóleo, la mezcla se la realiza al interior de la cámara de combustión y se inflama al inyectar el combustible sobre el aire calentado por la fuerte compresión.

Las presiones que se producen son muy elevadas, por lo tanto sus componentes son más robustos y pesados por lo que el número de RPM queda limitado. Su ciclo de trabajo se desarrolla en 4 tiempos (admisión, compresión, expansión y escape).

Además el intercambio de gases es controlado por válvulas que abren y cierran conductos de admisión y escape, en la figura 1 se puede apreciar dicho motor, que se los montan en camiones, autobuses, locomotoras barcos y maquinaria pesada. (Moreno Gabriel, 2008)



**Figura 1. Motor**

(Kates & Luck, 2003)

### **2.1.1 BLOQUE**

Es el elemento constitutivo del motor más voluminoso, su función principal es dar estructura a todos los demás elementos que conforman el motor. (Moreno & Castro, 2008)

### **2.1.2 CILINDROS**

Es el espacio dentro del cual el pistón se desplaza. El diámetro y la altura del mismo están determinados por el diseño del motor, el volumen de desplazamiento, la carrera efectiva del pistón, la relación de compresión, etc. (Moreno Gabriel, 2008).

### **2.1.3 PISTONES**

Los pistones se desplazan de forma ascendente y descendente dentro de los cilindros. Este movimiento axial se convierte en el movimiento rotacional típico del motor gracias a la acción de las bielas y el cigüeñal. (Moreno Gabriel, 2008)

### **2.1.4 ANILLOS**

Son piezas metálicas y de aleaciones que se instalan en las ranuras que los pistones alojan en la cabeza. La función es separar el volumen atrapado en la parte superior del pistón del volumen en la parte inferior y viceversa. (Moreno Gabriel, 2008)

### **2.1.5 BIELAS Y BULONES**

Son las encargadas de transmitir la potencia producida por el pistón al cigüeñal, están estructuradas por dos piezas de hierro forjado: biela o tapa de biela. (Moreno Gabriel, 2008)

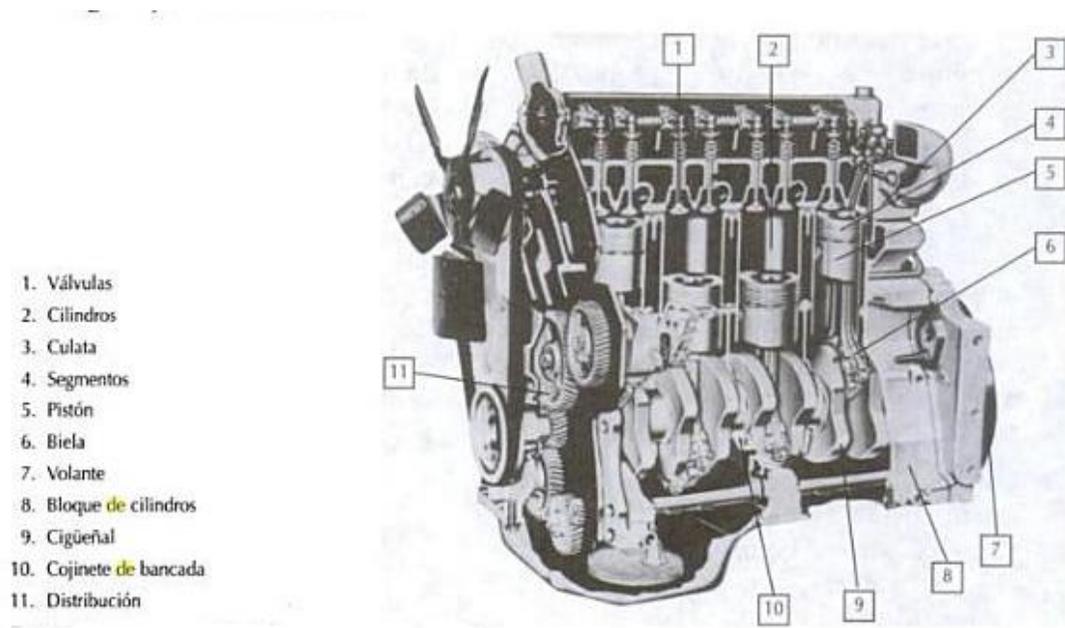
### **2.1.6 CIGÜEÑAL**

Elemento que transforma el movimiento longitudinal de los pistones en movimiento circular con ayuda de las bielas. Es un eje fabricado de una aleación especial de acero muy resistente con igual de muñequillas excéntricas como cilindros tenga el motor. (Armando A. , 2004)

### 2.1.7 VOLANTE DE INERCIA

Es una rueda masiva que acumula energía durante momentos productivos y la libera durante los momentos improductivos del mismo. (Armando A. , 2004).

Todas las partes del motor antes mencionadas se pueden observar en la figura 2.



**Figura 2.** Bloque del motor y sus componentes

(Armando A. C., 2004)

### 2.1.8 ACEITES PARA MOTORES

Los aceites para motores tanto de gasolina y diésel deben ser seleccionados minuciosamente tomando en cuenta que el motor es la parte más fundamental de una máquina, estos aceites se presentan en la Tabla 1, los cuales son los más utilizados para el cambio periódico que se presenta en el mantenimiento de las máquinas. (Murillo, Tractores y maquinaria agrícola, 1997).

**Tabla 1.** Aceites utilizados en motores diésel / gasolina

<b>ACEITE PARA MOTOR</b>		
<b>LUGAR</b>	<b>CLASIF.SAE</b>	<b>CLASIF.API</b>
PARA MOTOR A DIÉSEL	SAE 15W40	CI-4/SJ o DH
PARA MOTOR A GASOLINA	SAE 20W50	CG/CF

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

## **2.2 SISTEMAS Y MECANISMOS DEL VEHÍCULO**

### **2.2.1 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN**

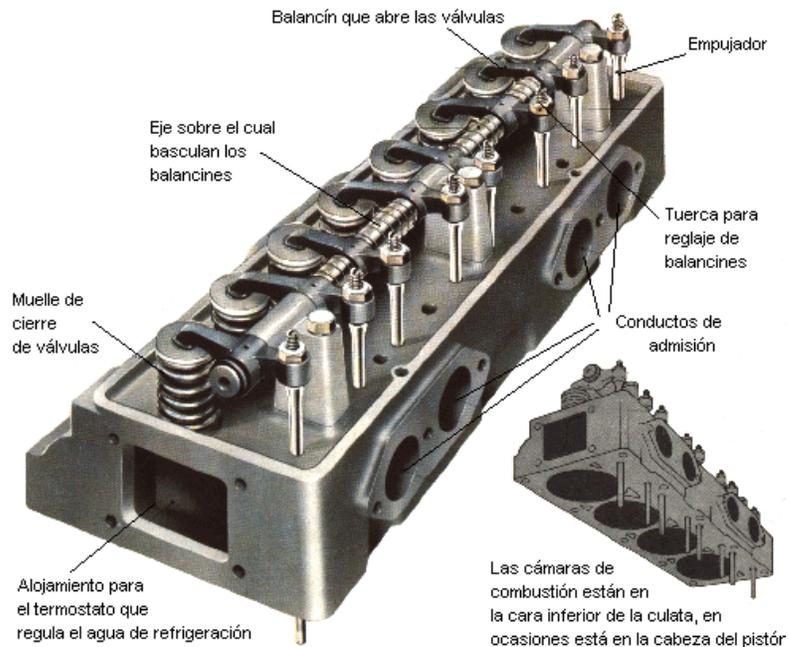
Dicho sistema lo conforman:

- El cabezote
- Válvulas (admisión y escape)
- Árbol de levas
- Asiento de válvulas
- Resortes
- Taques

Este sistema por medio del cabezote es el que facilita la realización de los procesos de admisión de aire y de escape de gases de combustión de forma sincronizada, tal como se encuentra en la figura 3.

Las funciones del cabezote son: cerrar los conjuntos de los cilindros en su parte superior, evitar que las camisas se salgan de su sitio durante la operación del motor y en algunos casos proveer de una pre cámara de combustión. Además sirven de alojamiento de las válvulas de admisión y escape. Las válvulas son componentes que se mantienen cerradas ajustándose contra el asiento de la misma, permiten el ingreso de aire fresco al motor durante la fase de admisión, y las de escape permiten la salida de los gases calientes producto de la

combustión. Estas son accionadas por balancines o taques que a su vez son proporcionados por el árbol de levas. (Arrègle, Galindo, & Pastor, 2002).



**Figura 3.** Sistema de distribución

(Moreno & Castro, 2008)

## 2.2.2 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

La lubricación de motores diésel depende del tipo de motor, cilindrada, régimen, combustible y condiciones climáticas.

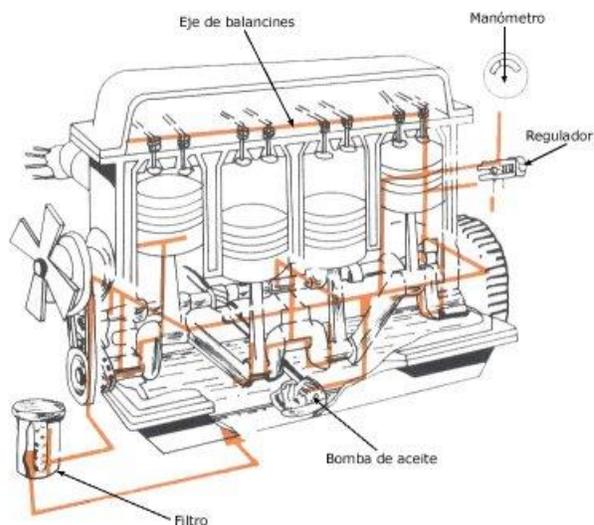
Sus funciones son: Reducir fricción, contribuir con la refrigeración del motor, mejorar compresión, estanqueidad y limpiar el motor de residuos de la combustión.

El sistema de lubricación consta de:

- Cárter
- Bomba de aceite (paletas o engranajes)
- Válvula limitadora de presión
- Filtro
- Conductos

El aceite de motor se encuentra depositado en cárter, de donde es succionado por la bomba de aceite, dichas bombas pueden ser de paletas o engranajes, recibiendo el movimiento del árbol de levas o el cigüeñal y a su vez suministran una elevada presión de aceite, pero también cuenta con una válvula limitadora de presión a la salida de la misma, para evitar el exceso de la misma.

Después, dicho aceite circula por un conducto hasta llegar al filtro que se encarga de retener las impurezas de este fluido y por último dar paso a que lubrique el motor. (Moreno Gabriel, 2008), como consta en la figura 4.



**Figura 4.** Sistema de lubricación

(Crouse, 1993)

### 2.2.2.1 Grados SAE (Sociedad de Ingeniería Automotriz)

De acuerdo a esta clasificación se presenta los aceites en la tabla 2, los lubricantes recomendados para el mantenimiento de las diferentes partes del equipo caminero. (Murillo, Tractores y maquinaria agrícola, 1997).

**Tabla 2.** Aceites para cada sistema de acuerdo a la SAE

ACEITES LUBRICANTES UTILIZADOS	
LUGAR	TIPO
	CLASIF.SAE
PARA MOTOR	SAE 15W40
TRANSMISIÓN Y CAJA DE DIFERENCIAL	SAE 50
TANQUE HIDRÁULICO	SAE 10W
PUNTES DELANTERO Y TRASERO	SAE 90
CAJA DE CONTROL DEL CÍRCULO	SAE 85W140
SISTEMA HIDRÁULICO	SAE 30
PARA MOTOR A GASOLINA	SAE 20W50
GRASERAS	GRASA NLGI N.-2

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

### 2.2.2.2 Grados API (Instituto Americano de Petróleo)

Se recomienda utilizar aceites que tengan las especificaciones técnicas que estén dentro de los grados API que se detallan en la tabla 3, los aceites y lubricantes utilizados comúnmente en el mantenimiento de la maquinaria pesada en general. (Murillo, Tractores y maquinaria agrícola, 1997).

**Tabla 3.** Clasificación de aceites según los grados API.

<b>ACEITES LUBRICANTES UTILIZADOS</b>	
<b>LUGAR</b>	<b>TIPO</b>
	<b>CLASIF.API</b>
PARA MOTOR	CI-4/SJ o DH
TRANSMISIÓN Y CAJA DE DIFERENCIAL	CF-2/CF/SF
TANQUE HIDRÁULICO	SF o TO10
PUENTES DELANTERO Y TRASERO	GL-4
CAJA DE CONTROL DEL CÍRCULO	GL-5
SISTEMA HIDRÁULICO	CD o TO30
PARA MOTOR A GASOLINA	CG/CF
GRASERAS	62EP LITIO

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

### 2.2.2.3 Grasas lubricantes

Las grasas lubricantes utilizadas en forma general para la maquinaria o equipo caminero se presenta en la tabla 4, la cual es recomendada por los fabricantes de la maquinaria. (Murillo, Tractores y maquinaria agrícola, 1997)

**Tabla 4.** Grasa Lubricante en clasificación SAE y API.

<b>GRASA LUBRICANTE</b>		
<b>LUGAR</b>	<b>CLASIF.SAE</b>	<b>CLASIF.API</b>
GRASERAS	G2 EP LITIO	

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

La grasa se utiliza para evitar el bloqueo y el ruido de las articulaciones.

### 2.2.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Existen dos tipos de refrigeración por aire y líquido. Los sistemas de refrigeración por aire son más livianos y económicos por contar con menos partes pero a su vez menos eficaces. En estos los cilindros y a su vez el cabezote están provistos de aletas, cuya función es aumentar la superficie de contacto del motor con aire, este diseño mantiene al motor por debajo de los 250°C. (Armando A. , 2004)

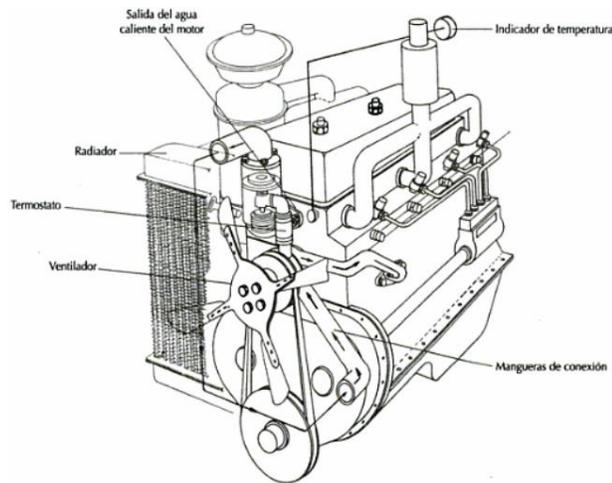
Sin embargo la refrigeración por líquido, consiste en que el líquido refrigerante recorra por el interior del cabezote y por fuera de los cilindros. Estos constan de:

- Bomba de agua (refrigerante)
- Radiador
- Depósito
- Tapa de sobre-presión
- Ventilador
- Termostato

En este sistema existe un intercambio térmico entre el ambiente y el líquido refrigerante, dicho refrigerante ingresa por la parte central de la bomba inundando toda la cámara, al girar la bomba de agua por efecto de las paletas de la turbina el líquido es desplazado hacia la periferia encontrando escape por el canal de salida, el líquido desplazado deja más espacio para que más líquido tenga ingreso a la bomba. Existen otros elementos relevantes en este sistema, tal es el caso del ventilador que fuerza el paso de aire a través del radiador el cual puede ser comandado mecánicamente o eléctricamente.

La tapa de sobre presión que en realidad es una válvula reguladora que se abre a determinada presión (0.3 Bar). Y por último el termostato permite la

recirculación del líquido refrigerante como se muestra en la figura 5. (Armando A. , 2004).



**Figura 5.** Sistema de refrigeración

(Armando A. , 2004)

## 2.2.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

Todo motor debe poseer un sistema capaz de llevar el combustible desde su depósito a la cámara de combustión en la cantidad y el tiempo requerido según lo exija el operario. Posiblemente es el sistema con más innovaciones tecnológicas en los últimos años en las maquinarias y vehículos diésel. (Crouse, 1993)

### 2.2.4.1 Circuito de baja presión

Su función principal es la de llevar el combustible desde su tanque o depósito hasta el circuito de alta presión, cuyas partes son:

- Tanque o depósito
- Bomba de cebado o de extracción

- Uno o dos filtros antes y después de la bomba de cebado
- Válvulas de retención, descarga y rebose

El recorrido del combustible empieza siendo extraído por la bomba de cebado pilotada eléctricamente, luego pasa a la cañería y llega a un separador de agua, en el cual es retenida el agua y otras impurezas del combustible para poder purgar abriendo una llave.

Por último se encuentra el filtro de combustible que retiene las impurezas mínimas y permite que circule hacia la válvula de presión y flujo de combustible. (Rueda J., 2003)

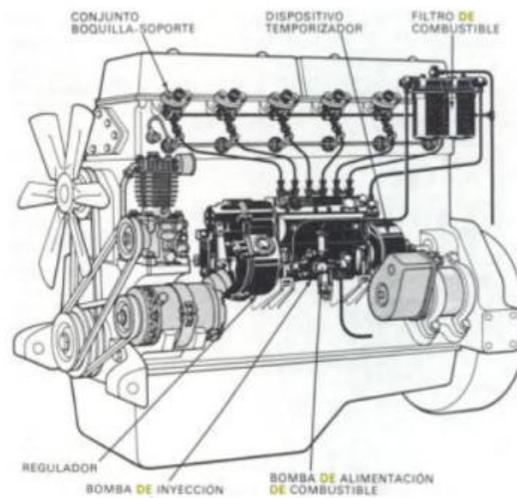
#### **2.2.4.2 Circuito de alta presión**

Luego de extraer el combustible del tanque o depósito, se debe llevar este a altas presiones y en la cantidad requerida hasta la cámara de combustión.

Los componentes del circuito de alta inyección de combustible son:

- ✓ Bomba de inyección
- ✓ Inyectores
- ✓ Tubería de alta presión
- ✓ Cámaras de combustión

Cuando el combustible es transferido al circuito de alta, debe llegar primero a la bomba de inyección, que es la encargada de enviar el diésel con alta presión por medio de los conductos hacia el gobernador para que limite el exceso de presión del combustible y llegue a los inyectores (controlados por la ECU), para ser pulverizado en las cantidades requeridas y entregarlo a la cámara de combustión. (Rueda J., 2003). Este sistema se puede observar en la figura 6.



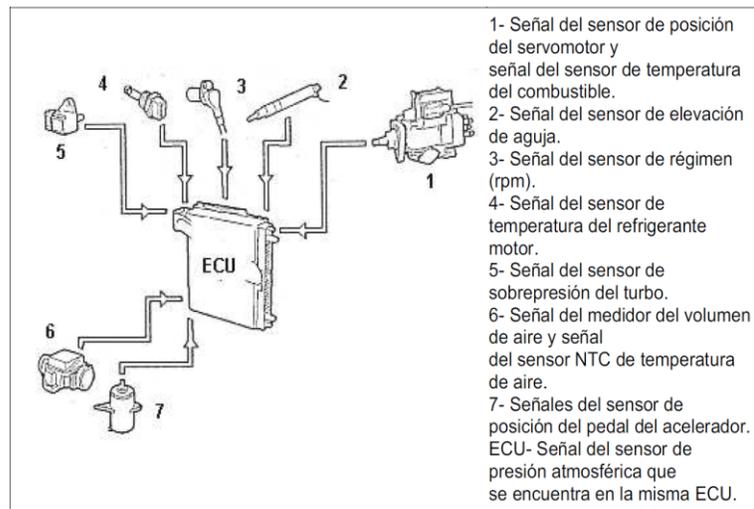
**Figura 6.** Sistema de alimentación de combustible

(Crouse, 1993)

### 2.2.5 LA UNIDAD DE CONTROL

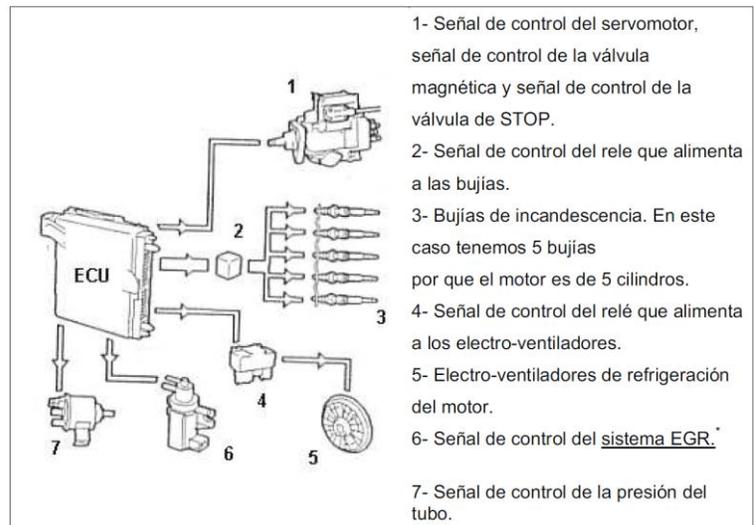
Funciona como un ordenador, tiene un microprocesador que compara las distintas señales que recibe del exterior (sensores) que monitorean las condiciones, las cuales son transmitidas a la ECU (unidad electrónica central) en pulsos eléctricos, luego de procesar mediante un programa interno grabado, genera unas señales de control que manda a los distintos actuadores como inyectores y válvulas, que permiten el funcionamiento del motor.

La ECU adapta continuamente sus señales de control al funcionamiento del motor. (Rueda J., 2003). Todos estos elementos se muestran a continuación en las figuras 7 y 8.



**Figura 7. ECU y sensores**

(Rueda J., 2003)



**Figura 8. ECU y sus señales salidas**

(Rueda J., 2003)

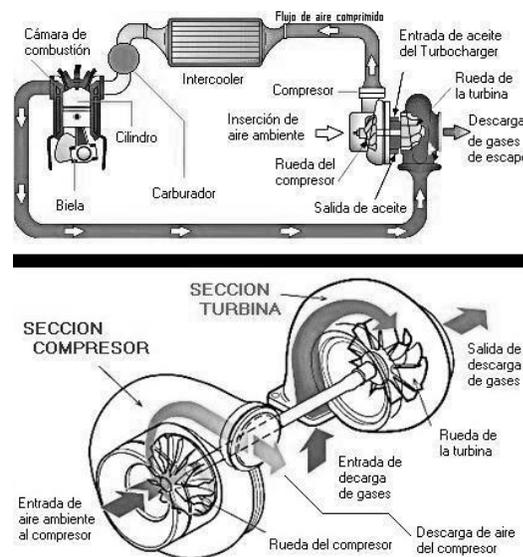
## 2.2.6 SISTEMA TURBO-COMPRESOR INTERCOOLER

El turbocargador es accionado por gases de escape, aprovechando la velocidad con la que circulan y el aumento del volumen de aire admitido a la entrada de la cámara de combustión incrementan la eficiencia del ciclo del motor. Debido a las altas temperaturas de los gases de escape el turbocompresor es un elemento caliente por naturaleza.

Está compuesto de una rueda de turbina y eje, una rueda de compresor, un alojamiento central que sirve para sostener el conjunto rotatorio, cojinetes, un alojamiento de turbina y un alojamiento de compresor, mostrado detalladamente en la figura 9.

El sistema debe contar para su buen rendimiento, con un intercooler, el cual enfría el aire proveniente del compresor que disminuye su densidad y permite mayor volumen de aire en la admisión de la cámara de combustión.

(Kates & Luck, 2003).



**Figura 9.** Sistema de sobrealimentación

(Kates & Luck, 2003)

## 2.2.7 SISTEMA DE TREN DE POTENCIA

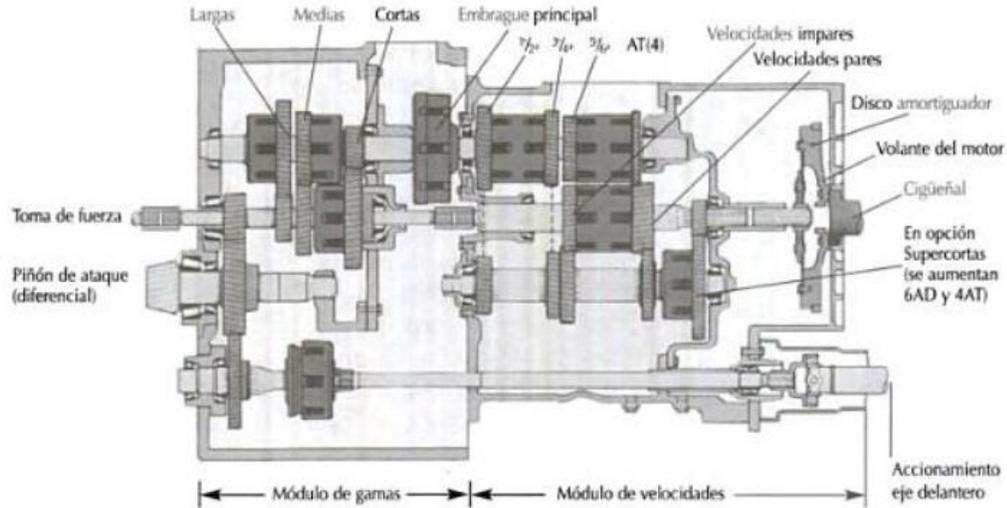
El tren de potencia puede tener transmisión mecánica o automática. Los componentes de una transmisión mecánica son:

- Embrague principal
- Transmisión mecánica o automática
- Eje cardán
- Diferencial
- Mandos finales

El embrague va ubicado junto a la volante. Se encarga de separar el eje del cigüeñal de la caja de velocidades (transmisión mecánica), proporciona el avance y el retroceso de la máquina, controla diferentes velocidades y diferentes fuerzas de empuje.

El avance y retroceso, los cambios de velocidades y las multiplicaciones de la fuerza de propulsión, se producen mediante la conexión mecánica de diferentes trenes de engranajes en ejes paralelos. Después el movimiento es transmitido por eje cardán hacia un diferencial que distribuye las rpm hacia los mandos finales de cada extremo para dar propulsión a las ruedas de tracción. Todo está especificado en la figura 10.

Para motores de mayor potencia y vehículos de más capacidad de carga se usan multiplicadores, los cuales son un juego extra de piñones. La mayoría de las cajas de cambio de los vehículos de gran tonelaje cuentan con bajo, el cual es un juego de piñones auxiliares que hacen parte de la caja de velocidades y que permite mayor número de cambios. (Armando A. , 2004)



**Figura 10.** Sistema de tren de fuerza

(Armando A. , 2004)

### 2.2.7.1 Transmisión automática

La transmisión automática es también llamada servo transmisión y son cajas de velocidades automáticas. Una servo transmisión es en el fondo, una combinación de dos transmisiones: una transmisión planetaria de velocidades y una transmisión hidráulica multiplicadora de par (convertidor de par).

La transmisión planetaria provee el avance y el retroceso de la máquina con una variedad de velocidades y transmitirla a los mandos finales (Armando A. , 2004).

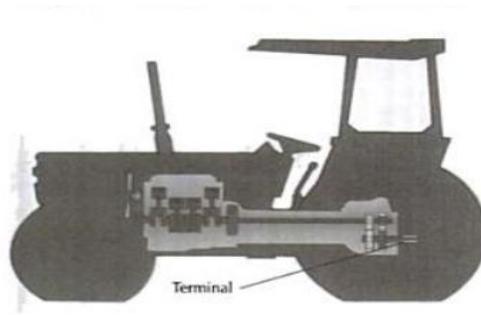
### 2.2.7.2 Convertidor de par

El convertidor de par no es más que un embrague hidráulico modificado, que tiene por objeto multiplicar el par y hace posible mantener altas las revoluciones del motor, a fin de suministrar fuerzas a las bombas hidráulicas.

La función de los convertidores es impedir que el motor disminuya su velocidad y se pare debido a sobrecargas. (CAT, Manual de tren de fuerza Finning, 2011).

### 2.2.7.3 Toma fuerza

Mecanismo que hace uso de una parte de potencia del motor y la lleva a la zona trasera de la máquina para dar movilidad a distintas herramientas montadas en ésta. La potencia es transmitida desde la máquina hasta el implemento por medio de un eje (eje toma fuerza o eje cardan), como se detalla en la figura 11. (Armando A. , 2004)



**Figura 11.** Toma fuerza

(Armando A. , 2004)

### 2.2.7.4 Aceites para transmisiones

Estos aceites son especialmente formulados para ser utilizados en transmisiones y diferenciales. El verdadero valor de un vehículo depende en gran parte de la eficacia de la transmisión y el diferencial. Estos se encargan de transformar la energía generada por el motor en movimiento con las menores pérdidas. También la seguridad del vehículo depende de la eficacia de sus engranajes. Para mayores especificaciones observar la Tabla 5. (Murillo, Tractores y maquinaria agrícola, 1997).

**Tabla 5.** Aceites para transmisión utilizados en equipo pesado.

<b>ACEITE PARA TRANSMISIÓN</b>		
<b>LUGAR</b>	<b>CLASIF.SAE</b>	<b>CLASIF.API</b>
TRANSMISIÓN Y CAJA DE DIFERENCIAL	SAE 50	CF-2/CF/SF
PUENTES DELANTERO Y TRASERO	SAE 90	GL-4

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

### **2.2.8 SISTEMA HIDRÁULICO**

Los sistemas hidráulicos son indispensables en la operación del equipo pesado, los principios de hidráulica básica se aplican en el diseño de estos sistemas para los sistemas de dirección, sistemas de frenos, sistemas de tren de fuerza. (Reyes, 1998)

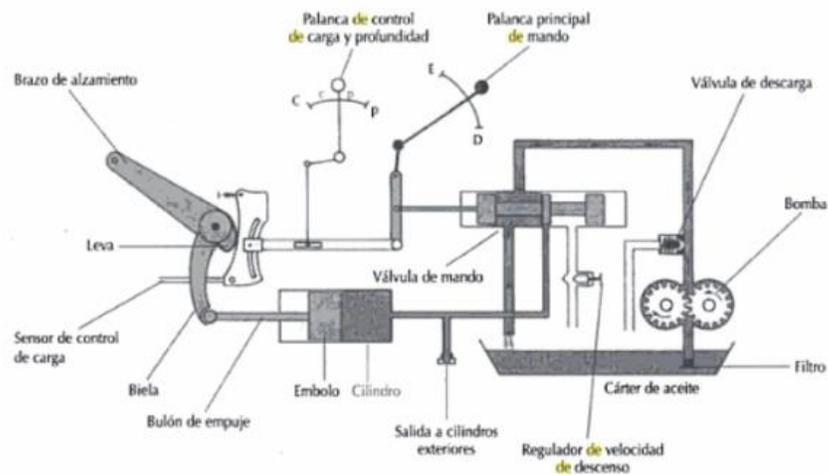
Un sistema hidráulico típico se compone de lo siguiente:

- a) Tanque del fluido hidráulico
- b) Bomba, motores para impulsar el fluido
- c) Mangueras de alta presión
- d) Cilindros con sus respectivos émbolos
- e) Tubos, válvulas y filtros

En estos sistemas el aceite sale del depósito impulsado por un motor o succionada por una bomba, ésta envía con alta presión el aceite por las mangueras hacia las válvulas dosificadoras que regulan la presión y por último los cilindros reciben la acción del aceite y éstos a su vez comunican movimiento a los accesorios que utilizan las máquinas para ejecutar el trabajo (hoja empujadora, cucharón, desgarrador) como se puede demostrar en la figura 12.

En estos circuitos también suele haber válvulas de alivio para evacuar el exceso de aceite.

Las fallas de los componentes del sistema hidráulico suelen tener por causa el agua en el lubricante, ésta se evapora cuando se calienta el sistema hidráulico, y se produce la erosión de las planchas de extremo de las bombas de paletas. (CAT, Manual para sistemas hidráulicos Finning, 2011).



**Figura 12.** Sistema hidráulico

(Armando A. , 2004)

### 2.2.8.1 Aceites hidráulicos

Dentro de los aceites hidráulicos en forma general se utiliza de una sola denominación la cual brinda buenas propiedades dentro del trabajo y puede ser utilizado en la mayoría de los sistemas hidráulicos y no presenta problema alguno. (CAT, Manual para sistemas hidráulicos Finning, 2011). Como se detalla en la tabla 6.

**Tabla 6.** Aceites hidráulicos utilizados.

<b>ACEITE HIDRÁULICO</b>		
<b>LUGAR</b>	<b>CLASIF.SAE</b>	<b>CLASIF.API</b>
TANQUE HIDRÁULICO	SAE 10W	SF o TO10
SISTEMA HIDRÁULICO	SAE 30	CD o TO30

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

El fluido hidráulico transmite presión y energía, sella las piezas de tolerancias estrechas contra las fugas, minimiza el desgaste y la fricción, remueve el calor, limpia de la suciedad de las partículas de desgaste, y protege a las superficies de la herrumbre. (CAT, Manual para sistemas hidráulicos Finning, 2011)

### **2.2.9 SISTEMA ELÉCTRICO**

Este sistema está compuesto por:

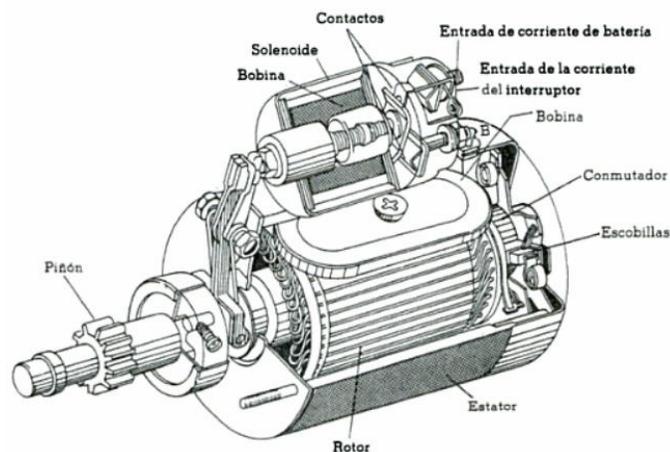
- Motor de arranque
- Alternador
- Batería
- Instalación eléctrica

A diferencia de los motores eléctricos, los de combustión interna, necesitan una fuerza externa para iniciar su movimiento, la cual es entregada por el motor de arranque. La característica principal debe desarrollar el máximo par inicial para poder vencer la resistencia pasiva del motor de combustión.

Por su parte el alternador transforma la energía mecánica entregada por el cigüeñal en energía eléctrica que será acumulada por la batería y funciona por el principio de inducción electromagnética.

El elemento encargado de acumular energía eléctrica es la batería, convirtiéndola en energía química, por medio de placas de plomo, electrolitos de ácido sulfúrico y agua. Alimenta los accesorios que funcionan independientemente si el motor está en marcha o no, como el radio, las luces, el tablero de alarmas y el motor de arranque; como se demuestra en la figura 13. El cableado o instalación es un conjunto de medios que permite conducir la corriente eléctrica hasta los consumos del vehículo. En la mayoría de los camiones, la instalación eléctrica funciona a un voltaje de 12 V.

El tablero de control le permite al operario estar informado de tales sucesos, para que este pueda tomar las medidas adecuadas. (Alonso, 2004)



**Figura 13.** Motor de arranque

(Murillo, Tractores y maquinaria agrícola, 1990)

## 2.2.10 SISTEMA DE DIRECCIÓN

Las características principales de un sistema de dirección deben ser: seguridad activa y pasiva, precisión, facilidad de manipulación, comodidad y estabilidad.

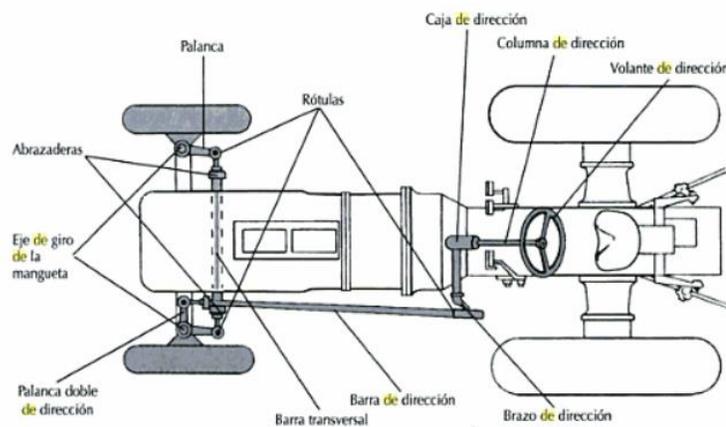
Las direcciones básicamente están compuestas por:

- Un volante
- Una columna de dirección
- Caja de dirección
- Barras o terminales de dirección

Los vehículos de carga o pesados, debido a las fuerzas que deben ser superadas por el gran peso del camión y por las dimensiones de los neumáticos, deben usar sistemas de dirección hidráulica, los cuales contienen:

- Bomba hidráulica
- Cilindro hidráulico de dirección
- Un depósito de aceite
- Válvula de regulación

Se encarga de suministrar el fluido proveniente del depósito al sistema, luego la válvula permite el paso del aceite al cilindro hidráulico y cuando éste no está en uso, permite la circulación del líquido a su depósito, el cilindro se encarga de transformar la presión del aceite en una fuerza auxiliar que ayuda a manipular la biela de mando de la dirección detallados en la figura 14 (Sierra, 1998).



**Figura 14.** Sistema de dirección de un tractor

(Sierra, 1998)

### **2.2.11 SISTEMA DE NEUMÁTICO (FRENOS)**

La finalidad de este sistema es disminuir el efecto de la energía cinética que posee el vehículo en cualquier instante y a la demanda solicitada del conductor, convirtiéndola en fricción y como consecuencia en calor. Los sistemas de frenado pueden ser de disco o de tambor, por lo general se usan los segundos en los vehículos de carga y de uso industrial. Los sistemas de tambor o comúnmente llamado campana, funcionan de la siguiente manera: el tambor gira fijo con el eje de las llantas, dentro de éste se encuentran las mordazas o zapatas, que son similares a unas cuñas con la misma curvatura de tambor, luego un actuador (dispositivo electromecánico), que se ajusta al requerimiento del conductor u operario y que empuja las mordazas contra el interior del tambor, provocando la disminución de la velocidad de las llantas, ya sean traseras o delanteras.

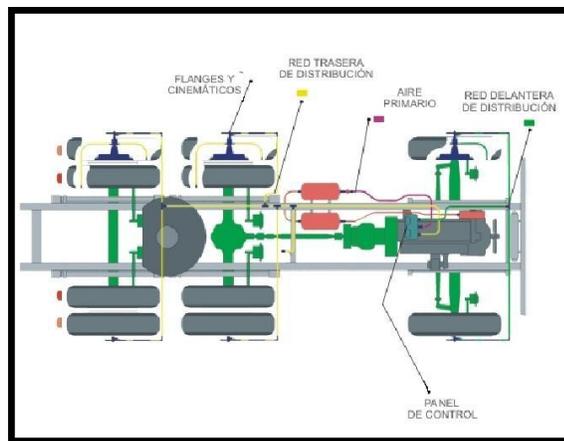
Por último, en las máquinas o vehículos de mayores capacidades se usa el sistema neumático. Un sistema neumático de frenos está compuesto por:

- Un compresor de aire, el cual acumula presiones en un depósito entre 8 y 12 kg/cm<sup>2</sup>
- Un secador de aire o un sistema anticongelante
- Un depósito o tanque de almacenamiento del aire
- Cilindros neumáticos para el accionamiento de las zapatas (cámaras frenos)

Para asegurar la correcta distribución del aire en todo el subsistema de frenos, se utiliza una variedad de válvulas, que se pueden montar según las características del equipo. Las más usadas en los vehículos de carga son: válvula de freno, encargada de activar el sistema en marcha; válvula relay,

almacena una pequeña cantidad de aire para garantizar que los frenos de la parte posterior del vehículo se activen justo cuando el operario oprime el pedal.

La válvula distribuidora, suministra el aire a las cámaras de freno con resorte para el freno de parqueo y descarga el aire para evitar los aumentos de presión en el circuito; el módulo de control activa el freno de parqueo del vehículo y de su remolque. La forma en que opera el sistema neumático se muestra en la figura 15. (Sierra, 1998)



**Figura 15.** Sistema neumático

(Sierra, 1998)

#### **2.2.11.1 Freno de parqueo**

Es un sistema que genera el bloqueo de las ruedas generalmente las traseras para la inmovilización del vehículo cuando se requiere estacionarlo.

#### **2.2.11.2 Freno de remolque**

Este componente accionado desde la cabina del tracto camión acciona los diafragmas de freno de las ruedas de los remolques generando el frenado de éste.

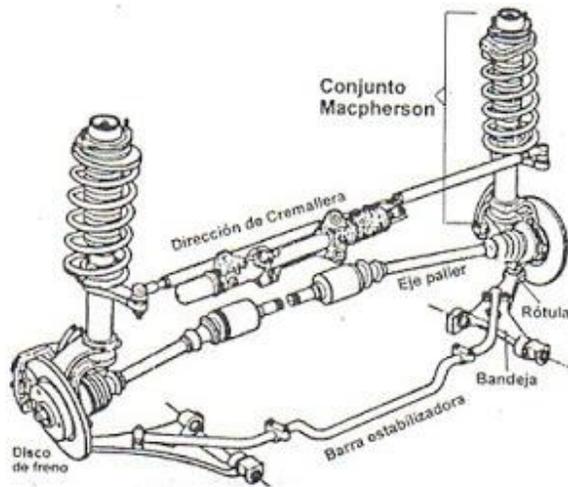
### **2.2.11.3 Freno de motor**

Es un sistema que se utiliza en los motores de alta potencia mayor de 350 H P diseñado en tracto camiones, el cual es accionado cuando el vehículo se desplaza en descensos y hace que el motor suspenda la inyección de combustible y funcione como un compresor. (CAT, Manual de sistema de freno de aire comprimido Finning, 2011).

### **2.2.12 SISTEMA DE SUSPENSIÓN**

Es el conjunto de elementos encargados de absorber las reacciones producidas por el suelo sobre las llantas, para disminuir su efecto sobre los elementos rígidos del vehículo como lo son el chasis, y los bastidores, donde van montados los otros sistemas. Después de que los elásticos se deforman según el terreno en el que transiten, la energía mecánica que queda latente en éstos debe ser liberada de tal forma que sus efectos no repercutan en la carrocería y el chasis del vehículo, por eso se usan los amortiguadores, tanto para tracción como a compresión, disminuyendo las oscilaciones mecánicas.

Sobre los ejes delanteros y traseros se montan unas barras de acero, con buena elasticidad, para que cuando el vehículo entre en curvas y se genera una tendencia a volcarse, las barras reaccionen con un par de torsión opuesto que estabilice éste, como se aprecia en la figura 16. (Pérez, 2011)



**Figura 16.** Sistema de suspensión

(Pérez, 2011)

### 2.2.12.1 Subsistema de suspensión neumático

Este tipo de sistemas es usado en los vehículos más pesados y que tienen sistemas de frenos neumáticos, por facilidad de aprovechamiento del aire comprimido. Las ruedas o llantas son un contenedor de aire que funciona como enlace entre la superficie del camino y el vehículo.

Por último, el chasis es la estructura principal del vehículo del cual van sujetos todos sus componentes principales tales como suspensión, caja, motor, cabina y generalmente está compuesto por dos vigas principales en C unidas por vigas transversales llamadas puentes. (Rodríguez, Alvarez, & Vera, 2006).

## 2.3 TIPOS DE MAQUINARIA PESADA

### 2.3.1 TRACTOR DE ORUGAS

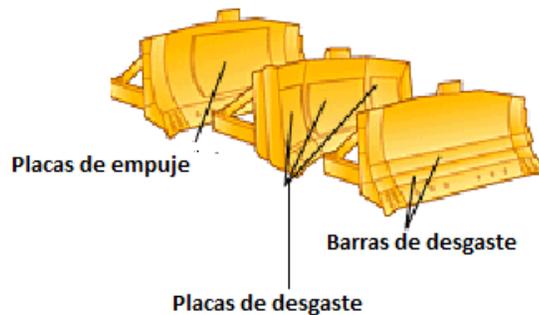
Los tractores de cadenas se aplican en movimientos de tierra, empuje de materiales, para halar maquinaria, así como desgarrar o rompimiento de materiales. Generalmente utilizan un tren de rodaje (cadena = oruga), el cual está formado por eslabones, pasadores, bujes, zapatas y un bastidor de rodillos, sobre los cuales descansa todo el peso del tractor, complementado por las ruedas guías o tensoras y es la rueda motriz la que proporciona la fuerza al tren de rodaje. Los tractores empleados en la construcción, urbanización y mantenimiento están provistos de una cuchilla, un ripper o desgarrador y, en algunos casos, de un malacate. Según las condiciones del terreno, el tren de rodaje sufre cambios o arreglos. Para que un tractor trabajando en pendiente tenga una lubricación adecuada, la inclinación máxima no debe pasar los 45 grados (100%). Esto es válido para tractores que trabajen hacia delante o hacia atrás. (CAT, Catalogo Tractor D7R, 2012). El tractor de orugas se puede apreciar a continuación en la figura 17.



**Figura 17.** Tractor de orugas Cat D7R  
(Autor)

### 2.3.1.1 Herramientas

- ✓ **Las cuchillas de explanación:** Cuchillas de varias secciones. Cada sección se puede intercambiar, o reemplazar individualmente para proveer una vida útil máxima, como se observa en la figura 18.
- ✓ **Tres opciones de cantonera de extremo:** Éstas ayudan a proteger las esquinas de la hoja. Son de vida útil prolongada y están mejor adaptadas para condiciones altamente abrasivas. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).



**Figura 18.** Protección de la hoja

(Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)

- ✓ **Los desgarradores** requieren esfuerzo de tracción, pero también se necesita el ángulo correcto de desgarre, el número correcto de dientes, y el espaciado exacto. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).

### 2.3.2 CARGADOR FRONTAL

Son máquinas que se emplean para cargar los camiones de materiales, vienen en versiones de rueda o tren de rodaje; también se utilizan para acarrear

materiales a cortas distancias, y cuando están provistos de ruedas, su bastidor es articulado, y si son accionados por cadena, su tren de rodaje es fijo; están equipados con un cucharón, brazos de levante, torre, y un contrapeso que ayuda al soporte de la carga, como se observa en la figura 19.

### 2.3.2.1 Funciones

- Cargar los camiones de materiales
- Acarrear materiales a cortas distancia (CAT, Catalogo Cargadora 966h, 2012)



**Figura 19.** Cargadora frontal Cat 966H  
(Autor)

### 2.3.2.2 Herramientas

- ✓ **Cucharón:** Para rocas ofrece más resistencia y una vida útil más larga en los trabajos con los materiales más disponibles con cucharón en V o recta.
- ✓ **Guardaesquinas:** De los cucharones son las más propensas al desgaste y fallan prematuramente, también puede aumentar la vida útil

de las cuchillas y las esquinas hasta en un 50%, como se muestra en la figura 20 (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).



**Figura 20.** Guardaesquinas

(Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)

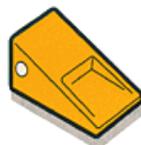
- ✓ **Penetración:** Se utiliza en material densamente compactado, como la arcilla. Provee buena penetración y autoafilado, como se puede ver en la figura 21. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)



**Figura 21.** Guardaesquina de penetración

(Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)

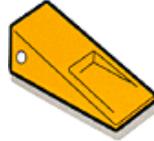
- ✓ **Corta:** Se utiliza en trabajo de alto impacto y de apalancamiento, como con rocas, extremadamente resistente y buena vida útil, a continuación se observa en la figura 22. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)



**Figura 22.** Guardaesquina corta

(Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)

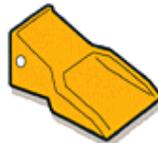
- ✓ **Larga:** Se utiliza en la mayoría de las aplicaciones generales en las cuales la rotura de puntas no constituye un problema, observar detalladamente en la figura 23 (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)



**Figura 23.** Guardaesquina larga

(Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)

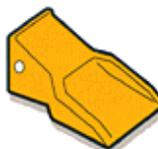
- ✓ **Abrasión:** Se utiliza al trabajar en materiales abrasivos, como arenas o grava, contiene material de desgaste adicional para proveer una prolongada vida útil, como se detalla a continuación en la figura 24. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)



**Figura 24.** Guardaesquina abrasión

(Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)

- ✓ **Abrasión de equipo pesado:** Se utiliza en las máquinas más grandes al trabajar en arena, grava y piedra de voladura, a continuación se puede observar la figura 25. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)



**Figura 25.** Guardaesquina abrasión de servicio pesado

(Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)

### **2.3.3 MOTONIVELADORA**

Estas máquinas se emplean generalmente en la construcción de carreteras o nivelación de terrenos; son conocidas generalmente con el nombre de patrol.

Están equipadas con una cuchilla montada sobre una tornamesa, un ripper y un escarificador; éstas utilizan generalmente neumáticos y poseen en muchos casos un bastidor articulado. En la figura 26 se puede ser una motoniveladora 140h.

#### **2.3.3.1 Funciones**

- Nivelar terrenos
- Hacer taludes
- Mezclar materiales
- Desgarrar materiales

Las motoniveladoras son ideales para el mantenimiento de los caminos, lo cual hace que la producción se incremente, y así los vehículos de acarreo circulen a mayor velocidad.

Las modernas motoniveladoras son del tipo de bastidor articulado, lo cual permite operarlas de la manera siguiente:

- Marcha en línea recta: Es la técnica ideal para las pasadas largas con la hoja. El bastidor se coloca en línea recta para los virajes y se usan solamente las ruedas de adelante.
- Marcha con articulación: El bastidor se articula hasta 20 grados, las ruedas delanteras pueden girar un máximo de 50 grados y alcanzar un ladeo de 18 grados. Estas condiciones hacen que las maniobras sean

más fáciles y en poco espacio, así como sus giros más rápidos al final de cada pasada.

- En posición acodillada: El bastidor se articula hasta 20 grados, las ruedas delanteras se mantienen paralelas a las del tándem, lo cual permite compensar la desviación lateral, así como mejorar la estabilidad al trabajar en laderas. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).



**Figura 26.** Motoniveladora Cat 140H  
(Autor)

### 2.3.3.2 Herramientas

- ✓ **Las cantoneras de extremo de las vertederas:** Protegen el extremo de la vertedera del desgaste y los daños, y se recomiendan para todas las aplicaciones.
- ✓ **Las cantoneras revestidas:** Protegen los extremos de la cuchilla contra el desgaste excesivo en aplicaciones que causen que las esquinas se desgasten primero. Las puntas de los desgarradores aumentan el procesamiento del material de superficie. También pueden ayudar a preparar las áreas de trabajo para los cargadores, camiones y otra maquinaria. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)

- ✓ **Las puntas de los desgarradores:** Incrementen el procesamiento del material de superficie. También pueden preparar las áreas de trabajo para los cargadores, camiones y otra maquinaria. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013), este tipo de punta se puede observar en la figura 27.



**Figura 27.** Puntas de los desgarradores

(Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)

#### **2.3.4 RODILLO VIBROCOMPACTADOR**

Se utilizan para compactar tierra o rellenos sanitarios; pueden estar equipados con un rodillo y dos neumáticos, o tener dos rodillos lisos o de pisones; en algunos casos poseen una pequeña cuchilla que les permite limpiar el terreno para su fácil desplazamiento.

Se le antepone el nombre vibro, porque utilizan un sistema de vibración del rodillo para mejor compactación, apreciar en la figura 28 el rodillo Bomag.

##### **2.3.4.1 Funciones**

- Compactar tierra.
- Aplanar tierra o asfalto (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)



**Figura 28.** Rodillo compactador Bomag BW219DH4  
(Autor)

### **2.3.5 RETROEXCAVADORA**

Las retroexcavadoras son una combinación de los cargadores frontales y de las excavadoras, solo que en menor tamaño. Está equipada con un cucharón en la parte frontal y un brazo de excavadora en la parte trasera; cuenta con estabilizadores generalmente en la parte trasera, donde se encuentra el implemento de excavación, que permiten ajustar la distribución de peso con facilidad, como se puede observar en la figura 29.

En la retroexcavadora, la transmisión es estándar con modulación eléctrica y proporciona cuatro velocidades de avance y de retroceso, con sincronización en todas las marchas. La constante superposición de las marchas en todas las relaciones permite el cambio de marcha sin necesidad de frenar, tanto en subida como en bajada. La característica de arranque en neutral evita que la máquina arranque, mientras que la modulación de la transmisión está conectada.

El embrague de rueda libre del convertidor de par permite que el estator del convertidor se mueva con libertad en condiciones de alta velocidad y baja carga, como por ejemplo, cuando se viaja por carretera.

El brazo de excavación o pluma está construido en sección de caja, con refuerzos internos, lo que proporciona una fortaleza excelente y mejor equilibrio con una distribución de peso. Además el brazo de excavación se puede extender y permitir excavar a mayor profundidad y alcanzar a mayor distancia.

(Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).



**Figura 29.** Retroexcavadora Cat 416E  
(Autor)

### 2.3.5.1 Herramientas

- ✓ **Opciones de cucharón:** Estándar, de servicio extremo, de servicio pesado estándar, de alta capacidad de servicio pesado. Para cada uno existe una gama completa de puntas, lo cual incluye su selección de orejetas para el cucharón trasero. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).

### 2.3.6 EXCAVADORA

Se denomina pala excavadora o pala mecánica a una máquina autopropulsada, sobre neumáticos u orugas, con una estructura capaz de girar al menos 360° (en un sentido y en otro, y de forma ininterrumpida) que excava terrenos, o carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de la cuchara, fijada a un conjunto formada por pluma y brazo o balancín, sin que la estructura portante o chasis se desplace.

El chasis es una estructura portante desplazable mediante cadenas o ruedas neumáticas, observar detalles en la figura 30.

- La corona de giro sirve de apoyo de la estructura sobre el chasis, permitiéndole a ésta girar mientras el chasis permanece en estación.
- La estructura sostiene el resto de la excavadora (motores, transmisiones, cabina, contrapeso, etc).
- La cuchara fija o móvil y dispuesta en el extremo de un brazo móvil soportado por una pluma también móvil.
- La energía motriz proviene del motor diésel o diésel-eléctrico.
- Los sistemas de accionamiento: cilindros hidráulicos en su mayoría aunque también existen por cables y cabrestantes, transmisiones mecánicas, cilindros neumáticos. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)



**Figura 30.** Excavadora 336D  
(Autor)

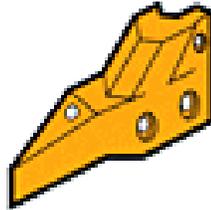
#### 2.3.6.1 Herramientas

- ✓ **Las cuchillas del cucharón:** Con adaptadores soldables existe para cada estilo y ancho de cucharón y aceptan las mismas puntas que se utilizan en los cargadores Caterpillar.
- ✓ **Las orejetas:** Todos los cucharones para la apertura de zanjas deben estar equipados con orejetas, las mismas que mejoran la penetración del cucharón, aumentan la capacidad, y protegen las placas laterales, ver específicamente en la figura 31. (Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013).



**Figura 31.** Enrasadora  
(Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)

- ✓ **Tipo dientes:** Para aplicaciones severas, consiste en una punta reemplazable, fijada con pasador a un adaptador de montaje lateral, ver detalles en la figura 32.



**Figura 32.** Tipo dientes

(Caterpillar, Manual de partes y servicios caterpillar, 2013)

Cabe destacar que las herramientas de corte y desgarre de las máquinas en su mayoría son especialmente aceros martensíticos al cromo solo (del 11 al 18%) que contienen pequeñas cantidades de otros elementos de aleación como níquel pero en este caso que no pase del 2.5%. Los contenidos de carbono varían en un mínimo de 0.08% a un máximo de 1.20%. Son magnéticos resistentes a la corrosión. (Molera, 1990)

### 2.3.7 VOLQUETE

Es la maquinaria más utilizada en cualquier tipo de obras públicas y de remoción de tierras. Estos vehículos poseen un dispositivo mecánico para volcar la carga que transportan en un cajón o balde que reposa sobre el chasis del vehículo.

Por tal razón, éste tipo de maquinaria de carga cumple tal función netamente de transporte ya sea dentro de la misma obra o fuera de ella. A continuación se puede observar un volquete Mack en la figura 33.



**Figura 33.** Volquete Mack  
(Autor)

## **2.4 MANTENIMIENTO**

Técnicamente, el mantenimiento está orientado a preservar la operatividad de máquinas, equipos e instalaciones conforme a conocimientos específicos que tienen su apoyo en la ciencia y la técnica.

Planificar y organizar un ciclo de mantenimiento conlleva al conocimiento constructivo de las máquinas y equipos sobre los cuales se debe practicar la prevención, predicción o corrección para sus componentes con la finalidad de evitar detenciones intempestivas por fallos o imprevisión. (Calloni, 2007).

Las funciones principales del mantenimiento son:

- ✓ Mantener los equipos e instalaciones en condiciones operativas eficaces y seguras.
- ✓ Efectuar un control del estado de los equipos así como de su disponibilidad.

- ✓ Realizar los estudios necesarios para reducir el número de averías imprevistas.
- ✓ Realizar el seguimiento de los costos de mantenimiento.
- ✓ Disminuir al máximo posible los tiempos de paralización de la producción.
- ✓ Aumentar la vida útil de los equipos e instalaciones.

(Gómez de León, 1998).

### **2.4.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Se practica retirando la máquina del servicio operativo con el fin de realizar inspecciones y reemplazar (si es el caso) elementos de acuerdo a una programación planificada con anticipación.

Para dicha práctica de mantenimiento es de alta relevancia las especificaciones de los fabricantes en sus manuales, principalmente en cuanto a la expectativa de vida útil para componentes críticos.

#### **2.4.1.1 Ventajas operativas del mantenimiento preventivo.**

Las ventajas operativas que se derivan de la aplicación del sistema de mantenimiento preventivo son:

- Reducción del número de averías en servicio
- Reducción consecuente de emergencia por rotura
- Mayor disponibilidad de actividad en las máquinas
- Mayor índice de confiabilidad en servicio
- Mayor grado de calidad de la producción
- Ampliación del límite de vida útil de los equipos

#### **2.4.1.2 Ventajas económicas del mantenimiento preventivo**

- ✓ Reducción del lucro cesante
- ✓ Reducción de inversiones para renovación del equipo productivo
- ✓ Reducción del costo de reparaciones en mano de obra y materiales
- ✓ Identificación de partes de máquina o máquinas con elevado costo
- ✓ Reducción de costos de producción (Calloni, 2007)

#### **2.4.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Este tipo de mantenimiento se anticipa a la falla por medio de un seguimiento para predecir el comportamiento de una o más variables de una máquina o equipo.

El procedimiento de este mantenimiento se lo aplica con la máquina funcionando, con el objetivo de minimizar el tiempo del equipo detenido y detectar:

- La evolución de una falla y tomar la anticipación necesaria.
- Prolongar la factibilidad del funcionamiento, aún con la existencia de una avería, hasta permitir una inspección programada.

#### **2.4.2.1 Ventajas operativas del mantenimiento predictivo.**

- ✓ Existencia de información permanente sobre el estado de la unidad, información que puede hacerse tan frecuente como se quiera.
- ✓ Un excelente seguro contra averías grandes inesperadas.
- ✓ Tecnifica la decisión.
- ✓ Realimenta con información rápida y objetiva las decisiones técnicas y de control.

- ✓ Reduce el trabajo de mantenimiento preventivo.
- ✓ Reduce el costo unitario de mantenimiento.

#### **2.4.2.2 Desventajas operativas del mantenimiento predictivo.**

- ✓ Necesidad de personal especializado
  - ✓ Alto costo de equipos
  - ✓ Gran cuidado y calibración de equipos
- (González, 2005)

#### **2.4.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Es un mantenimiento simple e inevitable que consiste en reparar la rotura, avería o fallo producida. Es llamado simple porque es aplicable al equipo que permite la interrupción operativa en cualquier momento, sin importar el tiempo de para y sin afectar la seguridad personal o bienes.

Los inconvenientes de este mantenimiento son:

- Inseguridad en el funcionamiento
- Importancia de la rotura o falla
- Stock de repuestos
- Personal de mantenimiento

##### **2.4.3.1 Ventajas operativas del mantenimiento correctivo.**

- ✓ No requiere de una organización técnica muy especializada.
  - ✓ No exige una programación previa detallada.
- (Calloni, 2007)

### 2.4.3.2 Desventajas operativas del mantenimiento correctivo

- ✓ La disponibilidad de los equipos es incierta.
- ✓ Lleva paralizaciones en extremo costosas y prolongadas.
- ✓ El costo extra de materiales, repuestos y mano de obra, que puede ser el resultado de una avería imprevista la que podría haberse evitado con un poco de atención.
- ✓ Molestias causadas al trabajador, el cual tendrá que abandonar su labor sin haberla terminado, por fallas imprevistas.
- ✓ Riesgos del personal de producción.

(Giménez, 2005)

## 2.5 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

### 2.5.1 INDICADOR DE EFECTIVIDAD OEE

OEE como indicador en una medida de la productividad de un activo con respecto a la producción potencial. La fórmula para este cálculo es la siguiente:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Flujo} * \text{Calidad} \quad [1.2]$$

El volumen real de producción es la cantidad actual producida en un tiempo específico. (Cruelles, 2010).

### 2.5.1.1 Disponibilidad

Es el indicador para medir la proporción de tiempo real de trabajo que fueron utilizadas en las líneas de producción en relación con el tiempo total que se utilizaron esas líneas. A continuación se describe la fórmula:

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{TIEMPO REAL TRABAJANDO}}{\text{TIEMPO TOTAL DISPONIBLE}} \quad [2.2]$$

(Flores, 2004)

### 2.5.1.2 Flujo

El indicador de flujo mide la efectividad que se logra en obtener el “máximo flujo demostrado” en la fabricación de un producto en una línea de producción. Esta medición del flujo puede considerarse que es la medición tradicional de eficiencia y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{FLUJO} = \frac{\text{PRODUCCIÓN BRUTA ACTUAL}}{\text{FLUJO MAXIMO} * \text{TIEMPO REAL TRABAJADO}} \quad [3.2]$$

(Flores, 2004)

### 2.5.1.3 Rendimiento

El rendimiento resulta de dividir la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido. La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal de la máquina. A continuación la fórmula para este cálculo.

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{PRODUCCIÓN REAL TOTAL}}{\text{PRODUCCIÓN PROGRAMADA TOTAL}} \quad [4.2]$$

(Flores, 2004)

## 2.5.2 PARÁMETROS OEE

Tabla 7. Rangos del indicador OEE

INDICADOR	RANGO	CALIFICACIÓN	OBSERVACIÓN
EFECTIVIDAD	$OEE < 65\%$	Inaceptable	Se producen importantes pérdidas económicas.
	$65\% < OEE < 75\%$	Regular	Aceptable solo si está en proceso de mejora, perdidas económicas. Baja competitividad.
	$75\% < OEE < 85\%$	Aceptable	Continuar la mejora para superar el 85% y avanzar hacia clase mundial.
	$85\% < OEE < 95\%$	Buena	Entra en la clase mundial.
	$OEE > 95\%$	Excelencia	Mucha competitividad, en la worldclass

(Belohlavek, 2005)

## 2.5.3 INDICADOR DE FIABILIDAD

Probabilidad que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las que fue diseñado, durante determinado tiempo y bajo el régimen de operaciones dadas.

**El tiempo promedio entre falla (TPEF):** Es la que caracteriza la fiabilidad de la máquina, se define como el tiempo en el cual se es capaz de operar el equipo a capacidad, en un periodo de estudio sin interrupciones y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{TPEF} = \frac{\text{HORAS DE OPERACIÓN}}{\text{NUMERO DE FALLAS DETECTADAS}}$$

(Cruelles, 2010)

#### 2.5.4 INDICADOR DE MANTENIBILIDAD

Es la probabilidad de que un equipo en estado de fallo pueda ser reparado a una condición especificada en un intervalo de tiempo determinado y utilizando recursos ya predestinados.

En conclusión el promedio de tiempo de reparación (TPPR) representa la mantenibilidad del equipo y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{TPPR} = \frac{\text{TIEMPO TOTAL DE FALLAS}}{\text{NUMERO DE FALLAS DETECTADAS}} \quad [6.2]$$

(Cruelles, 2010)

#### 2.5.5 INDICADOR DE ACCIDENTABILIDAD

Es un indicador que está en función de factores, aparentemente ajenos al mantenimiento, como el número de accidentes, y se relaciona directamente con hora de funcionamiento de una máquina. Su fórmula está especificada a continuación:

$$\mathbf{INDICADOR DE ACCIDENTES} = \frac{\text{NUMERO DE ACCIDENTES}}{\text{HORAS TRABAJADAS}} * 100 \quad [7.2]$$

(Belohlavek, 2005)

## 2.6 EL PROGRAMA 5S

Esta herramienta se define como mantenimiento del orden y limpieza del lugar de trabajo la meta de instalar un programa de 5S es reflejar los flujos de producción por medio de la observación se puede focalizar en qué parte del proceso hay problemas, ver la carga de trabajo y a la vez se compromete con los operarios en el funcionamiento del proceso.

El nombre de 5S se deriva de las iniciales de las 5 palabras japonesas que indican las frases de implantación de un programa 5S.

- SEIRI: Consiste en separar los materiales útiles de aquellos que no lo son y desprenderse de todo lo que resulta innecesario.
- SEITON: Ordenar los materiales de útiles y se identifica su ubicación, un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar, esta filosofía tendría que facilitar la búsqueda, utilización y reposición de cada componente.
- SEISO: Limpieza inteligente del lugar de trabajo, redefinir las operaciones optimas operativas para el lugar.
- SEIKETSU: Establecer normas sencillas y visibles que permitan diferenciar los comportamientos correctos de las anomalías. Eso significa en la comunicación de los estándares y las condiciones operativas de cada puesto de trabajo a los interesados.
- SHITSUKE: Disciplina y hábito, consiste en respetar los estándares anteriormente definidos. (Asociacion española para la calidad, 2007).

### **3. METODOLOGÍA**

La metodología que se utilizó fue de vital trascendencia para la realización de este programa de mantenimiento y mediante ésta se conocerá la verdadera situación de la maquinaria de la CIA. Ciudad Rodrigo C.A. utilizada en el movimiento de tierras para la construcción de la Refinería Eloy Alfaro.

#### **3.1 METODOLOGÍA ADMINISTRATIVA**

Para analizar la organización administrativa fue necesario realizar una observación directa en todos los aspectos concernientes a las actividades relacionadas directamente con el mantenimiento, personal técnico, espacio del taller, bodegas de almacenamiento de repuestos, herramientas, bitácoras y rendimientos.

##### **3.1.1 MÉTODO DE ORGANIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL PERSONAL**

Para obtener esta información fue indispensable consultarle al jefe de taller de la compañía la forma en la cual estaba organizado el personal de la misma. Además, por medio de una observación de campo directa se determinó la jerarquía y funciones de cada trabajador en el desempeño de sus actividades, también, se realizó un organigrama con todo el personal técnico en el taller.

En el anexo 1 se puede observar la entrevista al jefe de mantenimiento Ing. Andrés García.

### **3.1.2 SELECCIÓN DEL EQUIPO PESADO EN REFINERÍA**

Primero se procedió a obtener el registro de todos los equipos de la empresa por medio del sistema de inventario (Semylla), dicha lista está expuesta en el anexo 2.

Luego, con ayuda del jefe de patio se determinó el equipo que está operando en el proyecto de la refinería.

Una vez obtenida la información de los equipos del proyecto, se comprobó la operatividad de estos equipos tanto en el campo como en el taller.

### **3.1.3 PROCESO PARA LA NUEVA CODIFICACIÓN DE EQUIPOS**

La nueva codificación se la propuso de tal forma que tengan letras y números es decir alfanumérica. Cabe destacar que este procedimiento de codificación no se basó en ninguna norma, solo se utilizó las iniciales de la máquina y el número conforme al orden en que se las fue adquiriendo.

### **3.1.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES CRÍTICOS DE LOS SISTEMAS EN EL EQUIPO PESADO**

Para establecer la criticidad de los elementos y sistemas de cada equipo se basó en los manuales de partes de los equipos, es decir se utilizó un método científico elaborado por el fabricante de la maquinaria. También se basó en los registros de mantenimiento correctivo que se recopiló en las fichas de fallas, averías y control de paros.

### **3.1.5 MÉTODO PARA EL ALMACENAMIENTO Y CONSUMO DE REPUESTOS, NEUMÁTICOS Y LUBRICANTES**

Para realizar el almacenamiento se ingresaron todos los repuestos, llantas y aceites al inventario del sistema y para el consumo fueron diseñadas tablas para registrar datos de sustituciones de lo antes mencionado y con operaciones matemáticas simples se determinó el uso en cada equipo.

#### **3.1.5.1 Condiciones de la bodega de aceites**

Para conocer las verdaderas condiciones de esta bodega se exploró todo el almacén donde se almacenan los aceites y filtros en el taller de la institución.

Luego, con ayuda de una cámara de un celular de 5 megapíxeles se fotografiaron los insumos en stock de esta bodega; después, por medio de los registros del programa de la compañía se determinaron si los filtros, lubricantes y grasas están inventariados. Todo este proceso de verificación de información en bodega y en el sistema se lo puede ver en los anexos 3, 4 y 5.

Además, por medio de un formato de consumo de lubricante se propuso llevar un control de cada cambio de aceite a cada equipo que esté operando en la obra de la refinería.

#### **3.1.5.2 Condiciones de la bodega de neumáticos**

Con la facilidad de una cámara de celular de 5 megapíxeles se captaron las fotografías de todos los neumáticos en bodega.

También se revisaron en el software de la empresa que las llantas consten el sistema. En los anexos 6 y 7 está determinada la verificación de datos de esta

bodega, así como del inventario. Por último se planteó llevar un registro de cada cambio de llantas en un determinado formato, en el cual constarían los kilometrajes de montaje y desmontaje de los neumáticos, especificaciones de las llantas y datos del vehículo.

### **3.1.5.3 Condiciones de la bodega de repuestos**

Se tomaron fotos de toda la bodega de repuestos para conocer el estado físico y de organización de la misma, posteriormente se determinó si las piezas nuevas estaban en el sistema de inventario de la empresa. Los anexos relacionados están detallados en los anexos 8 y 9.

### **3.1.6 BIBLIOTECA DE MANUALES DE MANTENIMIENTO**

En cuanto a los manuales de partes, operación y mantenimiento que fueron proporcionados por los distribuidores y fabricantes en este caso IIASA (Caterpillar), DITECA (Komatsu y Bomag), MOTRANSA (International), MACASA (Mack) fueron archivados en una biblioteca de acuerdo a las marcas y tipos de equipos, tal como se muestra en el anexo 10.

### **3.1.7 MÉTODO PARA EL ANÁLISIS ORGANIZACIONAL DEL MANTENIMIENTO**

Este análisis organizacional se lo estableció en una reunión informal con el gerente y el jefe de taller de la compañía para conocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que se encuentran en el entorno de la constructora con respecto al proyecto de refinería.

### **3.1.8 MÉTODO PARA EL REGISTRO DE DATOS**

El registro de información se la realizó netamente con lista de chequeos y fichas de controles de mantenimiento.

#### **3.1.8.1 Estructura de la ficha para el inventario del equipo**

Una vez identificados todos los equipos que van a operar en la entidad contratista, se diseñó un documento de recolección de información en el cual se registraron datos de especificaciones, año de fabricación, fecha de adquisición, fabricante, costos y otras informaciones relevantes del equipo operativo para su ingreso al sistema.

#### **3.1.8.2 Estructura de la ficha de la orden de trabajo**

Este archivo se elaboró con el fin de formalizar las órdenes de cada mantenimiento para cada equipo, de tal forma que se estipule las actividades para cada reparación, asignación de técnicos, utilización de repuestos, materiales, herramientas, fechas de inicio, terminación y por último las rúbricas de quien emite, revisa, aprueba y despacha dicha orden.

#### **3.1.8.3 Estructura de la ficha de solicitud de materiales y repuestos**

Para el diseño de este documento se utilizó información de la orden de trabajo con su fecha correspondiente, código del equipo, el tipo de mantenimiento, código de parte, descripción, unidades y las aprobaciones necesarias.

#### **3.1.8.4 Estructura de la ficha de especificaciones técnicas de la maquinaria**

En esta ficha se detalló información de las especificaciones de la maquinaria tales como: tipo de máquina, serie del chasis, serie del motor, año, modelo, otra parte de vital importancia es que se registró el tipo de mantenimiento que se realizó con anterioridad.

Para recopilar toda esta información se recurrió a los manuales y guías de cada equipo.

#### **3.1.8.5 Estructura del historial de fallas y averías**

El historial de fallas se basó en registrar las reparaciones efectuadas anteriormente, piezas nuevas que se instalaron, sistemas reparados y la fecha en la que realizó el mantenimiento de la maquinaria.

#### **3.1.8.6 Estructura de la ficha de control de paros**

Este registro se desarrolló con información de todos los mantenimientos correctivos importantes que ha sufrido la maquinaria, además de describir puntualmente la reparación del elemento, se valoró el tiempo de inicio y final que el equipo estuvo en el taller, para calcular el tiempo muerto sin producción.

Como dato complementario se inscribió la firma del técnico que realizó dicho mantenimiento para que quede establecida la responsabilidad de la reparación.

### **3.1.9 METODOLOGÍA PARA CÁLCULOS DE RENDIMIENTOS E INDICADORES**

Para los cálculos aplicados al mantenimiento se basó en formulas teóricas de libros y la información real de los departamentos técnicos y de producción de la empresa, sin obviar las tablas de los manuales de rendimientos que fueron de gran utilidad.

#### **3.1.9.1 Procedimiento para el registro y rendimiento de combustible**

Con el registro de combustible se pudieron calcular rendimientos de producción del tractor de orugas D7R TCR-TO-01 como ejemplo.

Fueron relevantes los datos de las condiciones de trabajo del tractor ya mencionado, debido a que se debió comparar con la información del manual de rendimiento Caterpillar, en el cual están estandarizados los intervalos de acarreo de material, capacidad al ras y el factor de carga.

#### **3.1.9.2 Procedimiento para el cálculo del indicador de efectividad**

Debido a la necesidad de calcular la efectividad del mantenimiento aplicado a la maquinaria del proyecto, se utilizó el indicador OEE en el mismo tractor de orugas D7R; en el cual se calculó disponibilidad, con la ayuda de los registros de horas trabajadas de la máquina del departamento de producción. También se procedió a encontrar el valor de flujo con soporte de la tabla de datos del manual de rendimiento Caterpillar. Y por último se determinó el rendimiento de las variables de producción real y programada, dicha información fue proporcionada por el departamento técnico.

Con todos los valores ya definidos se calculó el OEE con la fórmula ya mencionada en el capítulo 2.

### **3.1.9.3 Procedimiento para el cálculo de los indicadores complementarios**

Estos valores calculados de los indicadores de fiabilidad, mantenibilidad y accidentabilidad son complementarios al OEE, pero se los realizaron con cifras estimadas, proporcionados por el departamento técnico de la empresa.

## **3.2 METODOLOGÍA TÉCNICA**

Para la organización técnica se utilizó algunos checklist (lista de chequeos) para almacenar información de diagnósticos de equipos y la propuesta planteada de todos los mantenimientos plenamente recomendados por los fabricantes.

### **3.2.1 PROCEDIMIENTO PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN EL EQUIPO**

Se realizaron pruebas para determinar el estado técnico del equipo caminero y posteriormente se registró la información en una lista de chequeo (checklist) para culminar con una valoración porcentual del estado técnico de las maquinarias y volquetes.

### **3.2.1.1 Proceso de diagnóstico a motores diésel**

El proceso de diagnóstico se realizó para determinar la condición actual de los motores.

Los aspectos examinados fueron:

- ✓ Se Inspeccionó de forma visual que las mangueras de refrigerante no tengan fugas, también se realizó un Flushing (limpieza) al radiador y se verificó visualmente la hermeticidad del depósito de refrigerante.
- ✓ Se midió la presión de la bomba de aceite con un manómetro.
- ✓ En el sistema de alimentación de aire se verificó de forma visual si no hay fugas de fluidos por las empaquetaduras de los múltiples de admisión y escape.
- ✓ Se midió la presión de la bomba de inyección combustible con un manómetro.
- ✓ Por último se midió la compresión de la relación aire/combustible con un manómetro.

Este procedimiento se lo puede observar detalladamente en el anexo 11.

### **3.2.1.2 Proceso de diagnóstico del sistema hidráulico**

En este sistema se incluyeron subsistemas como: la dirección, implementos de máquinas y volteo en el caso de los volquetes.

- ✓ Se procedió a inspeccionar visualmente si existen fugas de aceite por los sellos de las bombas.
- ✓ En el caso de los volteos, se observó el estado de las válvulas de control de la bomba del toma fuerza, también se elevó el balde del volquete

para visualizar si hay fugas en los retenedores del cilindro y a la vez se escuchó el sonido de la bomba en el momento de trabajo.

- ✓ Se visualizó si las mangueras hidráulicas poseen cortes y fugas, o los desajustes en los acoples.
- ✓ En el caso de las máquinas se midió presión de aceite en las bombas hidráulicas con un manómetro.

Para mayor información este diagnóstico se puede revisar en el anexo 12.

### **3.2.1.3 Proceso de diagnóstico del sistema neumático**

Debido a que este sistema es utilizado por lo general para frenos y accionamientos adicionales, se evaluaron los siguientes aspectos:

- ✓ Hermeticidad del tanque de aire.
- ✓ Se observó posibles fugas de aire por las mangueras y neoplos.
- ✓ Se comprobó el funcionamiento de las válvulas de aire (distribuidoras o de parqueo) accionándolas desde la cabina del volquete.
- ✓ Con respecto a los compresores de diafragma (pulmones) se evaluó su funcionamiento presionando las válvulas de la cabina, ya sea para accionar los seguros de las compuertas de los volquetes o el parqueo.

### **3.2.1.4 Proceso de diagnóstico del sistema eléctrico**

En dicho sistema se sometió a pruebas a los siguientes elementos:

- ✓ Se midió con el multímetro la resistencia de los cables de bujía.
- ✓ En el estator se midió la resistencia y se comprobó si hay masa colocando el multímetro en ohmios.

- ✓ Con el voltímetro se evaluó la tensión (carga de la batería) y la corriente de alimentación del motor.
- ✓ En las bobinas de encendido se pudo verificar la resistencia con el multímetro en ohmios.
- ✓ Se comprobó que las luces de testigo del tablero, intensas, medias, bajas, stop y retro estén en perfecto estado.
- ✓ En cuanto a la caja de fusibles se observó si estaba completa.

#### **3.2.1.5 Proceso de diagnóstico del sistema del tren de potencia**

- ✓ Se pudo observar el funcionamiento de la transmisión (las marchas y cambios) con el equipo en movimiento y operación. A la vez se observaron posibles fugas por las empaquetaduras de la caja de cambio y diferencial por las corazas.
- ✓ En las volquetas se verificó que no haya fugas de aceite en los mandos finales, manzanas de la rueda, y espárragos rotos.
- ✓ Y por último en el eje pivote de los tractores se visualizó el estado del retenedor, de tal forma que no derrame aceite.

#### **3.2.1.6 Proceso de diagnóstico en sistemas de alimentación de combustible**

- ✓ En las bombas de transferencia se escuchó el sonido que emite al colocar el equipo en contacto.
- ✓ Se determinó la presión de la bomba de inyección de combustible con un manómetro.
- ✓ Se ajustaron las cañerías que conducen a la bomba de alta presión.

### **3.2.1.7 Proceso de diagnóstico del sistema electrónico**

- ✓ Se analizó el funcionamiento de los diagramas de las señales emitidas por los sensores y actuadores por medio del osciloscopio.
- ✓ Con el multímetro se midió masa y voltaje en los sensores.
- ✓ Mediante un scanner se comprobó que no existían códigos de falla de la unidad de control.

### **3.2.1.8 Proceso de diagnóstico de herramientas de trabajo**

Se observó de forma minuciosa en todas las máquinas el desgaste en las siguientes herramientas de trabajo:

- ✓ Cuchillas cortantes
- ✓ Esquineros
- ✓ Rippers
- ✓ Puntas
- ✓ Y se inspeccionó si aún tenían pernos o pasadores con sus respectivos seguros, como se observa en el anexo 13

### **3.2.1.9 Proceso de diagnóstico del tren de rodaje**

En el caso de máquinas con neumáticos y volquetes se determinó la presión en cada una de estas con el manómetro y con el medidor de grabado se observó la profundidad del labrado.

También se verificó si las máquinas con neumáticos aún conservaban algún porcentaje de agua observando por la válvula el fluido de líquido.

Además en las maquinarias con orugas se observó en desgaste en los rodillos, pines, cadenas y estado de las zapatas.

### **3.2.2 METODOLOGÍA DE LOS NIVELES DE MANTENIMIENTO**

Estos niveles se determinaron por el uso de las guías de mantenimiento recomendadas por el fabricante (Caterpillar y Komatsu), en las cuales incluye las actividades y tareas con su respectiva frecuencia.

#### **3.2.2.1 Metodología para el mantenimiento correctivo**

La metodología de este tipo de mantenimiento se lo propuso con una recopilación de información de las fallas registradas en el historial de reparaciones y averías de cada tipo de máquina.

#### **3.2.2.2 Metodología para el mantenimiento preventivo**

En principio se tomó en cuenta todos los manuales de operación y mantenimiento elaborados por los fabricantes, después se elaboró un cronograma de mantenimiento preventivo con las respectivas rutinas y períodos para cada tipo de equipo caminero.

Luego se diseñó una tabla que especifica del tipo de aceite para cada sistema y elemento, como también la viscosidad y el intervalo de trabajo de la temperatura.

Para finalizar, se estableció la cantidad en galones y litros de cada reservorio de todo el equipo.

Con respecto al mantenimiento preventivo de soldadura para las herramientas de las máquinas se propuso utilizar la técnica de refuerzo con cordones de soldadura para cucharones y puntas de cargadoras, retroexcavadoras, cuchillas de motoniveladora con la ayuda de algunos parámetros tales como: material, tipo de electrodo, diámetro de longitud, amperaje suministrado, dureza, temperatura y el tipo de cordón.

Otra alternativa planteada fue reforzar los cucharones con planchas de acero navales soldadas.

### **3.2.2.3 Metodología para el mantenimiento predictivo**

En esta última parte se enfatizó en el requerimiento del mantenimiento predictivo con tres pruebas básicas. Uno de estos análisis y sin duda el de mayor importancia es el de aceites denominado SOS por Caterpillar, adjunto a esto se sugirió la frecuencia de la toma de las muestras en los diferentes sistemas de la maquinaria.

El segundo y último ensayo recomendado es el de tintas penetrantes que se realiza con un spray fluorescente rociado en la pieza sometida a desgaste severo.

### **3.2.3 PROCESO PARA LA INCORPORACIÓN DE UN CAMIÓN DE SERVICIO TÉCNICO PARA LA MAQUINARIA EN REFINERÍA**

Luego de definida la función de este camión, se le propuso a la compañía comprar el móvil y se recomendó equiparlo con tanques de aceite, compresor,

reservorio de aceite quemado, algunos repuestos y herramientas, además de dotarlo con dos técnicos de mantenimiento.

### **3.2.4 METODOLOGÍA PARA ESTABLECER PARÁMETROS BÁSICOS DE SEGURIDAD EN EL TALLER**

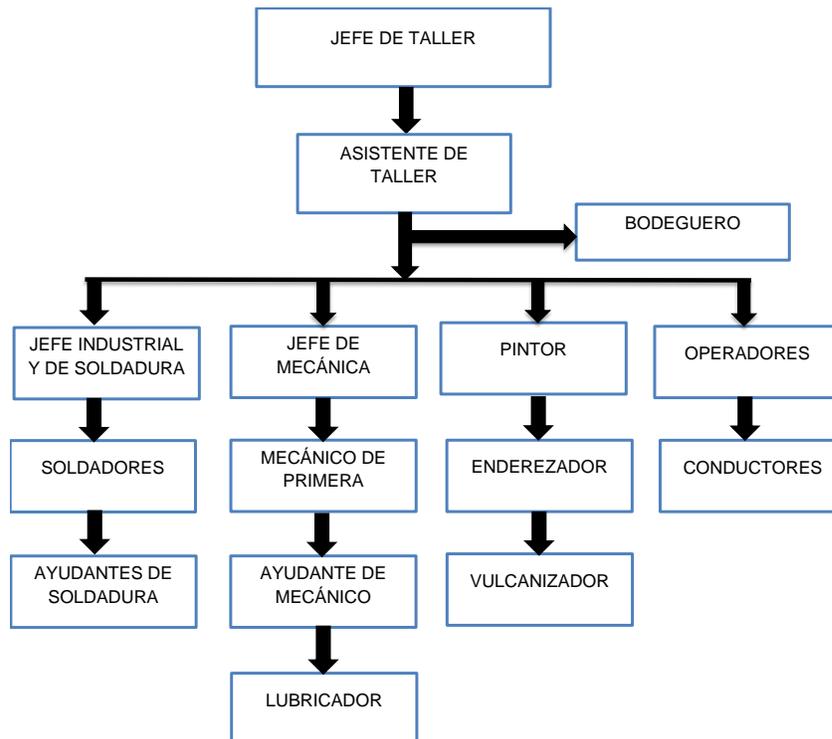
Para las recomendaciones de seguridad en el taller de maquinaria pesada, se basó en incidentes y experiencias de riesgos observadas en el área de mantenimiento.

## 4. PROPUESTA DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

### 4.1 PROPUESTA ADMINISTRATIVA

#### 4.1.1 ORGANIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL PERSONAL

La asistencia técnica del departamento de mantenimiento quedó conformado por: un jefe de taller, jefe de mecánica, tres mecánicos de primera, cinco ayudantes de mecánica, un lubricador, un vulcanizador, un pintor, un enderezador, un jefe de soldadura, dos soldadores, dos ayudantes de soldadores y un bodeguero; el respectivo organigrama se puede apreciar jerárquicamente a continuación en la figura 34.



**Figura 34.** Organigrama del departamento de mantenimiento TCR  
(Autor)

El departamento de mantenimiento es el responsable de establecer métodos para emprender los trabajos de reparación, recopilación, procesamiento de la información y la formulación de informes, además establecer un historial de fallas, definir presupuestos relacionados al mantenimiento y proveer los stocks a utilizarse.

#### 4.1.2 EQUIPO CAMINERO EN REFINERÍA

La compañía dispone de los siguientes equipos para la preparación del terreno en la construcción de la Refinería del Pacífico; los mismos que se describen en las Tablas 8 y 9.

**Tabla 8.** Listado de máquinas en refinería

TIPO	MARCA	MODELO	AÑO	CÓDIGO
Excavadora	Cat	336D	2013	TCR-EX-09
Excavadora	Cat	350 LC	2012	TCR-EX-04
Rodillo Compac	Bomag	BW219DH4	2013	TCR-RC-09
Rodillo Compac	Bomag	BW219DH4	2013	TCR-RC-10
Rodillo Compac	Bomag	BW219DH4	2013	TCR-RC-11
Motoniveladora	Cat	140H	2012	TCR-MV-04
Motoniveladora	Cat	140HC	2011	TCR-MV-05
Motoniveladora	Cat	140K	2013	TCR-MV-07
Motoniveladora	Cat	140K	2012	TCR-MV-08
Retroexcavadora	Cat	416E	2012	TCR-RX-03
Retroexcavadora	Cat	416E	2012	TCR-RX-02
Retroexcavadora	Cat	416E	2012	TCR-RX-05
Retroexcavadora	Cat	422E	2011	TCR-RX-06
Retroexcavadora	Cat	416E	2013	TCR-RX-07
Tractor de orugas	Cat	D7R	2012	TCR-TO-01

Continúa

TIPO	MARCA	MODELO	AÑO	CÓDIGO
Tractor de orugas	Cat	D6K	2012	TCR-TO-02
Tractor de orugas	Cat	D6T	2012	TCR-TO-04
Tractor de orugas	Komatsu	C65EX-16	2013	TCR-TO-05
Tractor de orugas	Komatsu	C65EX	2013	TCR-TO-06
Cargadora frontal	Cat	966H	2012	TCR-CF-03

(Autor)

**Tabla 9.** Listado de volquetes en refinería.

TIPO	MARCA	MODELO	AÑO	CÓDIGO	PLACAS
Volquete	International	7600	2011	TCR-02-10	MAN 613
Volquete	International	7600	2011	TCR-02-11	MAN 614
Volquete	International	7600	2011	TCR-02-12	MAN 612
Volquete	International	7600	2012	TCR-02-14	MAA 1950
Volquete	International	7600	2012	TCR-02-15	MAA 1887
Volquete	International	7600	2012	TCR-02-16	MAA 1888
Volquete	International	7600	2012	TCR-02-17	MBB 5408
Volquete	International	7600	2012	TCR-02-19	MBB 5373
Volquete	Mack	GU813E	2013	TCR-02-20	MBB 5365
Volquete	Mack	GU813E	2013	TCR-02-21	MBA 7647
Volquete	Mack	GU813E	2013	TCR-02-22	MBA 7646
Volquete	Mack	GU813E	2013	TCR-02-23	MBB 5377
Volquete	Mack	GU813E	2013	TCR-02-24	MBB 5375
Volquete	Mack	GU813E	2013	TCR-02-25	MBB 5369
Volquete	International	7600	2013	TCR-02-26	MBB 5424
Volquete	Mack	GU813E	2013	TCR-02-27	MBB 5419
Volquete	International	7600	2013	TCR-02-29	MBB 5422
Volquete	International	7600	2013	TCR-02-30	MBB 5423

(Autor)

### 4.1.3 CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

La codificación de equipos se encuentra compuesta por las iniciales de la compañía en este caso (TCR), seguido de la abreviación del tipo de máquina (MV= Motoniveladora) y finalmente se coloca el número de secuencia en que ha sido adquirida la maquinaria (04) tal como se muestra en el ejemplo de la figura 35.



**Figura 35.** Nueva codificación para motoniveladora (Autor)

### 4.1.4 COMPONENTES CRÍTICOS DE LOS SISTEMAS EN EL EQUIPO

Los elementos críticos se los determinó por cada sistema ya sea en volquetes o maquinarias.

**Tabla 10.** Elementos críticos en el equipo pesado

<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTE</b>
Transmisión	Embrague
	Convertidor de par
	Eje Cardan
	Diferencial
	Mando Final
	Toma Fuerza
Hidráulico	Válvulas
	Cañerías
	Bomba
	Depósito de aceite
	Aceite
Neumático	Pulmones
	Cañerías
	Depósito de aire Comprimido
	Válvulas
Frenos	Zapatas
	Tambor
	Cañerías
	Líquido de frenos
Eléctrico	Motor de arranque
	Alternador
	Batería
	Fusible
Electrónico	Relays
	Sensores
	Actuadores
Inyección de combustible	ECU
	Filtros
	Bomba de alta presión
	Bomba de Transferencia
	Separador de agua
	Inyectores
Válvula dosificadora	

Continúa

SISTEMA	COMPONENTE
Lubricación	Cárter
	Bomba de aceite
	Cañerías
	Filtro
	Válvula Limitadora de presión
Refrigeración	Radiador
	Ventilador
	Termostato
	Refrigerante
	Cañerías
	Bomba de agua
Admisión de Aire	Válvulas Admisión
	Válvulas de escape
	Empaque cabezote
	Balancines
	Seguros
	Muelles
	Levas
	Taques
Sobrealimentación	Turbocompresor
	Intercooler
Herramienta	Corte
	Desgarradores
	Pernos
	Tuercas
Rodaje	Cadena de orugas
	Llantas
	Rodillo
Dirección	Bomba
	Cañerías
	Válvula de regulación
	Caja de dirección
	Terminales
Suspensión	Amortiguadores
	Paquete de Resortes
	Perno guía
	Montura

(Autor)

Esta información acerca de los componentes críticos de cada sistema es complementaria al registro de reparaciones y reemplazos de elementos registrados anteriormente con el fin de tener antecedentes y mantener una base de repuestos.

#### 4.1.5 ALMACENAMIENTO EN LAS BODEGAS

Para el almacenamiento se propuso limpiar las bodegas y organizar todos los insumos de acuerdo al tipo de material que contengan.

##### 4.1.5.1 Bodega de aceite

En esta bodega se organizaron los siguientes aceites de acuerdo al uso como está en la siguiente tabla 11, sin olvidar el refrigerante y la grasa multipropósito.

**Tabla 11.** Tipos y marcas de aceite en bodega.

ACEITE		
MARCA	TIPO	USO
SHELL	15W40	Motor diésel
CAT	SAE 10W	Hidráulico, transmisiones y mandos finales
CAT	SAE 30	Hidráulico, transmisiones y mandos finales
CAT	SAE 40	Volteo
CAT	SAE 50	Hidráulico, transmisiones y mandos finales

(Autor)

Por su parte los filtros se ordenaron de acuerdo a la marca y tipo del equipo, sea este volquete o maquinaria. Debido a que no se encontró los filtros y aceite se procedió a ingresar al sistema para contabilizarlos y algunos que ya no

constaban en bodega se les dieron de baja en el inventario. En cuanto al registro de consumo de aceites se lo realizó con los mantenimientos del mes de abril del presente año como se lo considera en la tabla 12.

**Tabla 12.** Registro de aceite del mes de abril

		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.							
		REPORTE DE ACEITE ABRIL 2013							
FECHA	PLACA	CHOFER	MARCA	TIPO DE ACEITE (Lt)					KMS / HRS
				15W40	SAE 40	SAE 50	SAE 10	85W140	
1/4/2013	TCR-TO-02	TCR	TEXACO	24					3.013
	TCR-MV-05	TCR	TEXACO	28					
	TCR-MV-05	TCR	CATERPILLAR			16			6.855
	TCR-MV-05	TCR	CATERPILLAR				36		
	TCR-TO-04	TCR	TEXACO	30					
	TCR-TO-04	TCR	CATERPILLAR			35			1.481
	TCR-TO-04	TCR	CATERPILLAR				27		
	TCR-MV-07	TCR	TEXACO	24					2.014
3/4/2013	TCR-MV-02	TCR	TEXACO	20					20.913
	TCR-TO-01	TCR	CATERPILLAR			44			136.722
4/4/2013	TCR-TO-01	TCR	TEXACO	30					-
	TCR-RX-06	TCR	TEXACO	7					-
9/4/2013	TCR-RX-06	TCR	CATERPILLAR				30		-
	TCR-RX-07	TCR	TEXACO	12					7.050
10/4/2013	TCR-RX-07	TCR	TEXACO					20	-
	TCR-RC-08	TCR	TEXACO		10				1.188
11/4/2013	TCR-RC-08	TCR	CATERPILLAR				15		-
	TCR-02-20	TCR	TEXACO	40					14.507
19/4/2013	TCR-02-18	TCR	TEXACO	40					24.492
20/04/2013	TCR-MV-04	TCR	TEXACO	28					7.083
	TCR-TO-04	TCR	TEXACO	30					1.715
	TCR-MV-08	TCR	TEXACO	24					1.715
23/04/2013	TCR-TO-02	TCR	TEXACO	24					3.214
	TCR-02-16	TCR	TEXACO	44					139.093
	TCR-02-26	TCR	TEXACO	44					-
	TCR-TO-07	TCR	TEXACO	9					-
24/04/2013	TCR-TO-05	TCR	TEXACO	30					1.218
	TCR-02-25	TCR	TEXACO	40					12.082
	TCR-02-25	TCR	TEXACO		20				12.082
25/04/2013	TCR-MV-08	TCR	CATERPILLAR				30		-
26/04/2013	TCR-02-12	TCR	TEXACO	44					252.593
27/04/2013	TCR-02-29	TCR	SHELL	44					11.596
	TCR-02-19	TCR	SHELL	40					16.811
30/04/2013	TCR-RO-12	TCR	TEXACO	10					492
	TCR-RO-08	TCR	TEXACO	10					821
	TCR-02-15	TCR	TEXACO	44					131.537
	TCR-MV-02	TCR	TEXACO	20					7.142
<b>TOTAL</b>				<b>740</b>	<b>30</b>	<b>95</b>	<b>138</b>	<b>20</b>	<b>LITROS</b>
				<b>195.51</b>	<b>7.93</b>	<b>25.10</b>	<b>36.46</b>	<b>5.28</b>	<b>GALONES</b>

(Autor)

Los resultados obtenidos se pueden evidenciar en galones y litros para cada tipo de aceite.

#### 4.1.5.2 Bodega de neumáticos

Los neumáticos de los volquetes indicados en la tabla 13, se ubicaron en la bodega de acuerdo al equipo.

**Tabla 13.** Tipos y marcas de neumáticos en bodega

<b>NEUMÁTICOS</b>		
<b>MARCA</b>	<b>APLICACIÓN</b>	<b>TIPO DE EQUIPO</b>
<b>Continental</b>	Lisas y tracción	Cabezal, volqueta, máquinas
<b>Michelin</b>	Lisas y tracción	Cabezal, volqueta, máquinas
<b>Bridgestone</b>	Lisas y tracción	Cabezal, volqueta, máquinas
<b>Barum</b>	Tracción	Plataformas, cama baja, contenedor
<b>Ling Long</b>	Tracción	Plataformas, cama baja, contenedor
<b>Maxxis</b>	Tracción	Plataformas, cama baja, contenedor

(Autor)

De igual manera se ingresa al software todas las llantas para registrarlos en stock, así mismo, se descarga del sistema los neumáticos que ya han salido para otras máquinas.

El registro mensual de consumo de neumático se observa en la siguiente tabla 14.

**Tabla 14. Registro de neumáticos**

		REPORTE MENSUAL DE CAMBIO DE NEUMÁTICOS FLOTA VEHÍCULOS / MAQUINARIAS TCR						
PROYECTO REFINERÍA DEL PACÍFICO								
RESPONSABLE							N ° 0001	
INFORMACIÓN LLANTAS				INFORMACIÓN FLOTA				
Fecha	Cantidad	Marca	Medidas	Placa / Código	Chofer / Operador	kms./ hrs	Posición	
							Delantera	Traseras
05/06/2013	8	CONTINENTAL	295X80R22.5	TCR-02-20	TCR	15532		8
05/07/2013	2	BARUM	295X80R22.5	TCR-02-17	TCR	19387	2	
05/07/2013	10	CONTINENTAL	295X80R22.5	TCR-02-12	TCR	12956	2	8
05/10/2013	4	CONTINENTAL	295X80R22.5	TCR-02-30	TCR	28962		4
05/13/2013	2	BARUM	295X80R22.5	TCR-02-14	TCR	25132	2	
05/14/2013	6	CONTINENTAL	1300	TCR-MV-102	TCR	12336	2	4
05/15/2013	4	MAXXIS	1400	TCR-MV-07	TCR	2569		4
05/17/2013	4	MAXXIS	1400	TCR-MV-05	TCR	8562		4
05/27/2013	6	CONTINENTAL	1300	TCR-MV-08	TCR	5394	2	4
05/27/2013	2	CONTINENTAL	295X80R22.5	TCR-02-21	TCR	10998		2
05/28/2013	2	BARUM	295X80R22.5	TCR-02-34	TCR	31745	2	
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>						<b>12</b>	<b>38</b>

(Autor)

El rendimiento de neumáticos se puede evidenciar en la siguiente tabla 15.

**Tabla 15. Registro de rendimiento de llantas**

		RENDIMIENTO DE NEUMÁTICOS DE FLOTA VEHÍCULOS / MAQUINARIAS TCR					
PROYECTO REFINERÍA DEL PACÍFICO							
RESPONSABLE						N ° 0001	
Código	Conductor	km montaje	Fecha montaje	km desmontaje	Fecha desmontaje	Cantidad	Marca
TCR-02-20	TCR	0	30/01/2013	15.532	05/06/2013	8	Bridgestone
TCR-02-17	TCR	0	19/11/2013	19.387	05/07/2013	2	Michellin

(Autor)

Los resultados se observan con azul después de haber restado el km de desmontaje menos el km de montaje.

#### **4.1.5.3 Bodega de repuestos**

En esta bodega se organizó una percha para los repuestos de IIASA, mientras que los demás se establecieron en repisas de acuerdo a las otras marcas. Cabe destacar que la descarga de repuestos en el sistema se la realiza para evitar sobrecargar el inventario.

#### **4.1.6 MANUALES DE MANTENIMIENTO**

En las instalaciones del taller de maquinaria pesada de la empresa, se adecuó un espacio como biblioteca, en la cual se archivan todos los manuales de partes, rendimiento, operación y mantenimiento, guías de las máquinas, volquetes y cabezales. Debido al desorden de la misma se organizó de tal forma que todo lo antes mencionado se lo encuentre por tipo y modelo de equipo.

#### **4.1.7 ANÁLISIS ORGANIZACIONAL**

Se analizó en consenso con los directivos de Ciudad Rodrigo las siguientes Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) en el mantenimiento de las máquinas y volquetes del proyecto antes mencionado.

##### **4.1.7.1 Fortalezas**

- Buena capacidad de reacción, rapidez y pericia ante fallos imprevistos del equipo caminero.
- Excelente capacidad de aprendizaje de los técnicos sobre las nuevas tecnologías en maquinaria pesada.

- Responsabilidad y puntualidad en cada una de sus actividades encomendadas.

#### **4.1.7.2 Oportunidades**

- Los operadores y técnicos de mantenimiento de los talleres obtienen capacitaciones sobre manejo defensivo, primeros auxilios, seguridad, operaciones y gestión de mantenimiento.
- Adquisición de mejores equipos de seguridad, herramientas para poder realizar sus labores con mayor eficiencia salvaguardando su integridad física.

#### **4.1.7.3 Debilidades**

- Carencia de una verdadera organización estructural y funcional dentro de los talleres es decir no existe un departamento de mantenimiento estructurado.
- Existe poca mano de obra calificada en la compañía y falta de gestión de mantenimiento del equipo pesado por lo que no pueden aprobar para el ingreso a la refinería.
- No se llevan registros documentados de varios aspectos del equipo, horas de trabajo, etc.

#### **4.1.7.4 Amenazas**

- Personal técnico desmotivados por las exigentes jornadas y condiciones de trabajo.
- Costos elevados de repuestos por falta de programación.

- Que las demás compañías subcontratadas del proyecto, ocupen la plaza que van dejando las máquinas de Ciudad Rodrigo por prolongados tiempos muertos por mantenimientos correctivos.
- Accidentes e incidentes laborales dentro del área del proyecto que ocasionan severas multas a la empresa.

#### 4.1.8 FICHAS DE REGISTRO DE INFORMACIÓN

Estos documentos son propuestos para recolectar información de situaciones específicas de las máquinas y volquetes.

##### 4.1.8.1 Ficha para inventario del equipo

Toda la información recolectada a continuación en la tabla 16, es de utilidad para el ingreso de la máquina al inventario de la compañía.

**Tabla 16.** Registro de inventario de equipo

				
		<b>CIA CIUDAD RODRIGO C.A.</b>		
		<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>		
<b>FICHA PARA INVENTARIO</b>				
<b>MÁQUINA</b>		x	<b>VOLQUETE</b>	
<b>FABRICANTE</b>	<b>PROVEEDOR</b>	<b>TIPO Y MODELO</b>	<b>COSTO</b>	<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>
Caterpillar	IASA	Excavadora 336 D	336000	2013
<b>ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO</b>				
<b>FECHA DE ADQUISICIÓN</b>	<b>GARANTÍA</b>	<b>MANUALES Y HERRAMIENTAS</b>	<b>SERIE</b>	<b>CÓDIGO</b>
02/11/2013	1 año con horometro libre	Si	CAT336KRGL	TCR-EX-12

(Autor)

#### 4.1.8.2 Ficha de orden de trabajo

En el siguiente registro mostrado en la tabla 17, se establece como crear una orden de trabajo para el desarrollo de cualquier tipo de mantenimiento, en especial el correctivo.

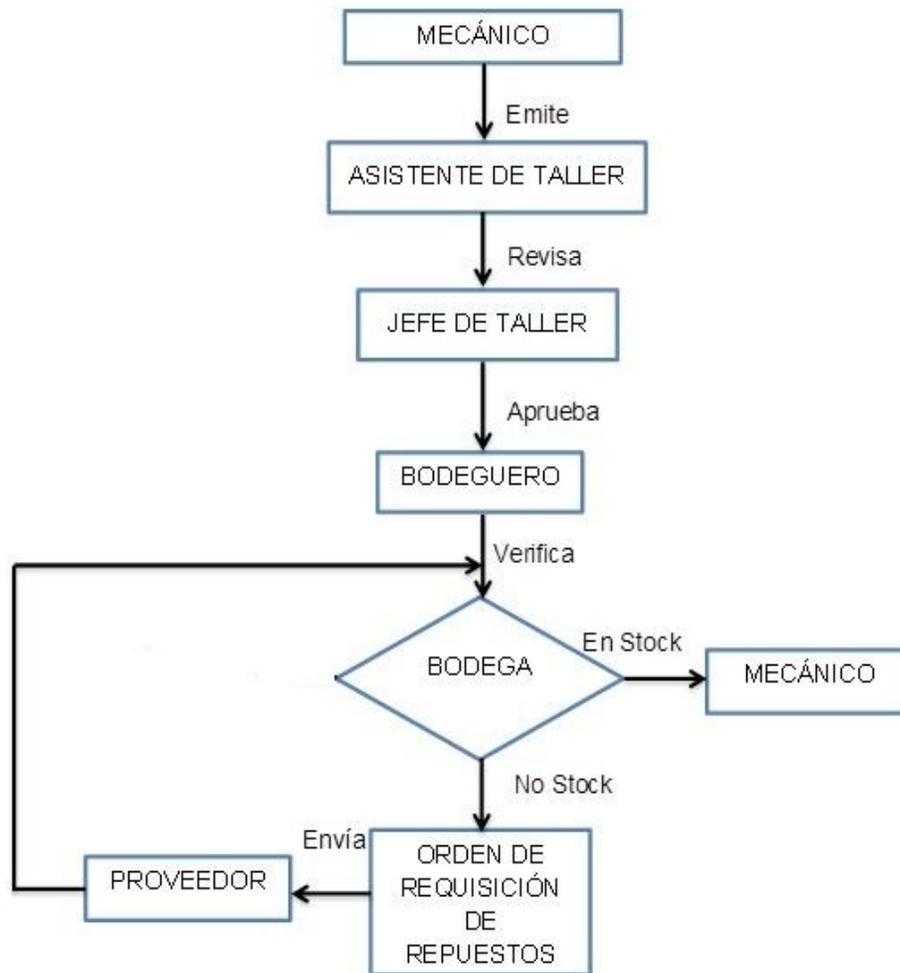
**Tabla 17.** Registro de orden de trabajo

		<b>CIA CIUDAD RODRIGO C.A.</b>	
		<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>	
<b>ORDEN DE TRABAJO N°</b>	1		
<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	02/11/2013	<b>HORA</b>	08H00 am
<b>FECHA DE PROGRAMACIÓN</b>	<b>FECHA DE INICIO</b>	<b>FECHA FINAL</b>	
02/12/2013	14/02/2013	13/02/2013	
<b>EQUIPO</b>		<b>HORAS / KILOMETRAJE</b>	
Volquete Mack TCR-02-34		20.000 km	
<b>TAREAS</b>			
Cambio de retenedores de las 2 ruedas externas del segundo eje			
Cambio de raches de frenos			
Cambio de tambor y zapatas de freno			
Cambio de paquetes de resortes delanteros (hoja madre)			
<b>DATOS ADICIONALES</b>			
Enlantar			
Alinear y balancear			
<b>MATERIALES / REPUESTOS / HERRAMIENTAS:</b>			
Loctite, WD-40			
Retenedores, zapatas revestidas, tambor nuevo, raches nuevos, pulmones nuevos			
Gatas hidráulicas, juego de llaves, cadena, pistola neumática			
<b>PERSONAL REQUERIDO:</b>			
<b>OBSERVACIONES GENERALES:</b>		<b>OBSERVACIONES DE SEGURIDAD:</b>	
<b>EMITE</b>	<b>REVISAR</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>DESPACHA</b>
Mecánico	Asistente de taller	Jefe de taller	Bodeguero

(Autor)

#### 4.1.8.2.1 Flujograma del proceso de la orden de trabajo

Este procedimiento es el adecuado para que fluya de manera correcta la orden de trabajo como lo demuestra la figura 36.



**Figura 36.** Flujograma de la orden de trabajo (Autor)

Aunque este proceso expuesto anteriormente es el más favorable para que se desarrolle la orden de trabajo, existen ocasiones en las que se debe obviar el proceso, ya sea por emergencia y rapidez de las circunstancias de trabajo; pero cuando pasa la urgencia, se debe registrar y constatar las aprobaciones,

revisiones por el jefe y asistente del taller, además de comprobar que el mantenimiento fue realizado y que los repuestos fueron reemplazado, etc.

#### 4.1.8.3 Ficha de la solicitud de repuestos y materiales

Con esta ficha expuesta en la tabla 18, se determina la forma de registrar la solicitud de repuestos y materiales de una forma formal.

**Tabla 18.** Registro de solicitud de repuesto

		<b>CIA CIUDAD RODRIGO C.A.</b>			
		<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>			
<b>SOLICITUD DE MATERIALES Y REPUESTOS</b>					
<b>COMPRA:</b>	x		<b>BODEGA:</b>		
<b>SOLICITUD DE MATERIAL N.</b>	1	<b>FECHA</b>	30/03/2013		
<b>ORDEN DE TRABAJO N.</b>	1	<b>EQUIPO</b>	Tractor D7R (TCR-TO-01)		
<b>SE DESPACHA A</b>	Mecánico	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO</b>	Correctivo		
<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>SOLICITADO</b>	<b>ENTREGADO</b>
149-2612	Relays	1	Sistema eléctrico	Bodeguero	Mecánico
7T-8890	Alternador	1			
9X-3064	Lámparas	1			

(Autor)

#### 4.1.8.4 Ficha de características técnicas del equipo

Este registro que se muestra a continuación en la tabla 19, contiene las especificaciones técnicas del equipo para ser utilizado en los mantenimientos o pedido de repuestos.

**Tabla 19.** Registro de especificaciones del equipo

		<b>CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.</b>			
		<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>			
<b>FICHA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO N. 1</b>					
<b>MAQUINARIA</b>	Motoniveladora	<b>MODELO:</b>	140k		
<b>MARCA</b>	Caterpillar	<b>SERIE MOTOR</b>	JNZDCON5156		
<b>CILINDRADA</b>	439 pulg <sup>3</sup>	<b>AÑO</b>	2013	<b>SERIE DE CHASIS</b>	CAT140KJH2451
<b>MARCA DEL MOTOR</b>	Caterpillar C7	<b>POTENCIA DEL MOTOR</b>	208 HP	<b>VELOCIDAD</b>	2000 Rpm

(Autor)

#### 4.1.8.5 Historial de reparaciones y averías

Con este registro se puede almacenar la información de todas las fallas y averías de cada máquina con sus respectivas reparaciones, como se lo puede observar en la tabla 20.

**Tabla 20.** Registro de averías y reparaciones

	<b>CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.</b>			
	<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>			
	<b>HISTORIAL DE REPARACIONES Y AVERÍAS # 6</b>			
	<b>MARCA Y MODELO:</b> CARGADORA FRONTAL 966H			
<b>SERIE:</b>				
<b>FECHA</b>	<b>SISTEMA AFECTADO</b>	<b>TRABAJO EFECTUADO</b>	<b>PARTES REPARADAS O NUEVAS</b>	<b>TIEMPO MUERTO (HRS)</b>
Marzo	Herramienta	Cambio de puntas	Cucharón	0,50
Marzo	Hidráulico	Cambio de cañería	Manguera cucharón	1,00
Marzo	Hidráulico	Arreglo de cañería	Abrazadera de la manguera del enfriador de la transmisión	0,25
Marzo	Eléctrico	Cambio de swicht	Swicht de paso de corriente	0,50
Marzo	Eléctrico	Cambio del chispiador de parabrisas	Bomba chispiadora de agua	1,00
Marzo	Eléctrico	Cambio de relay	Motor eléctrico elevador de capot	1,00
Marzo	Eléctrico	Cambio de luces	Luces	0,25
Marzo	Eléctrico	Cambio de fusibles	Halógenos	0,25
Marzo	Eléctrico	Cargar batería	Batería	0,25
Marzo	Electrónico	Código de falla	Sensores del motor	2,00
Marzo	Electrónico	Cambio de indicador de temperatura de aceite	Indicador de temperatura de aceite	2,00

(Autor)

#### 4.1.8.6 Ficha de control de paros

Con esta última ficha se detalla la fecha de inicio y final de cada reparación para conocer el tiempo que se emplea en todo el mantenimiento, en especial el correctivo. Para mayor información observar la tabla 21.

**Tabla 21. Registro de control de paros**

		<b>CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.</b>			
		<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>			
<b>FICHA DE CONTROL DE PAROS N 1</b>					
<b>EQUIPO</b>	Retroexcavadora 422E		<b>HORÓMETRO</b>	2000 Horas	
<b>CODIGO</b>	TCR-RX-07				
<b>TIEMPO MUERTO</b>	<b>MOTIVO</b>	<b>FECHA</b>		<b>FIRMAS</b>	
		<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>	<b>OPERADOR</b>	<b>MECÁNICO</b>
216hrs	Arreglo de Bomba hidráulica y grupo de válvulas	25/03/2013	04/03/2013	Pedro Cevallos	Cat

(Autor)

#### **4.1.9 CÁLCULOS DE INDICADORES Y RENDIMIENTOS**

Los siguientes cálculos muestran la realidad del mantenimiento en campo del proyecto antes mencionado.

##### **4.1.9.1 Consumo y rendimiento de combustible**

Para obtener los rendimientos tanto en lts/hrs y m<sup>3</sup>/hrs, se ingresó los datos de fechas, cantidad y número de horas, como se considera en la tabla 22.

**Tabla 22. Reporte de combustible de tractor D7R**

		REPORTE DIARIO DE COMBUSTIBLE TRACTOR D7R							
		Código	TCR-TO-01		Bomba	-	Responsable	Ciudad Rodrigo	
Fecha	Cantidad gls	Hora	Unidad	Kms/Hrs	Recorrido	gls/h	m³/h	m³/gl	Destino
06/01/2013	102,30	15h42	hrs	5249,50	0,00	0,00	0,00	0,00	RDP
06/02/2013	92,40	14h19	hrs	5258,30	8,80	10,50	186,79	17,79	RDP
06/04/2013	100,60	00h40	hrs	5266,70	8,40	11,98	213,05	17,79	RDP
06/04/2013	68,50	15h20	hrs	5273,10	6,40	10,70	190,40	17,79	RDP
06/04/2013	62,10	22h10	hrs	5278,50	5,40	11,50	204,58	17,79	RDP
06/05/2013	130,50	15h13	hrs	5290,80	12,30	10,61	188,74	17,79	RDP
06/06/2013	90,00	10h23	hrs	5302,80	12,00	7,50	133,42	17,79	RDP
06/06/2013	82,70	14h00	hrs	5307,10	4,30	19,23	342,14	17,79	RDP
06/06/2013	70,20	21h55	hrs	5314,60	7,50	9,36	166,51	17,79	RDP
06/06/2013	43,50	10h00	hrs	5325,90	11,30	3,85	68,48	17,79	RDP
<b>Total Llenado</b>	<b>842,80</b>	<b>Total Rendimientos</b>			<b>76,40</b>	<b>9,52</b>	<b>169,41</b>	<b>17,79</b>	RDP

(Autor)

Primero se procedió a calcular el recorrido restando los horómetros:

$$5258.30 \text{ h} - 5249.50 \text{ h} = 8.80 \text{ h}$$

Luego se dividió la cantidad de galones para el recorrido del equipo con esa tanqueada y como resultado se tiene el rendimiento en gls/, ver a continuación.

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{92.40\text{gl}}{8.80\text{h}}$$

$$\text{RENDIMIENTO} = 10.5 \text{ gls/h}$$

Después, con una regla de tres simple se obtuvo el rendimiento en m³/h, como se muestra en el ejemplo presentado en la tabla 23.

**Tabla 23. Condiciones para el cálculo y rendimiento del combustible**

EQUIPO	CAPACIDAD AL RAS	ACARREO DE MATERIAL	FACTOR DE CARGA	RENDIMIENTO APROXIMADO	
Tractor de Orugas Cat D7R II	9.2 m³	(180 - 600)m	Alta	9.50 gls/hrs	169 m³/hrs

(Autor)

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{10.50 \text{ gls/h} * 169 \text{ m}^3/\text{h}}{9.50 \text{ gls/h}}$$

$$\text{RENDIMIENTO} = 186.78 \text{ m}^3/\text{h}$$

El último rendimiento se determinó con otra regla de tres:

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{1 \text{ gls/h} * 186.79 \text{ m}^3/\text{h}}{10.50 \text{ gls/h}}$$

$$\text{RENDIMIENTO} = 17.78 \text{ m}^3/\text{gl}$$

#### 4.1.9.2 Cálculos del indicador OEE

El siguiente cálculo se realizó con datos reales del mes de marzo del presente año con respecto al tiempo real trabajado, tomando en cuenta el siguiente horario de operación en la tabla 24.

**Tabla 24.** Horario de trabajo de los equipos

<b>Lunes - Jueves</b>	<b>24h</b>	<b>07am – 19pm</b>	<b>19pm – 07am</b>
<b>Viernes - Domingo</b>	12h	07am – 19pm	Libre

(Autor)

##### 4.1.9.2.1 Cálculo de disponibilidad

El cálculo se realizó sólo con el tractor de orugas (D7R) TCR-TO-01, en la siguiente tabla 25 se muestra la disponibilidad de este equipo por semana.

**Tabla 25.** Disponibilidad teórica del equipo

<b>TIEMPO TOTAL DISPONIBLE</b>	
<b>1era Semana</b>	132 horas
<b>2da Semana</b>	132 horas
<b>3ra Semana</b>	132 horas
<b>4ta Semana</b>	132 horas
<b>TOTAL</b>	<b>528 horas</b>

(Autor)

En Marzo, el horómetro de inicio fue de 708h y el final de 1123h lo que dio como resultado 415 hrs operadas. A continuación en la tabla 26 se observa el tiempo real operado.

**Tabla 26.** Disponibilidad real del equipo

<b>TIEMPO REAL TRABAJADO</b>	
<b>1era Semana</b>	103.75 horas
<b>2da Semana</b>	100.75 horas
<b>3ra Semana</b>	105.25 horas
<b>4ta Semana</b>	105.25 horas
<b>TOTAL</b>	<b>415 horas</b>

(Autor)

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{TIEMPO REAL TRABAJADO}}{\text{TIEMPO TOTAL DISPONIBLE}} * 100$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{415 \text{ h}}{528 \text{ h}} * 100$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = 0.78 * 100$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = 78.59\%$$

#### 4.1.9.2.2 Cálculos del flujo

En la siguiente tabla 27, se encuentran las condiciones para el cálculo de producción.

**Tabla 27.** Condiciones para la producción del equipo

EQUIPO	CAPACIDAD AL RAS	ACARREO DE MATERIAL	PRODUCCIÓN POR HORA
Tractor de Orugas Cat D7R II	9.2 m <sup>3</sup>	(250 - 800)m	140 m <sup>3</sup> /Hrs

(Autor)

$$\text{PRODUCCIÓN TOTAL} = \text{HORAS DISPONIBLES} * \text{PRODUCCIÓN/HORAS}$$

$$\text{PRODUCCIÓN TOTAL} = 415\text{hrs} * 140\text{m}^3/\text{h}$$

$$\text{PRODUCCIÓN TOTAL} = 58100\text{m}^3/\text{h}$$

Una vez conocida la producción bruta, la disponibilidad y el flujo máximo en la tabla 28 se procedió a calcular el flujo de la producción.

**Tabla 28.** Datos del flujo de la producción

TOTAL PRODUCCIÓN BRUTA MARZO	58100m <sup>3</sup>
FLUJO MÁXIMO	208m <sup>3</sup> /h
TIEMPO REAL TRABAJADO	415h

(Autor)

$$\text{FLUJO} = \frac{\text{PRODUCCIÓN BRUTA TOTAL}}{\text{FLUJO MAX} * \text{TIEMPO REAL TRABAJADO}}$$

$$\text{FLUJO} = \frac{58100 \text{ m}^3/\text{h}}{\frac{208 \text{ m}^3}{\text{h}} * 415 \text{ h}} * 100$$

$$\text{FLUJO} = 0.67 * 100$$

$$\text{FLUJO} = 67.30\%$$

#### 4.1.9.2.3 Cálculos del rendimiento

En el caso del rendimiento, se calculó sin problema debido a que se conoce una producción real y se estima una producción teórica programada.

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{PRODUCCIÓN REAL TOTAL}}{\text{PRODUCCIÓN PROGRAMADA TOTAL}} * 100$$

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{58100 \text{ m}^3/\text{h}}{90000 \text{ m}^3/\text{h}} * 100$$

$$\text{RENDIMIENTO} = 0.64 * 100$$

$$\text{RENDIMIENTO} = 64.55\%$$

Y por último se efectuó el cálculo general de la siguiente manera:

$$\text{OEE} = \text{DISPONIBILIDAD} * \text{FLUJO} * \text{RENDIMIENTO}$$

$$\text{OEE} = 0.78 * 0.67 * 0.64$$

$$\text{OEE} = 0.33$$

El **OEE** total fue de 0.33, lo cual significa que es un valor inaceptable dentro de los parámetros de mantenimiento, en consecuencia existen pérdidas económicas significativas.

Pero al interpretar cada uno de los subindicadores se observa que la disponibilidad es regular, por lo tanto, los valores que decrecen el OEE es el flujo y rendimiento, lo que indica que el factor de mantenimiento no está influyendo deliberadamente en la baja producción, son probablemente otras causas relacionadas con los otros subindicadores que influyen en el OEE.

#### 4.1.9.3 Cálculo del indicador de fiabilidad

Tiempo promedio entre fallas (TPEF) del mes de abril como se muestra en la tabla 29.

**Tabla 29.** Datos para el cálculo la fiabilidad del equipo

MÁQUINA	MES	TIEMPO DE OPERACIÓN	# DE FALLAS
RETROEXCAVADORA CAT 416E	ENERO	116 hrs	5
	FEBRERO	114 hrs	10
	MARZO	120 hrs	3
	ABRIL	118 hrs	4

(Autor)

$$\text{TPEF} = \frac{\text{TIEMPO DE OPERACIÓN}}{\# \text{ DE FALLAS DETECTADAS}}$$

$$\text{TPEF} = \frac{118 \text{ hrs}}{4}$$

$$\text{TPEF} = 29.5 \text{ Horas.}$$

#### 4.1.9.4 Cálculo del indicador de mantenibilidad

Promedio de tiempo de reparación (TPPR) correspondió al mes de marzo como se puede ver en la tabla 30.

**Tabla 30.** Datos para el cálculo de la mantenibilidad del equipo

MÁQUINA	MES	TIEMPO TOTAL DE FALLAS	# DE FALLAS
MOTONIVELADORA CAT 140H	ENERO	15 hrs	5
	FEBRERO	48 hrs	10
	MARZO	10 hrs	3
	ABRIL	6 hrs	4

(Autor)

$$\mathbf{TPPR} = \frac{\mathbf{TIEMPO\ TOTAL\ DE\ FALLAS}}{\mathbf{\# DE FALLAS DETECTADAS}}$$

$$\mathbf{TPPR} = \frac{10\ \text{hrs}}{3}$$

$$\mathbf{TPPR} = 3.33\ \text{horas.}$$

#### 4.1.9.5 Cálculo de indicador de accidentabilidad

A continuación en la tabla 31 se exponen datos para el cálculo de dicho indicador.

**Tabla 31.** Datos para el cálculo de la accidentabilidad del equipo

MÁQUINA	MES	TIEMPO DE OPERACIÓN	# ACCIDENTES
CARGADORA FRONTAL CAT 966 H	ENERO	125 hrs	2
	FEBRERO	119 hrs	0
	MARZO	122 hrs	0
	ABRIL	129 hrs	0

(Autor)

$$\mathbf{ACCIDENTABILIDAD} = \frac{\mathbf{\# DE ACCIDENTES}}{\mathbf{TIEMPO DE OPERACIÓN}} * 100$$

$$\mathbf{TPPR} = \frac{2}{125\ \text{hrs}} * 100$$

$$\mathbf{TPPR} = 0.016 * 100 = 1.6\%$$

#### 4.1.9.6 Resultado de todos los cálculos de consumos y rendimientos.

Los resultados totales de los indicadores y rendimientos se pueden considerar en la tabla 32.

**Tabla 32.** Resultados globales de consumos, rendimientos e indicadores

RESULTADOS DE CÁLCULOS																	
CONSUMO DE ACEITES (gls)					CONSUMO DE LLANTAS (UND)			CONSUMO Y RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE				OEE			FIABILIDAD	MANTENIBILIDAD	ACCID.
15W40	SAE 40	SAE 50	SAE 10	85W140	CONTIN.	BARUM	MAXXIS	TCR-TO-01				DISPON.	FLUJO	REND.	TPEF (hrs)	TPPR (hrs)	%
								TOTAL (gl)	gls / hrs	m <sup>3</sup> /hrs	m <sup>3</sup> /gl						
195,51	7,93	25,10	36,46	5,28	36	6	8	842,80	9,52	169,41	17,79	0,78	0,67	0,64	29,5	3,33	1,6
<b>270,28</b>					<b>50</b>							<b>0,33</b>					

(Autor)

## 4.2 PROPUESTA TÉCNICA

### 4.2.1 ESTADO TÉCNICO DEL EQUIPO EN REFINERÍA

En esta parte del plan de mantenimiento se recopila información del estado de cada sistema por cada tipo de equipo por medio de un checklist. Desde las tablas 33 hasta 39 se puede observar el estado técnico por tipo de maquinarias.

**Tabla 33.** Estado técnico del tractor Cat D7R

			
FICHA DEL ESTADO TÉCNICO DEL EQUIPO			
RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO			
Jefe de taller			
TIPO DE MÁQUINA	MARCA	MODELO	SERIAL
Tractor de Orugas	Caterpillar	D7R	BRM00918
CARACTERÍSTICAS			
DATOS DE LA PLACA			
MOTOR		NUMERACIÓN	
MARCA	SERIE	PLACA	CÓDIGO
Caterpillar	-	-	TCR-TO-04
MANUAL DE OPERACIONES	MANUAL DE MMTO	REPUESTOS	PLANOS
Si	Si	-	Si
ESTADO TÉCNICO			
SISTEMAS	OBSOLETO	REGULAR	BUENO
Motor Diésel			X
Sist. Tren de potencia			X
Sist. Alimentación Combustible			X
Sist. Eléctrico			X
Sist. Electrónico		X	
Sist. Hidráulico			X
Sist. Neumático			X
Sist. Tren de rodaje		X	
Observación			

(Autor)

**Tabla 34.** Estado técnico de la cargadora frontal Cat 966H

	<b>FICHA DEL ESTADO TÉCNICO DEL EQUIPO</b>		
	<b>RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO</b>		
	Jefe de taller		
<b>TIPO DE MÁQUINA</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIAL</b>
Cargadora	Caterpillar	966H	RXZ00453
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>DATOS DE LA PLACA</b>			
<b>MOTOR</b>		<b>NUMERACIÓN</b>	
<b>MARCA</b>	<b>SERIE</b>	<b>PLACA</b>	<b>CÓDIGO</b>
Caterpillar	-	-	TCR-CF-03
<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>MANUAL DE MMTO</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>PLANOS</b>
Si	Si	-	Si
<b>ESTADO TÉCNICO</b>			
<b>SISTEMAS</b>	<b>OBSOLETO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>BUENO</b>
Motor diésel			X
Sist. Tren de potencia			X
Sist. Alimentación Combustible			X
Sist. Eléctrico			X
Sist. Electrónico		X	
Sist. Hidráulico		X	
Sist. Neumático			X
Sist. Tren de rodaje			X
Observación			

(Autor)

**Tabla 35.** Estado técnico rodillo compactador Bomag

	<b>FICHA DEL ESTADO TÉCNICO DEL EQUIPO</b>		
	<b>RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO</b>		
	Jefe de taller		
<b>TIPO DE MÁQUINA</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIAL</b>
Rodillo compactador vibrador	Bomag	BW 219 DH-4	AET00382
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>DATOS DE LA PLACA</b>			
<b>MOTOR</b>		<b>NUMERACIÓN</b>	
<b>MARCA</b>	<b>SERIE</b>	<b>PLACA</b>	<b>CÓDIGO</b>
Bomag	-	-	TCR-RC-09
<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>MANUAL DE MMTO</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>PLANOS</b>
Si	Si	-	Si
<b>ESTADO TÉCNICO</b>			
<b>SISTEMAS</b>	<b>OBSOLETO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>BUENO</b>
Motor diésel			X
Sist. Tren de potencia			X
Sist. Alimentación Combustible		X	
Sist. Eléctrico		X	
Sist. Electrónico		X	
Sist. Hidráulico			X
Sist. Neumático			X
Sist. Tren de rodaje			X
Observación			

(Autor)

**Tabla 36.** Estado técnico de la excavadora Komatsu PC 350

	<b>FICHA DEL ESTADO TÉCNICO DEL EQUIPO</b>		
	<b>RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO</b>		
	Jefe de taller		
<b>TIPO DE MÁQUINA</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIAL</b>
Excavadora	Komatsu	PC 350	AFAL02645
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>DATOS DE LA PLACA</b>			
<b>MOTOR</b>		<b>NUMERACIÓN</b>	
<b>MARCA</b>	<b>SERIE</b>	<b>PLACA</b>	<b>CÓDIGO</b>
Caterpillar	-	-	TCR-EX-09
<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>MANUAL DE MMT0</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>PLANOS</b>
Si	Si	-	Si
<b>ESTADO TÉCNICO</b>			
<b>SISTEMAS</b>	<b>OBSOLETO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>BUENO</b>
Motor diésel			X
Sist. Tren de potencia			X
Sist. Alimentación Combustible			X
Sist. Eléctrico			X
Sist. Electrónico			X
Sist. Hidráulico			X
Sist. Neumático			X
Sist. Tren de rodaje			X
Observación			

(Autor)

**Tabla 37.** Estado técnico de la motoniveladora Cat 140H

	<b>FICHA DEL ESTADO TÉCNICO DEL EQUIPO</b>		
	<b>RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO</b>		
	Jefe de taller		
<b>TIPO DE MÁQUINA</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIAL</b>
Motoniveladora	Caterpillar	140HC	CXZH02289
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>DATOS DE LA PLACA</b>			
<b>MOTOR</b>		<b>NUMERACIÓN</b>	
<b>MARCA</b>	<b>SERIE</b>	<b>PLACA</b>	<b>CÓDIGO</b>
Caterpillar	-	-	TCR-MV-05
<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>MANUAL DE MMT0</b>	<b>REPUESTOS</b>	<b>PLANOS</b>
Si	Si	-	Si
<b>ESTADO TÉCNICO</b>			
<b>SISTEMAS</b>	<b>OBSOLETO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>BUENO</b>
Motor diésel			X
Sist. Tren de potencia			X
Sist. Alimentación Combustible		X	
Sist. Eléctrico			X
Sist. Electrónico			X
Sist. Hidráulico			X
Sist. Neumático			X
Sist. Tren de rodaje			X
Observación			

(Autor)

**Tabla 38.** Estado técnico de una retroexcavadora Cat 416E

	FICHA DEL ESTADO TÉCNICO DEL EQUIPO		
	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO		
	Jefe de taller		
TIPO DE MÁQUINA	MARCA	MODELO	SERIAL
Retroexcavadora	Caterpillar	416E	SHA07208
CARACTERÍSTICAS			
DATOS DE LA PLACA			
MOTOR		NUMERACIÓN	
MARCA	SERIE	PLACA	CÓDIGO
Caterpillar	-	-	TCR-RX-05
MANUAL DE OPERACIONES	MANUAL DE MMT0	REPUESTOS	PLANOS
Si	Si	-	Si
ESTADO TÉCNICO			
SISTEMAS	OBSOLETO	REGULAR	BUENO
Motor diésel			X
Sist. Tren de potencia			X
Sist. Alimentación Combustible		X	
Sist. Eléctrico		X	
Sist. Electrónico			X
Sist. Hidráulico			X
Sist. Neumático		X	
Sist. Tren de rodaje			X
Observación			

(Autor)

**Tabla 39.** Estado técnico de un volquete International

	FICHA DEL ESTADO TÉCNICO DEL EQUIPO		
	RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO		
	Jefe de taller		
TIPO DE MÁQUINA	MARCA	MODELO	SERIAL
Volquete	Mack	GU813E	21525
CARACTERÍSTICAS			
DATOS DE LA PLACA			
MOTOR		NUMERACIÓN	
MARCA	SERIE	PLACA	CÓDIGO
Mack	-	MBB 5365	TCR-02-20
MANUAL DE OPERACIONES	MANUAL DE MMT0	REPUESTOS	PLANOS
Si	Si	-	Si
ESTADO TÉCNICO			
SISTEMAS	OBSOLETO	REGULAR	BUENO
Motor diésel			X
Sist. Tren de potencia			X
Sist. Alimentación Combustible			X
Sist. Eléctrico		X	
Sist. Electrónico			X
Sist. Hidráulico			X
Sist. Neumático			X
Sist. Tren de rodaje			X
Observación			

(Autor)

## 4.2.2 CALIFICACIÓN DEL ESTADO TÉCNICO

Se determinó el porcentaje cuantitativo de los sistemas de todos los equipos como observamos en la tabla 41, pero con base en los criterios de la tabla 40, los mismos que se calculan a partir de una valoración y mediante el siguiente procedimiento. Se multiplica la cantidad de aspectos evaluados como buenos, por 1; los evaluados como regulares, por 0,80; los evaluados como malos, por 0,60. Luego, se suman todos estos productos y el resultado se divide entre la cantidad de aspectos evaluados. El resultado anterior se multiplica por 100, y se obtiene el índice que permite evaluar según los criterios el estado técnico del equipo en su conjunto.

**Tabla 40.** Estado del equipo

<b>BUENO</b>	<b>(90 -100) %</b>
<b>REGULAR</b>	<b>(75 - 89) %</b>
<b>MALO</b>	<b>(50 - 74) %</b>

(Gómez de León, 1998)

**Tabla 41.** Calificación del estado técnico

EQUIPO	SISTEMAS	# SISTEMAS	VALORES PARA SIST. BUENOS	VALORES PARA SIST. REGULARES	PRODUCTO	SUMA	# SISTEMAS EN TOTAL	COSIENTE	%	TOTAL																																																																																										
TRACTOR DE ORUGAS	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96																																																																																										
	Regulares	2		0.80	1.6						CARGADORA FRONTAL	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96	Regulares	2		0.80	1.6	RODILLO COMPACTADOR	Buenos	7	1		7	9.40	10	0.94	100	94	Regulares	3		0.80	2.4	EXCAVADORA	Buenos	10	1		10	10.00	10	1	100	100	Regulares	0		0.80	0	MOTONIVELADORA	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96	Regulares	2		0.80	1.6	RETROEXCAVADORA	Buenos	7	1		7	9.40	10	0.94	100	94	Regulares	3		0.80	2.4	VOLQUETE	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100
CARGADORA FRONTAL	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96																																																																																										
	Regulares	2		0.80	1.6						RODILLO COMPACTADOR	Buenos	7	1		7	9.40	10	0.94	100	94	Regulares	3		0.80	2.4	EXCAVADORA	Buenos	10	1		10	10.00	10	1	100	100	Regulares	0		0.80	0	MOTONIVELADORA	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96	Regulares	2		0.80	1.6	RETROEXCAVADORA	Buenos	7	1		7	9.40	10	0.94	100	94	Regulares	3		0.80	2.4	VOLQUETE	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96	Regulares	2		0.80	1.6										
RODILLO COMPACTADOR	Buenos	7	1		7	9.40	10	0.94	100	94																																																																																										
	Regulares	3		0.80	2.4						EXCAVADORA	Buenos	10	1		10	10.00	10	1	100	100	Regulares	0		0.80	0	MOTONIVELADORA	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96	Regulares	2		0.80	1.6	RETROEXCAVADORA	Buenos	7	1		7	9.40	10	0.94	100	94	Regulares	3		0.80	2.4	VOLQUETE	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96	Regulares	2		0.80	1.6																										
EXCAVADORA	Buenos	10	1		10	10.00	10	1	100	100																																																																																										
	Regulares	0		0.80	0						MOTONIVELADORA	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96	Regulares	2		0.80	1.6	RETROEXCAVADORA	Buenos	7	1		7	9.40	10	0.94	100	94	Regulares	3		0.80	2.4	VOLQUETE	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96	Regulares	2		0.80	1.6																																										
MOTONIVELADORA	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96																																																																																										
	Regulares	2		0.80	1.6						RETROEXCAVADORA	Buenos	7	1		7	9.40	10	0.94	100	94	Regulares	3		0.80	2.4	VOLQUETE	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96	Regulares	2		0.80	1.6																																																										
RETROEXCAVADORA	Buenos	7	1		7	9.40	10	0.94	100	94																																																																																										
	Regulares	3		0.80	2.4						VOLQUETE	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96	Regulares	2		0.80	1.6																																																																										
VOLQUETE	Buenos	8	1		8	9.60	10	0.96	100	96																																																																																										
	Regulares	2		0.80	1.6																																																																																															

(Autor)

### 4.2.3 NIVELES DE MANTENIMIENTO

Los niveles de mantenimiento están establecidos como se detalla en la tabla 42.

**Tabla 42.** Niveles, frecuencias y actividades de cada nivel de mantenimiento

NIVELES DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	ACTIVIDADES Y TAREAS
Mantenimiento continuo	Diariamente	Revisar niveles y realizar una inspección visual del equipo.
Mantenimiento rutinario	Intervenciones regulares a lo largo de la vida útil del equipo	Engrase cambios de aceite y filtros lubricación y engrase.
Mantenimiento Preventivo	De 2 a 6 meses	Revisiones sistemáticas en búsqueda de fallas y averías en componentes y accesorios.
Mantenimiento predictivo	Cada 250 horas	Análisis de aceites y tintas penetrantes.
Mantenimiento correctivo	Cada 6 meses	Reparar o cambiar.

(Autor)

#### 4.2.3.1 Mantenimiento correctivo

Para empezar a diseñar una propuesta técnica para el equipo pesado en mención, se debe empezar a recopilar todos los datos de las reparaciones, cambio de componentes y reconstrucciones de los últimos meses para establecer la criticidad de elementos en cada uno de los sistemas de las maquinarias y volquetes. Mediante el formato de reparaciones y averías expuesto anteriormente se registra todo tipo de mantenimiento correctivo por tipo de máquina, como se expondrá a continuación desde la tabla 43 hasta la 49.

**Tabla 43.** Historial de los rodillos compactadores Cat y Bomag

				
	<b>CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.</b>			
	<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>			
<b>HISTORIAL DE REPARACIONES Y AVERÍAS # 5</b>				
<b>MARCA Y MODELO:</b>	RODILLO COMPACTADOR			
<b>SERIE:</b>				
<b>FECHA</b>	<b>SISTEMA AFECTADO</b>	<b>TRABAJO EFECTUADO</b>	<b>PARTES REPARADAS O NUEVAS</b>	<b>TIEMPO MUERTO (HRS)</b>
Febrero	Eléctrico	Cambio de bombillo	Lámparas	0.25
Febrero	Refrigeración	Ajuste de cañería	Manguera	0.50
Febrero	Refrigeración	Cambio de tapa del radiador	Tapa de radiador	0.25
Febrero	Eléctrico	Cambio de breaker	Breaker	0.25
Febrero	Eléctrico	Cambio de luces	Luces	0.25
Febrero	Eléctrico	Cambio de fusibles	Halógenos	0.25
Marzo	Electrónico	Código de fallas	Motor	2.00
Marzo	Hidráulico	Cambio de cañerías	Mangueras de la bomba del rodillo	1.00

(Autor)

**Tabla 44. Historial de las motoniveladoras Cat**

	<b>CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.</b>			
	<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>			
	<b>HISTORIAL DE REPARACIONES Y AVERÍAS # 1</b>			
	<b>MARCA Y MODELO: MOTONIVELADORAS 140k, 140H, 140HC</b>			
<b>SERIE:</b>				
<b>FECHA</b>	<b>SISTEMA AFECTADO</b>	<b>TRABAJO EFECTUADO</b>	<b>PARTES REPARADAS O NUEVAS</b>	<b>TIEMPO MUERTO (HRS)</b>
Febrero	Refrigeración	Cambio de cañerías	Mangueras de refrigerante	0,5
Febrero	Refrigeración	Flushing al radiador	Radiador	72
Febrero	Hidráulico	Cambio de o'ring	Refrigeración	1
Febrero	Hidráulico	Cambio de cañerías	Mangueras	1
Febrero	Herramienta	Soldadura de círculo de la hoja	Círculo de la hoja	96
Febrero	Herramienta	Cambio de rótulas	Cilindro de la hoja del círculo	3
Febrero	Herramienta	Cambiar rótulas	Barra de tiro	3
Febrero	Herramienta	Cambio de cuchilla	Hoja de corte	1,5
Febrero	Herramienta	Cambio de puntas	Desgarrador	1
Febrero	Eléctrico	Cambio de fusibles	Halógenos	0,25
Febrero	Eléctrico	Cambio de bombillos	Luces	0,25
Febrero	Eléctrico	Cambio de batería	Batería	0,25
Marzo	Eléctrico	Cambio de licuadora	Licuadora	0,25
Marzo	Eléctrico	Cambio de fusibles	Pito de retro	0,25
Marzo	Electrónicos	Detectar código de falla	Motor	1
Marzo	Rodaje	Arreglo de tubo	Llanta	0,50

(Autor)

**Tabla 45.** Historial de las excavadoras Cat y Komatsu

	<b>CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.</b>			
	<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>			
	<b>HISTORIAL DE REPARACIONES Y AVERIAS # 2</b>			
	<b>MARCA Y MODELO: EXCAVADORAS 336D Y KOMATSU 350LC</b>			
<b>SERIE:</b>				
FECHA	SISTEMA AFECTADO	TRABAJO EFECTUADO	PARTES REPARADAS O NUEVAS	TIEMPO MUERTO (HRS)
Febrero	Eléctrico	Cambio de motor de arranque	Motor de arranque	3
Febrero	Eléctrico	Cambio de bombillos	Luces	0.25
Febrero	Eléctrico	Cambio de luces	Luces	0.25
Febrero	Eléctrico	Cambio de fusibles	Halógenos	0.25
Marzo	Eléctrico	Cambio de licuadora	Licuadora	0.25
Marzo	Eléctrico	Cambio de batería	Batería	0.25
Marzo	Refrigeración	Baqueteado de radiador	Radiador	2
Marzo	Refrigeración	Cambio de cañerías	Manguera del radiador	0.50
Marzo	Refrigeracion	Cambio de enfriador	Radiador	3
Marzo	Admisión de aire	Calibración de válvulas	Cabezote	1
Marzo	Electrónicos	Detectar código de falla	motor	1
Marzo	Rodaje	Cambio de resorte tensor	Cadena	240

(Autor)

**Tabla 46.** Historial de las retroexcavadoras Cat

	<b>CIA. CUIDAD RODRIGO C.A.</b>			
	<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>			
	<b>HISTORIAL DE REPARACIONES Y AVERÍAS # 3</b>			
	<b>MARCA Y MODELO:</b> RETROEXCAVADORA 422E Y 416E			
<b>SERIE:</b>				
<b>FECHA</b>	<b>SISTEMA AFECTADO</b>	<b>TRABAJO EFECTUADO</b>	<b>PARTES REPARADAS O NUEVAS</b>	<b>TIEMPO MUERTO (HRS)</b>
Febrero	Herramienta	Cambio de graseros	Pines del cucharón	1,00
Febrero	Eléctrico	Cambio de fusibles	Cucharón trasero	0,50
Febrero	Rodaje	Arreglo de tubo	Llantas	0,50
Febrero	Eléctrico	Cambio de motor de arranque	Motor de arranque	3,00
Febrero	Eléctrico	Cambio de bombillos	Luces	0,25
Febrero	Eléctrico	Cambio de luces	Luces	0,25
Febrero	Eléctrico	Cambio de fusibles	Halógenos	0,25
Marzo	Eléctrico	Cambio de licuadora	Licuadora	0,25
Marzo	Eléctrico	Cambio de batería	Batería	0,25
Marzo	Herramienta	Cambio de puntas	Cucharón	1,00
Marzo	Refrigeración	Cambio de cañerías	Mangueras del radiador	0,50
Marzo	Hidráulico	Cambio de cañerías	Mangueras del grupo posterior	1,00

(Autor)

**Tabla 47.** Historial de los tractores Cat y Komatsu

	<b>CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.</b>			
	<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>			
	<b>HISTORIAL DE REPARACIONES Y AVERÍAS # 4</b>			
	<b>MARCA Y MODELO:</b> TRACTOR DE ORUGAS D7R, D6T, D6K, C65EX			
<b>SERIE:</b>				
<b>FECHA</b>	<b>SISTEMA AFECTADO</b>	<b>TRABAJO EFECTUADO</b>	<b>PARTES REPARADAS O NUEVAS</b>	<b>TIEMPO MUERTO (HRS)</b>
Febrero	Refrigeración	Cambio de cañerías	Manguera del radiador	0.50
Febrero	Rodaje	Templar cadena	Cadena	0.50
Febrero	Herramienta	Cambio de graseros	Pines del buldozer	1.00
Marzo	Eléctrico	Cambio de masa	Motor de arranque	3.00
Marzo	Eléctrico	Cambio de bombillos	Luces	0.25
Marzo	Eléctrico	Cambio de luces	Luces	0.25
Marzo	Eléctrico	Cambio de fusibles	Halógenos	0.25
Marzo	Eléctrico	Cambio de licuadora	Licuadora	0.25
Marzo	Hidráulico	Cambio de cañerías	Mangueras del grupo bulldozer	1.00
Marzo	Electrónico	Código de fallas	Motor	2.00
Marzo	Accesorio	Cambio de cañerías	Cambio de manquera de A/C	0.25

(Autor)

**Tabla 48.** Historial de la cargadora frontal Cat

	<b>CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.</b>			
	<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>			
	<b>HISTORIAL DE REPARACIONES Y AVERÍAS # 6</b>			
<b>MARCA Y MODELO:</b>	CARGADORA FRONTAL 966H			
<b>SERIE:</b>				
<b>FECHA</b>	<b>SISTEMA AFECTADO</b>	<b>TRABAJO EFECTUADO</b>	<b>PARTES REPARADAS O NUEVAS</b>	<b>TIEMPO MUERTO (HRS)</b>
Marzo	Herramienta	Cambio de puntas	Cucharón	0,50
Marzo	Hidráulico	Cambio de cañería	Manguera cucharón	1,00
Marzo	Hidráulico	Arreglo de cañería	Abrazadera de la manguera del enfriador de la transmisión	0,25
Marzo	Eléctrico	Cambio de swicht	Swicht de paso de corriente	0,50
Marzo	Eléctrico	Cambio del chispiador de parabrisas	Bomba chispiadora de agua	1,00
Marzo	Eléctrico	Cambio de relay	Motor eléctrico elevador de capot	1,00
Marzo	Eléctrico	Cambio de luces	Luces	0,25
Marzo	Eléctrico	Cambio de fusibles	Halógenos	0,25
Marzo	Eléctrico	Cargar batería	Batería	0,25
Marzo	Electrónico	Código de falla	Sensores del motor	2,00
Marzo	Electrónico	Cambio de indicador de temperatura de aceite	Indicador de temperatura de aceite	2,00

(Autor)

**Tabla 49.** Historial de los volquetes Mack e International.

				
<b>CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.</b>				
<b>DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>				
<b>HISTORIAL DE REPARACIONES Y AVERÍAS # 7</b>				
<b>MARCA Y MODELO:</b>		VOLQUETES MACK E INTERNATIONAL		
<b>SERIE:</b>				
<b>FECHA</b>	<b>SISTEMA AFECTADO</b>	<b>TRABAJO EFECTUADO</b>	<b>PARTES REPARADAS O NUEVAS</b>	<b>TIEMPO MUERTO (HRS)</b>
Febrero	Hidráulico	Cambio de retenedor del cilindro	Retenedor de aceite	24.00
Febrero	Hidráulico	Ajuste de la bomba de volteo	Abrazaderas	0.25
Marzo	Hidráulico	Cambio de toma fuerza	toma fuerza	3.00
Marzo	Hidráulico	Cambio de Bomba	Bomba de volteo	1.00
Marzo	Rodaje	Cambiar retenedor de la rueda	Retenedor de aceite	2.00
Marzo	Rodaje	Arreglo de tubo	Llanta	0.25
Marzo	Rodaje	Cambio de Prisionero	Prisionero de la rueda	2.00
Marzo	Suspensión	Arreglo de paquete de resorte	Cambio de hojas del paquete	2.00
Marzo	Suspensión	Cambio de monturas	Monturas del paquete	1.00
Marzo	Neumático	Cambio de pulmones	Pulmones	0.50
Marzo	Neumático	Cambio de válvulas	Válvulas de aire	2.00
Marzo	Neumático	Ajuste de mangueras del compresor	Mangueras de aire	1.00
Marzo	Neumático	Soldadura del tanque de aire	Compresor	1.00
Marzo	Neumático	Arreglo de seguros	Sistema de ganchos de la compuerta	1.00
Marzo	Refrigeración	Cambio de cañerías	Mangueras de refrigerante	0.25
Marzo	Sobrealimentación	Cambio de turbo	Turbocompresor	1.00
Marzo	Frenos	Regulación raches	Raches	0.25
Marzo	Eléctrico	Cambio de luces	Luces	0.25
Marzo	Eléctrico	Cambio de fusibles	Halógenos	0.25
Marzo	Eléctrico	Cargar batería	Batería	0.25

(Autor)

Luego del registro de la mayoría de las reparaciones de los componentes a la maquinaria de refinería, se toma en consideración los elementos críticos de cada equipo ya antes descritos y como última acotación se verifica en el sistema de inventario si existen los repuestos en stock para que en el momento que haya detenciones por mantenimiento correctivo no se invierta tiempo en la búsqueda de piezas para las máquinas y volquetes.

#### **4.2.3.2 Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento está basado netamente en los manuales de los fabricantes, desde las tablas 50 hasta la 63 se presentan las rutinas de mantenimiento, capacidades de llenado de los reservorios y viscosidad de los aceites para cada equipo.

**Tabla 50. Mantenimiento preventivo del tractor Cat D7R**

	CUANDO SEA NECESARIO		10 HORAS		50 HORAS		250 HORAS		500 HORAS		1000 HORAS		2000 HORAS		3000 HORAS		6000 HORAS		12000 HORAS		
	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	
TRACTOR DE ORUGA	Cuchillas y cantoneras	Inspeccionar / Reemplazar	Alarma de retroceso	Probar	Nivel del aceite del eje pivote	Comprobar	Luz de las válvulas del motor	Comprobar / Ajustar	Muestra del refrigerante del sistema de enfriamiento	Obtener	Batería	Inspeccionar	Aceite de los mandos finales	Cambiar	Termostato de agua del sistema de enfriamiento	Reemplazar	Prolongador de refrigerante de larga duración para sistemas de enfriamiento	Anadir	Refrigerante del sistema de enfriamiento	Cambiar	
	Elemento primario del filtro de aire del motor	Limpiar / Reemplazar	Frenos, indicadores y medidores	Comprobar	Varillaje y cojinetes del cilindro del desgarrador	Lubricar	Nivel del electroito de la batería	Revisar	Muestra de aceite de los mandos finales	Obtener	Aceite de los mandos finales	Cambiar	Luz de las válvulas del motor	Comprobar / Ajustar							
	Elemento secundario del filtro de aire del motor	Reemplazar	Filtro de la cabina (aire fresco)	Limpiar / Inspeccionar / Reemplazar	Pasadores de cadena	Revisar	Correas	Inspeccionar / Ajustar / Reemplazar	Muestra de aceite del sistema hidráulico	Obtener	Cojinetes de los cilindros de levantamiento	Lubricar	Rota válvulas del motor	Inspeccionar							
	Cilindro del auxiliar de arranque con éter	Reemplazar	Filtro de la cabina (recirculación)	Limpiar / Inspeccionar / Reemplazar				Muestra de aceite del motor	Obtener	Muestra de aceite del sistema de transmisión	Obtener	Estructura de protección contra vuelcos y estructura de protección contra objetos que caen	Inspeccionar	Aceite del sistema hidráulico	Cambiar						
	Sistema de combustible	Cebar	Nivel de refrigerante del sistema de enfriamiento	Comprobar				Nivel de aceite de los pasadores de extremos de la barra compensadora	Comprobar	Respiradero del Carter	Limpiar	Rejilla de barrido del convertidor de par	Limpiar	Guía del bastidor de rodillos inferiores	Inspeccionar						
	Agua y sedimentos del tanque de combustible	Drenar	Prefiltro de aire del motor	Limpiar				Mando del ventilador	Lubricar	Aceite y filtro del motor	Cambiar	Respiradero de la transmisión	Limpiar	Muestra del refrigerante del sistema de enfriamiento	Obtener						
	Fusibles y disyuntores	Reemplazar / Amar	Nivel de aceite de motor	Medir				Nivel de aceite de los mandos finales	Comprobar	Filtro secundario del sistema de combustible	Reemplazar	Rejilla magnética de la transmisión	Limpiar								
	Filtro de aceite	Inspeccionar	Separador de agua del sistema de combustible	Drenar				Cadena	Comprobar / Ajustar	Separador de agua del sistema de combustible	Reemplazar el componente	Aceite del sistema de la transmisión y rejillas	Cambiar y limpiar								
	Núcleo del radiador	Limpiar	Nivel de aceite del sistema hidráulico	Comprobar				Rodillos del cable del cabrestante	Lubricar	Filtro y colador de la tapa del combustible	Reemplazar / Limpiar	Aceite y respiradero del cabrestante	Limpiar / Cambiar								
	Tapa de presión del radiador	Limpiar / Reemplazar	Nivel de aceite del sistema de la transmisión	Comprobar						Filtro de aceite del sistema hidráulico	Reemplazar										
	Protector de vástago y punta de desgarrador	Inspeccionar / Reemplazar	Nivel de aceite del cabrestante	Comprobar						Nivel de aceite del compartimiento del resorte tensor	Comprobar										
	Deposito del lavaparabrisas	Llenar								Filtro de aceite del sistema de la transmisión	Reemplazar										
	Ventanas	Limpiar								Limpiaparabrisas	Inspeccionar / Reemplazar										

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

Tabla 51. Viscosidad de aceite para el tractor D7R

RESERVORIO/SISTEMA	VISCOSIDAD DEL ACEITE	°C	
		MIN	MAX
Mando final (caja de engranajes del diferencial) uso moderado	SAE 60	-7	50
	SAE 50	-15	32
	SAE 10W-30	-25	15
	TDO-TMS	-35	15
Mando final (caja de engranajes del diferencial) uso moderado	SAE 60	-25	50
	SAE 50	-33	14
	SAE 10W-30	-40	0
	TDTO-TMS	-40	0
Carter del motor	SAE 0W-20	-40	10
	SAE 0W30	-40	30
	SAE 0W40	-40	40
	SAE 5W30	-30	30
	SAE 5W40	-30	40
	SAE 10W30	-20	40
	SAE 10W40	-20	50
Servotransmisiones, transmisiones manuales, caja de engranaje del cabrestante	SAE 0W-20 <sup>3</sup>	-40	10
	SAE 0W30 <sup>3</sup>	-40	20
	SAE 5W30 <sup>3</sup>	-30	20
	SAE 10W-30	-20	10
	SAE 10W-30 <sup>4</sup>	0	35
	SAE 50 <sup>4</sup>	10	50
	TDTO-TMS	-10	43
Sistemas hidráulicos y sistemas del motor de desplazamiento	SAE 0W-20	-40	40
	SAE 0W30	-40	40
	SAE 5W30	-30	40
	SAE 5W40	-30	40
	SAE 10W-30	-20	40
	SAE 30	10	50
	SAE 10W30	-20	40
	SAE 15W40	-15	50
	Aceite caterpillar multiuso para tractores	-25	40
	Aceite hidráulico biodegradable (HEES)	-40	43
Unión del pasador de extremo de la barra compensadora, pasadores de cartucho de los	SAE 75W90	-30	40
	SAE 80W90	-20	40

Continúa

soportes basculantes y pasador de cadena	SAE 85W140	-10	50
	SAE 90	0	40
Resorte tensor del bastidor de rodillos y cojinete del eje pivote	SAE 0W20 <sup>3</sup>	-40	0
	SAE 0W30 <sup>3</sup>	-40	10
	SAE 5W20 <sup>3</sup>	-35	0
	SAE 10W-30	-30	0
	SAE 30	-20	25
	SAE 40	-10	40
	SAE 50	0	50
	TDTO-TMS <sup>5</sup>	-25	25
Ruedas guías y rodillos inferiores	SAE 30	-20	25
	SAE 40	-10	40
	SAE 5W40	-35	40
Ventilador de velocidad variable	SAE 0W40 <sup>7</sup>	-40	50
	SAE 5W40 <sup>7</sup>	-40	50
	SAE 30	-15	25
	SAE 50	-10	50

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

**Tabla 52. Mantenimiento preventivo de la motoniveladora Cat 140H**

SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	10 HORAS		50 HORAS		250 HORAS		500 HORAS		1000 HORAS		2000 HORAS		3000 HORAS		6000 HORAS	
		SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD
Roturas del cilindro de levantamiento de la hoja	Comprobar / Ajustar / Reemplazar	Humedad y sedimentos del tanque de aire	Drenar	Cojinetes de la articulación	Lubricar	Correas del alternador y del ventilador	Inspeccionar / Ajustar / Reemplazar	Respiradero del cárter	Limpiar	Estructura de protección en caso de vuelco (ROPS)	Inspeccionar	Aceite del mando del circuito	Cambiar	Refrigerante del sistema de enfriamiento	Cambiar	Refrigerante del sistema de enfriamiento	Cambia
Rotura del circuito desplazador del circuito	Comprobar/Ajustar/Reemplazar	Alarma de retroceso	Revisar	Cojinetes de oscilación del eje	Lubricar	Baterías	Recicar	Sistema de combustible	Cebat	Aceite de la transmisión y del diferencial	Cambiar	Juego de las válvulas del motor	Comprobar	Prolongador del refrigerante de larga duración para sistemas de refrigeración	Anadir		
Espacio libre para el circuito	Comprobar / Ajustar	Frenos, indicadores y medidores	Comprobar	Barra de traba del desplazador del circuito	Limpiar / Lubricar	Nivel del electrolito de la batería	Comprobar	Filtro primario del sistema de combustible	Limpiar / Reemplazar			Rotadores de las válvulas del motor	Inspeccionar	Termostato del agua	Reemplazar		
Nivel de aceite del mando del circuito	Comprobar	Parte superior del circuito	Lubricar	Rotura de la barra de tiro	Lubricar	Baterías, cables, interruptor general	Reemplazar	Filtro secundario del sistema de combustible	Reemplazar			Aceite del sistema hidráulico	Cambiar				
Disyuntores del circuito	Rearmar	Dientes del piñón del mando del circuito	Lubricar	Cojinetes del pivote de dirección	Lubricar	Rotura del cilindro de levantamiento de la hoja	Lubricar	Tapa y colador del tanque de combustible	Limpiar			Núcleo del radiador	Limpiar				
Cuchillas y cantoneras	Inspeccionar / Reemplazar	Nivel del refrigerante del sistema de enfriamiento	Comprobar	Cojinetes del cilindro del desgarrador	Lubricar	Sistema de frenos	Probar	Filtro de aceite del sistema de hidráulico	Reemplazar			Aceite del mando de tandem	Cambiar				
Juego axial de la articulación de rotula de la barra de tiro	Comprobar / Ajustar	Tapa de presión del sistema de enfriamiento	Limpiar / reemplazar	Rotura del establon de levantamiento del escarificador	Lubricar	Rotula del cilindro desplazado del circuito	Lubricar	Eje de mando de la bomba	Lubricar								
Elemento del filtro de aire primario del motor	Limpiar / Reemplazar	Nivel de aceite del motor	Comprobar	Inflado de los neumáticos	Comprobar	Aditivo de refrigerante del sistema de enfriamiento	Anadir	Filtro de aceite y rejillas de la transmisión y del diferencial	Reemplazar / Limpiar								
Elemento secundario del filtro de aire del motor	Reemplazar	Agua y sedimentos del tanque de combustible	Drenar	Cojinetes de la barra de inclinación de las ruedas	Lubricar	Muestra de aceite del motor	Obtener										
Indicador de servicio del filtro de aire del motor	Inspeccionar / Reemplazar	Nivel del aceite del sistema hidráulico	Comprobar	Cojinetes de la inclinación de las ruedas	Lubricar	Aceite y filtro de motor	Cambiar										
Prefiltro de aire del motor	Limpiar	Cinturón de seguridad	Inspeccionar	Cojinetes del cilindro de inclinación de las ruedas	Lubricar	Muestra de aceite del sistema hidráulico	Obtener										
Recalentamiento	Revisar nivel de refrigerante, limpiar radiador, Correas del alternador ajustar / reemplazar, limpiar radiador, reemplazar termostato.	Ventanas	Limpiar			Radiador	Limpiar										
Pérdida de potencia	Revisar el indicador del filtro de aire, drenar agua y sedimentos del tanque de combustible, filtro primario y secundario del sistema de combustible reemplazar.					Nivel de aceite del mando del tandem	Comprobar										
Cilindro auxiliar del arranque con éter	Reemplazar					Aceite del mando del tandem	Obtener una muestra										
Fusible	Reemplazar					Nivel de aceite de la transmisión y del diferencial	Comprobar										
Banda de desgaste de la ventileira	Inspeccionar / Ajustar / Reemplazar					Aceite de la transmisión y del diferencial	Obtener una muestra										
Filtro de aceite	Inspeccionar					Nivel de aceite del cojinete de la rueda (delanteras)	Comprobar										
Puntas del desgarrador	Inspeccionar / Reemplazar																
Dientes del escarificador	Inspeccionar / Reemplazar																
Deposito del lava parabrisas	llenar																
Limpaparabrisas	Inspeccionar / Reemplazar																

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

**Tabla 53.** Viscosidad de aceite para la motoniveladora Cat 140H

RESERVORIO/SISTEMA	VISCOSIDAD DEL ACEITE	°C	
		MIN	MAX
Transmisión, diferencial, mando tándem y cojinetes de la punta de ejes de las ruedas	SAE 0W20	-40	0
	SAE 0W30	-40	10
	SAE 5W30	-30	10
	SAE 10W	-30	0
	SAE 30	-25	25
	SAE 50	-15	50
	SAE 60	5	50
Mando del círculo	SAE 75W90	-30	40
	SAE 80W90	-20	40
	SAE 85W140	-10	50
	SAE 90	0	40
Cárter del motor	SAE 0W20	-40	10
	SAE 0W30	-40	30
	SAE 5W30	-30	30
	SAE 5W40	-30	40
	SAE 10W30	-20	40
	SAE 15W40	-15	50
Sistemas hidráulicos	SAE 0W20	-40	40
	SAE 0W30	-40	40
	SAE 5W30	-30	40
	SAE 5W40	-30	40
	SAE 10W	-20	40
	SAE 30	10	50
	SAE 10W30	-20	40
	SAE 15W40	-15	50
	Caterpillar MTO	-25	50
BIO HYDO-HEES	-25	43	

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

**Tabla 54. Mantenimiento preventivo de la retroexcavadora Cat 416**

RETROEXCAVADORA	CUANDO SEA NECESARIO		10 HORAS		50 HORAS		250 HORAS		500 HORAS		1000 HORAS		2000 HORAS		3000 HORAS		6000 HORAS		12000 HORAS	
	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD
	Batería o cable de batería	Inspeccionar / Reemplazar	Cojinetes de la pluma, del brazo, del cucharón y de los cilindros de la retroexcavadora	Lubricar	Filtro de la cabina (aire fresco)	Limpiar / Inspeccionar / Reemplazar	Muestra de aceite de motor	Obtener	Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento	Obtener	Juego de las válvulas del motor	Comprobar	Respiradero del cárter	Reemplazar	Termostato del sistema de enfriamiento	Limpiar / Reemplazar	Prolongador de refrigerante de larga duración (ELC) para el sistema de enfriamiento	Anadir	Refrigerante del sistema de enfriamiento (ELC)	Cambiar
	Cuchillas de cucharón	Inspeccionar / Reemplazar	Alarma de retroceso	Probar	Filtro de la cabina (recirculación)	Limpiar / Inspeccionar / Reemplazar	Respiraderos de los ejes	Limpiar / Reemplazar	Muestra de aceite del diferencial delantero	Obtener	Aceite del diferencial delantero	Cambiar	Aceite del sistema hidráulico	Cambiar	Cinturón	Reemplazar				
	Purttas de cucharón	Inspeccionar / Reemplazar	aceite del depósito	Comprobar	Agua y sedimentos del tanque de combustible	Drenar	Correas	Inspeccionar / Ajustar / Reemplazar	Muestra de aceite del diferencial trasero	Obtener	Aceite del diferencial trasero	Cambiar	Receptor - secador (refrigerante)	Reemplazar						
	Interior de la cabina	Limpiar	Sistema de frenos	Probar	Freno de estacionamiento	Comprobar / Ajustar	Nivel de aceite del diferencial (delantero)	Comprobar	Estrías del eje motriz	Lubricar	Aceite de los mandos finales delanteros	Cambiar	Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento	Obtener						
	Elemento primario del filtro de aire del motor	Limpiar / Reemplazar	Nivel del refrigerante del sistema de enfriamiento	Comprobar	Estabilizador	Limpiar / Inspeccionar	Nivel de aceite del diferencial (trasero)	Comprobar	Aceite y filtro del motor	Cambiar	Aceite de los mandos finales traseros	Cambiar								
	Elemento secundario del filtro de aire del motor	Reemplazar	Indicador de servicio del filtro de aire del motor	Inspeccionar			Tacos del brazo estabilizable	Inspeccionar / Ajustar	Muestra de aceite del mando final delantero	Obtener	Estructura de protección contra vuelcos	Inspeccionar								
	Prefiltro de aire del motor	Limpiar	Nivel de aceite del motor	Comprobar			Nivel de aceite del mando final (delantero)	Comprobar	Muestra de aceite del mando final delantero	Obtener	Rejilla magnética de la transmisión	Limpiar								
	Compartimiento del motor	Limpiar	Separador de agua del sistema de combustible	Drenar			Nivel de aceite de mandos finales (traseros)	Comprobar	Filtro y separador de agua del sistema de combustible	Reemplazar	Aceite de la transmisión	Cambiar								
	Fusibles	Reemplazar	Nivel de aceite del sistema hidráulico	Comprobar			Tacos de desgaste del estabilizador del desplazador lateral hidráulico	Inspeccionar	Filtro secundario del sistema de combustible	Reemplazar	Cojinetes de las ruedas delanteras	Lubricar								
	Filtro de aceite	Inspeccionar	Cojinetes del cucharón, del cilindro y del ventaje del cargador	Lubricar			Tacos de desgaste de los estabilizadores de desplazamiento lateral	Inspeccionar / Ajustar	Muestra de aceite hidráulico	Obtener										
	Núcleo del radiador	Limpiar	Cinturón de seguridad	Inspeccionar					Filtro de aceite del sistema hidráulico	Reemplazar										
	Deposito del lavaparabrisas	Llenar	Cojinetes del estabilizador y del cilindro	Lubricar					Filtro de aceite de la transmisión	Reemplazar										
	Limpiaparabrisas	Inspeccionar / Reemplazar	Cojinetes del bastidor y del cilindro de rotación	Lubricar					Muestra de aceite la transmisión	Obtener										
			Inflado de los neumáticos	Comprobar																
			Nivel de aceite de la transmisión	Comprobar																
			Par de apriete de las tuercas de las ruedas	Comprobar																

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

**Tabla 55.** Viscosidad de aceite para la retroexcavadora Cat 416E

RESERVORIO/SISTEMA	VISCOCIDAD DEL ACEITE	°C	
		MIN	MAX
Transmisión de mando directo y servotransmisión	SAE 0W20	-40	0
	SAE 0W30	-40	10
	SAE 5W30	-30	10
	SAE 10W	-18	35
	SAE 30	0	35
	SAE 50	10	50
Eje delantero de tracción en todas las ruedas y mandos finales	SAE 0W20	-30	10
	SAE 0W30	-20	20
	SAE 5W30	-10	20
	SAE 10W	0	40
	SAE 30	Toda la gama de temperaturas	
	SAE 50	10	50
Cárter del motor	SAE 0W20	-40	10
	SAE 0W30	-40	30
	SAE 0W40	-40	40
	SAE 5W30	-25	30
	SAE 5W40	-25	50
	SAE 10W30	-18	40
	SAE 10W40	-18	50
	SAE 15W40	-9,5	50
Sistemas hidráulicos	SAE 0W20	-40	40
	SAE 0W30	-40	40
	SAE 5W30	-30	40
	SAE 5W40	-30	40
	SAE 10W	-20	40
	SAE 30	10	50
	SAE 10W30	-20	40
	SAE 15W40	-15	50
	BIO HYDO-HEES	-25	43
Eje trasero y mandos finales	SAE 30	-25	40
Depósito del freno	SAE 10W	-20	40

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

**Tabla 56. Mantenimiento preventivo de la excavadora Cat 320 DI**

CUANDO SEA NECESARIO	10 HORAS		50 HORAS		100 HORAS		250 HORAS		500 HORAS		1000 HORAS		2000 HORAS		6000 HORAS		12000 HORAS		
	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	
Filtro de recirculación del aire acondicionado (calefactor de la cabina)	Inspeccionar / Reemplazar	Cabeza del cilindro de la pluma (configuración de largo alcance)	Lubricar	Varillaje de la pluma, brazo y del cucharón (configuración de largo alcance)	Lubricar	Varillaje del cucharón	Lubricar	Juego de las válvulas del motor	Comprobar	Muestra del refrigerante del sistema de enfriamiento	Obtener	Batería	Limpiar	Aceite de los mandos finales	Cambiar	Prolongador de refrigerante de larga duración (ELC) para el sistema de enfriamiento	Anadir	Refrigerante del sistema de enfriamiento (ELC)	Cambiar
Baterías	Reciclar	Varillaje de la pluma y del brazo	Lubricar			Cabeza del cilindro de la pluma (configuración de largo alcance)	Lubricar	Aceite de los mandos finales	Cambiar	Muestra de aceite del sistema hidráulico	Obtener	Sujetador de batería	Apretar	Aceite del sistema hidráulico	Cambiar				
Batería o cable de batería	Inspeccionar / Reemplazar	Varillaje de la pluma, brazo y del cucharón (configuración de largo alcance)	Lubricar			Varillaje de la pluma y del brazo	Lubricar	Filtro de aceite del sistema hidráulico (caja de drenaje)	Reemplazar	Muestra de aceite del mando de la rotación	Obtener	Cabeza del cilindro de la pluma (configuración de largo alcance)	Lubricar	Secador de refrigerante	Reemplazar				
Varillaje del cucharón	Inspeccionar / Ajustar	Varillaje del cucharón	Lubricar			Varillaje del cucharón	Lubricar	Filtro de aceite del sistema hidráulico (plato)	Reemplazar	Respirador del cárter	Limpiar	Varillaje de la pluma y del brazo	Lubricar	Engranaje de la rotación	Lubricar				
Puntas de cucharón	Inspeccionar / Reemplazar	Nivel de refrigerante del sistema de enfriamiento	Comprobar			Filtro de aceite del sistema hidráulico (caja de drenaje)	Reemplazar	Filtro de aceite del sistema hidráulico (retorno)	Reemplazar	Aceite del filtro del motor	Cambiar	Juego de válvulas del motor	Comprobar	Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento	Obtener				
Filtro de aire de la cabina	Limpiar / Reemplazar	Nivel de aceite del motor	Comprobar			Filtro de aceite del sistema hidráulico (plato)	Reemplazar	Aceite del mando de la rotación	Cambiar	Filtro del sistema de combustible	Reemplazar	Nivel de aceite de los mandos finales	Comprobar						
Disyuntor	rearmar	Separador de agua del sistema de combustible	Drenar					Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento	Obtener	Sistema de combustible	Cebiar	Filtro de aceite del sistema hidráulico (caja de drenaje)	Reemplazar						
Elemento primario del filtro de aire del motor	Limpiar / Reemplazar	Agua y sedimentos del tanque de combustible	Drenar					Muestra de aceite del motor	Obtener	Filtro primario del sistema de combustible (separador de agua)	Reemplazar	Filtro de aceite del sistema hidráulico (plato)	Reemplazar						
Elemento secundario del filtro de aire del motor	Reemplazar	Nivel de aceite del sistema hidráulico	Comprobar					Muestra de aceite de los mandos finales	Obtener	Tapa y colador del tanque de combustible	Limpiar	Filtro de aceite del sistema hidráulico (retorno)	Reemplazar						
Rejilla de entrada de combustible	Limpiar	Indicadores y medidores	Probar					Correas	Inspeccionar / Ajustar / Reemplazar	Filtro de aceite del sistema hidráulico (retorno)	Reemplazar	Aceite de mando de la rotación	Cambio						
Sistema de combustible	Cebiar	Cinturón de seguridad	Inspeccionar					Condensador del refrigerante	Limpiar	Aceite del sistema hidráulico	Cambiar	Aceite del sistema hidráulico	Cambiar						
Fusibles	Reemplazar	Ajuste de la cadena	Inspeccionar					Nivel de aceite de los mandos finales	Comprobar										
Rejilla del tanque hidráulico	Limpiar	Alarma de desplazamiento	Comprobar					Córneas de la rotación	Lubricar										
Filtro de aceite	Inspeccionar	Tren de rodaje	Comprobar					Nivel de aceite del mando de la rotación	Comprobar										
Núcleo del radiador	Limpiar							Filtro de aceite del sistema hidráulico (caja de drenaje)	Reemplazar										
Núcleo del radiador, posenfriador y enfriador de aceite	Limpiar							Filtro de aceite del sistema hidráulico (plato)	Reemplazar										
Secador de refrigerante	Reemplazar							Filtro de aceite del sistema hidráulico (retorno)	Reemplazar										
Ajuste de la cadena	Ajustar																		
Deposito del lavaparabrisas	Llenar																		
Limpaparabrisas	Inspeccionar / Reemplazar																		
Ventanas	Limpiar																		

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

Tabla 57. Viscosidad de aceite para la excavadora Cat 320 DI

RESERVORIO/SISTEMA	VISCOCIDAD DEL ACEITE	°C	
		MIN	MAX
Cárter del motor	SAE 0W20	-40	10
	SAE 0W30	-40	30
	SAE 0W40	-40	40
	SAE 5W30	-30	30
	SAE 5W40	-30	50
	SAE 10W30	-18	40
	SAE 10W40	-18	50
	SAE 15W40	-9,5	50
Mandos finales	SAE 0W20	-40	0
	SAE 0W30	-40	10
	SAE 5W30	-30	10
	SAE 10W	-30	0
	SAE 30	-25	25
	SAE 50	-15	50
	TDTO-TMS Cat	-30	25
Sistema hidráulico y motor de la rotación	SAE 0W20	-40	40
	SAE 0W30	-40	40
	SAE 5W30	-30	40
	SAE 5W40	-30	40
	SAE 10W	-20	40
	SAE 30	10	50
	SAE 10W30	-20	40
	SAE 15W40	-15	50
	Aceite multiuso para tractores Cat	-25	40
	BIO HYDO-HEES Cat	-40	43
	Cat TDTO-TMS	-20	50
Resorte tensor del bastidor de rodillos y cojinetes del eje de pivote	SAE 0W20	-40	0
	SAE 0W30	-40	10
	SAE 5W30	-35	0
	SAE 10W	-30	0
	SAE 30	-20	25
	SAE 40	-10	40
	SAE 50	0	50
	Cat TDTO-TMS	-25	25
Ruedas guía y rodillos inferiores	SAE 30	-20	25
	SAE 40	-10	40
	SAE 5W40	-35	40

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

**Tabla 58. Mantenimiento preventivo del rodillo Cat CS-533E**

SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	10 HORAS		50 HORAS		250 HORAS		500 HORAS		1000 HORAS		2000 HORAS	
		SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD
Admisión de aire del motor	Dar servicio a los filtros	Sistema de Admisión de aire del motor	Comprobar el indicador	Neumáticos	Comprobar la presión	Sistema de aceite hidráulico	Cambiar filtros	Sistema de enfriamiento	Agregar aditivo del refrigerante	Sistema de aceite hidráulico	Cambiar filtro de carga	Calibración de las válvulas del motor y sincronización de la inyección de combustible	Ajustar
Sistema de combustible	Dar servicio si hay pérdida de fuerza	Carter del motor	Comprobar el nivel de aceite	Extremos de cilindro de dirección	Lubricar conexiones de engrase	Diferencial	Cambiar aceite en máquinas con diferenciales nuevos o reacondicionados			Respiradero de cárter del motor	Limpiar	Regulador del motor	Limpiar / Reemplazar rejilla
Fusibles y disyuntores	Reemplazar / Reamar	Sistema de aceite hidráulico	Comprobar el nivel de aceite, indicador de servicio del filtro.	Pasadores de oscilación	Lubricar conexiones de engrase	Reductor de engranaje del eje	Cambiar el aceite			Tapa y rejilla de llenado de tanque de combustible	Limpiar colador	Sistema de enfriamiento	Cambiar refrigerante y termostato / limpiar el sistema
Tuercas de las ruedas	Apretar	Sistema de enfriamiento	Comprobar el nivel de refrigerante, núcleo de radiador	Pasadores de dirección	Lubricar conexiones de engrase	Reductor de engranaje del tambor	Cambiar el aceite			Baterías	Comprobar nivel de electrolito		
Barras de limpieza de tambor liso (si tiene)	Ajustar / Reemplazar	Inspección alrededor de la máquina	Examinar la máquina	Cuchilla (si tiene)	Lubricar conexiones de engrase	Acete de motor y filtro	Cambiar aceite y filtro			Sistema de aceite hidráulico	Cambiar aceite y limpiar rejilla		
Barras de limpieza de tambor con pisonés (si tiene)	Ajustar / Reemplazar	Cinturón de seguridad	Examinar	Tanque de combustible	Drenar agua y sedimento	Sistema de combustible	Limpiar / Cambiar filtros			Respiradero del tanque de aceite hidráulico	Reemplazar		
Cuchilla	Reemplazar	Medidores e indicadores	Probar			Correas	Examinar, ajustar			Caja de cojinetes de soporte del tambor	Cambiar aceite		
Inclinación de la cabina	Subir o bajar	Alarma de retroceso	Probar			Diferencial	Comprobar el nivel de aceite			Deposito de cojinetes de eje de pesas excéntricas	Cambiar aceite		
Inspección del filtro de aceite	Ver si hay basura	Interruptor de arranque en neutral	Comprobar operación			Reductor de engranaje del eje	Comprobar el nivel de aceite			Estructura de protección en caso de vuelco (ROPS)	Examinar		
						Caja de cojinetes de soporte de tambor	Comprobar el nivel de aceite			Varilla de sincronización de bomba de propulsión	Lubricar conexiones de engrase		
						Deposito de cojinete de eje de pesas excéntricas	Comprobar el nivel de aceite			Juego de pivote de la dirección	Ajustar		
						Reductor de engranaje del tambor	Comprobar el nivel de aceite			Pasador de oscilación	Verificar el juego		
										Diferencial	Cambiar el aceite		
										Reductor de engranaje del eje	Cambiar el aceite		
										Reductor de engranaje del tambor	Cambiar el aceite		

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

**Tabla 59.** Viscosidad de aceite para el rodillo Cat CS-533E

RESERVORIO/SISTEMA	VISCOSIDAD DEL ACEITE	°C	
		MIN	MAX
Cárter del motor	SAE OW30	-40	+30
	SAE OW20	-40	+10
	SAE 5W20	-30	+10
	SAE 10W	-20	+10
	SAE 10W30	-20	+40
	SAE 15W40	-15	+50
	SAE 30	0	+40
	SAE 40	+5	+50
Sistema hidráulico	SAE OW30	-40	+40
	SAE OW20	-40	+40
	SAE 5W20	-30	+40
	SAE 10W	-20	+40
	SAE 10W30	-20	+40
	SAE 15W40	-15	+50
	SAE 30	+10	+50
Cojinete de soporte del tambor, caja del eje de pesas excéntricas y reductor del engranaje del tambor	80W-90	-20	+20
	85W-140	-5	+50
	80W-140	-20	+50
	ISO 220 Sintético	-20	+50
Diferencial	15W40	-25	+40
	20W30	-25	+40

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

**Tabla 60. Mantenimiento preventivo de la cargadora Cat 966 H**

SISTEMA / COMPONENTE	CUANDO SEA NECESARIO		10 HORAS		50 HORAS		100 HORAS		250 HORAS		500 HORAS		1000 HORAS		2000 HORAS		3000 HORAS		6000 HORAS		12000 HORAS		
	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	
Tanque de grasa de la lubricación automática	Llenar	Alarma de retroceso	Probar	Cojinetes del pivote inferior del cucharón	Lubricar	Cojinetes de oscilación del eje	Lubricar	Inspector unitario electrónico	Inspeccionar / Ajustar	Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento (Nivel 2)	Obtener	Cojinete de soporte del eje motriz	Lubricar	Discos de freno	Comprobar	Estrías de la columna de dirección (Dirección HMLU)	Lubricar	Proteccionador de refrigerante de larga duración (ELC) para sistemas de enfriamiento	Añadir	Refrigerante del sistema de enfriamiento (ELC)	Comprobar		
Batería o cable de batería	Inspeccionar / Reemplazar	Nivel de refrigerante del sistema de enfriamiento	Comprobar	Filtro de aceite de la cabina	Limpiar / Reemplazar	Articulación del cucharón y cojinetes del cilindro cargador	Lubricar	Muestra de aceite del motor	Obtener	Filtro de aceite de la transmisión	Reemplazar	Juntas universales del eje motriz	Lubricar	Acero del diferencial y de los mandos finales	Comprobar								
Cuchillas de cucharón	Inspeccionar / Reemplazar	Nivel de aceite del motor	Comprobar	Agua y sedimentos del tanque de combustible	Drenar	Cojinetes del pivote superior del cucharón	Lubricar	Juego de las válvulas del motor	Comprobar	Muestra de aceite del diferencial y mando final	Obtener	Cojinetes de la articulación	Lubricar	Inspector unitario electrónico	Inspeccionar / Ajustar								
Bisagra del cucharón y cables de juego libre del brazo de levantamiento	Inspeccionar / Ajustar / Reemplazar	Filtro primario del sistema de combustible (Separador de agua)	Drenar	Infuso de los neumáticos	Comprobar	Abrazadera de la horquilla forestal	Lubricar	Rotaválvulas del motor	Inspeccionar	Acero y filtro de aceite del motor	Cambiar	Sujetador de batería	Apretar	Juego de las válvulas del motor	Comprobar								
Puritas del cucharón	Inspeccionar / Reemplazar	Nivel del aceite del sistema hidráulico	Comprobar			Cojinetes del cilindro de dirección	Lubricar	Filtro de aceite de la transmisión	Reemplazar	Acero y filtro del motor	Cambiar	Bisagras del guardabarridos de movimiento por carretera	Lubricar	Rota válvulas del motor	Inspeccionar								
Cámara	Limpiar	Acoplador rápido	Comprobar					Batería	Limpiar	Filtro primario del sistema de combustible (Separador de agua)	Reemplazar	Estructura de protección contra vuelcos (ROPS)	Inspeccionar	Accionador de inclinación del capó	Lubricar								
Disyuntores	Rearmar	Cinturón de seguridad	Inspeccionar					Correa	Inspeccionar / Ajustar / Reemplazar	Filtro secundario del sistema de combustible	Reemplazar	Hoja del aceite de la dirección (Dirección con Command Control)	Limpiar / Reemplazar	Acero del sistema hidráulico	Cambiar								
Elemento primario del filtro de aire del motor	Limpiar / Reemplazar	Nivel de aceite de la transmisión	Comprobar					Acumulador del freno	Comprobar	Tapa y collar del tanque de combustible	Limpiar	Acero de la transmisión	Cambiar	Válvula de alivio del tanque hidráulico	Limpiar								
Elemento secundario del filtro de aire del motor	Reemplazar	Ventanas	Limpiar					Sistema de frenos	Probar	Elemento del filtro de aceite biodegradable del sistema hidráulico	Reemplazar			Indicador de desgaste del freno de servicio	Comprobar								
Cilindro del auxiliar de arranque con éter	Reemplazar							Muestra del refrigerante del sistema de enfriamiento (Nivel 1)	Obtener	Filtro de aceite del sistema hidráulico	Reemplazar			Estrías de la columna de dirección (Dirección Command Control)	Lubricar								
Sistema de combustible	Cebiar							Nivel del aceite del diferencial y mandos finales	Comprobar	Muestra de aceite del sistema hidráulico	Obtener												
Fusibles	Reemplazar							Estrías del eje motriz (de acero)	Lubricar	Muestra de aceite de la transmisión	Obtener												
Lámpara de descarga de alta densidad (HID)	Reemplazar							Respiradero del capó	Limpiar														
Filtro de aceite	Inspeccionar							Muestra de aceite del motor	Obtener														
Horquilla para paletas	Inspeccionar							Acoplador rápido	Lubricar														
Núcleo del radiador	Limpiar							Acero y filtro del motor	Cambiar														
Acumulador del control de amortiguación	Comprobar							Horquilla para paletas	Lubricar														
Dirección secundaria	Probar							Juego de la columna de dirección	Verificar														
Depósito del limpiaparabrisas	Llenar																						
Limpiaparabrisas	Inspeccionar y Reemplazar																						

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

Tabla 61. Viscosidad de aceite para la cargadora Cat 966 H

RESERVORIO/SISTEMA	VISCOSIDAD DEL ACEITE	°C	
		MIN	MAX
Cárter del motor	SAE 0W40	-40	40
	SAE 5W40	-30	50
	SAE 10W30	-18	40
	SAE 15W40	-9,5	50
Sistema hidráulico	SAE 10W	-20	40
	SAE 30	0	50
	ISO 46 multigrado	-30	45
	SAE 10W30	-20	40
	SAE 15W40	-15	50
	Multigrado	-15	50
	SAE 5W40	-25	40
	SAE 0W40	-40	40
Servotransmisión	SAE 0W20	-40	10
	SDAE 10W	-20	10
	SAE 30	0	35
	SAE 50	10	50
	Multigrado	-20	43
Ejes motrices	SAE 0W20	-40	0
	SAE 10W	-25	15
	SAE 30	-20	43
	SAE 50	10	50
	Multigrado	-30	43

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

**Tabla 62. Mantenimiento preventivo de los volquetes International**

VOLQUETE	115 HORAS		350 HORAS		1000 HORAS		1900 HORAS		2850 HORAS		3750 HORAS		4700 HORAS	
	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD	SISTEMA / COMPONENTE	ACTIVIDAD
	Aceite y filtro de motor	Cambiar	Aceite y filtro de motor	Cambiar	Aceite y filtro de motor	Cambiar	Aceite de la dirección hidráulica	Cambiar	Aceite y filtro de motor	Cambiar	Motor	Afinamiento	Aceite y filtro de motor	Cambiar
	Caja de transmisiones	Cambiar	Sistema electrónico	Diagnosticar	Sensores y actuadores	Diagnosticar	Embrague ventilador	Mantenimiento	Sistema electrónico	Diagnosticar	Válvulas	Calibración	Sistema electrónico	Diagnosticar
	Electrónico	Diagnosticar	Niveles de líquidos	Revisar	Inyectores	Limpieza	Compresor de aire	Descarbonización	Inyectores	Limpiar	Inyectores	Calibración	Inyectores	Limpiar
	Niveles de líquidos	Revisar	Presión de neumáticos	Revisar	Concentración de refrigerante	Revisar	Aceite en Puntas de ejes	Cambio	Baterías	Comprobar y rotar	Freno de motor	Calibración	Concentración de refrigerante	Revisar
	Presión de neumáticos	Revisar	Luces de encendido y testigos de tablero	Revisar	Batería	Comprobar y rotar	Filtro de refrigerante	Cambio	Soporte de silla posterior	Reajustar	Aceite de la dirección hidráulica	Cambiar	Baterías	Comprobar y rotar
	Luces de encendido y testigos del tablero	Revisar	Frenos	Regular	Silla posterior	Reajuste	Aceite y filtro de motor	Cambio	Presión de neumáticos	Revisar	Embrague del ventilador	Mantenimiento	Soporte de la silla posterior	Reajuste
	Sistemas de frenos	Regulación	Embrague	Regulación	Niveles de líquido	Revisar	Sistema electrónico	Diagnosticar	Luces de encendido y testigos del tablero	Revisar	Compresor de aire	Descarbonizar	Niveles de líquidos	Revisar
	Embrague	Regulación	Todos los pines	Engrasar	Presión de neumáticos	Revisar	Inyectores	Limpiar	Frenos	Regular	Aceite de puntas de ejes	Cambiar	Presión de neumáticos	Revisar
	Todos los pines	Engrasar			Luces de encendido y testigos de tablero	Revisar	Concentración de refrigerante	Revisar	Embrague	Regular	Filtro de refrigerante	Cambiar	Crucetas	Revisar
					Sensores ABS	Ajuste y calibraciones	Baterías	Comprobar y rotar	Todos los Pines	Engrasar	Aceite y filtro de motor	Cambiar	Frenos	Regular
					Crucetas	Revisión	Soporte de silla	Reajuste	Tanque de combustible	Limpiar	Filtro secador de aire	Cambiar	Embrague	Regular
					Frenos	Regulación	Niveles de líquidos	Revisar	Conectores de mangueras de combustible	Revisar	Sistema electrónico	Diagnosticar	Pines	Engrasar
					Embrague	Regulación	Presión de neumáticos	Revisar	Tuercas del silenciador	Revisar fugas y ajustar	Inyectores	Limpiar	Tanque de combustible	Limpiar
					Todos los pines	Engrasar	Luces de encendido y testigos del tablero	Revisar	Tapicería	Reajustar y lubricar	Concentración de refrigerante	Revisar	Conectores de manguera de combustible	Revisar
					Tanque de combustible	Revisar	Sensores	Calibrar			Baterías	Comprobar y rotar	Tuberías del silenciador	Revisión de fugas y ajuste
					Conectores de mangueras de combustible	Revisar	Alternador	Mantenimiento			Soporte de la silla posterior	Reajustar	Tapicería	Reajuste y Lubricación
					Tuercas del silenciador	Revisar fugas y ajustar	Motor de arranque	Mantenimiento			Niveles de líquidos	Revisar		
					Tapicería	Reajuste y lubricación	Crucetas	Revisar			Presión de neumáticos	Revisar		
							Frenos	Regular			Alternador	Mantenimiento		
							Embrague	Regular			Motor de arranque	Mantenimiento		
							Tanque de combustible	Limpiar			Sensores ABS	Ajustar y calibrar		
							Conectores de mangueras de combustible	Revisar			Crucetas	Revisar		
							Tuberías del silenciador	Revisión de fugas y ajuste			Frenos	Regular		
							Tapicería	Reajuste y lubricación			Embrague	Regular		
											Pines	Engrasar		
											Conectores de mangueras de combustible	Revisar		
											Tuberías del silenciador	Revisar y ajustar		
											Tapicería	Reajustar y Lubricar		

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

**Tabla 63.** Viscosidad de aceite para los volquetes International

RESERVORIO/SISTEMA	VISCOSIDAD DEL ACEITE	°C	
		MIN	MAX
Cárter del motor	SAE 0W40	-40	40
	SAE 5W40	-30	50
	SAE 10W30	-18	40
	SAE 15W40	-9,5	50
Sistema hidráulico	SAE 10W	-20	40
	SAE 30	0	50
	ISO 46 multigrado	-30	45
	SAE 10W30	-20	40
	SAE 15W40	-15	50
	Multigrado	-15	50
	SAE 5W40	-25	40
	SAE 0W40	-40	40
	SAE 0W20	-40	40
Transmisión	SAE 0W20	-40	10
	SDAE 10W	-20	10
	SAE 30	0	35
	SAE 50	10	50
	Multigrado	-20	43
Ejes motrices y mandos finales	SAE 0W20	-40	0
	SAE 10W	-25	15
	SAE 30	-20	43
	SAE 50	10	50
	Multigrado	-30	43
Diferencial	20W30	-25	+40
Depósito de freno	SAE 10W	-20	40
Volteo	SAE 40	10	50

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

**Tabla 64. Niveles de reservorios**

MÁQUINA	RESERVIORIO O SISTEMAS	UNIDADES	
		LITROS	GALONES
TRACTOR DE ORUGAS CAT D7R	Sistema de enfriamiento	75	19.8
	Tanque de combustible	479	126.5
	Cárter del motor	34	9
	Sistema de aceite del tren de fuerza	129	34
	Aceite hidráulico del tanque	54.1	14.3
	Mandos finales	13	3
	Compartimiento del resorte tensor	25	6.5
	Eje pivote (tren de rodaje STD)	24	6.3
	Eje pivote (tren de rodaje LGP)	38	8.4
MOTONIVELADORA CAT 140H	Sistema de enfriamiento	5	11.7
	Tanque de combustible	284	75
	Cárter del motor	29	9
	Sistema de aceite del tren de fuerza	129	7.5
	Aceite hidráulico del tanque	38	9.9
	Mandos finales	64	16.4
	Caja de transmisión y del diferencial	47	12.2
	Caja del mando del círculo	7	1.8
	Caja del cojinete de la punta de eje de las ruedas delanteras	38	8.4
CARGADORA CAT 966H	Sistema de enfriamiento con calentador	25.5	6.7
	Sistema de enfriamiento sin calentador	23.6	6.2
	Tanque de combustible	144	38.1
	Cárter del motor	7.2	1.9
	Sistema de aceite del tren de fuerza	129	7.5
	Aceite hidráulico del tanque	40	10.6
	Mandos final para eje trasero (cada lado)	1.6	0.4
	Mandos final para eje delantero (cada lado)	0.7	0.2
	Transmisión	18.5	4.9
	Eje trasero	24	6.2
	Eje motriz delantero	11	2.9
Deposito de freno	0.7	0.2	
EXCAVADORA CAT 336D	Sistema de enfriamiento	30	7.9
	Depósito de refrigerante	1.5	0.4
	Tanque de combustible	400	105.7
	Cárter y filtro del motor	30	7.9
	Sistema hidráulico	138	36.5
	Mando de la rotación	8	2.1
	Cada mando final	10	2.6
	Engranaje de la rotación	21.6	5.7
RODILLO CAT CS-533E	Sistema de enfriamiento	37.9	10
	Tanque de combustible	246	65
	Aceite de motor y filtro	15.2	4
	Tanque hidráulico	118	31
	Diferencial	16.1	4.2
	Reductor de engranaje del eje	0.5	0.13
	Depósito de cojinete de eje de pesas excéntricas	55	14.5
	Caja de cojinete de soporte del tambor	2	0.5
Reductor de engranaje del tambor	3.2	0.8	
RETROEXCAVADORA CAT 416E	Cárter del motor	7.2	1.9
	Tanque hidráulico	40	10.6
	Transmisión	18.5	4.9
	Sistema de enfriamiento con calentador	25.5	6.7
	Sistema de enfriamiento sin calentador	23.6	6.2
	Tanque de combustible	144	38.1
	Eje trasero	24	6.2
	Mando final para el eje trasero (cada lado)	1.6	0.4
	Eje motriz delantero	11	2.9
	Mando final para el eje motriz delantero (cada lado)	0.7	0.2
	Depósito de freno	0.7	0.2
VOLQUETE INTERNACIONAL 7600	Cárter del motor	40	10.6
	Depósito del refrigerante	56.7	15
	Reservorio de dirección hidráulica	3	0.79
	Tanque de volteo	44	11.6
	Depósito de combustible	302.4	80
	Transmisión	26.5	7
Diferencial	18.9	5	

(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

#### 4.2.3.2.1 Mantenimiento preventivo de soldadura para herramientas de las máquinas

Se puede realizar otro tipo de mantenimiento de soldadura también denominado preventivo, exclusivamente para las herramientas de corte y desgarre de los diferentes tipos de máquinas, según algunas especificaciones, como se hace referencia en la tabla 65.

**Tabla 65.** Especificaciones de soldadura para herramientas de maquinaria

ESPECIFICACIONES PARA SOLDADURA EN HERRAMIENTAS DE MAQUINARIA							
MATERIAL	TIPO DE HERRAMIENTA	ELECTRODO E 8018 D3	DIAMETRO/ LONGITUD mm x mm	AMPERAJE Amp	DUEREZA Brinell	TEMPERATURA °C	TIPO DE CORDON
Acero al manganeso	Labios de cucharones y dientes de: Cargadora frontal Excavadoras Retroexcavadoras Cuchillas de motoniveladoras Dientes de dragas	AW 720	4.0 x 450 5.0 x 450	110-140 130-180	200 - 400 350 - 400 400 - 450 58 - 63	150 max 100 max 150 max 100 max	Cordon Corto en forma de maya y enfriarlos inmediatamente
		AW 720 A					Cordon Corto en forma de maya y enfriarlos inmediatamente
		AW 7200					Cordon Corto en forma de maya y enfriarlos inmediatamente
		AW 710					Cordon largo en forma de maya sin vaiven

(Autor)

Esta técnica acerca de los cordones de soldadura para las herramientas se puede observar en el anexo 14.

Existe otra forma para reforzar y proteger el material base de las herramientas de corte contra la abrasión e impacto, tal como es la aplicación de soldadura de planchas de acero de 10 mm de espesor en los laterales y en la parte inferior de las botas como se muestra en el anexo 15.

Todo el mantenimiento preventivo planteado en el equipo pesado de la compañía que está operando en la refinería es basado en manuales de

operación y mantenimiento, de la marca Caterpillar, Komatsu, Bomag, Mack e International.

Tomando en cuenta que toda la maquinaria y volquetes trabajan en jornadas largas cercanas a las 24h, este mantenimiento se lo realiza en intervalos de tiempo menor, de tal forma que, diariamente se realizará limpieza de filtros de aire, paneles y engrasado a todos los pines solamente de las máquinas (tractores de orugas, excavadoras, retroexcavadoras, motoniveladoras, cargadora frontales y rodillo). En cuanto a los volquetes, se les realizará el mantenimiento rutinario sólo un día o máximo hasta dos días a la semana en el taller de la compañía, este consistirá en limpieza de filtro de aire, paneles, engrasado total del volquete y otras revisiones de niveles de líquidos. Para realizar todo este mantenimiento se dispondrá de todo el personal mecánico y ayudantes de mecánica del taller de la empresa.

#### **4.2.3.3 Mantenimiento predictivo**

Una propuesta beneficiosa e interesante que se presenta es la práctica de algunas pruebas predictivas, debido a que no se realiza ningún mantenimiento de este tipo en los equipos de la constructora. Muchas de éstas son parte del servicio que ofrecen determinados proveedores, como es el caso de IIASA y DITECA. A continuación se detallan dos pruebas y análisis con su respectivo período de muestreo.

##### **4.2.3.3.1 Análisis de Aceites**

Caterpillar ha desarrollado un sistema de administración de mantenimiento que evalúa la degradación del aceite y detecta las indicaciones iniciales de desgaste de los componentes internos. Este sistema se denomina Análisis S.O.S de

aceite y el sistema forma parte del programa Servicios S.O.S., los intervalos de muestra se verifican a continuación en la siguiente tabla 66 y en el anexo 16 se observa la gráfica de la toma de muestra de aceite por parte de un técnico.

**Tabla 66.** Frecuencia de la muestra del aceite

COMPARTIMIENTO	INTERVALO RECOMENDADO DE MUESTREO	TIPO DE ACEITE
Motor	250 horas	DEO
Transmisión	500 horas	TDTO
Sistemas hidráulicos	500 horas	HYDO
Diferencial y mandos finales	500 horas	HYDO, FDAO

(Autor)

El análisis S.O.S. de aceite divide el análisis del aceite en cuatro categorías:

- ✓ Régimen de desgaste de componentes.
- ✓ Estado del aceite.
- ✓ Contaminación del aceite.
- ✓ Identificación del aceite.

Un intervalo de muestreo de 250 horas puede proporcionar una indicación oportuna de contaminación y degradación del aceite.

Tradicionalmente los intervalos S.O.S. de muestreo han sido de 250 horas para motores y 500 horas para todos los otros compartimientos. El servicio severo para compartimientos lubricados ocurre con cargas altas, altas temperaturas y condiciones polvorrientas. Si existe alguna de estas condiciones, deben tomarse muestras de aceite del motor cada 125 horas y de los otros compartimientos de la máquina cada 250 horas. Estas muestras adicionales aumentan la posibilidad de detectar una avería potencial.

En el anexo 17, se muestra un ejemplo de análisis de aceite 15W40 para una cargadora CAT 930H. El cambio y análisis de aceites de Caterpillar es parte del

servicio CSA, así como también una inspección detallada de todos los sistemas, controles de temperatura y presiones. Este servicio se puede personalizar mediante un contrato según convenga.

#### **4.2.3.3.2 Tintas penetrantes**

Esta evaluación de tintas penetrantes es fácil de realizar y sobre todo útil para verificar el estado en las articulaciones de la maquinaria pesada, rodamientos y pines.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Limpiar el área de inspección, rociar con spray de limpieza/removedor y secar con un paño.
- Aplicar el penetrante y permitir un período corto de penetración.
- Rociar el limpiador/removedor sobre una toalla absorbente y limpiar la superficie
- Rociar una capa fina y uniforme del revelador.
- Inspeccionar los defectos que se muestran como una línea roja brillante sobre el fondo blanco del revelador.

En las siguientes tablas 66 y 67 se detalla la frecuencia de la práctica de esta prueba, según el tipo de trabajo y el esfuerzo al que esté sometido el equipo. Además en el anexo 18 se observa el proceso de forma gráfica.

**Tabla 67.** Frecuencia de aplicación de la tinta penetrante en equipo que trabajan en cubicaje

EQUIPO PESADO	CONDICIONES		
	CARGAR ARENA	CARGAR MATERIAL DE CANTERA	EXCAVACIONES
Retroexcavadora	1 Vez por año	4 veces al año	2 Veces por año
Excavadora			
Cargadora Frontal			
Tractor			
Volquete			

(Autor)

**Tabla 68.** Frecuencia de aplicación de la tintas penetrante en equipo que trabajan por áreas.

EQUIPO PESADO	CONDICIONES		
	TERRENO ARCILLOS	TERRENO ROCOSO	TERRENO BARROSO
Rodillo Compactador	1 vez por año	4 veces por año	1 vez por año
Motoniveladora			

(Autor)

Todo el mantenimiento predictivo es proporcionado por las marcas Caterpillar, Komatsu y Mack.

#### **4.2.4 PROPUESTA PARA LA INCORPORACIÓN Y EQUIPAMIENTO DE UN CAMIÓN DE SERVICIO TÉCNICO PARA LA MAQUINARIA EN OBRA.**

Este camión de mantenimiento se debe equipar con tanques de aceite de tipo: SAE 15w40, SAE 50, SAE 30, SAE 10, un tanque de grasa multipropósito y uno de refrigerante para realizar los cambios de aceite a las máquinas.

También debe poseer un tanque para reciclar en aceite usado y evitar derrames y contaminaciones.

El compresor de aire es importante incorporarlo a dicho camión para que funcionen las bombas de los tanques de aceite y para conectar mangueras de tal forma que se puedan realizar limpiezas de filtros y paneles de los equipos.

Además, se debe incorporar dos cajas con los repuestos más frecuentes para reemplazo, tal es el caso de mangueras de refrigerante, mangueras de aire, compresores de diafragma, pernos, tuercas, anillos, neoplos y acoples. La otra caja debe contener herramientas mecánicas básicas como: juegos de llaves, juego de dados, tors, hexagonales, etc.

Los técnicos encargados del mantenimiento en este camión deben ser, el lubricador y un mecánico.

El horario de operación de este móvil es en el turno del día, es decir 07h00 am a 18h00 pm de lunes a sábado. En el caso de los domingos, se puede realizar ante una emergencia.

Para mayores detalles gráficos de la propuesta de este camión de servicio técnico se puede observar en el anexo 19.

#### **4.2.5 PARÁMETROS ELEMENTALES DE SEGURIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE EQUIPO PESADO**

- ❖ Al ingresar cualquier equipo al taller de la compañía, ya sea volquete o maquinaria, se debe reducir la velocidad para evitar colisiones o atropellamientos.
- ❖ No ingresar con el volumen alto en el radio del equipo y con las ventanas elevadas, debido a que disminuye la capacidad auditiva del propio operador a una llamada de alerta.
- ❖ Parquear el equipo pesado en una bañera de trabajo, de tal forma que no obstaculice el tránsito del personal de mantenimiento o de otras máquinas.
- ❖ Apagar la maquinaria y colocar el parqueo para que no haya deslizamiento alguno.
- ❖ Esperar en el mayor de los casos a que la maquinaria pesada baje la temperatura para evitar quemaduras.
- ❖ Los técnicos de mantenimiento deben utilizar el equipo de protección para realizar cualquier tipo de revisión o reparación.
- ❖ Evitar juegos y bromas en lo absoluto en todo el perímetro del taller, debido a que pueden ocasionar accidentes graves por la manipulación de elementos pesados y fluidos peligrosos.
- ❖ No dejar acceder al área de talleres a ninguna persona particular, mucho menos si no cuenta con equipo de protección.
- ❖ Transitar por las zonas señalizadas como seguras para el personal.
- ❖ Por último no sustraer ningún equipo pesado, sin que se haya hecho el mantenimiento y sin que sea debidamente probado por el técnico a cargo. La maquinaria debe quedar en condiciones óptimas para su operación.

Por último en los anexos 20 y 21 están algunas imágenes a tomarse en cuenta para realizar los procedimientos mecánicos en el taller y en campo.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Después que se realizó un diagnóstico específico a cada sistema del equipo, se determinó que, la mayor parte de la maquinaria operativa ha sufrido deterioros a pesar de ser nueva en su mayoría, debido al trabajo exigente de la obra.
- Con los resultados de rendimientos e indicadores como el OEE, se plantearon parámetros de producción en el proyecto y se programó cambios en el mantenimiento para una mejora continua.
- Al haberse definido la criticidad de los sistemas, además de adquirir datos de las reparaciones y sustituciones de componentes, se logró finalmente plantear un programa de mantenimiento técnico tanto preventivo como predictivo.
- Por medio de síntomas y diagnósticos repetitivos se estableció que el deterioro de la transmisión y tren de rodaje de los equipos se debe a la mala operación y por trasladar rodando las maquinarias distancias muy largas.
- Se estableció que la existencia de repuestos en stock se puede optimizar actualizando los componentes diariamente en el sistema y adquiriendo piezas para bodega según el registro de elementos críticos.
- Los cálculos de consumos y rendimientos que se realizaron a los aceites, neumáticos y combustible contribuyen para el control con base en la producción.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Seguir las recomendaciones de los fabricantes en el mantenimiento preventivo y hacer uso del servicio de pruebas de diagnósticos de fallas del mantenimiento predictivo de los proveedores para asegurar un control y seguimiento exhaustivo de la maquinaria.
- ✓ Registrar el ingreso de todo repuesto, material, llantas, aceites al software de la compañía y realizar la descarga de los mismos a la máquina o volquete que se le reemplacen de forma diaria y real para evitar la inflación del inventario.
- ✓ Mantener o aumentar el stock de repuestos en bodega con la finalidad de no invertir tiempo en adquirir los componentes y además organizar la bodega por marca, tipo y aplicación de repuesto siguiendo el programa de las 5S.
- ✓ El motor y el tren de potencia que son los que proveen la fuerza a la máquina, se les deben dar prioridad en el mantenimiento, como aplicar lubricante correcto y cantidad apropiada para prolongarles su vida útil.
- ✓ Adquirir un programa informático para el registro de todos los mantenimientos de la flota pesada de la compañía.
- ✓ Capacitar al bodeguero para utilice el sistema de inventarios de la compañía.
- ✓ Proponer un programa de impacto ambiental y seguridad que complemente el plan de mantenimiento en taller y en campo.

## GLOSARIO

<b>Admisión</b>	Ciclo de ingreso de aire en el cilindro, aspirado por el pistón.
<b>API</b>	Significan Instituto Americano de Petróleo.
<b>Árbol de levas</b>	Es un mecanismo formado por un eje en el que se colocan distintas levas
<b>Bastidor</b>	Es la estructura principal compuesta por largueros y travesaños que unidos forman el chasis del vehículo
<b>Bujes</b>	Elemento de una máquina donde se apoya y gira un eje.
<b>Cabezote</b>	Parte superior de la cámara de combustión en el que se encuentran alojadas las válvulas de admisión y escape.
<b>Cámara de combustión</b>	Es el lugar donde se realiza la combustión del combustible con el comburente (aire) dentro del motor.
<b>Cárter</b>	Es una caja metálica con la función de actuar como depósito para el aceite del motor.
<b>Combustión</b>	Es una reacción química de oxidación, la cual emite una gran cantidad de energía manifestándose como fuego.
<b>Compresión</b>	Ciclo en el que el pistón empieza a ascender y comprimir el aire
<b>Diferencial</b>	Mecanismo que permite que las ruedas de un vehículo giren a diferentes revoluciones.
<b>ECU</b>	Unidad de Control del Motor.
<b>Eje cardan</b>	Es un componente mecánico que permite unir dos ejes no colineales.
<b>Escape</b>	En el movimiento ascendente del pistón, los gases de la combustión salen por medio de la válvula de escape.
<b>Expansión</b>	El pistón está en la carrera máxima provocando que el combustible se autoinflame por la alta presión y alta temperatura.
<b>Festonado</b>	Es un tipo de arco que posee diversas ondulaciones (festones).
<b>Fusible</b>	Dispositivo, constituido por un filamento o lámina de un metal.
<b>Gasóleo</b>	Es un hidrocarburo líquido, más conocido como diésel.
<b>Hojas de resortes</b>	(ballesta) Es un sistema de amortiguación empleado en vehículos.
<b>Intercooler</b>	Es un intercambiador (radiador) aire-aire o aire-agua que se encarga de enfriar el aire comprimido por el turbocompresor
<b>Inyectores de combustible:</b>	Dispositivo que bombea combustible pulverizado a alta presión que sale por una boquilla a alta velocidad y baja presión para la combustión.

<b>Malacate</b>	Máquina a modo de cabrestante invertido. Usada en las minas.
<b>Mando final</b>	Dispositivos que se encargan de canalizar la potencia del motor para poder dar movimiento a cualquier elemento de la maquinaria.
<b>Muelles</b>	Resortes para amortiguación, o acción y retorno de un componente.
<b>Neplos</b>	Acople metálico de cañería con rosca macho en uno de sus extremos, el otro puede tener rosca macho o hembra.
<b>OEE</b>	Eficiencia General de los Equipos.
<b>O´ring</b>	Son sellos hidráulicos los cuales tratan de impedir la salida o entrada de fluido de la máquina o recipiente.
<b>Par Motor</b>	Es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia
<b>Pulmones</b>	Compresor de diafragma.
<b>Relay</b>	(Relé) Es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico.
<b>Rippers</b>	Desgarradores.
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto.
<b>SAE</b>	Es el índice de clasificación de la viscosidad de la Sociedad de Ingenieros Automotrices <b>de EUA.</b>
<b>Semylla</b>	Programa virtual de la compañía Ciudad Rodrigo.
<b>Taqué</b>	Es un vástago metálico situado entre la válvula y el árbol de levas.
<b>Terminales de dirección</b>	Es el componente principal de una barra de dirección que está conformado por una carcasa.
<b>Volquete</b>	Es vehículo con dispositivos mecánico, hidráulicos, etc para transportar y depositar material.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, J. (2004). Electromecánica de vehículos. España: THOMSON PARANINFO.
- Armando, A. (2004). Maquinaria y Mecanización Agrícola. Costa Rica: EUNED.
- Arrègle, J., Galindo, J., & Pastor, J. (2002). Procesos y tecnología de máquinas y motores térmicos. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Asociacion española para la calidad. (2007). Manufacturing Lean. Madrid.
- Belohlavek, P. (2005). OEE Overall Equipment Effectiveness. España: Blue Eagle Group.
- Calloni, J. C. (2007). Mantenimiento Eléctrico y Mecánico para pequeña y medianas empresas. Argentina: Nobuko.
- Castolin, E. &. (2010). TatisyY CIA Limitada. Barranquilla: Eutetic & Castolin.
- CAT. (2011). Manual de sistema de freno de aire comprimido Finning. Ecuador: Caterpillar.
- CAT. (2011). Manual de tren de fuerza Finning. Ecuador: Caterpillar.
- CAT. (2011). Manual para sistemas hidráulicos Finning. Ecuador: Caterpillar.
- CAT. (2012). Catálogo Cargadora 966h. Ecuador: Caterpillar.
- CAT. (2012). Catálogo Tractor D7R. Ecuador: Caterpillar.
- Caterpillar. (2012). Manual de operación y mantenimiento. Manta: Caterpillar.
- Caterpillar. (2013). Análisis de Aceites. Guayaquil: Cat.
- Caterpillar. (2013). Manual de partes y servicios caterpillar. Latinoamérica: IIASA.

- Crouse, W. (1993). Mecánica del automóvil. Barcelona: Marcombo.
- Cruelles, J. (2010). La teoría de la medición del despilfarro. Toledo: Artef S.I.
- Espinosa, F. (2008). Mantenimiento de equipos mecánicos. Santiago de Chile: 2008.
- Finning. (2012). Análisis de aceites. Santiago: Caterpillar.
- Flores, J. F. (2004). Medición de la cadena de suministro. México: Panorama.
- Giménez, R. (2005). Frio Industrial [1]: Mantenimiento y servicios a la producción. España: Marcomobo.
- Gómez de León, F. C. (1998). Tecnología del mantenimiento industrial. Murcia: Universidad de Murcia.
- González, F. J. ( 2005). Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Madrid: Fundación Confemetal.
- Jeffus, L. (2009). Principios y Aplicaciones. Madrid: Paraninfo.
- Kates, E., & Luck, W. (2003). Motores Diésel y de gas de alta compresión. España: Reverte.
- Molera, S. P. (1990). Metales resistentes a la corrosión. Barcelona: Marcombo.
- Moreno, G., & Castro, G. (2008). Motores Diésel. México: Disely.
- Murillo, N. (1990). Tractores y maquinaria agrícola. Costa Rica: EUNED.
- Murillo, N. (1997). Tractores y maquinaria agrícola. San Jose: Universidad Estatal de San José.
- Perez, M. (2011). Circuitos de fluidos, suspensión y dirección. México: PARANINFO.
- Reyes, M. (1998). Máquinas Hidráulicas. México: Alfaomega.

Rodríguez, P., Alvarez, D., & Vera, C. (2006). Ingeniería del automóvil, Sistema y Comportamiento dinámico. Barcelona: Conejo.

Rueda J. (2003). Técnico en Mecánica y Electrónica Automotriz. México: Diseli.

Sierra, J. (1998). Elementos hidráulicos en los tractores y máquinas agrícolas. Madrid: Mundi-Prensa.

Toyota. (2010). Manual de híbridos. Tokyo: Toyota.

**ANEXOS**

## **ANEXO I**

**Entrevista al jefe de mantenimiento de CIA. Ciudad Rodrigo C.A.**

**Entrevistador:** Andrés Meza Cedeño

**Entrevistado:** Ing. Andrés García Palma.

**1.- ¿Cuántos empleados de mantenimiento tiene a su disposición en el taller?**

El personal que está a mi cargo lo conforman 23 personas entre técnicos mecánicos, soldadores y ayudantes.

**2.- ¿Cómo está estructurado el personal de mantenimiento?**

Está estructurado de la siguiente manera: Un asistente de taller, un bodeguero, un maestro técnico, tres mecánicos de primera, seis ayudantes de mecánica, un maestro soldador, dos soldadores técnicos, tres ayudantes de soldadura, un pintor, un lubricador, un enderezador, dos vulcanizadores y algunos operadores.

**3.- ¿Cuántos equipos están operando en refinería?**

En la actualidad se cuenta con 37 equipos en dicha obra, entre máquinas y volquetes.

**4.- ¿Qué tipo de equipos se tiene en el proyecto de refinería?**

Lo que se refiere a máquinas se cuenta con: Dos excavadoras, tres rodillos compactadores, cuatro motoniveladoras, cinco retroexcavadoras, cinco

tractores de orugas, una cargadora frontal. En cuanto a volquetes existen 17 actualmente.

**5.- ¿Cuántos volquetes están en el mantenimiento en el taller ahora?**

Se encuentran tres volquetes con problemas de mangueras hidráulicas, de refrigerante dañadas y hojas de resortes quebradas.

**6.- ¿Cuántas máquinas están en mantenimiento por garantía en Guayaquil?**

Está sólo la motoniveladora Cat 140H en Guayaquil por reparación completa del motor y bombas.

## ANEXO II

### Lista de todo el equipo TCR en el sistema.

ID	Code	Description	Brand	Model	Serial 1	Serial 2
139	TCR-MV-04	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	140H	10Z41615	5HM02305
140	TCR-MV-05	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	140H	CXZH02289	CXZH02289
141	TCR-MV-06	MOTONIVELADORA	KOMATSU	GD555-5	GD555-5	GD555-5
142	TCR-MV-07	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	140K	SZL01650	SZL01650
143	TCR-MV-08	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	140K	JPA01346	JPA01346
144	TCR-MV-09	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	140K	HSZL01798	HSZL01798
145	TCR-MV-10	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	140K	ESZL01884	ESZL01884
146	TCR-MV-11	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	140K	CAT0140KKPS	CAT0140KKPS
147	TCR-MX-01	CABEZAL	KENWORTH	T460	73494329	3BKBL50X9EF MBB5890
148	TCR-PA-01	PLANTA DE ASFALTO	TEREX	MAGNUM 140	VARIOS	1MYVWS8CDP
149	TCR-RA-01	FRESADORA	BITELLI	FS 60 T3	21407441	67
150	TCR-RC-01	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR	CS 54	ACS5R00327	ACS5R00327
151	TCR-RC-02	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR	CS 54	C4E09977	C5R00382
152	TCR-RC-03	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR	CS 533 D	4TF75930	AET00382
153	TCR-RC-04	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR	CS 533 E	CRS22602	TBZE01332
154	TCR-RC-05	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR	CS 533 E	G4D14551	BZE00808
155	TCR-RC-06	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR	CS 533 E	CRS22602	BZE00287
156	TCR-RC-07	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR	CS 533 E	BZE02848	BZE02848
157	TCR-RC-08	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR	CS 533 D	TJL02662	TJL02662
158	TCR-RC-09	RODILLO COMPACTADOR	BOMAG	BW 219 DH-4	101582771563	101582771563
159	TCR-RC-10	RODILLO COMPACTADOR	BOMAG	BW 219 DH-4	101582771557	101582771557
160	TCR-RC-11	RODILLO COMPACTADOR	BOMAG	BW 219 DH-4	101582771564	101582771564
161	TCR-RC-12	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR	CS 533 E	BZE02508	BZE02508
162	TCR-RC-13	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR	CS 533 E	TJL03286	TJL03286
163	TCR-RC-14	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR	CS 533 E	TJL03289	TJL03289

## ANEXO III

### Bodega de tanques de aceites



## ANEXO IV

### Bodega de filtros



## ANEXO V

### Inventario de aceites

http://192.168.100.29:7778/reports/nvserver/getjobid264021?server=rep\_appsv01\_OH\_PORTAL - Opera  
Archivo Editar Ver Marcadores Herramientas Ayuda  
Sistema Matriz x http://192.168.100.29/... x  
192.168.100.29

**CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.**  
**ENTRADAS AL INVENTARIO**

<b>TIPO DE MOV.:</b> 2 - COMPRAS LOCALES	<b>CÓDIG:</b> 000506	<b>FECHA:</b> 23-05-2012
<b>DESCRIP.:</b> Compra de Aceite	<b>No.Ordér</b>	
<b>PROVEEDOR:</b> CONAUTO C.A. AUTOMOTRIZ	<b>No. Fact/Refer.:</b> 009-001-0056035	

No.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	C. UNIT.	TOTAL	
1	USLA3-40	URSA OIL LA 3 SAE 40	UNIDAD	2.0000	597.2400	1,194.48 i	
<b>TOTALES --&gt;</b>				2.0000		1,194.48	
						I.V.A 12%	143.34
						<b>TOTAL --&gt;</b>	<b>1,337.82</b>

INGRESADO POR: OMAR MERA

## ANEXO VI

### Bodega de neumáticos



## ANEXO VII

### Inventario de neumáticos

http://192.168.100.29:7771/reports/misventas/getjsb6209565/severitas\_appserv/CDH\_PORTAL...Opera

Archivo Editar Ver Marcadores Herramientas Ayuda

Sistema Metric x http://192.168.100.29?... x

192.168.100.29

**CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.**  
**ENTRADAS AL INVENTARIO**

<b>TIPO DE MOV.:</b>	2 - COMPRAS LOCALES	<b>CÓDIG:</b>	004804	<b>FECHA:</b>	21-03-2013
<b>DESCRIP.:</b>	REPUESTO PARA BODEGA	<b>No.Ordér</b>			
<b>PROVEEDOR:</b>	IMPORTADORA COMERCIAL LARTIZCO CIA. LTDA.	<b>No. Fact/Refer.:</b>	002-004-0009871		

No.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	C. UNIT.	TOTAL
1	2LLIN034006	295 80 R22.5 LLANTA LING 16PR (D905UNIDAD		68.0000	367.7110	***** i
2	2LLIN034014	295/80R22.5 LLANTA LING LONG 16PR (LUNIDAD		64.0000	344.3430	***** i
<b>TOTALES --&gt;</b>				<b>132.0000</b>		<b>47,042.30</b>
					<b>I.V.A 12%</b>	<b>5,645.08</b>
					<b>TOTAL --&gt;</b>	<b>52,687.38</b>

INGRESADO POR: ANDRES MEZA

# ANEXO VIII

## Bodega de repuestos



# ANEXO IX

## Inventario de repuestos

http://192.168.100.29:7778/reports/rwserver/getjobid353729?server=rep\_appsvr01\_OH\_PORTAL - Opera

Archivo Editar Ver Marcadores Herramientas Ayuda

Sistema Matriz x http://192.168.100.29:7... x

192.168.100.29

**CIA. CIUDAD RODRIGO C.A.**  
**ENTRADAS AL INVENTARIO**

TIPO DE MOV.: 2 - COMPRAS LOCALES      CÓDIG: 003924      FECHA: 28-01-2013  
 DESCRIP.: PARA LA BODEGA      No.Ordér  
 PROVEEDOR: IIASA      No. Fact/Refer.: 023-001-0021585

No.	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	C. UNIT.	TOTAL
1	1R-0749	FILTER AS FU	UNIDAD	2.0000	26.4000	52.80 i
2	1R-0750	FILTER AS	UNIDAD	12.0000	21.6700	260.04 i
3	1R-0751	FILTRO AS	UNIDAD	16.0000	23.7900	380.64 i
4	1R-0753	FILTER AS	UNIDAD	2.0000	38.2600	76.52 i
5	1R-0762	FILTER A-FUE	UNIDAD	12.0000	41.7900	501.48 i
6	1R-1804	ELEMENT AS	UNIDAD	4.0000	19.9200	79.68 i
7	117-4089	ELEMENT	UNIDAD	2.0000	27.4900	54.98 i
8	156-1200	ELEMENT	UNIDAD	7.0000	26.3800	184.66 i
9	223-0702	ELEMENT-FILT	UNIDAD	2.0000	30.3500	60.70 i
10	228-9130	ELEMENT-FILT	UNIDAD	5.0000	30.3500	151.75 i
11	306-9199	FILTER AS	UNIDAD	4.0000	38.7900	155.16 i
12	319-0844	FILTER AS	UNIDAD	4.0000	36.1400	144.56 i
13	326-1644	FILTER AS	UNIDAD	10.0000	49.1500	491.50 i
14	361-9554	ELEMENT FILT	UNIDAD	2.0000	32.6200	65.24 i
<b>TOTALES --&gt;</b>				<b>84.0000</b>		<b>2,659.71</b>
					<b>I.V.A 12 %</b>	<b>319.17</b>

Inicio PC Performer http://192.168.100.2... ES 12:21

## **ANEXO X**

### **Biblioteca de manuales de mantenimiento**



## **ANEXO XI**

### **Proceso de diagnóstico a motores**



## **ANEXO XII**

**Proceso de diagnóstico a sistema hidráulico**



## **ANEXO XIII**

**Proceso de diagnóstico a herramienta de corte y desgarre**



## ANEXO XIV

Refuerzo con cordones de soldadura a un cucharón de excavadora



Fuente: (Castolin, 2010)

## ANEXO XV

Refuerzo con plancha de acero para cucharón de excavadora



## ANEXO XVI

### Análisis de aceite SOS Cat



Fuente: (Finning, 2012)

## ANEXO XVII

### Reporte de análisis de aceites

#### TIPO DE MUESTRA: ACEITE 15W40

# CONTROL LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO	FECHA PROCESO	HORÓMETRO	HORAS ACEITE	¿CAMBIO DE ACEITE?	RELLENO	UNIDADES DEL RELLENO	¿CAMBIO FILTRO?
R440-39229-0005	10/8/09	17/8/09	2130 HR	250HR	SI			SI
<b>Seguimiento</b>	EL HIERRO ESTA ALTO, LOS VALORES QUE INDICAN EL DESGASTE INTERNO DEL MOTOR SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARÁMETROS NORMALES, EL HOLLIN ESTA ALRO, PUEDE INCREMENTAR EL DESGASTE. EL HOLLIN ALTO INDICA UN PROBLEMA EN LA COMBUSTIÓN O DE SOBRECARGA, SI YA REVISO EL SISTEMA DE ADMISION DE AIRE Y TOMO LOS CORRECTIVOS NECESARIOS, ENTONCES REVISE EL AJUSTE DEL SISTEMA DE INYECCIÓN. TOMO OTRA MUESTRA DESPUÉS DE 250 HORAS PARA OBSERVACIÓN.							
R440-39019-0068	12/1/09	19/1/09	870 HR	270 HR	SI			SI
<b>Seguimiento</b>	LOS VALORES QUE NOS INDICAN EL DESGASTE INTERNO DEL SISTEMA SE ENCUENTRAN DENTRO DE LOS PARAMETROS NORMALES EN ESTE PERIOSO DE ACOPLAMIENTO DE LAS PARTES MOVILES. EL HOLLIN ESA LIGERAMENTE ALTO, ESTO INDICA UN PROBLEMA EN LA COMBUSTION O SOBRECARGA, REVISE EL SISTEMA DE ADMIISION DE AIRE (FILTRO DE AIRE TAPADO). CONTINUE MUESTREANDO A INTERVALOS NORMALES PARA OBSERVAR LA TENDENCIA.							

Elementos de desgaste (ppm)	Cu	Fe	Cr	Al	Pb	Sn	Si	Na	K	Mo	Ni	V	Ca	Mg	Zn	P
R440-39229-0005	7	52	2	3	0	1	5	1	1	0	1	0	2972	319	1637	1466
R440-39019-0068	36	81	4	3	1	0	10	0	3	1	0	0	2370	338	1408	1177

Elementos de desgaste (ppm)	ST	OXI	NIT	SUL	W	A	F	PFC	V100
R440-39229-0005	144	24	26	62	N	N	N		15,0
R440-39019-0068	42	10	6	21	N	N	N	2,82	10,7

## ANEXO XVIII

### Análisis de tintas penetrantes



Fuente: (Espinosa, 2008)

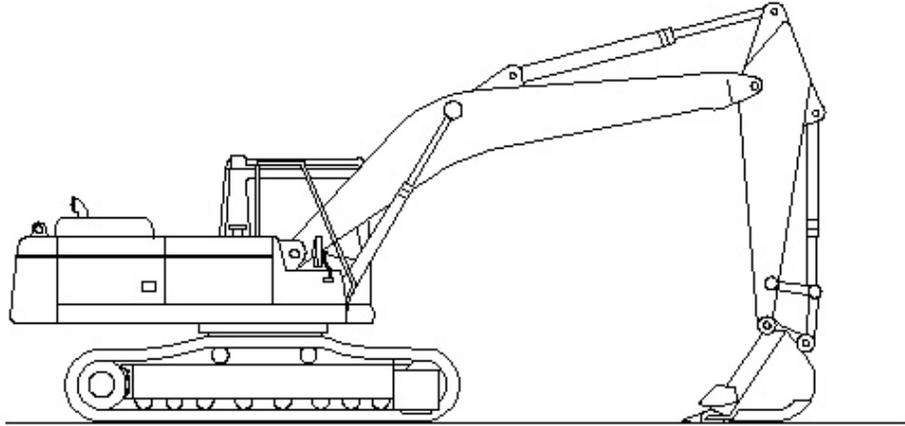
## ANEXO XIX

### Camión lubricador para servicio de mantenimiento en campo



## ANEXO XX

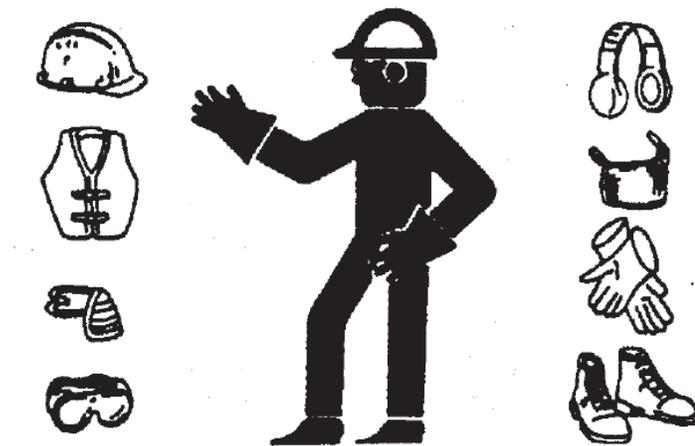
### Estacionamiento de una excavadora



(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)

## ANEXO XXI

### Equipo de protección personal



(Caterpillar, Manual de operación y mantenimiento, 2012)