

**DISEÑO DE UN MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO
APLICADO A EXCAVADORAS HIDRÁULICAS SOBRE ORUGAS UTILIZADAS
EN EMPRESAS DE OBRAS CIVILES DEDICADAS A LA
INFRAESTRUCTURA VIAL**

**EDWARD GERARDO MUÑOZ GARZÓN
JIMMY ALEJANDRO MUÑOZ SUÁREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2015**

**DISEÑO DE UN MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO
APLICADO A EXCAVADORAS HIDRÁULICAS SOBRE ORUGAS UTILIZADAS
EN EMPRESAS DE OBRAS CIVILES DEDICADAS A LA
INFRAESTRUCTURA VIAL**

**EDWARD GERARDO MUÑOZ GARZÓN
JIMMY ALEJANDRO MUÑOZ SUÁREZ**

**Monografía para optar al título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director
JORGE RENÉ PRIETO CRUZ
Especialista en Gerencia de Proyectos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2015**

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme por el buen camino y permitirme salir adelante en cada meta propuesta. A mi familia y mi novia Loren Rondón por el apoyo constante e incondicional durante todo el proyecto. Al Ing. Jorge René Prieto por asesorar y dirigir la investigación realizada. A la universidad UIS y sus profesores por acompañar paso a paso el progreso y dedicar su valioso tiempo para tender las dudas que surgieron a lo largo de este proyecto. A mis compañeros de clase los ingenieros Diego Mendoza, Yamel Aguirre y Jimmy Muñoz por su constante consejo, reflexión y amistad entregada a lo largo de toda la especialización.

EDWARD GERARDO MUÑOZ.

A Mi Dios, por guiarme, orientarme y brindarme la oportunidad de realizar mi sueño de formación en esta área y poder finalizar mi proyecto con la satisfacción mis estudios completos.

A mi esposa Edith Blanco, y mis hijos Felipe y Sebastián, quienes son mi motor y mi razón de vida que merecen todo mi amor, cariño y respeto, por todo el incondicional apoyo brindado a lo largo de todo el tiempo de realización de mis estudios para poder hacer realidad mi deseo de formación profesional, logrando poder avanzar un peldaño más en mi crecimiento personal, profesional.

A mi grupo de trabajo Edward Muñoz, Yamel Aguirre y Diego Mendoza, quienes permitieron formar parte de este excelente grupo que permanecerá para siempre en mis afectos y aportaron muchísimo apoyo para hacer realidad este sueño hecho realidad ahora.

JIMMY ALEJANDRO MUÑOZ

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	15
1. GENERALIDADES DE LA MONOGRAFÍA	18
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	18
1.1.1 Misión	18
1.1.2 Visión	18
1.1.3 Políticas empresariales	18
1.1.4 Mapa de procesos	21
1.1.5 Organigrama	22
1.1.6 Maquinaria y equipo	22
1.1.7 Mantenimientos	24
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	26
1.2.1 Mapa general del proceso de rehabilitación, mejoramiento o construcción de vías.	26
1.3 JUSTIFICACIÓN	28
2. MARCO TEÓRICO	31
2.1 Revision bibliografica	31
2.1.1 Formatos para inspección y diagnóstico de maquinaria pesada, equipos menores y vehículos de transporte.	34
2.2 ANÁLISIS DE FALLAS	34
2.2.1 Análisis de criticidad	35
2.2.2 Herramienta. Análisis de Pareto	37
2.2.3 Histograma.	38
2.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	38
2.3.1 Ventajas	40

2.3.2 Desventajas	41
2.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	41
2.4.1 Ventajas	42
2.4.2 Desventajas	43
2.4.3 Herramientas del mantenimiento predictivo	44
2.4 Plan o Programa de Mantenimiento	51
2.5 INVENTARIOS	52
2.5.1 Administración de inventarios de repuestos	52
2.5.2 <i>Costos de inventarios</i>	52
2.5.3 Pronostico de inventarios	53
2.5.4 Estrategia de las 5'S	54
2.6 INDICADORES DE MANTENIMIENTO	57
2.6.1 Disponibilidad total	57
2.6.2 Disponibilidad por averías	58
2.6.3 MTBF (Mid Time Between Failure, tiempo medio entre fallos):	58
2.6.4. MTTR (Mid Time ToRepair, tiempo medio de reparación).	58
2.6.5 Indicadores de gestión de órdenes de trabajo	59
2.6.6 Índice de cumplimiento de la planificación	59
2.6.7 Tiempo medio de resolución de una O.T	60
2.6.8 Índice de Mantenimiento Programado	60
2.6.9 Índice de Correctivo.	60
3. MANTENIMIENTO EN EXCAVADORA HIDRÁULICAS DE ORUGA	61
3.1 COMPONENTES Y SUBCOMPONENTES	64
3.1.1 Sistema electrónico.	64
3.1.2 Sistema hidráulico	65
3.1.3 Sistema motriz.	67
3.1.4 Sistema Estructural y de Traslación.	68

4. RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	71
4.1 SABANAS DE MANTENIMIENTOS REALIZADOS A LOS EQUIPOS	71
4.2 ANÁLISIS DE LAS PROBLEMAS EVIDENCIADOS	75
4.2.1 El Análisis de Criticidad	78
4.4 INVENTARIOS	81
4.4.1 Calculo de inventarios sin rotación	81
5. PROPUESTA	84
5.1 ELABORACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO	84
5.1.1 Rutinas de mantenimiento..	87
5.1.2 Ordenes de trabajo	89
5.1.3 Formatos de inspección	90
5.1.4 Indicadores	92
5.2 ANÁLISIS DE ACEITE CON EL APOYO DE TERPEL	93
5.3 INVENTARIOS	101
5.3.1 Optimización en el sistema de información del área de cadena de abastecimiento	101
5.3.2 Negociación con proveedores	102
5.3.3 Stock y acoplado de líneas hidráulicas	103
5.4 PROPUESTA DE LAS 5S	103
6. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	104
6.1 METODOLOGÍA	104
6.2 INVENTARIOS	104
6.2.1 Optimización de inventarios por medio de un sistema de información	105
6.2.2 Stock y acoplado de líneas hidráulicas	106
6.3 Implementación ordenes de trabajo y sistemas de información	111
6.4 IMPLEMENTACIÓN EN ANÁLISIS DE ACEITE	114
7. CONCLUSIONES	116
BIBLIOGRAFÍA	118

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Mapa de procesos	21
Figura 2. Organigrama	22
Figura 3. Formato F-MAQ-07 Control e mantenimiento de maquinaria y/o equipo.	24
Figura 4. Metodología para caracterizar la subrasante y determinar la Capacidad Portante Equivalente	27
Figura 5. Excavadora Hidráulica sobre Orugas	27
Figura 6. Diagrama de flujo	33
Figura 7. Modelo básico de análisis de criticad	35
Figura 8. Análisis de Pareto	37
Figura 9. Formato de Muestra	45
Figura 10. Análisis de costos	52
Figura 11. Diagrama de flujo de mantenimientos de maquinaria amarilla	56
Figura 12. Excavadora	61
Figura 13. Sistema motriz	67
Figura 14. Filtro de aire de sello radial	68
Figura 15. Tren de rodaje	68
Figura 16. Diagrama de Pareto – Paso 1. tabulación de las causas Vs frecuencias	72
Figura 17. Espina de pescado ruptura de manqueras del sistema hidráulico	73
Figura 18. Espina de pescado – tiempos exagerados de mantenimientos	73
Figura 19. Espina de pescado – daño en ruedas tensoras, exploquer y sistema de carrilera	74
Figura 20. Paso 2. Tabulación de las causas Vs. Frecuencias	77
Figura 21. Gráfico de Análisis de Pareto	77

Figura 22. Rotación inventario Consorcio Vial del Sur	82
Figura 23. Solicitud de servicio análisis de laboratorio	93
Figura 24. muestras de seguimiento de equipos ya registrados.	94
Figura 25. Consignación de datos en software “Terpel Análisis de Aceites y Equipos”	94
Figura 26. Reporte análisis de laboratorio	95
Figura 27. Diferentes formas de toma de aceite para cumplir con la muestra representativa.	96
Figura 28. Análisis de aceites y equipos	96
Figura 29. Envió muestra de seguimiento	97
Figura 30. Envió muestra al laboratorio	98
Figura 31. Estado de la muestra	99
Figura 32. software “TAA&E”,	100
Figura 33. Trámite de pedidos	105
Figura 34. Pre autorización de pedidos	105
Figura 35. Solicitud de cambio de la cantidad autorizada	106
Figura 36. Asesora Comercial Rosana Ardila	106
Figura 37. Capacitador Javier Trujillo	107
Figura 38. Revisión de mangueras	107
Figura 39. Avances Grupo LHS	111
Figura 40. Fotos de la capacitación	115

LISTA DE TABLAS

	pág.
TABLA. 1 Maquinaria y equipo	23
TABLA. 2 Técnicas de mantenimiento predictivo.....	42
TABLA. 3 Ejemplo de resultado de muestra	45
TABLA. 4 Ejemplo de Desgaste.....	49
TABLA. 5 Elementos contaminantes	50
TABLA. 6 . Características de los aditivos	50
TABLA. 7 Tareas que componen un plan de mantenimiento.....	51
TABLA. 8 Costos de inventarios	53
TABLA. 9 Estrategia de las 5'S.....	54
TABLA. 10 Estrategia de las 5'S enfocadas al Mantenimiento	55
TABLA. 11 Análisis de criticidad	81
TABLA. 12 Costos	82
TABLA. 13 Maquinaria y equipo	83
TABLA. 14 Mantenimiento tipo 1, Cada 250 horas de servicio	85
TABLA. 15 Mantenimiento tipo 2, Cada 500 horas de servicio	85
TABLA. 16 Mantenimiento tipo 3, Cada 1000 horas de servicio	86
TABLA. 17 Mantenimiento tipo 4, Cada 2000 horas de servicio	86
TABLA. 18 Listado de filtración y sellos.....	87
TABLA. 19 Orden de trabajo.....	89
TABLA. 20 Inspección visual para maquinaria.....	90
TABLA. 21 Mano de obra para la propuesta.....	110

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A Equipos de pavimentos y conformación de suelos	120
ANEXO B Maquinaria para explotación	121
ANEXO C Equipos de apoyo	122
ANEXO D Equipos de transporte pesado e izaje.....	124
ANEXO E Equipos de producción.....	125
ANEXO F Camiones – camionetas – tanques – carro tanques	126
ANEXO G Mixer - Tractomulas	128
ANEXO H Volquetas.....	129
ANEXO I Espina de pescado - ruptura de mangueras del sistema hidráulico	131
ANEXO J Espina de pescado tiempos exagerados de mantenimientos.....	132
ANEXO K Espina de pescado - daño en ruedas tensoras, sproket y sistema de carrilera.....	133
ANEXO L Información de los mantenimientos efectuados en obra	134
ANEXO M Información de los mantenimientos efectuados en obra	135
ANEXO N Información de los mantenimientos efectuados en obra.....	136
ANEXO O Información de los mantenimientos efectuados en obra.....	137
ANEXO P Información de los mantenimientos efectuados en obra.....	138
ANEXO Q Información de los mantenimientos efectuados en obra.....	139
ANEXO R Información de los mantenimientos efectuados en obra.....	140

RESUMEN

TITULO: DISEÑO UN MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO APLICADO A EXCAVADORAS HIDRÁULICAS SOBRE ORUGAS UTILIZADAS EN EMPRESAS DE OBRAS CIVILES DEDICADAS A LA INFRAESTRUCTURA VIAL.

AUTOR: EDWARD GERARDO MUÑOZ GUZMÁN

JIMMY ALEJANDRO MUÑOZ SUAREZ **

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo, programación de mantenimiento, falla, inventario, excavadoras, inspecciones, análisis de aceite, sabana de mantenimientos.

CONTENIDO: Los planes de mantenimientos preventivos y predictivos buscan extender la vida útil de los componentes principales de los equipos, mejorando su rendimiento, optimizando la disponibilidad y lograr el máximo aprovechamiento de las máquinas seleccionadas en un proyecto, planeando y programando intervenciones de manera anticipada con base a seguimiento del comportamiento de los componentes antes del deterioro.

Es por esta razón, que este proyecto se planteó el diseño las principales bases de un mantenimiento preventivo y predictivo aplicado a las retro excavadoras del GRUPO LHS, analizando un frente de trabajo ubicado en el sector del Departamento del Putumayo, que permitan mantener un seguimiento, control y programación estricta de las actividades enfocadas a minimizando los costos, las intervenciones no programadas, conservación de componentes internos de los diferentes sistema que forman parte de la máquina, ya que estos equipos son vitales en los proyectos de ejecución de la compañía, puesto que ejecutan operaciones involucradas encaminadas a la elaboración de nuevas vías y mejorar las vías existentes que permitan la comunicación entre todas las zonas del país.

Para el desarrollo del proyecto, se analiza información , recolectada en el sistema de información, que permite obtener una idea de los hechos que están repercutiendo en la situación actual de la empresa y permite realizar un diagnóstico más acertado, presentar propuestas de mejoramiento e implementar un programación de actividades en un sistema de información APP, tendientes a mejorar el rendimiento, desempeño, disponibilidad y confiabilidad de los equipos del frente de trabajo producto de este estudio.

* Trabajo de Grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Jorge Rene Prieto Cruz, Ingeniero Mecánico.

SUMMARY

TITLE: DESIG A MODEL OF PREVENTIVE AND PREDICTIVE MAINTENANCE APPLIED TO HYDRAULIC EXCAVATOR TRACKS USED IN CIVIL WORKS COMPANY DEDICATED TO THE ROAD INFRASTRUCTURE.*

AUTHOR: EDWARD GUZMAN GERARDO MUÑOZ

JIMMY ALEJANDRO MUNOZ SUAREZ**

KEYWORDS: Preventive Maintenance, Predictive Maintenance, maintenance scheduling, fault, inventory, excavators, inspections, oil analysis, sheet of maintenance.

CONTENT: The plans of preventive and predictive maintenance seek to lengthen the life of the principal components of equipment, improving performance, optimizing the availability and maximum utilization of the machines selected in a project, planning and programming interventions advance based on monitoring the behavior of the components before impairment.

It is for this reason that this project was proposed to design the main bases of preventive and predictive maintenance applied to the excavator of GRUPO LHS, analyzing a work front located in the area of the Department of Putumayo, that maintain monitoring, control and strict schedule of activities aimed at minimizing costs, interventions unscheduled maintenance of internal components of different system as part of the machine, as these teams are vital in implementing projects company, since running operations involved aimed at the development of new roads and improving existing roads that allow communication between all parts of the country.

For the project, information is analyzed, collected in the information system, giving an idea of the events that are impacting on the current situation of the company and allows for a more accurate diagnosis, proposals for improvement and implement a programming of activities in an information system APP, designed to improve performance, performance, availability and reliability of the equipment front work product of this study.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Jorge Rene Prieto Cruz, Ingeniero Mecánico.

INTRODUCCION

Actualmente Colombia es uno de los países en Latinoamérica más atrasados en materia de infraestructura vial por esta razón los entes gubernamentales en cabeza de la presidencia de la república otorgan contratos de infraestructura vial, tanto para creación de nuevas vías o mejoramiento de vías existentes. El GRUPO LHS es una de las empresas a la cual le han adjudicado dichos contratos y para este caso el proyecto VIAL DEL SUR, que tiene como finalidad la creación de la vía entre Mocoa y San Francisco (Putumayo), en donde se desarrollara el presente trabajo de Monografía.

Para la creación de vías se hace necesario el empleo de maquinaria pesada; dentro de los cuales las excavadoras de orugas se convierten en el equipo más importante del proceso de apertura de vía. Es por esto; que de su disponibilidad y confiabilidad depende el cumplimiento oportuno de los contratos asignados.

Por esta razón este documento propone un diseño de un mantenimiento preventivo y predictivo aplicado a estos equipos críticos. Para ello, mediante un análisis causa raíz se atacarán los elementos críticos y se propondrá un tipo de mantenimiento preventivo basado en órdenes de trabajo con el cual actualmente el GRUPO LHS no cuenta. De igual forma se integrara el mantenimiento predictivo por medio de los análisis de aceite, capacitando a todo el personal, implementado con el apoyo de algunos proveedores. Adicional se analizaran los inventarios para poder encontrar soluciones con los altos inventarios y el stock mínimo de los repuestos requeridos para los mantenimientos de las excavadoras de oruga.

1. GENERALIDADES DE LA MONOGRAFÍA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

El Grupo Empresarial LHS, está integrado por ORGANIZACIÓN S & V S.A.S, en calidad de sociedad Matriz, Solarte Nacional de Construcciones S.A.S. – SONACOL S.A.S., Constructora LHS S.A.S e INMONOVA S.A.S en calidad de subordinadas.

El Grupo Empresarial LHS, actualmente abarca diferentes líneas de negocios como las obras civiles, producción y comercialización de mezclas asfálticas, producción, suministro y transporte de materiales pétreos, desarrollo de bienes inmuebles y publicidad; alcanzando reconocimientos en cada uno de ellos por la calidad, cumplimiento y profesionalismo.

1.1.1 Misión. El Grupo empresarial LHS está dedicado a la construcción de obras civiles, producción y suministro de materiales pétreos, producción de mezcla asfáltica, transporte y colocación; comprometidos con el Medio Ambiente, la seguridad de sus trabajadores y la calidad en los productos.

1.1.2 Visión. Para el 2015 ser un Grupo líder a nivel nacional en la construcción de obras civiles, producción y suministro de materiales pétreos, producción de mezcla asfáltica, transporte y colocación, realizando proyectos que permitan mejorar la infraestructura de nuestro país.

1.1.3 Políticas empresariales

1.1.3.1 Política del sistema de gestión integral. En el GRUPO LHS desarrollamos nuestras actividades de diseño, construcción de obras de ingeniería civil, producción, transporte y colocación de mezclas asfálticas y agregados pétreos, estamos comprometidos en todos los niveles de la Organización a implementar, mantener y mejorar nuestro Sistema de Gestión Integral, cumpliendo con las especificaciones técnicas, manteniendo altos estándares de seguridad, salud y ambiente, desarrollando programas y controles encaminados a la prevención de impactos socio-ambientales, accidentes de trabajo, daños a la propiedad y enfermedades laborales, y realizando la gestión sobre las desviaciones que se puedan presentar, promoviendo con ello, la calidad de vida laboral de nuestros colaboradores.

Como parte de nuestra Responsabilidad Social, apoyamos la activación económica en las zonas de influencia de nuestras actividades mediante la generación de oportunidades laborales dignas y el consumo de bienes y servicios locales contribuyendo a la activación de los diferentes sectores económicos regionales; desarrollamos proyectos sociales que ayudan a mejorar las condiciones de vida de las comunidades de nuestra zona de influencia y ejecutamos programas que benefician a nuestros colaboradores y sus familias.

Desarrollamos nuestras actividades observando altos estándares de ética empresarial, para lo cual cumplimos con la legislación nacional aplicable a nuestro negocio, normas y estatutos adoptados por nuestra Organización y las demás establecidas por nuestros clientes.

Para el logro de estas acciones, la Alta Dirección del Grupo LHS destina los recursos económicos, humanos y físicos necesarios para la mejora continua de nuestro Sistema de Gestión Integral como estrategia de negocio para satisfacer las expectativas de nuestras partes interesadas, mantener el control de los riesgos y lograr la sostenibilidad.

1.1.3.2 Política de seguridad vial. El GRUPO LHS consciente de la importancia que tiene la seguridad vial en el desarrollo de nuestros proyectos, establece las siguientes directrices que buscan la seguridad de nuestros colaboradores, contratistas y la comunidad vecina, como estrategia de prevención de accidentes o afectaciones ambientales:

- Cumplir los requisitos legales que en materia de seguridad vial se encuentran vigentes y los establecidos por nuestros clientes.
- Cumplir con los estándares de seguridad vial y motivar la responsabilidad del peatón, durante el desarrollo de nuestras operaciones.
- Fomentar la cultura del autocuidado y auto-regulación.
- Permitir la operación de máquinas y/o vehículos sólo al personal autorizado.
- Mantener en buenas condiciones de operación todos los vehículos y maquinaria, que prestan los servicios a la Organización, sean propios o de terceros.
- La Alta Dirección y la Gerencia de Maquinaria destinarán los recursos económicos, humanos y técnicos necesarios, para implementar, desarrollar y mejorar la estrategia de seguridad vial en todos nuestros frentes de trabajo.

1.1.3.3 Política de no consumo de alcohol y sustancias psicoactivas. El grupo lhs dentro de su intención de preservar la integridad de sus colaboradores, contratistas y visitantes, así como de sus operaciones, prohíbe el consumo, posesión y venta de licor o sustancias psicoactivas dentro de las instalaciones de la empresa en horas laborales, así como el inicio de actividades bajo los efectos de sustancias psicoactivas o alcohólicas por comprometer el desempeño del trabajo, la integridad propia y de los demás colaboradores y sus familias así como también la integridad y la estabilidad de la organización.

El consumo, posesión o tráfico de sustancias no permitidas dará origen a la aplicación de las medidas disciplinarias contempladas en el Reglamento Interno de Trabajo y el Código Sustantivo de Trabajo, los cuales incluyen la terminación del contrato por justa causa.

Como medida de prevención la Organización; además de realizar campañas de prevención del consumo, realizará a sus colaboradores, contratistas y visitantes pruebas de consumo de alcohol en aliento, las cuales se realizarán sin previo aviso, de forma aleatoria o por duda razonable.

1.1.3.4 Política de tabaquismo. en el grupo lhs; conscientes de que fumar afecta la salud; contribuye a la protección de las áreas de desarrollo de los procesos y zonas interiores cerradas de trabajo, brindando a sus empleados directos, sub-contratistas y visitantes un ambiente de trabajo que apoya y asegura el cumplimiento de las medidas encaminadas a lograr entornos sin humo de tabaco; por lo tanto, es política interna del grupo lhs no permitir fumar en las áreas de trabajo y en horarios laborales.

1.1.3.5 Política de no acoso laboral. El GRUPO LHS, se compromete a mantener un ambiente laboral sano, libre de maltratos y prácticas contrarias a nuestros principios y valores. Igualmente garantiza el trabajo en condiciones dignas y justas, los derechos de los trabajadores y la armonía entre quienes comparten un espacio común, por lo cual no se permite ningún tipo de situación de acoso laboral.

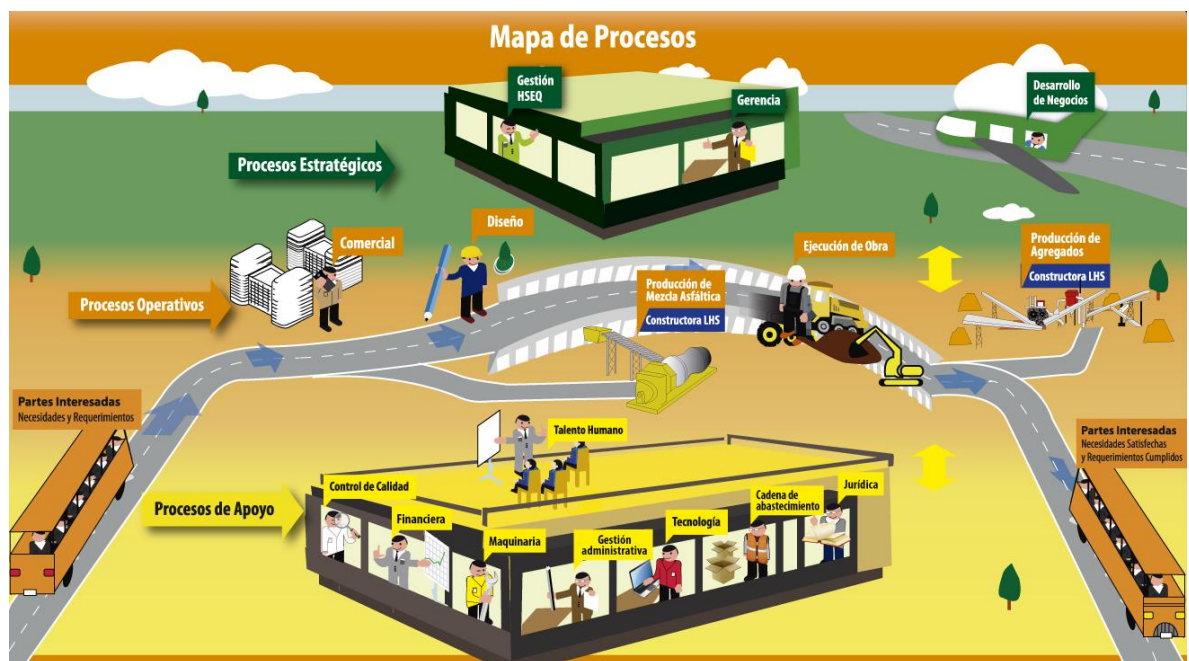
En virtud de lo anterior, se encuentra prohibido en las empresas que integran el GRUPO LHS las prácticas que constituyan acoso laboral, así como cualquier conducta que afecte el respeto y la honra hacia los demás.

Por ello, es importante prevenir y erradicar las conductas de acoso laboral y defender los derechos laborales de todas las personas que conviven bajo un mismo ambiente; por lo cual nos comprometemos a colaborar conjuntamente en la instauración del plan de prevención contra el acoso laboral en el lugar de trabajo.

En resumen, nuestra política de no acoso laboral va dirigida a prevenir, rechazar, corregir y sancionar las diversas conductas de acoso laboral previstas en la ley 1010 de 2006 y cualquier práctica que implique la afectación de la dignidad humana de nuestros trabajadores y se manifiesta mediante nuestro firme compromiso de implementar una cultura basada en los principios de justicia, respeto, transparencia, igualdad, responsabilidad, debido proceso, ética empresarial, eficiencia, equidad, confianza, excelencia, cumplimiento, rentabilidad, bienestar orientados a mantener siempre un excelente clima laboral en todas las empresas que integran el GRUPO LHS.

1.1.4 Mapa de procesos

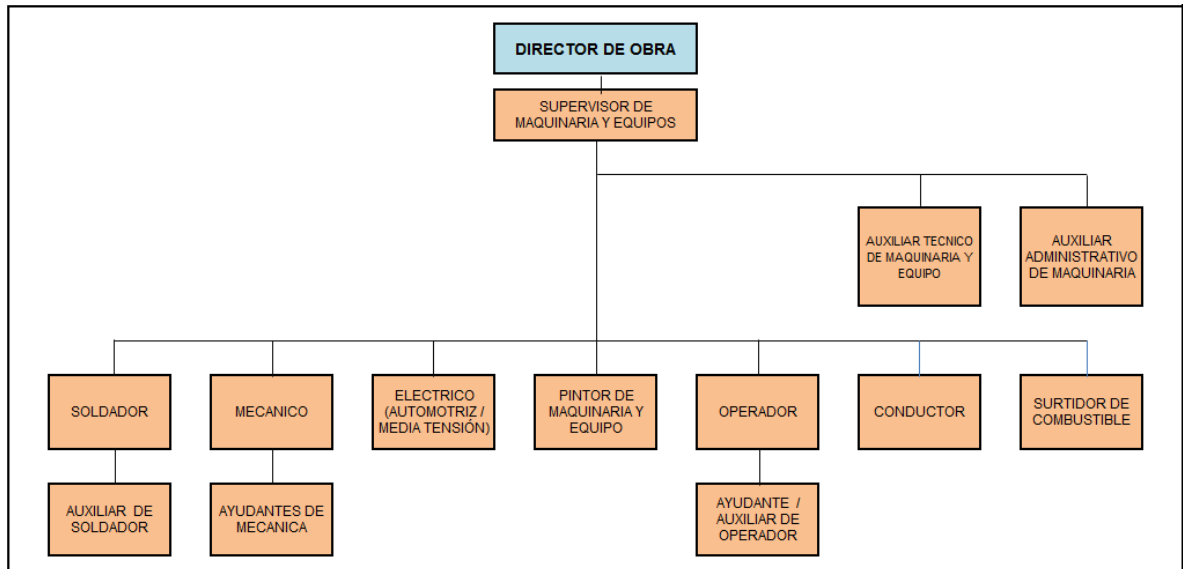
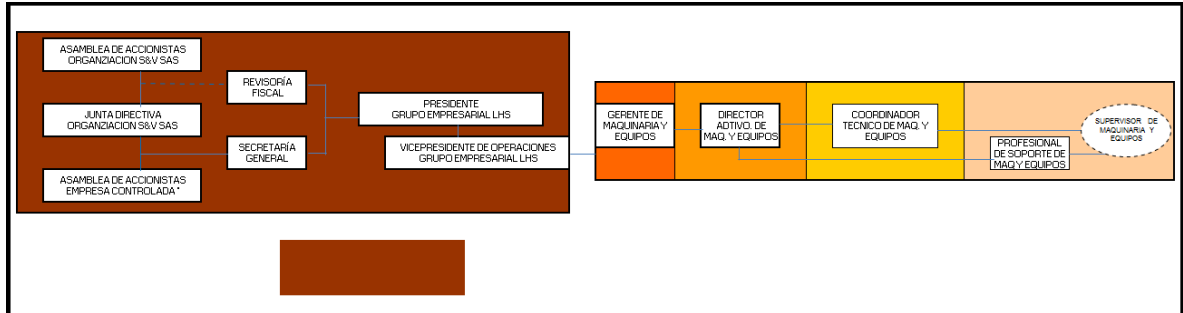
Figura 1. Mapa de procesos



Fuente: Google

1.1.5 Organigrama

Figura 2. Organigrama



1.1.6 Maquinaria y equipo. Actualmente el GRUPO LHS posee la siguiente maquinaria y equipos:

TABLA. 1 Maquinaria y equipo

TIPO	CANTIDAD
BOMBA DE CONCRETO	3
BULDOZER	7
CAMION GRUA	2
CARGADOR	10
COMPACTADOR LLANTAS	3
COMPRESOR	15
DOSIFICADORA DE CONCRETO	2
EQUIPO DE LAVADO Y CLASIFICACIÓN	1
EXCAVADORA	26
FINISHER	3
FRESADORA	1
MINICARGADOR	10
MOTONIVELADORA	9
MOTOSOLDADOR DIESEL	10
PERFORADOR	3
PLANTA DE ASFALTO	2
PLANTA ELECTRICA	16
PLANTA LUMINARIA	20
PLANTA MEZCLADORA DE CONCRETO	1
PLANTA MEZCLADORA DE SUELO	1
PLANTA TRITURADORA	5
RETROCARGADOR	11
VIBROCOMPACTADOR	22
VOLQUETA TANQUE	14
VOLQUETA	85
TRACTOMULA	16
CARROTANQUE	6
MIXER	13
CAMIONES- CAMIONETAS	18
VOLQUETA ARTICULADA	10
TOTAL EQUIPOS	345



Estos equipos son clasificados según se muestra en los anexos A al I.

1.1.7 Mantenimientos. El mantenimiento realizado a la maquinaria y equipo de la organización, constituye una de las prioridades básicas, toda vez que va encaminada a mantener la maquinaria y equipos en óptimas condiciones para evitar accidentes ocasionados por fallas de mantenimiento y preservar las inversiones realizadas en los equipos; es labor del área de maquinaria y equipo entre otras velar por la realización del correcto mantenimiento de la maquinaria y equipo; así como la ejecución de buenas prácticas en la realización del mismo.

Una vez sea autorizado el mantenimiento por el supervisor de maquinaria o el encargado del proyecto, el mecánico o encargado de los mantenimientos debe proceder a realizarlo retirando lo necesario del almacén. Después de la reparación, debe entregar al almacenista los filtros usados, repuestos y el aceite quemado para llevar un control de los mismos y hacer la disposición final en los sitios preparados para esto. Se debe tener cerca de la mano un kit de control de derrames, previo a la realización de cualquier mantenimiento.

El supervisor de maquinaria y equipo, llevara la programación del mantenimiento programado mediante el diligenciamiento del formato F-MAQ-07 Control e mantenimiento de maquinaria y/o equipo.

Figura 3. Formato F-MAQ-07 Control e mantenimiento de maquinaria y/o equipo.

				GRUPO LHS						F-MAQ-07	
				CONTROL MANTENIMIENTO MAQUINARIA Y/O EQUIPO						REV. No. 3	
										28/01/2008	
MAQUINA	HORAS DE INICIO	HORAS		○	○	○	○	○	○		
		KILOMETRAJE									
		FECHA									
		HORA REAL									
		KILOMETRAJE REAL									
		OBRA									
MAQUINA	HORAS DE INICIO	HORAS		○	○	○	○	○	○		
		KILOMETRAJE									
		FECHA									
		HORA REAL									
		KILOMETRAJE REAL									
		OBRA									
MAQUINA	HORAS DE INICIO	HORAS		○	○	○	○	○	○		
		KILOMETRAJE									
		FECHA									
		HORA REAL									
		KILOMETRAJE REAL									
		OBRA									
MAQUINA	HORAS DE INICIO	HORAS		○	○	○	○	○	○		
		KILOMETRAJE									
		FECHA									
		HORA REAL									
		KILOMETRAJE REAL									
		OBRA									

Fuente: Grupo LHS

Para el mantenimiento de la Maquinaria y Equipo como engrases, chequeo de niveles, cambio de aceites y filtros, se debe colocar polietileno que cubra la totalidad del área donde se realizará esta actividad y también por medio de una batea o caneca, de tal forma que se evite contaminación del suelo por derrames. El sitio donde se van a realizar los mantenimientos preventivos y/o correctivos debe ser adecuado para el buen manejo de los desechos líquidos y sólidos.

1.1.7.1 Mantenimiento Correctivo. Se entiende por mantenimiento correctivo, el mantenimiento realizado previo a la presentación de una avería, ejecutado con el fin de devolver una condición estándar segura de funcionamiento de la máquina. Este mantenimiento requiere de la autorización del Ingeniero supervisor de maquinaria y equipo con conocimiento del ingeniero residente de obra y/o Director. Es realizado de manera que no se presente una avería en la máquina que pueda producir una parada de la producción.

1.1.7.2 Mantenimiento Programado - Preventivo. Se entiende por mantenimiento programado de maquinaria y equipo, aquel mantenimiento realizado de manera preventiva y ejecutado de manera programada. Tendiente a prevenir fallas que conlleven a accidentes por averías mecánicas y a preservar la operatividad de una maquina o equipo.

Para equipo de movimiento de tierra, amarillo, equipo de pavimentación y perforadores.

- Tipo 1 de 250horas de uso,
- Tipo 2 de 500 horas de uso
- Tipo 3 de 1000 horas de uso.
- Tipo 4 de 2000 horas de uso

Para equipo de transporte

- Tipo 1 de 300 horas de uso
- Tipo 2 de 600 horas de uso
- Tipo 3 de 1200 horas de uso
- Tipo 4 de 2400 horas de uso

Estos programas serán evaluados y ajustados en cuanto a su contenido o periodicidad de acuerdo con el desarrollo de las actividades, considerando las

horas de trabajo de cada equipo, su modelo, su estado de desgaste, las condiciones de operación.

1.1.7.3 Mantenimiento fuerza mayor. Se entiende por mantenimiento de fuerza mayor el realizado a partir de la presentación de una avería o falla en un equipo en producción. En caso de requerirse algún mantenimiento de fuerza mayor, el conductor u operador deberá informar al supervisor de maquinaria o al asignado en obra para tomar las medidas necesarias y programar el mantenimiento respectivo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es uno de los países en Latinoamérica más atrasado en materia de infraestructura de transporte, Colombia está muy atrasada en comparación con América Latina. Hablando de carreteras, el país está un 30% debajo del nivel en que debería estar. Los estudios señalan que para reducir el atraso, la inversión en transporte no urbano, de aquí al año 2020, debe ser de \$20 billones anuales, que corresponden a un 3,1 del PIB. De esta cifra, un 20% debería ser enfocado en disminuir los problemas existentes y el 80% para responder al incremento esperado con el tráfico de vehículos a raíz de los acuerdos comerciales que el país ha firmado o está por firmar. Con esto se estima que Colombia pasaría de 13 mil kilómetros pavimentados a 44 mil kilómetros a finales de la década.

Debido a esta problemática y a la necesidad de expandir las fronteras a lo largo de todo el territorio nacional, los entes gubernamentales en cabeza de la presidencia de la república otorgan contratos de obras civiles, infraestructura vial, tanto para creación de nuevas vías o mejoramiento de vías existentes, para incentivar nuevos mercados en todas las zonas del país a donde anteriormente no se podía llegar. Es por esto que las empresas dedicadas a la infraestructura vial centran sus esfuerzos en los temas dedicados a la rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras por todo el país.

1.2.1 Mapa general del proceso de rehabilitación, mejoramiento o construcción de vías.

Figura 4. Metodología para caracterizar la subrasante y determinar la Capacidad Portante Equivalente

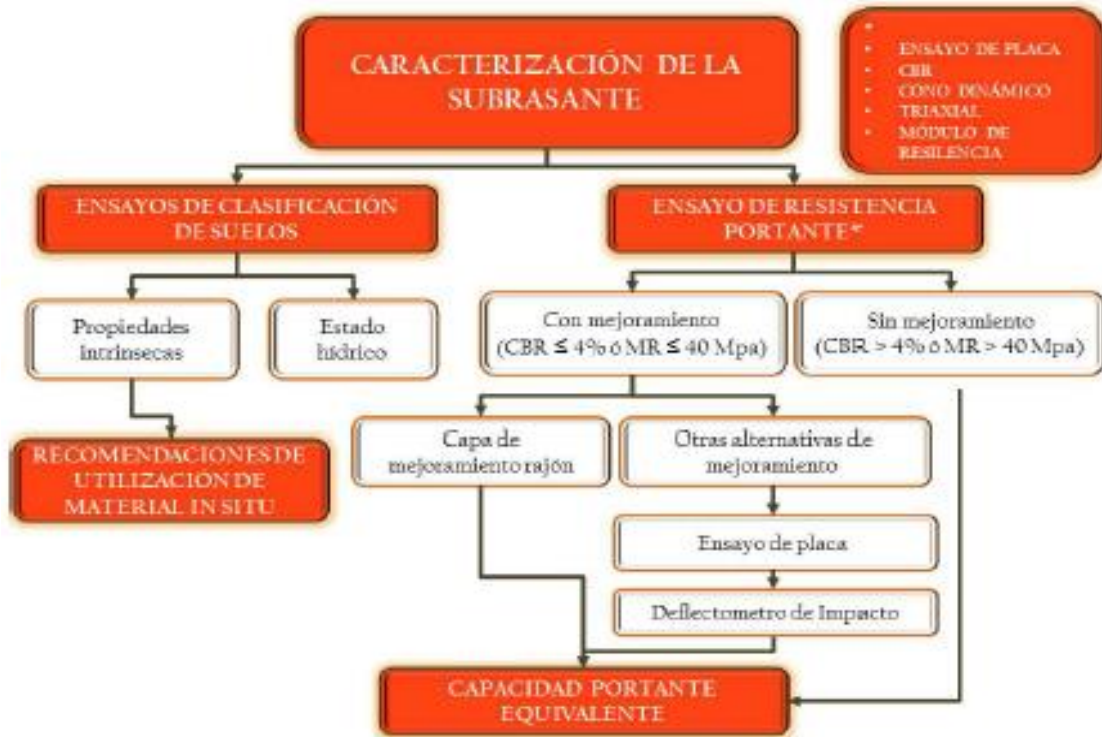


Figura 5. Excavadora Hidráulica sobre Orugas



Durante el proceso las excavadoras de oruga juegan un papel importante, interviniendo en varios de los procesos como lo es la apertura del paso por donde se va a construir la vía, el levantamiento de la carpeta asfáltica y/o la remoción de material, que posteriormente será reemplazado para dar estabilidad al terreno. Es por esto que se ve afectada su operación; ya que la gestión basada en mantenimientos correctivos, una baja capacitación del personal, un manejo inadecuado de los recursos otorgados por la empresa y una baja inversión en la gestión del mantenimiento de tercera o cuarta generación, puede llegar a ocasionar un impacto negativo en cuanto a las metas que plantea la organización, generando sobrecostos y en ocasiones multas. Adicional genera un significativo deterioro y la afectación de la vida útil del equipo, bajos tiempo medio entre fallas y altos tiempos medios de reparación por falta de disponibilidad de repuestos o insumos para mantenimientos, y todo unido en el bajo número de horas de disponibilidad para operación de las máquinas.

En muchas obras de construcción en perforaciones, una excavadora tiene que levantar y girar secciones pesadas de tubería y secciones de entrada dentro y fuera de las zanjas, colocar secciones de entrada y descargar material de camiones. En algunos casos la capacidad de levantamiento de la excavadora es tan importante que se convierte en un factor decisivo en la selección de una excavadora para un trabajo.

1.3 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el incumplimiento de los compromisos adquiridos ante los entes gubernamentales que otorgan los nuevos proyectos en el país, generan retrasos

en las obras y pérdidas financieras incalculables en especial para las empresas que licitan. Algunas causas por las cuales esto ocurre es debido a la mala administración del mantenimiento de la maquinaria (siendo esta área uno de los pilares más importantes para las empresas y sus metas), los innumerables mantenimientos correctivos presentados en sus equipos y los tiempos de intervención altos al situar las obras en zonas fuera del perímetro urbano en donde se complica la gestión de repuestos.

Es necesario implementar en estas empresas planes de mantenimiento que mantengan un sistema productivo eficiente y rentable, planes de mantenimiento que satisfagan las necesidades del cliente que en este caso son los contratantes y el país. Es momento de comenzar a implementar mantenimientos preventivos y predictivos enfatizando en la elaboración de presupuestos y gestión de inventarios.

Por esta razón se diseñara un modelo de mantenimiento preventivo y predictivo a las excavadoras de oruga, siendo estas uno de los equipos de más importancia para alcanzar las metas, beneficiando a todas las empresas del sector de la construcción de infraestructura vial del país. Para alcanzar estos objetivos, se analizara desde el punto de vista del modo y efecto de falla, se realizar el plan de mantenimiento preventivo partiendo de las ordenes de trabajo y sus beneficios para garantizar una buena administración del mantenimiento, para posteriormente incursionar en el mantenimiento predictivo, el cual se enfocara en el análisis de aceite y las nuevas tecnologías de monitoreo satelital. Por último se determinara el stock de repuestos necesarios evaluando el nivel de criticidad de las mismas para garantizar la disponibilidad del equipo en estudio.

1.4 OBJETIVOS DE LA MONOGRAFÍA

1.4.1 Objetivo General. Diseñar un modelo de mantenimiento preventivo y predictivo aplicado a excavadoras hidráulicas sobre orugas y sus componentes utilizadas en empresas de obras civiles dedicadas a la infraestructura vial.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de modo de falla y efectos a las excavadoras sobre orugas identificando los componentes críticos.
- Proponer la metodología del mantenimiento preventivo por medio de órdenes de trabajo teniendo en cuenta las rutinas de mantenimiento que afectan la operación de los equipos del análisis.

- Proponer la metodología del Mantenimiento predictivo teniendo como herramienta los informes de análisis de aceite con el fin de identificar, estado de componentes posibles fallas y programar las reparaciones en periodos de tiempo razonables minimizando los costos, protegiendo y extendiendo la vida útil de los componentes principales sin afectar el funcionamiento y las actividades propias de las obras.
- Identificar el stock mínimo para la intervención de los equipos según la programación de mantenimiento.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 REVISION BIBLIOGRAFICA

En la investigación realizada para el apoyo del proyecto se contaron con algunas monografías que aportar algunas ideas para ejecución del proyecto.

Para un análisis para equipos como Motoniveladoras, vibro compactadores, retro cargadoras, Buldócer, se menciona que todo equipo o maquinaria nueva debe poseer un catálogo hecho o diseñado por el fabricante o ensamblador. Éste elemento es vital para comenzar a estructurar y dar cuerpo al plan de mantenimiento, ya que de ahí se responderá a inquietudes técnicas. Este documento debe traer la información técnica: Potencia, Alimentación, Instalación, Arranque, Repuestos sugerido, es información que realmente es importante para organizar el mantenimiento de los equipos, se extrae información clasificada para la elaboración de las fichas técnicas, de cada equipos, con la información más completa posible (filtros, medidas, componentes, etc.) Basados en la información de los fabricantes y aterrizados a las condiciones de cada empresa buscando siempre la mayor disponibilidad de los equipos para su uso apropiado

Los mantenimientos apropiados para aplicar a este tipo de equipos son:

Mantenimiento Preventivo: mencionan tres tipos de niveles para los mantenimiento (1, 2 y 3). Que son los niveles de mantenimiento básicos, existen autores que los conocen como (A, B y C), pero en esencia poseen el mismo concepto:¹

- **Mantenimiento nivel 1:** No existe mejor conocedor de un equipo que su propio usuario, por tal razón el usuario u operador, puede dar información valiosa para el mantenimiento en condiciones normales de funcionamiento, puede realizar intervenciones de mantenimiento básicas.
- **Mantenimiento nivel 2:** es conveniente tener en la planta o empresa una o más personas capacitadas en diferentes áreas de mantenimiento es el encargado de efectuar los mantenimientos programados, donde se requieren conocimientos técnicos, bajo programación del responsable del departamento o dependencia de mantenimiento.

¹ SANABRIA CANCELADO Hector Ricardo – HERNÁNDEZ Harley David
elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la gobernación de Casanare.

- **Mantenimiento nivel 3:** Este tipo de intervenciones no son o no deberían ser frecuentes por su alto costo. Estas actividades son efectuadas por personal externo a la empresa altamente calificado y capacitado, en actividades específicas. Mencionan los tipos de mantenimientos, para formar un plan de mantenimiento preventivo es necesario tener en cuenta: recopilación de información técnica, creación o reorganización de la hojas de vida, programación de intervenciones, stock de repuestos, determinación del personal de mantenimiento equipos de servicio y soporte para mantenimiento, diseño y creación del sistema de información, capacitación a talento humano, estudio de impacto del plan de mantenimiento, cálculo del presupuesto, impacto ambiental, cronograma de ajuste y/o implementación, inicio de ajuste organizacional o implementación y retroalimentación del plan de mantenimiento preventivo.

- **Mantenimiento predictivo:** se basa únicamente efectuar intervenciones de cambio, medición, calibración, limpieza, verificación e inspección, sólo cuando se estima que la vida útil está por terminar. Por lo tanto en el mantenimiento predictivo, se reconsideran variables de operación para reprogramar actividades de mantenimiento según el análisis por condición. Controlar las variables de funcionamiento, como: Temperatura, Vibración, Lubricación, Corrosión, Estructura y Uniones (inspección visual)

- **Mantenimientos proactivos o de cuarta generación:** por las razones anteriormente nombradas, se hace necesario pensar estratégicamente; en una solución que garantice confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad en los equipos. En ningún caso se ha pensado en no utilizar los equipos de análisis por condición, al contrario, sirven de gran apoyo estratégico para el mantenimiento proactivo o de “Cuarta Generación”.

- **Mantenimiento centrado en confiabilidad:** la confiabilidad se define como la garantía que se obtiene de un equipo para que opere y cumpla sin fallas en un tiempo determinado. Por lo anterior se hace énfasis en que el mantenimiento estratégico se basa en la función del equipo más no en la preservación del equipo como se piensa en mantenimientos anteriores

Desde otro punto de vista para el análisis y diagnóstico en una constructora similar a la de estudio se puede evidenciar que se maneja un modelo de mantenimiento netamente correctivo, sin ningún tipo de registros o documentación que permitiera desarrollar actividades de planeación y control. Los registros que se tenían solo generaban información útil para pago de nómina, dicho modo de trabajo se encontraba bajo la responsabilidad de una persona, quien intervenía o reparaba la maquinaria solo cuando su rendimiento disminuía notablemente o sencillamente era incapaz de seguir operando, y dos colaboradores, el líder del proceso de HSEQ y un ingeniero residente quienes tenían la responsabilidad de realizar los

pagos de nómina, control del pago oportuno de la seguridad social y realizar los pagos generados por mantenimientos correctivos., en donde se convirtió en una herramienta insuficiente en el momento de satisfacer los crecientes requerimientos y calidad alcanzados y proyectados por la empresa. El modelo anterior de mantenimiento se encuentra descrito a través del diagrama de flujo mostrado en la figura 6.

Figura 6. Diagrama de flujo

DIAGRAMA DE FLUJO	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	RESPONSABLE
Inicio	La maquina presenta fallas de operación y se requiere reparación	
↓	Se informa verbalmente del daño al personal encargado de las actividades de mantenimiento	Asesor de mantenimiento
↓	Dependiendo del criterio del ingeniero residente, el mantenimiento se ejecuta inmediatamente o se aplaza.	Ingeniero residente
↓	Se daba inicio al mantenimiento correctivo de la maquina involucrada.	Asesor de mantenimiento
↓	Se contrata un mecánico externo para que evaluara la situación.	Asesor de mantenimiento
↓	El mecánico contratado realiza el trabajo necesario para rehabilitar el equipo.	Mecánico externo
↓	El mecánico informa al asesor de mantenimiento los trabajos realizados.	Asesor de mantenimiento
Fin	Se culmina el mantenimiento correctivo	Mecánico externo

El modelo anterior de mantenimiento presentaba las siguientes características:

- Inexistencia de registros referentes a las actividades de mantenimiento y especificaciones técnicas de los repuestos utilizados.
- Desorganización en el manejo de la documentación técnica y documentos legales.
- Conductos regulares bastante confusos e ineficientes.
- Mano de obra insuficiente y no calificada.
- Ausencia de un control adecuado sobre los trabajos de mantenimiento realizados por personal externo ni de los recursos utilizados en la actividad.

- Inexistencia de una clara definición del departamento de mantenimiento.
- Ausencia de actividades de preventivas que han originado un alto grado de deterioro en las maquinas.²

2.1.1 Formatos para inspección y diagnóstico de maquinaria pesada, equipos menores y vehículos de transporte. En estos formatos se detallan los componentes de las partes eléctricas, hidráulicas y mecánicas del equipo con el objeto de detectar estados o condiciones inadecuadas que deben ser restituidas, también se cuenta con un espacio para observaciones, las cuales surgen muchas veces durante la inspección del equipo.

El objeto de las actividades de inspección es evitar paros de imprevisto y garantizar la disponibilidad y confiabilidad electromecánicas requeridas para la ejecución de las obras. Los formatos de inspección y diagnóstico se diseñaron según el tipo de equipo.

En este proyecto se inicia con la implementación de este tipo de mantenimiento preventivo, la creación de formatos de recolección de información, seguimiento de labores a realiza, fichas técnicas y así se crean las frecuencias de mantenimiento para los equipos este es un método semi-cuantitativo bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo: **frecuencia de fallas x consecuencias.**

2.2 ANÁLISIS DE FALLAS

El propósito de la técnica de análisis de los efectos, los modos y las causas de las fallas es conocer completamente el equipo, mediante la identificación de los sistemas y de los componentes que lo conforman, el diseño, los procesos, los elementos y los materiales de fabricación, los ensambles y los sub ensambles parciales. Así como todos los demás aspectos pertinentes que permitan aplicar el análisis integral de fallas.

Por medio del análisis de fallas se puede detectar en forma preventiva, predictiva o anticipada cualquier anomalía que pudiera ocurrir en la funcionalidad del equipo. En este proceso sistemático se permite identificar las fallas potenciales o reales de diseño de funcionamiento y de proceso, antes de que ocurran, con la intención de

² PLATA QUINTERO, Viany Marleny. Diagnóstico de maquinaria pesada, equipo menor y vehículos de transporte para el desarrollo de un plan de mantenimiento en la Constructora VIC Ltda. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: www.sunat.gob.pe/.../spot/noAplica

eliminarlas o controlarlas para erradicar o minimizar los riesgos asociados con ellas.³

2.2.1 Análisis de criticidad. Se denomina criticidad a la medida ponderada o al indicador que muestra cual es la magnitud del problema que provoca la falla. Esta medida incluye aspectos como: el efecto que provocaría la falla en el equipo dentro del proceso. (Borras). El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componente, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento. Lamentablemente, difícilmente se disponen de recursos ilimitados, tanto económicos como humanos, para poder mejorar al mismo tiempo, estos cuatro aspectos en todas las áreas de una empresa. Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro, que criterio se debe utilizar, todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio.

En función de lo anteriormente expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

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

Un modelo básico de análisis de criticidad, es equivalente al mostrado en la (figura 3) El establecimiento de criterios se basa en los seis (6) criterios fundamentales nombrados en el párrafo anterior. Para la selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. Para la aplicación de un procedimiento definido se trata del cumplimiento de la guía de aplicación que se haya diseñado. Por último, la lista jerarquizada es el producto que se obtiene del análisis.

Figura 7. Modelo básico de análisis de criticidad

³ MORA GUTIÉRREZ. Mantenimiento, planeamiento, ejecución y control. 2014. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: www.fiuxy.com/.../3824955-mantenimiento-planeacion-ejecucion-y-con.



El realizar un análisis de criticidad tiene su máxima aplicabilidad cuando se han identificado al menos una de las siguientes necesidades dentro de la empresa:

- Fijar prioridades en sistemas complejos
- Administrar recursos escasos
- Crear valor
- Determinar impacto en el negocio
- Aplicar metodologías de confiabilidad operacional

El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

- Mantenimiento
- Inspección
- Materiales
- Disponibilidad de planta
- Personal⁴

⁴ CONFIABILIDAD.NET. El análisis de criticidad una metodología para mejorar la confiabilidad. . [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: (<http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope>)

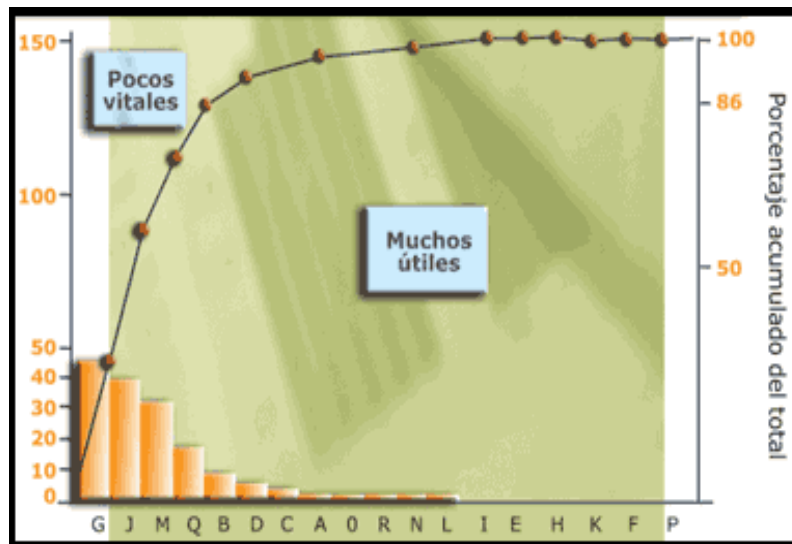
2.2.2 Herramienta. Análisis de Pareto. El análisis de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. Esta herramienta es especialmente valiosa en la Asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el Diagnóstico de Causas y en la Solución de las mismas.

El objetivo es utilizar los hechos para encontrar la máxima concentración de potencial de mejora con el mínimo número de soluciones, separando los pocos elementos pero vitales relativos al problema, de los muchos y útiles. El equipo responsable del proyecto identificará los elementos vitales mediante el porcentaje acumulado del total, que nos dirá qué elementos (pocos) contribuyen en el problema en un alto porcentaje. Normalmente, este bajo número de elementos, sobre el 20%, constituirá aproximadamente un 80% del problema. La solución se focaliza entonces en estos pocos elementos, pero vitales, separados del resto por un Punto de Inflexión en el gráfico lineal del porcentaje acumulado del total.

Algunas características comprende la priorización, en donde se identifican los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo. Por otra parte la unificación de Criterios se enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común y por último debe ser carácter objetivo en donde su utilización obliga al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas. Para elaborar un análisis de Pareto se debe:

- Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total.
- Reordenar los elementos de mayor a menor.
- Determinar el % acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.
- Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades).
- Trazar y rotular el eje horizontal (elementos).
- Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes).
- Dibujar las barras correspondientes a cada elemento.
- Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.
- Analizar el diagrama localizando el "Punto de inflexión" en este último gráfico.

Figura 8. Análisis de Pareto



2.2.3 Histograma. Es importante para agrupar fallas comunes, ocurrencia de fallas, costos y mostrar los resultados de un mantenimiento preventivo, todos estos útiles para la gestión del mantenimiento. es una herramienta sencilla la cual sintetiza, analiza, comunica y muestra la variabilidad del evento de estudio, este permite visualizar rápidamente el efecto más sobresaliente, de mayor valor o más frecuente de un instante dado para los datos de la variable a analizar.⁵

2.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo surge de la necesidad de mejorar los costos derivados de bajas disponibilidades de los equipos y de las consiguientes paradas de producción. Llevando a establecer revisiones periódicas para evitar o reducir la probabilidad de falla. No es difícil observar y darse cuenta que todo elemento, sistema o mecanismo tiene una época o un tiempo en el cual cumple su función, ese momento ocurrió cuando los mantenedores de los equipos, aquellos que operaban máquinas después de segunda guerra mundial, notaron que estos duraban un cierto tiempo sin fallar; y esto se repetía de forma cíclica, por tal razón se habla desde ese momento que todo elemento tiene una vida útil. El Mantenimiento Preventivo puede ser realizado en dos áreas. Una es el cuidado y alimentación de los equipos, el cual incluye la lubricación, limpieza, calibración, etc.

⁵ BORRAS GARCÍA, Hugo. Principios de mantenimiento. 2011 [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: www.dcb.unam.mx/users/angellbs/htm/

El otro abarca las tareas de Mantenimiento Preventivo, que son requeridas por los equipos o para la seguridad, el medioambiente, el aseguramiento u otras regulaciones gubernamentales⁶

Este tipo de mantenimiento genera incertidumbre en el costo o sobrecosto por actividades que posiblemente estén sobredimensionadas, para esto es necesario que el “sistema sea dinámico, y que establezca algunas interrelaciones con algún mecanismo de revisión, para asegurar que las tareas son todavía válidas y ver si pueden ser reemplazadas por una tarea predictiva”. La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno. Con un buen Mantenimiento Preventivo, se obtiene experiencias en la determinación de causas de las fallas repetitivas o del tiempo de operación seguro de un equipo, así como a definir puntos débiles de instalaciones, máquinas, etc.

El mantenimiento preventivo es tal vez una de los procesos más incomprendidos dentro del grupo que conforman el proceso de mantenimiento, su fundamentación se base básicamente en realizar inspecciones periódicas y coordinadas de elementos que estén propensos a falla y realizar las correcciones antes que esta ocurra.

Para este proyecto se realizaron 3 elementos básicos como lo son:

- Determinación de los equipos producto de estudio, la parte a inspeccionar, es decir es saber que elementos se han de inspeccionarse.
- Determinación de un instante adecuado para poder realizar la respectiva inspección (cuándo, quién y cómo se va a hacer)
- Realizar el cómo se establecerá los controles al cumplimiento de las inspecciones realizadas adecuadas⁷

⁶ Wheaton. bases técnicas contratación del servicio de mantenimiento. 2011 [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: www.interior.ejgv.euskadi.net/...contratacion/.../pliego_bases_tecnicas

⁷ BORRAS GARCÍA. Op. Cit. p. 36

2.3.1 Ventajas. Son muchas las ventajas del mantenimiento preventivo, como en toda actividad profesional la organización es herramienta fundamental para obtener grandes resultados. La documentación y registro de las actividades pueden ofrecer datos que ilustren sobre el comportamiento regular de una operación, la programación de gastos para así determinar un presupuesto para el departamento da lugar a una regulación de gastos y costos, estas ventajas pueden ser:

- Toda dependencia cuenta con cierto presupuesto anual para desarrollar las actividades regulares. Por tal razón, es imposible pensar en un presupuesto para mantenimiento si no es posible programar las actividades, basadas en mantenimiento preventivo, ya que de esta manera es posible, establecer y programar los gastos a futuro, inclusive es factible tener un porcentaje estimado o calculado para correctivos, basado en la información estadística.
- La ventaja principal y fundamental del mantenimiento preventivo, es prolongar la vida útil de los equipos.
- Establecer estándares o estadísticas de funcionamiento según los históricos de mantenimiento.
- Controlar los gastos e intervenciones mayores, costos de operación y reparaciones imprevistas del departamento de mantenimiento.
- Actualización de los registros tales como hojas de vida de los equipos de la empresa para la conservación de datos históricos.
- Apoyo al departamento de producción en cuanto a respaldo operacional, acorde a los niveles de producción.
- Disminución de reparaciones en gran escala
- Reducción y mayor control de inventario de repuestos en almacén, que hace que se disminuyan los costos de insumos.
- Reducción de los costos por conceptos de mano de obra, puesto que se optimizan las labores de mantenimiento y de esta manera la reducción de las reparaciones por mantenimientos correctivos
- Eliminación de reemplazos prematuros de equipo debido a su mejor conservación y aumento de la vida útil probable

- Previene el deterioro de elementos de los equipos, pues se establecen frecuencias de cambio con el fin de mejorar el funcionamiento de la disponibilidad del equipo⁸

2.3.2 Desventajas

- La exigencia de resultados inmediatos por parte de Gerencia
- Resistencia al cambio por personal involucrado en el área de mantenimiento
- La falta de una correcta justificación de la inversión
- Encontrar un punto de equilibrio entre los costos de inspección y los costos de daños
- Indiferencia de los directivos frente a los beneficios de la planeación⁹

2.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Consiste en determinar las condiciones de las maquinas sin interferir en su funcionamiento, mediante monitoreo periódico (off-line) o permanente (on-line) de vibraciones temperaturas u otras variables del proceso, diagnosticar las anomalías mediante el análisis de señales monitoreadas determinar el grado de severidad por comparación con patrones y niveles preestablecidos, determinar las acciones a seguir y el momento adecuado para su ejecución evitando que ocurra la falla(basados en cambios, medición, calibración, limpieza, verificación e inspección, sólo cuando se estima que la vida útil está por terminar. Por lo tanto en el mantenimiento predictivo, se reconsideran variables de operación para reprogramar actividades de mantenimiento según el análisis por condición. Controlar las variables de funcionamiento, como: Temperatura, Vibración, Lubricación, Corrosión, Estructura y Uniones (inspección visual)

Este tipo de mantenimiento surge como consecuencia de las incertidumbres que presenta el mantenimiento preventivo y con el apoyo del desarrollo tecnológico, se desarrolló un nuevo concepto de mantenimiento basado en la condición o estado de la máquina, este tipo de intervención se conoce como mantenimiento predictivo, y se anticipa a la avería por medio del conocimiento del comportamiento de la máquina y de cómo debería comportarse, evalúa el estado de los componentes mecánicos, eléctricos, mediante técnicas de seguimiento y análisis, conociendo de este modo previamente qué elemento puede fallar y emitir un tiempo o fecha probable de falla si no se interviene. Así se puede programar

⁸ Ibíd., p. 65-66

⁹ Ibíd., p. 67

una intervención sin afectar al proceso productivo, con las consiguientes optimizaciones en costes de producción, mano de obra y repuestos. Se evitan de este modo grandes y costosas averías agilizando las intervenciones¹⁰.

A continuación se citan algunas técnicas de mantenimiento mayormente utilizadas:

TABLA. 2 Técnicas de mantenimiento predictivo.

TECNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	
Análisis de vibraciones:	Técnica de mantenimiento basado en condición más utilizada, se basa en el estudio del funcionamiento de las máquinas rotativas a través del comportamiento de sus vibraciones, para esto es indispensable conocer ciertos datos de la máquina como lo son: su velocidad de giro, el tipo de cojinetes, de correas, el número de alabes, palas. El análisis de espectros de frecuencia se puede evidenciar en forma prematura mal funcionamiento de un equipo o un elemento específico.
Análisis por Ultrasonido:	está basado en el estudio de las ondas de sonido de alta frecuencia producidas por las máquinas cuando presentan algún tipo de problema. Las ondas de ultrasonido tienen la capacidad de atenuarse muy rápido debido a su corta longitud, esto facilita la detección de la fuente que las produce a pesar de que el ambiente sea muy ruidoso.
Boroscopias:	herramienta que permite al ingeniero ver al interior del equipo determinando el desempeño de funcionamiento conllevando a predicción de fallas.
Termografías:	método de inspección de equipos eléctricos y Mecánicos mediante la obtención de imágenes de su distribución de temperatura. La energía que las máquinas emiten desde su superficie viaja en forma de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz; esta energía es directamente proporcional a su temperatura, lo cual implica que a mayor calor, mayor cantidad de energía emitida. Un incremento de esta variable, por lo general representa un problema de tipo electromecánico en algún componente de la máquina.
Análisis de aceites:	este tipo de técnica permite evidenciar desgaste por desprendimiento de partículas, determinar el estado del aceite y maximizar el periodo de vida útil de los componentes y de las piezas de los equipos intervenidos. La técnica de análisis de aceites permite cuantificar el grado de contaminación y/o degradación del aceite por medio de una serie de pruebas que se llevan a cabo en laboratorios especializados sobre una muestra tomada de la máquina cuando está operando o cuando acaba de detenerse.
Inspecciones visuales:	consiste en la localización y tipificación de los deterioros y fallos de los firmes sobre todo a nivel superficial, para identificar y caracterizar las degradaciones superficiales, siendo también un buen indicador del estado estructural.

2.4.1 Ventajas

- Inicialmente requiere una inversión más alta, pero a largo plazo es más económico.
- Disminuye esencialmente las fallas imprevistas

¹⁰ CASTRO GARCÍA, Alonso. Mantenimiento predictivo, Análisis de vibraciones y termografía. Cap. 5, p. 122. www.aem.es/ArticulosPublicados.asp?Orden

- Disminución de la mano de obra, repuestos y probablemente tiempo de reparación.
- Disminuye los costos e inspección
- Disminuye los costos de inventarios y facilita el manejo
- Mejora las relaciones humanas dentro y fuera del área de mantenimiento
- Da más continuidad en la operación. Puesto a que si en la primera revisión se detecta algún cambio necesario, se programa otra pequeña pausa para instalarlo, se puede mantener una continuidad entre revisiones.
- Más confiabilidad. Al utilizar aparatos y personal calificado, los resultados deben ser más exactos.
- Requiere menos personal. Esto genera una disminución en el costo de personal y en los procesos de contratación, aunque luego veremos una desventaja sobre ello¹¹.
- Los repuestos duran más. Como las revisiones son en base a resultados, y no a percepción, se busca que los repuestos duren exactamente el tiempo que debe ser¹².

2.4.2 Desventajas. Siempre que hay un daño, necesita programación. Si al dueño le urge que se repare, es posible que tenga que esperar hasta la fecha que se defina como segunda revisión, por lo que las urgencias también deben darse mediante programaciones.

Requiere equipos especiales y costosos. Al buscarse medir todo con precisión, los equipos y aparatos suelen ser de alto costo, por lo que necesitan buscarse las mejores opciones para adquirirse.

Es importante contar con personal más calificado. Aunque ya mencionamos que el personal es menor, éste debe contar con conocimientos más calificados, lo que eleva a su vez el costo y quizá, dependiendo del área, disminuyan las opciones.

¹¹ BORRAS PINILLA. Op. Cit. p. 38.

¹² CULIACÁN, Sinaloa, (kurodabombas.com).- - See more at: 06 de Abril de 2012 [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: http://kurodabombas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=137%3Aventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-redictivo&catid=2%3Anoticias&Itemid=15&lang=#sthash.FDCmZJo7.dpuf

Costosa su implementación. Por lo mismo de manejarse mediante programaciones de trabajo, si se unen los costos de todas las veces que se paró la máquina y se revisó por cuestiones que se identificaron la primera vez, el costo es considerablemente alto¹³.

2.4.3 Herramientas del mantenimiento predictivo

2.4.3.1 Análisis de Aceite. Es del conocimiento la importancia del análisis del aceite usado ya que mediante pruebas de laboratorio se determinan las características del aceite y en gran medida incluso, las condiciones del equipo. El análisis del aceite proporciona, al igual que un análisis de sangre, una información muy importante y en algunos casos indispensable del “equipo” en que trabaja.

El análisis comprende diversas pruebas que detectan posibles contaminaciones que hubiera adquirido el aceite en servicio, así como las características lubricantes que ha perdido y que aún tiene. Se incluye además un análisis espectrofotométrico que determina el contenido de diversos metales en el aceite lo cual es un reflejo del desgaste metálico que se produce en el equipo lubricado. Los resultados del análisis del aceite usado se suministran al usuario en un reporte de laboratorio que relaciona la información de las pruebas efectuadas con las condiciones del aceite y del equipo. Cuando el estudio de laboratorio arroja resultados adversos o desfavorables, se hacen recomendaciones sobre acciones correctivas y/o preventivas. Con un programa de análisis de aceite usado se pueden determinar los periodos óptimos de cambio de aceite pero lo que es más importante, se pueden prevenir fallas graves en el equipo, lo que traerá como consecuencia menos pérdidas por paros no programados, menos gastos de mantenimiento y una mayor vida útil de la maquinaria.

2.4.3.1.1 Identificación del equipo y del lubricante. Es de vital importancia entregar la información solicitada en el formato de recepción de muestras sobre la unidad, el área que se lubrica y los datos del aceite, con todos los detalles de la información:

¹³ Ibíd., p. 60

2.4.3.1.2 Toma de muestras. Para toma de muestra se debe tener en cuenta no tomar muestras en ambientes atmosféricos inadecuados (polvo en el ambiente, lluvia, etc.), usar mangueras y recipientes de muestreo adecuados y de un solo uso y jamás poner en contacto el lubricante muestra con el ambiente; para ello usar los implementos adecuados. (U.S.A.). La sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) y el Instituto Americano del Petróleo (API), tienen un método estándar para el muestreo del petróleo y sus derivados (ASTM D 4057 y API Estándar 2546) que abarca procedimientos aceptados por la industria.

Figura 9. Formato de Muestra

<i>Estimado cliente: Por favor hacer llegar las muestras debidamente identificadas en la etiqueta con el número de muestra a la siguiente dirección: Avenida Crisanto Luque, No. 44B-26, Cartagena. SGS Colombia S.A.</i>													
FORMATO PARA ENVÍO DE MUESTRAS													
CODIGO DEL CLIENTE _____				NOMBRE DEL DISTRIBUIDOR _____									
NOMBRE DEL CLIENTE _____													
NUMERO DE ETIQUETA	CODIGO DEL EQUIPO	TIEMPO DE USO DEL EQUIPO		FECHA DE TOMA DE LA MUESTRA	NOMBRE DEL PRODUCTO	GRADO	TIEMPO DE USO DEL ACEITE		Cambio de aceite?		Cambio de filtro?		OBSERVACIONES
		HORAS	KM				HORAS	KM	Si	No	Si	No	

2.4.3.1.3 Resultados de la muestra

TABLA. 3 Ejemplo de resultado de muestra

	DEFINICION - OBJETIVO	METODO	OBSERVACION
Viscosidad a 40°C ó 100°C	La propiedad física más importante de un aceite lubricante, es la medida de la característica de fluidez de un aceite. El objetivo es controlar la variación de viscosidad (40°C ó 100°C) que tiene un lubricante usado con respecto al aceite nuevo producto de una contaminación externa o una degradación de los componentes químicos del lubricante.	Método (ASTM D-445): La viscosidad cinemática es una medida calculada de la resistencia a fluir de un fluido. Se basa en el tiempo en segundos requerido para que una cantidad fija de muestra fluya a través de un tubo capilar calibrado.	<ul style="list-style-type: none"> • Dilución por combustible. • Mezcla con producto de menor viscosidad • Mezcla con producto de mayor viscosidad • Degradación de las bases del lubricante
Punto de Inflamación	Se define como la temperatura más baja a la cual al aplicar una llama hace que los vapores de la muestra se enciendan. El objetivo es su medición se realiza cuando se detecta una baja de viscosidad en la muestra y sirve para controlar su dicha baja se ha producido por una presencia de combustible.	Método - Flash Point (ASTM D92): Se deposita en una copa cerrada una cantidad de muestra predeterminada a continuación se le indica al equipo el FP esperado, la muestra comienza a ser calentada y 16°C antes comienza a aplicar una llama cada 2°C.	Con este método de puede determinar el Punto de Inflamación exacto de una muestra.
Agua	Determinar el % de agua acumulada durante el servicio del aceite, en general los límites son	Método - Pasa o no Pasa: Método rápido, se deja caer la muestra sobre una plancha caliente, si no se produce un efecto de crepitación (ebullición) indica que la muestra tiene menos que un 0,1% de agua. ;	<ul style="list-style-type: none"> • Aceites de motor: 0,2 % en peso máximo • Otros Aceites: 0,1% en peso máximo Destilación (M738) Si se produce la crepitación se debe determinar la cantidad exacta de agua por el método de destilación a zeo-trópica.
TBN (Total Base Number)	El TBN de un aceite es una medida del material básico presente en una muestra, representa el número de miligramos de ácido requerido para neutralizar un gramo de muestra y es reportado como una cantidad equivalente de hidróxido de potasio (mg KOH/g).	ASTM 2896 - El TBN es utilizado principalmente en los lubricantes para motores de combustión interna y sirve para contrarrestar los ácidos producidos en la combustión La mayoría de los fabricantes recomiendan que el aceite sea cambiado antes de que el TBN baje a menos de la mitad del valor del aceite nuevo	TBN. Agotamiento de los aditivos. Normal: Aceite cumple su función. • Alto: Aceite expuesto a condiciones severas. Mezcla con aceite de mayor TBN. Contaminación con compuestos alcalinos
TAN (Total Acid Number)	El TAN de un aceite es una medida del material ácido presente en una muestra, representa el número de miligramos de ácido requerido para neutralizar un gramo de muestra y es reportado como una cantidad equivalente de hidróxido de potasio (mg KOH/g).	ASTM D664. El TAN es usado frecuentemente como una herramienta de control de calidad y su variación es muy útil en el seguimiento de la degradación en servicio.	

2.4.3.1.4 Método de análisis de muestra

Figura 12. Ejemplo de Análisis de Muestra

	DEFINICION - OBJETIVO	OBSERVACION
Insolubles en Pentano (ASTM D893):	Este método es usado para determinar cualquier contaminante sólido que es insoluble en Pentano tales como resinas de oxidación, materias extrañas, polvo, partículas de metal desgastado y hollín. Para este método se utiliza una membrana de micronaje determinado la cual se pesa, a continuación se pasa una cantidad determinada de mezcla de la muestra con Pentano y se pesa nuevamente expresándose el resultado en % en peso.	El micronaje utilizado para cada uno de los tipos de lubricantes es: <ul style="list-style-type: none"> • Aceite Hidráulico: 5.0 micrones • Lubricante de motor diesel: 1.2 micrones • Lubricantes Sintéticos: 0.3 micrones
Medición a través del método Infrarrojo:	Este método consiste en hacer vibrar las moléculas en respuesta a la estimulación con luz infrarroja la cual pasa a través de una celda que contiene la muestra a analizar.	La cantidad de radiación absorbida es directamente proporcional a la concentración de material presente, por lo que podemos cuantitativamente medir muchos componentes a través de la Absorbancia/cm y realizar una curva de su comportamiento

2.4.3.1.5 Espectrofotómetro de Absorción Atómica o Plasma. Este es un método de interpolación en el cual se ha medido previamente una muestra patrón o blanco (muestra con contenido de metales conocido), a continuación se coloca la muestra de aceite usado, se calienta a una temperatura de 8.000 a 10.000 grados, temperatura a la cual los metales se transforman en gas y luego en plasma, entregando a continuación una cantidad de luz con distintas longitudes de onda, las cuales son comparadas con el patrón, determinándose la cantidad de cada tipo de metal que contiene la muestra. Esta cantidad de metales en conjunto con los resultados de las muestras anteriores (tendencias), los patrones del proveedor de lubricantes y los patrones del fabricante del equipo, nos ayudan a saber que está pasando dentro del equipo, con lo cual podemos tomar algunas acciones correctivas. La cantidad de metales es expresada en ppm (Partes Por Millón), generalmente estos son: Hierro, Cobre, Plomo, Aluminio, Estaño, Plata, Cromo, Níquel, Molibdeno, Titanio, Silicio, Sodio, Potasio, Boro y Vanadio.

2.4.3.1.6 Elementos para analizar. Cada producto nuevo, de acuerdo a su formulación tiene una curva representativa la cual es comparada con el aceite usado con la ayuda de un computador determinándose la diferencia de absorbancia que éstas tienen en peak de longitudes de ondas determinados. Por supuesto productos de contaminación y degradación absorben también luz infrarroja y dependiendo de la longitud de onda es el producto a analizar.

2.4.3.1.7 Índice de Hollín. El objetivo, en un motor el hollín es la consecuencia de una combustión incompleta del combustible, este escurre por las paredes del cilindro al cárter donde es mantenido en suspensión por los aditivos dispersantes y mezclado con el lubricante. Método: Se mide el diferencial del espectro infrarrojo del aceite usado versus el aceite nuevo a una longitud de onda de 4000cm^{-1} , Resultado Normal: Hasta 2,5 (adimensional).

2.4.3.1.8 Oxidación. La oxidación es la reacción química de un lubricante al contacto con el oxígeno de la atmósfera, esta reacción es acelerada cuando se aplica calor y agitación. La oxidación eventualmente ocurrirá, sin embargo la podemos controlar a través de los aditivos antioxidantes. En un motor la mezcla de oxidación y agua puede formar ácidos que son corrosivos para las partes internas de este.

Método: Se determina a través del análisis infrarrojo (FTIR) (Fourier Transform Infrared Absorción), la oxidación es mostrada en la región de $1700 - 1724\text{ cm}^{-1}$. Este peak puede ser opacado o confundido con la absorbancia de componentes de Ester (formulaciones de PAO, sintéticos), como también aditivos

mejoradores de Índice de Viscosidad y depresores del punto de escurrimiento. Resultado Normal: Hasta 15 (abs/cm).

2.4.3.1.9 Nitración

Bombas Hidráulicas: En bombas de muy alta presión la nitración es el resultado de la rápida compresión del aire que entra, el calentamiento adiabático rompe el aceite en la superficie de la burbuja, produciendo un olor característico y el inicio de la formación de olefinas. Estas olefinas reaccionan con el nitrógeno del aire formando ésteres de nitrato. **Motores encendidos por bujía (Gasolina y Gas Natural):** Oxidas nitrosos son formados durante la combustión, si ellos pasan al aceite pueden causar el espesamiento de este. El nitrógeno en la combustión del aire reacciona con el aceite, formando nitratos orgánicos que conducen a la formación de lodos y barnices. Esta reacción es afectada por:

- .La reacción aire/combustible.
- La temperatura de combustión.
- La temperatura del aceite.
- La carga del motor.
- El tiempo de encendido.

Método: Se determina a través del análisis infrarrojo (FTIR), el peak de la Nitración es mostrado en la región de 1620 - 1640 cm^{-1} , típicamente en los 1631 cm^{-1} . **Límite General:** 20 a 30 (abs/cm)

2.4.3.1.10 Metales de desgaste. Los metales de desgaste son partículas metálicas que se incorporan al aceite y cuyo origen es la fricción, presión o corrosión de los componentes internos.

TABLA. 4 Ejemplo de Desgaste

	<i>Hierro (Fe)</i>	<i>Cobre (Cu)</i>	<i>Plomo (Pb)</i>	<i>Aluminio (Al)</i>	<i>Estaño (St)</i>	<i>Plata (Ag)</i>	<i>Cromo (Cr)</i>	<i>Niquel. (Ni)</i>	<i>Molibdeno (Mo)</i>	<i>Titanio (Ti)</i>
ELEMENTOS	Desgaste excesivo de los cilindros.	Aleaciones de bronce o latón.	Descansos de cigüeñal y biela.	Descansos de cigüeñal, biela bomba de aceite.	Descansos de ejes de levas.	Descansos	Anillos de pistones.	Alabes de turbina.	Anillos de pistón.	Soporte de cojinetes.
	Sistemas de válvulas.	Tubos de enfriadores de aceite.	Sellos.	Descansos de empuje del cigüeñal.	Descansos del cigüeñal.	Soldadura de Plata.	Cojinetes de fricción (rodamientos).	Cojinetes y válvulas.	Contaminación externa.	Discos de compresor.
	Ejes.	Descansos.	Soldaduras.	Pistones.	Bujes.		Cigüeñal bañado en cromo.	Guías de válvulas.	Aditivos del lubricante.	Alabes de turbinas.
	Desgaste de engranajes.	Bujes.	Pinturas.	Block Motor			Fugas de refrigerante.			
	Guías de válvulas.	Discos de fricción.								

2.4.3.1.11 Elementos contaminantes. Elementos contaminantes son partículas que se incorporan al aceite proviniendo del exterior, se analizan para determinar la utilidad del lubricante y para detectar las causas de problemas indicados en otras pruebas.

TABLA. 5 Elementos contaminantes

<u><i>Silicio (Si)</i></u>	El silicio tiene particular interés porque su presencia está vinculada al polvo o tierra aspirado por un equipo, el cual produce un gran desgaste. No hay que olvidar que las formulaciones de los lubricantes contienen aditivos con silicio (Silicona), principalmente los aditivos antiespumantes en proporciones de hasta 20 ppm.
<u><i>Sodio (Na)</i></u>	Fugas de refrigerantes. Contaminación con grasa. Contaminación ambiental
<u><i>Potasio (K)</i></u>	Fugas de refrigerante.
<u><i>Boro (B)</i></u>	Refrigerante. Aditivo del lubricante
<u><i>Vanadio (V)</i></u>	Combustibles residuales.

2.4.3.1.12 Aditivos. Los aditivos se controlan para verificar la clasificación del aceite de una muestra, por ejemplo aceite hidráulico, de transmisión o de motor.

TABLA. 6 . Características de los aditivos

<u><i>Magnesio (Mg)</i></u>	<u><i>Calcio (Ca)</i></u>	<u><i>Fósforo (P)</i></u>	<u><i>Zinc (Zn)</i></u>	<u><i>Bario (Ba)</i></u>
Depósitos y contaminación con agua de mar.	Contaminación con grasa.	Fugas de refrigerante.	Cojinetes o descansos.	Contaminación con grasa.
Aditivos del lubricante.	Aditivo del lubricante.	Aditivos del lubricante.	Fugas de refrigerante.	Aditivo lubricante
			Contaminación con grasa.	
			Aditivo del lubricante.	

2.4 PLAN O PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Hace referencia al conjunto de acciones o programas a ejecutar sobre un equipo o máquina, teniendo en cuenta las frecuencias recomendadas por el fabricante, costo y criticidad tanto para el proceso como para la seguridad de las personas (mantenedores y operadores de la planta) y el medio ambiente; en esta se agrupan las tareas a ejecutar, se detallan procedimientos, se le asignan plazos/frecuencias y se detallan los repuestos a utilizar, se determina qué criterio se va a utilizar. La previsibilidad y el impacto de las fallas sobre el negocio, apuntan hacia el tipo de estrategia a ser adoptada, según la importancia de las unidades de la planta. El plan de mantenimiento engloba tres tipos de actividades: Las actividades rutinarias que se realizan a diario, y que normalmente las lleva a cabo el equipo de operación, Las actividades programadas que se realizan a lo largo del año y Las actividades que se realizan durante las paradas programadas. Las diferentes formas de realizar un plan de mantenimiento que se describen en los capítulos siguientes no son más que formas de determinar las tareas de mantenimiento que compondrán el plan. Al determinar cada tarea debe determinarse además cinco informaciones referentes a ella: frecuencia, especialidad, duración, necesidad de permiso de trabajo especial y necesidad de parar la máquina para efectuarla.

TABLA. 7 Tareas que componen un plan de mantenimiento.

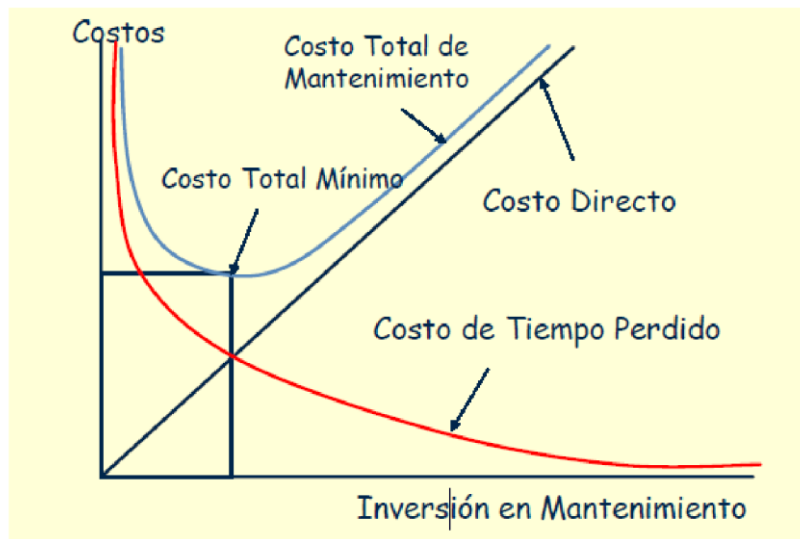
Operación	Las tareas de este tipo son llevadas a cabo por el personal que realiza la operación de la instalación, y normalmente se trata de inspecciones sensoriales que se realizan muy frecuentemente, lecturas de datos y en ocasiones trabajos de lubricación.
Mecánica	Las tareas de este tipo requieren especialistas en montaje y desmontaje de equipos, en ajustes, alineaciones, comprensión de planos mecánicos, etc.
Electricidad	Los trabajos de este tipo exigen que los profesionales que los llevan a cabo tengan una fuerte formación en electricidad, bien en baja, media o alta tensión.
Instrumentación	Los trabajos de este tipo están relacionados con profesionales con formación en electrónica, y además, con una formación específica en verificación y calibración de instrumentos de medida.
Predictivo	Esta especialidad incluye termografías, boroscopias, análisis de vibraciones, etc. Los profesionales que las llevan a cabo son generalmente técnicos especialmente entrenados en estas técnicas y en las herramientas que utilizan para desarrollarlas.
Mantenimiento legal	En muchas ocasiones se requiere que para llevar a cabo determinadas tareas de carácter obligatorio recogidas en normativas en vigor sea necesario tener determinadas acreditaciones. Además, es muy habitual contratar con empresas externas, poseedoras de dichas acreditaciones, estos mantenimientos.
Limpieza técnica	La fuerte especialización que requiere este trabajo, junto con las herramientas que se emplean hace que se trate de conocimientos muy específicos que además normalmente se contratan con empresas externas.
Obra civil	No es habitual que el personal de plantilla realice este tipo de trabajos, por lo que para facilitar su programación, realización y control puede ser conveniente crear una categoría específica.

- Frecuencia
- Especialidad
- Duración
- Permiso de trabajo
- Máquina parada o en marcha

2.5 INVENTARIOS

2.5.1 Administración de inventarios de repuestos. Todos los artículos que gestiona una empresa no representan el mismo volumen de capital inmovilizado ni igual importancia para las operaciones y la respuesta deservicio a los clientes. Los bienes en existencia pueden representar diferente valor por múltiples motivos. Los inventarios son almacenamientos de materias primas, repuestos, insumos, productos en proceso o bienes terminados que aparecen a lo largo de la cadena productiva o del proceso logístico de una empresa.

Figura 10. Análisis de costos



Fuente: GARCÍA, Oliverio. Administración del mantenimiento 1992. 2011 [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: valbuenamantenimient.galeon.com/ModeloMixto.pdf

2.5.2 Costos de inventarios. Los principales rubros asociados a los inventarios y a su óptica desde pronósticos, son: de pedir, de sostener el inventario y el costo de oportunidad por agotados en las referencias.

TABLA. 8 Costos de inventarios

Costos de pedir	Costos de sostener	Costos de agotar
<p>Es el hecho de solicitar al proveedor o al fabricante una cantidad definida de referencias, para ser entregadas en un determinado tiempo con unas especificaciones técnicas y de calidad dadas, esto conlleva costos como: procesamiento del pedido, comunicaciones, elaboración de la documentación pertinente, el tiempo de los funcionarios que intervienen, el costo en si de la producción o de las referencias, transacciones bancarias y financieras, transporte (cuando estos no se incluyen en otro concepto), recursos de los diferentes departamentos internos o externos que facultan la compra y demás coligados.</p>	<p>El mantenimiento en si del inventario, conlleva una serie de costos asociados como: renta o alquiler del espacio físico volumétrico que se ocupa y vacío asignado al almacén o bodega, costo financiero del valor total de la mercancía almacenada en promedio (este es de los rubros más altos que se tienen en cuenta en los costos totales), costos de seguros e impuestos relacionados con el valor y volumen del inventario que se maneja (incluye seguros, riesgos, robos, incendios, terremotos, etc.) y costo por obsolescencia que es el que generan los productos que por alguna razón de tiempo u otra, se deterioran, o dejan ser utilizados por diversas razones.</p>	<p>Normalmente la falta de materias primas o productos, cuando estos se demandan y por consecuencia no se pueden entregar a quien los solicita, conlleva a varios costos extras, como son: costo de incumplimiento a los clientes, por la existencia de referencias agotadas, con toda la problemática que ello genera en los clientes, con los impactos negativos que esto causa en el poder satisfacer al cliente) y el costo de pedidos extras o pendientes, el cual consiste en desarrollar todo un canal logístico paralelo para administrar este tipo de demandas extras (por agotados) por fuera del sistema tradicional, o cuando se pagan cifras adicionales por transporte o por producción para poder atender las solicitudes de pedidos insatisfechos a productores o proveedores. Habitualmente son difíciles de calcular, por lo general se asumen como costos de oportunidad.</p>

2.5.3 Pronóstico de inventarios. En el caso de los inventarios, un buen pronóstico es la puerta de entrada para un manejo adecuado y óptimo de los mismos, los cálculos que usan para el control y manejo de inventarios, todos requieren de los estimados o pronósticos, de allí su importancia en este tema. Los inventarios pueden aparecer por dos razones: uno porque el sitio de fabricación esté demasiado lejos del punto de demanda (espacio) y dos, porque la velocidad de fabricación sea inferior a la de demanda (tiempo); en ambos casos el problema se atenúa con la existencia de inventarios.

La programación y operación de los niveles de demanda ejercen una fuerte influencia en los procesos empresariales de mercadeo, finanzas, capacidad de producción, y en general en la estructura general de la compañía. Sus estimaciones, acertadas o no, son el origen de los agotados, de los excedentes y de los obsoletos que se producen en forma normal en el manejo de inventarios. Los pronósticos de demanda se pueden realizar en forma grupal, por categorías de productos o en forma individual por la referencia específica que se desee revisar; es factible también hacerlos en forma geográfica, es decir por localidades, poblaciones, regiones, nacionales o continentales; en general pueden agruparse o desagregarse, en función de las características de la empresa y de sus necesidades organizacionales, de comercialización o producción. Desde la óptica de los inventarios, pueden existir diversos tipos de demanda: irregular, estándar, regular, etc.; es muy normal encontrar estas definiciones en el argot de

inventarios, desde la visión de los métodos futurísticos, toda serie temporal de demanda se puede pronosticar, indiferente de su causa o comportamiento en el tiempo, los modelos AR.I.MA. y los clásicos poseen los elementos suficientes de análisis para modelar, en general cualquier tipo de demanda. (Mora Gutiérrez, Mantenimiento Planeamiento, ejecución y control). La regla general de la tenencia de stocks o inventarios de ciertas referencias de forma permanente, exige dos principios básicos:

- Mantener el volumen mínimo requerido por la demanda, para que los procesos que atiende, funcionen y operen con normalidad, sin cuellos de botella, ni hacia atrás ni hacia adelante.
- Maximizar el nivel de servicio, acorde a las expectativas esperadas por los demandantes, con base en los procesos que los generan y en función del tipo de negocio o empresa en que se está.

Definitivamente el éxito de los inventarios, solo depende del grado de atención que se le da a las necesidades, deseos y requerimientos del cliente de inventarios, es decir, la satisfacción de su Demanda¹⁴.

2.5.4 Estrategia de las 5'S. Es una metodología de la calidad diseñada en Japón y orientada a crear y mantener un ambiente de trabajo ordenado, limpio, seguro y agradable que facilite el trabajo diario ayudando a cumplir con los diferentes estándares requeridos. La principal diferencia radica que las 5's, van enfocada a la parte global de la organización (empresa)

TABLA. 9 Estrategia de las 5'S

N	Termino	Término Japonés
1	Clasificación	Seiro
2	Organización	Seinton
3	Limpieza	Seiso
4	Estandarización	Seiketsu
5	Disciplina	Shitduke

¹⁴ MORA GUTIÉRREZ, Alberto. Mantenimiento, planeamiento, ejecución y control. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: libroweb.alfaomega.com.mx/catalogo/mantenimientoplaneacion

Fuente: autores

2.5.4.1 Estrategia de las 5'S enfocadas al Mantenimiento

TABLA. 10 Estrategia de las 5'S enfocadas al Mantenimiento

NOMBRE	CONCEPTO	APLICACIÓN AL MTTTO PREVENTIVO
Clasificación (Seiri)	Separar lo no necesario de lo que no se requiere	Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil (se debe clasificar los insumos necesarios para los mantenimientos en almacenes , manejo de inventarios y áreas de taller donde se realizan los mismos, separando lo que no se requiere)
Orden (Seiton)	Situar lo necesario en lugares fácilmente accesibles y de controlar	Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz (delimitar las áreas de trabajo y en almacén ubicar los repuestos necesarios para los mantenimientos), basados en 3 aspectos : Seguridad, Calidad, Eficacia.
Limpieza (Seisō)	Suprimir suciedad	Mejorar el nivel de limpieza de los lugares (en los talleres y en la realización de los mantenimientos, es fundamental la limpieza porque cualquier impureza partícula extraña puede ver comprometidos los componentes propios de los equipos, así como el funcionamiento del equipo)
Estandarización(Seiket su)	Señalar anomalías	Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden (ligado con el trabajo acordes y en buenas condiciones para efectuar los mantenimientos para la conservación de áreas de trabajo en buenas condiciones)
Mantener la disciplina (Shitsuke)	Seguir mejorando	Fomentar los esfuerzos con rigor para mantener los sitios en condiciones aptas para organizar los mantenimientos

2.5.4.2 Resultados

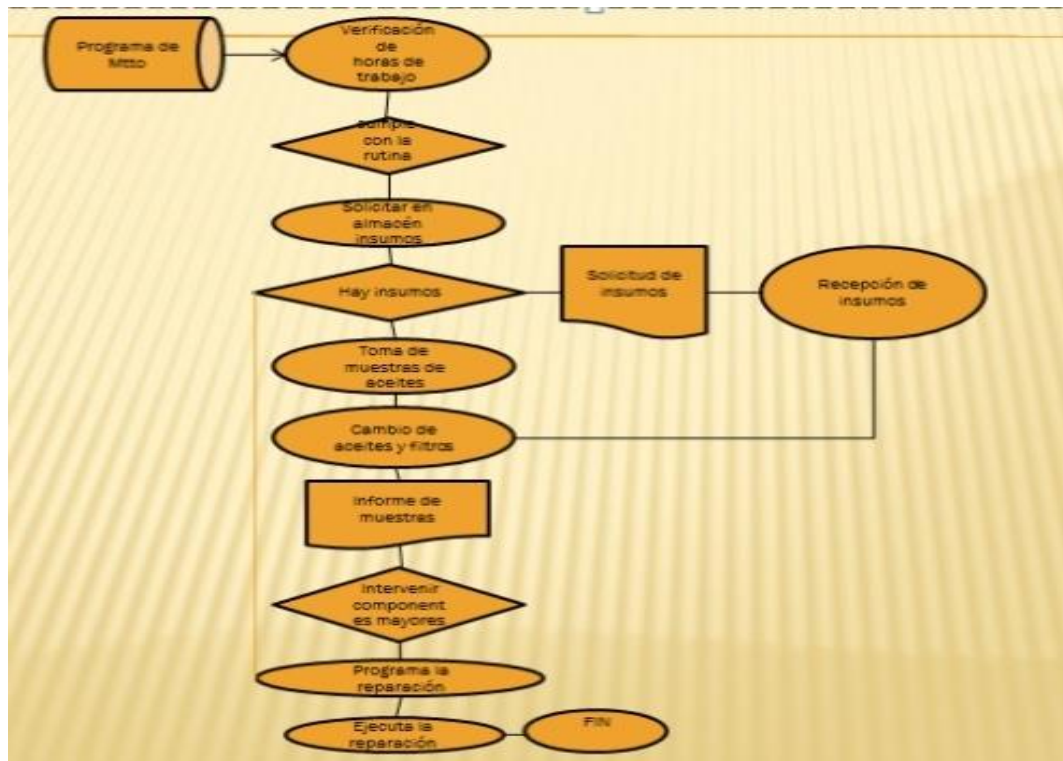
- Reducción del 40% de sus costos de Mantenimiento.
- Reducción del 70% del número de accidentes.
- Crecimiento del 10% de la fiabilidad del equipo.
- Crecimiento del 15% del tiempo medio entre fallas.

2.5.4.3 Beneficios

- La empresa puede contar con sistemas simples de control visual de materiales y materias primas en stock de proceso.
- Eliminación de pérdidas por errores.
- Mayor cumplimiento de las órdenes de trabajo.
- El estado de los equipos se mejora y se evitan averías.
- Se conserva y utiliza el conocimiento que posee la empresa.

2.5.4.4 Diagrama de flujo de mantenimientos de maquinaria amarilla

Figura 11. Diagrama de flujo de mantenimientos de maquinaria amarilla



2.5.4.5 Ventajas

- Disminución de Los costos en compra de insumos necesarios para las rutinas de mto, puesto que se obtendrá descuentos favorables para un periodo de tiempo más extenso de tiempo (anual).
- Disminución de costos de reparaciones mayores en mttos, puesto que existe seguimiento al comportamiento de sus componentes fundamentales en elementos de transmisión de potencia, sistemas hidráulicos y motor, se disminuye la probabilidad de llegar a mantenimiento correctivo.
- Disponibilidad de los insumos para efectuar los mttos de forma que inmediata, necesarios para cada equipo y sus rutinas de mantenimiento.

- Información clara de la aplicación de filtros en los diferentes equipos de esta forma no sufrirán atrasos los mantenimientos y es más fácil el seguimiento a la programación de los periodos de cambio.

2.5.4.6 Desventajas. Muchos de los filtros existentes se requiere dar de baja sin obtener ningún beneficio económico puesto que pueden estar deteriorados o no tienen aplicación en equipos existentes.

2.6 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

2.6.1 Disponibilidad total. Es sin duda el indicador más importante en mantenimiento, y por supuesto, el que más posibilidades de 'manipulación' tiene. Si se calcula correctamente, es muy sencillo: es el cociente de dividir el nº de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el nº de horas totales de un periodo:

Disponibilidad

$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$	Ecuación A.
---	-------------

En plantas que estén dispuestas por líneas de producción en las que la parada de una máquina supone la paralización de toda la línea, es interesante calcular la disponibilidad de cada una de las líneas, y después calcular la media aritmética.

En plantas en las que los equipos no estén dispuestos por líneas, es interesante definir una serie de equipos significativos, pues es seguro que calcular la disponibilidad de absolutamente todos los equipos será largo, laborioso y no nos aportará ninguna información valiosa. Del total de equipos de la planta, debemos seleccionar aquellos que tengan alguna entidad o importancia dentro del sistema productivo.

Una vez obtenida la disponibilidad de cada uno de los equipos significativos, debe calcularse la media aritmética, para obtener la disponibilidad total de la planta.

2.6.2 Disponibilidad por averías

Intervenciones no programadas:

$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por avería}}{\text{Horas totales}}$	Ecuación B.
--	--------------------

La disponibilidad por avería no tiene en cuenta, pues, las paradas programadas de los equipos.

Igual que en el caso anterior, es conveniente calcular la media aritmética de la disponibilidad por avería, para poder ofrecer un dato único.

2.6.3 MTBF (Mid Time Between Failure, tiempo medio entre fallos). Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías:

$MTBF = \frac{\text{Nº de Horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{Nº de averías}}$	Ecuación C
--	-------------------

2.6.4. MTTR (Mid Time ToRepair, tiempo medio de reparación). Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución:

$MTTR = \frac{\text{Nº de horas de paro por avería}}{\text{Nº de averías}}$	Ecuación D.
---	--------------------

Por simple cálculo matemático es sencillo deducir que:

Disponibilidad por avería

$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{MTBF - MTTR}{MTBF}$	Ecuación E.
---	-------------

2.6.5 Indicadores de gestión de órdenes de trabajo

Nº de Órdenes de trabajo generadas en un periodo determinado. Es discutible si el número de órdenes de trabajo es un indicador muy fiable sobre la carga de trabajo en un periodo, ya que 100 órdenes de trabajo de una hora pueden agruparse en una sola orden de trabajo con un concepto más amplio. No obstante, dada la sencillez con que se obtiene este dato, suele ser un indicador muy usado. La información que facilita este indicador es más representativa cuanto mayor sea la cantidad media de O.T que genera la planta. Así, es fácil que en una planta que genera menos de 100 O.T. de mantenimiento mensuales la validez de este indicador sea menor que una planta que genera 1000 O.T.

Además, es posible estimar el rendimiento de la plantilla a partir del número de órdenes de trabajo.

2.6.6 Índice de cumplimiento de la planificación. A pesar de que resulta muy lógico el empleo de este indicador, en realidad son muy pocas las plantas que lo tienen implementado.

$\text{Índice de cumplimiento de la planificación} = \frac{N^{\circ} \text{ Órdenes acabadas en la fecha planificada}}{N^{\circ} \text{ Ordenes totales}}$	Ecuación F.
--	-------------

Es la proporción de órdenes que se acabaron en la fecha programada o con anterioridad, sobre el total de órdenes totales. Mide el grado de acierto de la planificación.

2.6.7 Tiempo medio de resolución de una O.T. Es el cociente de dividir el n° de O.T. resueltas entre el n° de horas que se han dedicado a mantenimiento:

$\text{Tiempo medio} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de O.T. resueltas}}{\text{N}^\circ \text{ de horas dedicadas a mantenimiento}}$	Ecuación G
--	------------

2.6.8 Índice de Mantenimiento Programado. Porcentaje de horas invertidas en realización de Mantenimiento Programado sobre horas totales.

$IMP = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento programado}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$	Ecuación H
--	------------

2.6.9 Índice de Correctivo. Porcentaje de horas invertidas en realización de Mantenimiento Correctivo sobre horas totales

$IMC = \frac{\text{Horas dedicadas a mantenimiento correctivo}}{\text{Horas totales dedicadas a mantenimiento}}$	Ecuación I
--	------------

Una variante de este indicador es el cálculo del IMC sobre número de órdenes de trabajo correctivas sobre el número total de órdenes de trabajo. Es más sencillo, aunque la información que proporciona es de menor calidad y más fácilmente manipulable. De todas formas, una y otra forma de cálculo son perfectamente válidas para ver la situación en un momento determinado y para estudiar la evolución de este parámetro.

El IMC es un indicador tremendamente útil cuando se está tratando de implementar un plan de mantenimiento preventivo en una planta en la que no existía tal plan; también es muy útil cuando se están implementando cambios en el departamento; y por último, es muy interesante cuando se trata de evaluar el trabajo de un contratista de mantenimiento en contratos de gran alcance en los

que la gestión del mantenimiento recae en el contratista (los buenos contratistas tienen un IMC muy bajo)¹⁵

3. MANTENIMIENTO EN EXCAVADORA HIDRÁULICAS DE ORUGA

Son todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible y con el máximo rendimiento. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

Figura 12. Excavadora



Fuente: CAT. Excavadoras hidráulicas. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: http://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/excavators/medium-excavators/18413188.html

¹⁵ RENOVETEC. Artículos para mantenimiento industrial. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: www.renovetec.com/590-mantenimiento

Las palabras confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, forman parte de la cotidianidad del mantenimiento. Si se analiza la definición moderna de mantenimiento, se verifica que la misión de este es “garantizar” la disponibilidad de la función de los equipos e instalaciones, de tal modo que permita atender a un proceso de producción o de servicio con calidad, confiabilidad, seguridad, preservación del medio ambiente y costo adecuado (Kardex A, 2002).

Los objetivos del mantenimiento se pueden resumir en:

- Asegurar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada
- Cumpliendo con todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa
- Cumpliendo con todas las normas de seguridad y medio ambiente y al máximo beneficio global¹⁶.

Si bien es habitual ver una máquina Excavadora desarrollando trabajos en distintas faenas, es natural preguntarse por ejemplo, del costo de la maquina, de sus características principales, su rendimiento etc. Por eso, ya que tenemos la oportunidad de hacer un seguimiento minucioso a una maquina utilizada en la construcción nos enfocamos directamente en la retroexcavadora.

La forma de abordar este informe fue recopilar toda la información, disponible en primer lugar, en obra Internet, en donde encontramos los folletos técnicos de las distintas marcas, luego visitamos los centros de distribución de maquinaria pesada donde nos dieron de manera breve las características técnicas, rendimientos y otros datos para desarrollar nuestro informe. Una vez reunida la información nos abocamos a un análisis crítico de la máquina, donde analizaremos lo que se refiere los tiempos de manutención en cuanto a cambios de aceite, filtros, neumáticos etc. el costo de operación ya sea consumo de combustible, la remuneración del operario y del propietario, el transporte de la máquina a las distintas frentes de trabajo, dependiendo lógicamente de la distancia.

Haremos referencia también a la producción en cuanto a los metros Cúbicos/hora el valor de la hora y la cantidad de horas promedio al mes. Adjuntaremos también en este informe un análisis del tiempo total de carga, además, aremos una descripción en detalle de cada uno de los componentes y sistemas de este equipo, ya sea sistema hidráulicos, sistemas eléctricos, características del motor, mandos de control, las cualidades de la cabina y por sobre todo la tecnología aplicada para

¹⁶ SLIDESHARE.NET. Introducción a la gestión del mantenimiento. . [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/fernandobarroso1/introduccion-a-la-gestion-del-mantenimiento>

hacer de esta máquina la combinación perfecta entre seguridad, confortabilidad, maniobrabilidad y los mejores rendimientos¹⁷.

Asegúrese que la máquina recibe el mantenimiento adecuado. Debe hacerse una inspección alrededor de la máquina al comienzo de cada jornada de trabajo, antes de hacer funcionar la máquina. Si durante esta inspección se descubre algún problema que pueda afectar la seguridad de la máquina o del operador, no debe hacerse uso de la máquina hasta que se haya corregido el problema. Ejemplos de posibles fallas son las siguientes:

- Escalones, pasarelas o asideros flojos, doblados o que faltan;
- Cinturón de seguridad desgastado, rotos o que falta (debe reemplazarse todo cinturón de seguridad que tenga más de 3 años, independientemente de su condición);
- Ventanas dañadas en el compartimento del operador;
- Aislamiento eléctrico o mangueras desgastadas o con ranuras;
- Cualquier fuga de líquido (lubricantes);
- Protectores dañados o que falten, .Es la responsabilidad del propietario o del empleador asegurar que la máquina recibe el mantenimiento adecuado. Su Distribuidor Caterpillar puede ayudarle a seleccionar y equipar la máquina más apropiada para su trabajo y puede proporcionarle el mantenimiento para sus máquinas.

Por ningún motivo se deberá realizar modificaciones a las máquinas que:

- Interfieran con la visibilidad del operador;
- Interfieran con la entrada o salida de la máquina;
- Excedan la carga útil nominal o el peso bruto combinado nominal de la máquina resultando en sobrecarga de los frenos y/o del sistema de dirección o de la clasificación de capacidad de la estructura ROPS (que se muestra en una placa colocada en la estructura ROPS);
- Coloquen objetos en la cabina que puedan interferir con el espacio del operador o que no estén firmemente sujetos.

¹⁷ CAT, CATERPILLAR, SAFETY.CAT.COM, sus respectivos logotipos, el color “Caterpillar Yellow” y la imagen comercial de “PowerEdge,” así como la identidad corporativa y de producto utilizadas en la presente publicación, son marcas registradas de Caterpillar y no pueden utilizarse sin autorización

Protección de la máquina. Examine la tarea a realizar para ver si existen condiciones especiales que puedan causar una avería prematura o el desgaste excesivo de los componentes de la máquina. Puede ser necesario utilizar dispositivos.

Para reducir al mínimo el peligro de incendio, se requiere seguir las siguientes recomendaciones básicas a mencionar:

- Elimine toda la basura (hojas, troncos pequeños, papeles, etc.) que pueda haberse acumulado en el compartimento del motor.
- No opere una máquina si nota una fuga de un fluido inflamable. Repare la fuga antes de continuar operando la máquina. La mayoría de los fluidos utilizados en las máquinas deben considerarse inflamables.
- Mantenga el acceso a los compartimentos principales de la máquina en buen funcionamiento para permitir el uso de equipo contraincendios en caso de necesidad.
- Evite conectar cables eléctricos a mangueras o tuberías que contengan fluidos inflamables o combustible.
- Reemplace cualquier conexión o manguera hidráulica que tenga fugas o que esté dañada, deshilachada, torcida o desgastada por rozamiento.
- Siga prácticas seguras de reabastecimiento de combustible, como las descritas en los Manuales de Operación y Mantenimiento de los fabricantes, los manuales de seguridad de EMI o de CIMA y las ordenanzas locales. Como medida adicional de seguridad, tenga en la máquina un extintor de incendios de 4,5 kg como mínimo, situado en el lugar indicado en el Manual de Operación y Mantenimiento.

Las normas de seguridad varían de un país a otro y con frecuencia, dentro de un mismo país. Su distribuidor puede ayudarle a equipar su máquina de forma que cumpla con las normas aplicables.

3.1 COMPONENTES Y SUBCOMPONENTES

3.1.1 Sistema electrónico. El módulo de control electrónico ADEM A4 regula la entrega de combustible para obtener el mejor rendimiento por litro de combustible. El sistema de administración de motor proporciona la distribución flexible de combustible, lo cual permite que el motor responda rápidamente a las necesidades variables de la aplicación. Hace el seguimiento de las condiciones de la máquina y el motor mientras mantiene el motor operando a una eficiencia superior.

El Módulo de Control Electrónico (ECM) es el “cerebro” del sistema de control del motor y responde rápidamente a las variables de operación para proporcionar la máxima eficiencia del motor. Totalmente integrado, con sensores en los sistemas de combustible, aire, refrigerante y escape del motor, el ECM guarda y transmite la información de las condiciones del motor, como rpm, consumo de combustible y diagnóstico.

Entrega de combustible. El motor C9 Cat se caracteriza por tener controles electrónicos que regulan el sistema de inyección de combustible. La entrega de combustible de inyección múltiple involucra un alto grado de precisión. La programación precisa del ciclo de combustión reduce las temperaturas de la cámara de combustión, genera menos emisiones, y optimiza la combustión de combustible. Esto se traduce en más trabajo generado por costo de combustible.

3.1.2 Sistema hidráulico. El sistema hidráulico se ha diseñado para proporcionar confiabilidad y un excelente control de la operación. Un sistema optativo de control de la herramienta mejora la flexibilidad sistema hidráulico suministra la potencia y el control preciso para mantener moviendo el material. Configuración de los componentes.

El sistema hidráulico y las ubicaciones de los componentes se han diseñado para proporcionar un alto nivel de eficiencia de los sistemas. Las bombas principales, las válvulas de control y el tanque hidráulico están localizados muy cerca unos de otros para permitir tuberías más cortas entre los componentes, que reducen la pérdida por fricción y las caídas de presión en las tuberías.

El diseño avanzado proporciona mayor comodidad al operador al poner el radiador en el lado de la cabina en la estructura superior. Esto permite que el aire de admisión ingrese al compartimiento del motor desde el lado del operador y el aire caliente, junto con el ruido de escape, salga por el lado opuesto del operador. Esto reduce el calor y el ruido en el compartimiento del motor y evita que sean transmitidos al operador.

Sistema piloto, La bomba piloto es independiente de las bombas principales y controla el varillaje delantero y las operaciones de giro y desplazamiento. La operación de la válvula de control piloto es proporcional al movimiento de la palanca de control, entregando un control sin igual.

Sistema de detección hidráulica cruzada, El sistema hidráulico de detección cruzada usa cada una de las dos bombas hidráulicas para permitir el total de la potencia del motor, en todas las condiciones de operación. Esto mejora la productividad gracias a que aumenta la velocidad del implemento y permite giros más rápidos y fuertes.

Circuito de regeneración del brazo y la pluma. El circuito de regeneración del brazo y la pluma para ahorrar energía durante el proceso de bajada de la pluma y de retracción del brazo. Esto aumenta la eficiencia, reduce los tiempos de ciclo y a la pérdida de presión, para permitir una productividad más alta, menores costos de operación y una eficiencia de combustible mejorada.

Válvula hidráulica auxiliar. La válvula auxiliar es estándar en la 330D L. Los circuitos de control están disponibles como accesorios, permitiendo la operación de herramientas de presión alta y mediana, como cizallas, garfios, martillos, pulverizadores, multiprocesadores y compactadores de placas vibratorias.

Amortiguadores de cilindros hidráulicos, tiene amortiguadores ubicados en el extremo de la varilla de los cilindros de la pluma y en ambos extremos de los cilindros del brazo para amortiguar los impactos reduciendo a la vez los niveles de ruido y prolongando la duración de los componentes.

El sistema hidráulico de las máquinas retroexcavadoras es de flujo compensado, esto quiere decir que asegura que la máxima potencia disponible irá dirigida donde más se necesite, este sistema permite la movilidad de los movimientos simultáneos aunque el motor trabaje a bajo régimen, cuál es el beneficio de esto, que reduce los ruidos molestos. También esta máquina posee mandos mecánicos o servo asistidos.

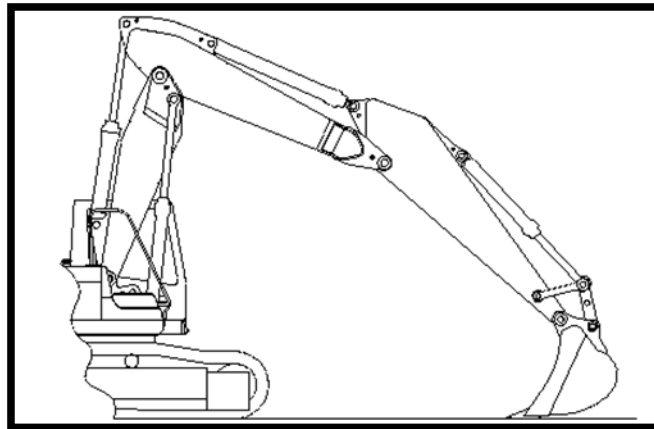
Las retroexcavadoras se emplean para subir zanjas por regla general se montan sobre patas traseras del tractor industrial, tales como las cargadoras frontales o los buldócer.

El aceite agresión para maniobrar la retroexcavadora lo suministra el sistema hidráulico del tractor. Cuando se trata de sistemas hidráulicos abiertos, se suele utilizar una válvula selectora con la que el aceite se dirige al circuito que está trabajando, la válvula selectora corta el paso del aceite a la cargadora frontal chupado se trabaja con la retroexcavadora con los sistemas hidráulicos cerrado o de caudal variable no hace falta esta válvula porque entrega aceite a presión.

El operador manda la retroexcavadora por medio de palancas actuando sobre válvulas que mandan el aceite a presión al correspondiente cilindro para mover el aguijón, el cucharón, el brazo excavador o los estabilizadores, los cilindros hidráulicos son de doble acción para poder trabajar a plena fuerza

3.1.3 Sistema motriz. Las técnicas de diseño y fabricación de las retro excavadoras aseguran una durabilidad y una vida útil extraordinarias de estos importantes componentes. Plumas, brazos y accesorios construidos para tener excelente rendimiento y larga vida útil, las plumas y los brazos de Caterpillar son grandes estructuras de sección de caja, soldadas, fabricadas con múltiples planchas gruesas en las áreas que están sujetas a muchos esfuerzos de tensión. Se han ensanchado los pasadores del varillaje del cucharón para aumentar su fiabilidad y durabilidad. Control de velocidad automático del motor. El control de dos etapas y de un toque optimiza la eficiencia de combustible y reduce los niveles de ruido.

Figura 13. Sistema motriz



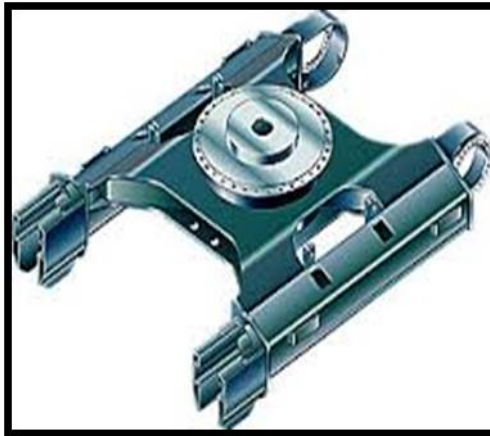
Fuente: CAT. Herramientas. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: http://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/herramientasmedium-excavators/18413188.html

Sistema de enfriamiento. El ventilador de enfriamiento es impulsado hidráulicamente y controlado por el ECM. La velocidad óptima del ventilador se calcula con base en la temperatura ambiente, la temperatura del refrigerante y la temperatura del aceite hidráulico. Esta característica especial ayuda en la administración de la potencia del motor y mejora la eficiencia de ruido. Tecnologías de reducción de ruido, el motor posee montantes de aislamiento de caucho que corresponden con el conjunto del motor. La reducción de ruido se ha logrado mediante cambios de diseño a la cubierta superior aislada, al colector del cárter, con la estrategia de inyección múltiple, la cubierta aislada de la caja de sincronización, el diseño del cárter y las mejoras en el tren de engranajes

Filtro de aire. El filtro de aire de sello radial dispone de un núcleo de filtro de dos capas para lograr una filtración más eficiente y está ubicado en un compartimiento

detrás de la cabina. Se muestra una advertencia en el monitor cuando se acumula polvo por encima del nivel prefijado.

Figura 14. Filtro de aire de sello radial



Fuente: CAT. Herramientas. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: http://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/herramientasmedium-excavators/18413188.html

3.1.4 Sistema Estructural y de Traslación.

Estructuras. Las técnicas de fabricación estructural es probadas garantizan una duración y una vida útil excelentes para estos componentes importantes. Diseño del bastidor inferior. El bastidor inferior de sección en caja en forma de X ofrece una excelente resistencia a la flexión torsional. Bastidores de rodillos inferiores. Los bastidores de rodillos inferiores soldados por robot son unidades pentagonales formadas a presión que proporcionan una fortaleza y una vida útil excepcionales. Bastidor principal. El bastidor principal resistente ha sido diseñado para ofrecer la máxima duración y un uso eficiente de los materiales.

Tren de rodaje. El tren de rodaje duradero absorbe los esfuerzos y ofrece una excelente estabilidad

Figura 15. Tren de rodaje



Fuente: CAT. Herramientas. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en:http://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/herramientasmedium-excavators/18413188.html

Cojinetes de rotación. Los cojinetes de rotación utilizan cojinetes de rodillos cruzados en lugar del diseño de los cojinetes de bolas tradicionales. El diseño de los cojinetes de rodillos cruzados permite más superficie de contacto para absorber las cargas de tensión resultado del alto par de giro que ofrece Cat. Esto proporciona una estabilidad excepcional de la máquina y reduce el cabeceo durante la operación de bajada de la pluma.

Soldadura hecha por robot. La soldadura hecha por robot con precisión garantiza la calidad, aumenta la rigidez, reduce los esfuerzos internos y mejora la duración.

Diseño del chasis en forma de X. Los componentes del tren de rodaje, sobre medida han sido construidos para proporcionar duración y rendimiento deservicio pesado. Rodillos y ruedas guía. Las ruedas guía, los rodillos superiores y los rodillos inferiores ofrecen una vida útil excelente para mantener a la máquina en el campo durante más tiempo. Opciones del tren de rodaje. Las dos opciones del tren de rodaje, estándar (STD) y largo (L), le permiten elegir la mejor máquina para su aplicación. Tren de rodaje estándar. El tren de rodaje estándar (STD) está bien adaptado para las aplicaciones que requieren un reposicionamiento frecuente de la máquina, tienen un espacio de trabajo restringido o se encuentran en terreno rocoso o irregular. Tren de rodaje largo. El tren de rodaje largo (L) aprovecha al máximo la capacidad de levantamiento y la estabilidad. El tren de rodaje fuerte, amplio y largo ofrece una plataforma de trabajo muy estable. Los componentes estructurales y el tren de rodaje de la 330D L son la base de la duración de la máquina. Soldadura por robot. Más del 95% de la soldadura estructural en la excavadora se realiza por robot. Las soldaduras por robot logran más de tres veces la penetración de las soldaduras manuales. Diseño del bastidor principal y bastidores de rodillos inferiores.

Rodillos y ruedas guía. Las ruedas guía, los rodillos inferiores y los rodillos superiores son sellados y lubricados, de larga duración, para mantener la máquina trabajando más tiempo. Tren de rodaje largo. El tren de rodaje largo (L) aumenta al máximo la estabilidad y la capacidad de levantamiento. El tren de rodaje largo, ancho y resistente ofrece una plataforma de trabajo estable

4. RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Encontramos que el uso que se le da a una excavadora hidráulica en las obras es notable siendo a nuestro juicio una máquina realmente indispensable en un frente de trabajo, primero por su peso y tamaño, además porque cumple múltiples funciones. En nuestras visitas a terreno, tuvimos la oportunidad de observar algunos aditamentos para esta máquina, debido a que tanto la cuchara como los martillos que poseen son rápidamente desmontables, es fácil pensar en cambiarle la funcionalidad a este equipo.

Para este proyecto se tomaron como base las 5 excavadoras de oruga que operan en el frente de trabajo del GRUPO LHS que está ubicado en Mocoa – Putumayo. Teniendo en cuenta lo retirado del proyecto, las compras de insumos, repuestos, lubricantes, filtración se realizan de forma centralizada desde Bogotá, por esta razón se centró el análisis de la información para realizar la posteriores propuestas de mejora para y aprobación en la empresa

4.1 SABANAS DE MANTENIMIENTOS REALIZADOS A LOS EQUIPOS

Inicialmente se centró en la solicitud de información entregada por un formato en el cual se registran la mayoría de las actividades realizadas a los equipos, el cual nos proporciona reportes históricos de los mantenimientos realizados en los dos últimos años.

Posteriormente se toma la información arrojada por el formato, se agrupan en 12 tipos de fallas (ver figura 16) y se realiza una cuantificación de repeticiones en un periodo de tiempo de dos años, las cuales nos arroja un dato numérico que será organizado de forma descendente para poder determinar las que poseen mayor cantidad de repeticiones y de esta forma dar una visión de las más representativas. Posteriormente serán graficadas en la matriz de inicio a la construcción para ser tabuladas y sacar un consolidado para determinar las más relevantes. Finalmente se graficara en la matriz de criticidad de acuerdo al número de repeticiones en un periodo de tiempo que se plasma del anexo L al R.

Figura 1616. Diagrama de Pareto – Paso 1. tabulación de las causas Vs frecuencias

DIAGRAMA DE PARETO		
TABULACION DE LAS CAUSAS Vs FRECUENCIAS		
CAUSAS DE FALLAS MAS COMUNES		
Item	Descripcion	Frecuencia
1	Daños en ruedas tensoras, exploques y sist de rodaje y cadena	24
2	Fugas de aceite por cilindros y componentes del sistema Hydraulico	7
3	Instalacion de sistemas de Monitoreo	5
4	Ruptira de mangueras del sistema Hydraulico y completar niveles del sistema	51
5	Recosntruccion de balde, cambio de piso, bases de dientes y esquineras	10
6	Cambio de elementos de corte dientes y puntas de martillo	18
7	Tiempos exagerados en la realizacion de los Mantenimientos prev	50
8	Cambio de filtros de combustible antes de tiempo por saturacion	6
9	Daños en problemas electricos	5
10	Fugas de aceite de motor y sus componentes	11
11	Problemas en sistema de refrigeracion de motor y sus componetes	3
12	intercambio de herramientas e implementos (balde, martillo, perforador)	11
	TOTAL	201

Con esta información anteriormente mencionada se establece los pocos vitales y las muchos triviales y se toman dos caminos de evaluación para los resultados:

1. Uno de ellos es la realización de análisis causa efecto, con las principales fallas de realiza dicho análisis de cada una de ellas para poder encontrar una serie de interrogantes que se les van dando explicación a medida que se van indagando las posibles causas que generan este tipo de fallas, las cuales se anexan y se puede realizar el siguiente análisis a mencionar

Figura 177. Espina de pescado ruptura de mangueras del sistema hidráulico

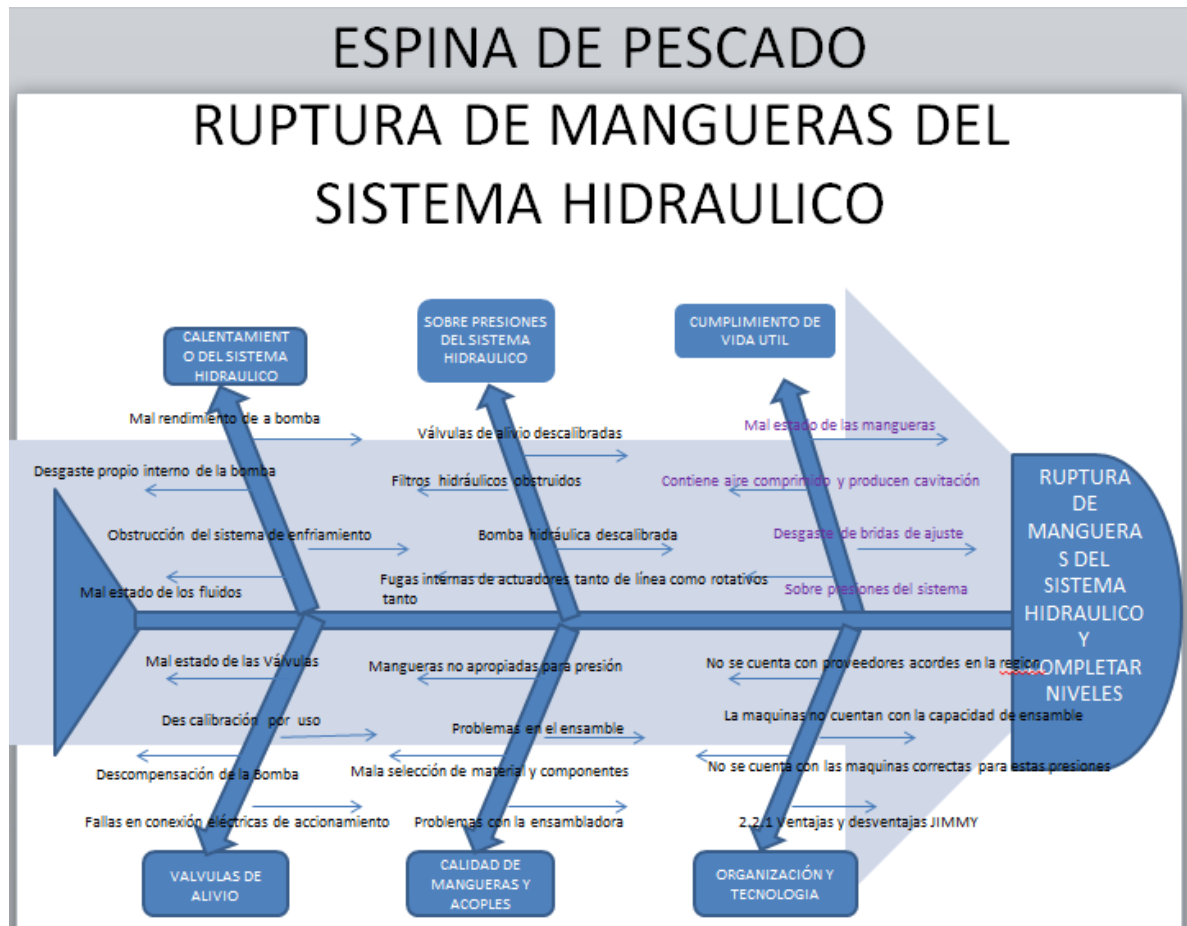


Figura 188. Espina de pescado – tiempos exagerados de mantenimientos

ESPINA DE PESCADO TIEMPOS EXAGERADOS DE MANTENIMIENTOS

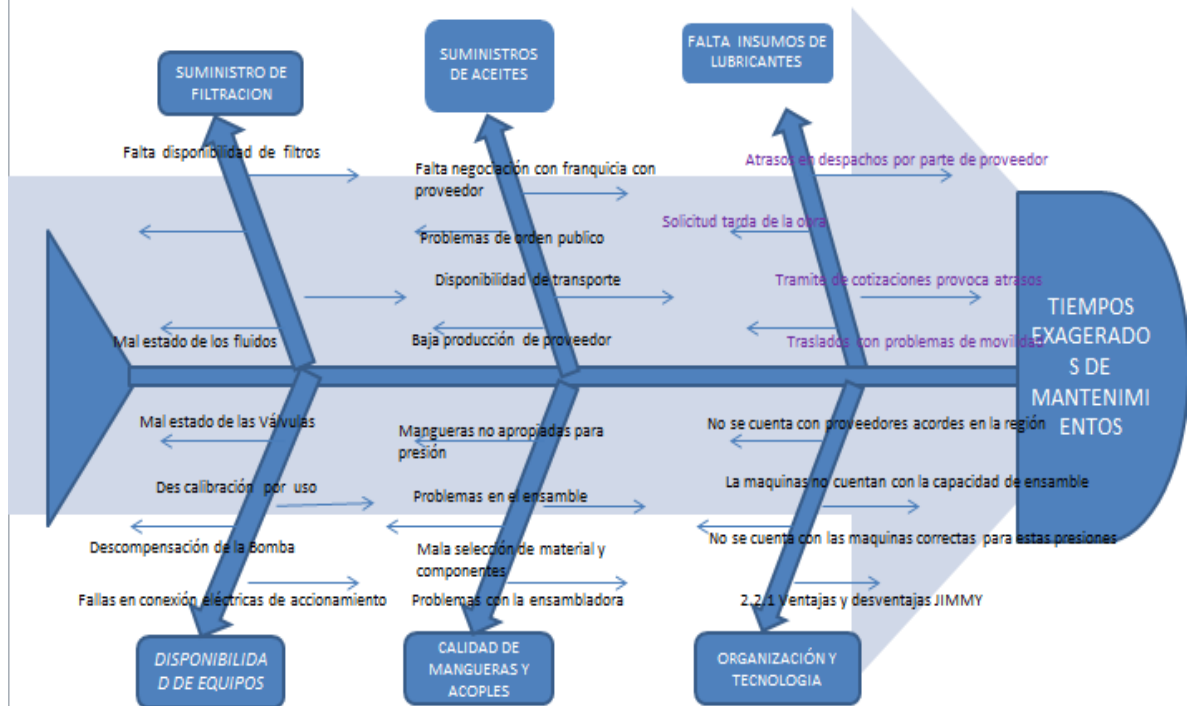
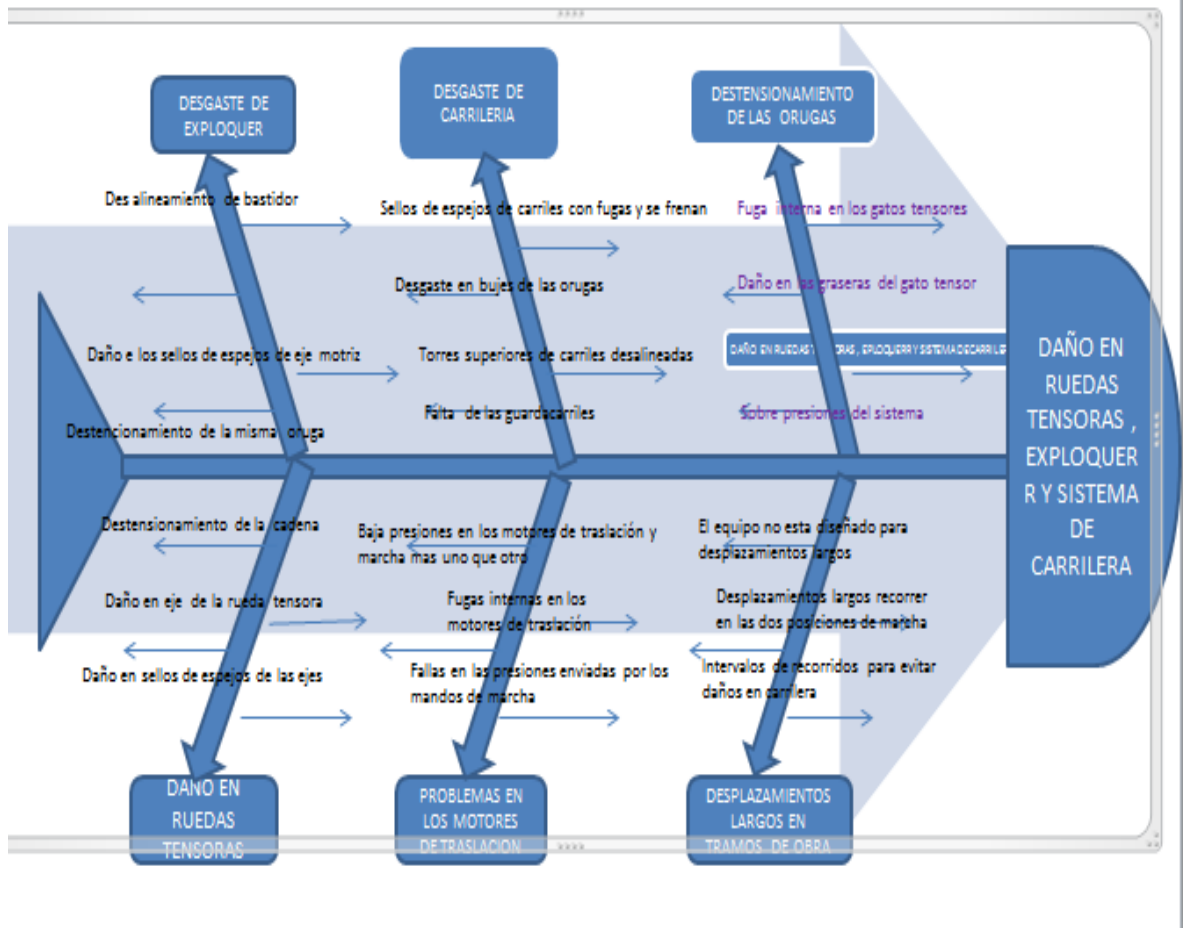


Figura 199. Espina de pescado – daño en ruedas tensoras, sprocket y sistema de carrilera

DAÑO EN RUEDAS TENSORAS, EXPLOQUERR Y SISTEMA DE CARRILERA



4.2 ANÁLISIS DE LAS PROBLEMAS EVIDENCIADOS

Con la falla 1, Ruptura de mangueras del sistema hidráulico, se encontró que el problema de las mangueras es cotidiano y se pierde demasiado tiempo en la fabricación de las mismas, para lo cual se propondrá una solución en el capítulo pertinente, que consiste en la negociación con el proveedor de la instalación de una ensambladora de manguera, con los acoples e insumos adecuados en obra, capacitando el personal, para la manipulación de la misma y la fabricación de manguera en campo, periódicamente el proveedor pasa a revisión y factura la diferencia del inventario entregado, la empresa deberá tener control de los mismos y deberá coincidir las salidas con los materiales usados

Con la falla 2, se encontró que los tiempos de mantenimientos era exagerados, por falta de suministro de insumos, tanto de aceites, filtros, como de mano de obra, lo cual se trata en el capítulo de propuestas, el cual consiste en la negociación con el proveedor de filtros con la demanda programada de mantenimientos el asegura la disponibilidad de los mismos con el fin de poder dar cumplimiento a los mantenimientos requeridos en el periodo establecido y el proveedor de aceites se programa capacitación del personal para incursionar en el tema de los Mantenimientos Predictivos

Con la falla 3, desgastes en los sistemas de carrilera, sprocket, orugas, se encontró que la causa principal son los desplazamientos largos sin tomar las medidas para evitar daños en los mismos, para lo cual se presentó propuesta en el capítulo destinado para ello., se envió memorando a todos los directores de obra en donde se prohibió los desplazamientos largos por mucho tiempo salvo autorización de la Gerencia

2. El segundo camino de evaluación de la información suministrada por el sistema de información DMS, nos da resultados para poder realizar un análisis de Pareto, el cual se toma la misma base de datos inicial y se una vez tabulados de ordena de forma descendentes para dejarlas de forma ordenadas de la mayor frecuencia a la menor de ellas, con la cual se da paso realizar los porcentajes totales y se determina los porcentajes acumulados para realizar la tabulación y graficación de los mismo en un diagrama de Pareto.

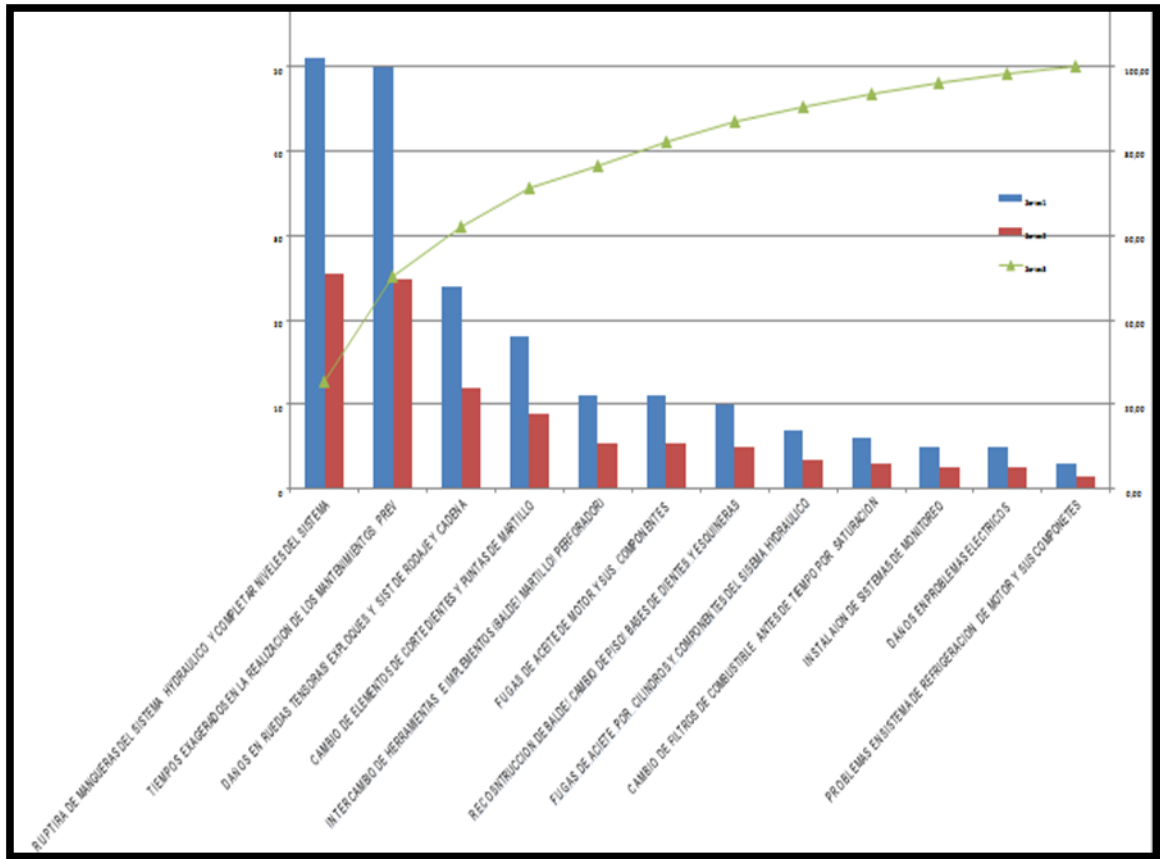
Paso 1, de proceso de tabulación de la información para graficar el Análisis de Pareto

Paso 2, de proceso de tabulación de la información para graficar el Análisis de Pareto

Figura 20. Paso 2. Tabulación de las causas Vs. Frecuencias

DIAGRAMA DE PARETO				
TABULACION DE LAS CAUSAS Vs FRECUENCIAS				
CAUSAS DE FALLAS MAS COMUNES				
Item	Descripcion	Frecuencia	% del Total	% Acumulado
1	Ruptira de mangueras del sistema Hydraulico y completar niveles del sistema	51	25,37	25,37
2	Tiempos exagerados en la realizacion de los Mantenimientos prev	50	24,88	50,25
3	Daños en ruedas tensoras, exploques y sist de rodaje y cadena	24	11,94	62,19
4	Cambio de elementos de corte dientes y puntas de martillo	18	8,96	71,14
5	intercambio de herramientas e implementos (balde, martillo, perforador)	11	5,47	76,62
6	Fugas de aceite de motor y sus componentes	11	5,47	82,09
7	Recosntruccion de balde, cambio de piso, bases de dientes y esquineras	10	4,98	87,06
8	Fugas de aciete por cilindros y componentes del sisema Hydraulico	7	3,48	90,55
9	Cambio de filtros de combustible antes de tiempo por saturacion	6	2,99	93,53
10	Instalaion de sistemas de Monitoreo	5	2,49	96,02
11	Daños en problemas electricos	5	2,49	98,51
2	Problemas en sistema de refrigeracion de motor y sus componetes	3	1,49	100,00
TOTAL		201	100,00	

Figura 21. Gráfico de Análisis de Pareto



Las fallas que representan la mayor cantidad de fallas y demoras en el proceso con las retro excavadoras son:

1. Ruptura de mangueras del sistema Hidráulico y completar niveles del sistema
2. Tiempos exagerados en la realización de los Mantenimientos preventivo
3. Daños en ruedas tensoras, expliques y sistemas de rodaje y cadena
4. Cambio de elementos de corte dientes y puntas de martillo
5. intercambio de herramientas e implementos (balde, martillo, perforador)

4.2.1 El Análisis de Criticidad. La criticidad se puede medir de la siguiente forma:

- $\text{criticidad} = \text{frecuencia} * \text{consecuencia}$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente de la siguiente forma:

- Consecuencia = (impacto operacional * flexibilidad operacional) + costo mantenimiento + impacto seguridad y medio ambiente.

Por tanto se debe transformar en cifras los factores involucrados, para obtener unas medidas base para ser evaluada o trasladada a una matriz de criticidad de la siguiente forma:

- **FRECUENCIA DE FALLAS:** Como Su nombre lo indica es el número de veces que se repite un evento considerado como falla dentro de un período de tiempo determinado, que para nuestro caso será de dos (2) años. Para lo cual manejaremos las siguientes 4 posibles calificaciones para este ítem:

- **Alta:** más de 20 Fallas por año, al cual le daremos un, valor de: **4**
- **Promedio:** Entre 15 y 20 fallas por año, que tendrá un, valor de: **3**
- **Baja:** De 10 a 15 Fallas al año, con un valor de: **2**
- **Excelente:** Menos de 10 falla al año, que obtendrá un valor de: **1**

- **IMPACTO OPERACIONAL:** Entendiéndose como los efectos causados en la Producción, evaluándolo de la siguiente forma:

- Parada Inmediata del frente de trabajo o línea de explotación y remoción de material: Calificada con un valor de 10.
- Parada Inmediata de un sector de la línea de explotación y remoción de material: Calificada con un valor de 6
- Impacta los niveles de Producción o calidad del trabajo: Calificada con un valor de 4
- Repercute en costos operativos adicionales asociados a la Disponibilidad del equipo: Calificación con un valor de 2.
- No genera ningún efecto significativo sobre la producción, las Operaciones o la calidad: Calificación con un valor de 1.

- **FLEXIBILIDAD OPERACIONAL:** Definida como la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables

- No existe opción de cambio o respaldo; Valor 4
- Existe opción de respaldo compartido: Valor 2
- Existe opción de respaldo: Valor 1

• **COSTO DEL MANTENIMIENTO:** Tomando todos los costos que implica la labor de mantenimiento, dejando por fuera los costos inherentes a los costos de producción sufridos por la falla.

- De 0 a \$2.000.000 de pesos: Calificación 1.
- De \$2.000.000 a \$5.000.000 de pesos: Calificación 5.
- De \$5.000.000 a \$10.000.000 de pesos: Calificación 10.
- De \$10.000.000 a \$20.000.000 de pesos: Calificación 20.

• **IMPACTO DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE:** Enfocado a evaluar los posibles inconvenientes que puede causar sobre las personas o el Medio ambiente.

- Afecta la seguridad humana interna o externa del frente de trabajo: Toma un valor de 50
- Afecta el medio ambiente produciendo daños severos: Toma un valor de 40
- Afecta el equipo causando daños severos: Toma un valor de 30
- Provoca accidentes menores al personal interno: Toma un valor de 20
- Provoca un efecto ambiental pero no infringe las normas: Toma un valor de 10
- No provoca ningún daño a las personas o el medio ambiente: Toma un valor de 0

Partiendo de las cifras que se obtuvieron y aplicando las ecuaciones mencionadas, podemos pasar a evaluar los resultados e introducirlas en una matriz de riesgo como la mostrada en la tabla 11.

TABLA. 11 Análisis de criticidad

ANÁLISIS DE CRITICIDAD									
Item	Descripción	Frecuencia	Clasificación de Frecuencia de Falla	Impacto operacional	flexibilidad Operacional	Costo de Mantenimiento	Impacto de Seg y Med Amb	consecuencia	CRITICIDAD
1	Ruptura de mangueras del sistema Hidraulico y completar niveles del sistema	51	4	6	4	1	10	35	1785
2	Tiempos exagerados en la realizacion de los Mantenimientos prev	50	4	2	2	1	0	5	250
3	Daños en ruedas tensoras, exploques y sist de rodaje y cadena	24	4	6	4	10	30	64	1536
4	Cambio de elementos de corte dientes y puntas de martillo	18	3	4	1	5	0	9	162
5	intercambio de herramientas e implementos (balde, martillo, perforador)	11	2	4	1	1	0	5	55
6	Fugas de aceite de motor y sus componentes	11	2	2	4	1	0	9	99
7	Reconstruccion de balde, cambio de piso, bases de dientes y esquineras	10	2	2	4	5	0	13	130
8	Fugas de aciete por cilindros y componentes del sisema Hidraulico	7	1	4	2	5	10	23	161
9	Cambio de filtros de combustible antes de tiempo por saturacion	6	1	2	2	1	10	15	90
10	Instalacion de sistemas de Monitoreo	5	1	1	1	1	0	2	10
11	Daños en problemas electricos	5	1	1	1	1	0	2	10
12	Problemas en sistema de refrigeracion de motor y sus componetes	3	1	2	2	1	0	5	15
TOTAL		201	1,00	36	28	33	60	187	4303

4.4 INVENTARIOS

4.4.1 Calculo de inventarios sin rotación. A continuación encontramos el cálculo de rotación de inventarios del mes de enero correspondiente a los materiales sin rotación de los 3 meses anteriores a la fecha de corte 30 de Enero 2015, el cual arroja un valor de 13% superando el estándar básico de la organización el cual es del 5%.

Para obtener esta información fue necesario levantar el inventario en físico para realizar el análisis, uno por uno cada elemento del inventario fue analizado incluyendo todas las áreas y así determinar qué porcentaje de inventario le corresponde a maquinaria y equipo para poder tomar decisiones (ver anexo). Dicho levantamiento de inventario se realizó durante 4 meses para encontrar que elementos no pudieron rotar en este periodo arrojando como resultado la siguiente información:

Figura 22. Rotación inventario Consorcio Vial del Sur

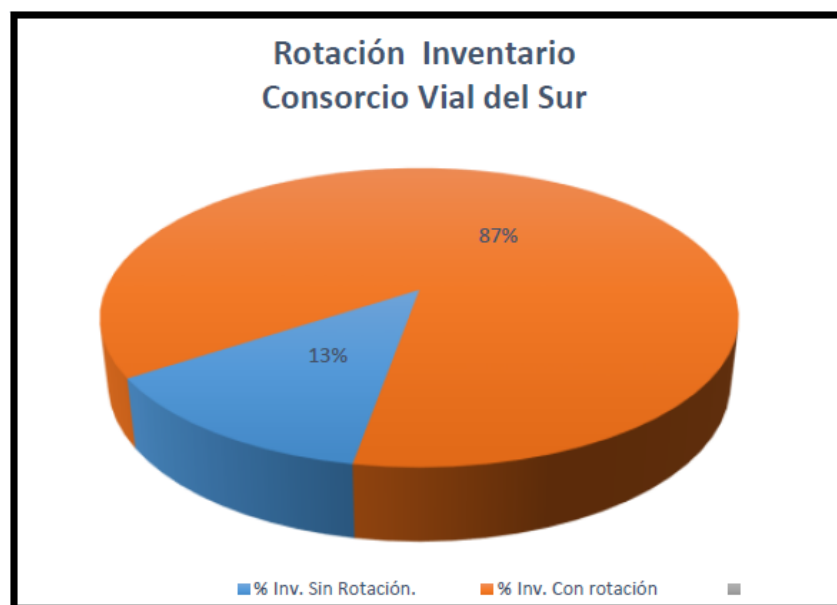


TABLA. 12 Costos

DETALLE COSTOS	DICIEMBRE	ENERO 15.
COSTO INVENTARIO	938,691,128	1,153,483,083
CONSTRUCCION	609,979,383	752,108,510
MAQUINARIA Y EQUIPOS	264,193,721	316,929,952
COMBUSTIBLE (ACPM)	45,990,005	61,800,310
ADMINISTRATIVOS	8,587,795	7,129,265
SEÑALIZACION	4,843,043	12,029,574
HERRAMIENTAS	3,162,382	1,568,273
MEDICION Y CONTROL	1,934,800	1,917,200
OFICINA	-	-
COSTO ROTACION	153,188,984	149,237,224
MAQUINARIA Y EQUIPOS	136,141,311	131,277,574
CONSTRUCCION	15,635,540	17,069,130
SEÑALIZACION	441,960	441,960
ADMINISTRATIVOS	832,416	434,178
HERRAMIENTAS	137,758	14,383
OFICINA	-	-
% INV. SIN ROTACION	16%	13%

Este análisis arrojó los siguientes resultados discriminando solo los ítem de MAQUINARIA Y EQUIPO:

TABLA. 13 Maquinaria y equipo

REFERENCIA	GRUPO	STOCK	PROMEDIO	VALOR
LLANTA 12 R22.5 TRACCION	MAQUINARIA Y EQUIPOS	46	\$1.194.437,66	\$ 54.944.132,32
FILTRACION	MAQUINARIA Y EQUIPOS	99	\$ 494.835,97	\$ 48.988.761,08
REPUESTOS VARIOS	MAQUINARIA Y EQUIPOS	45	\$ 227.233,65	\$ 10.225.514,43
CARRIL INFERIOR COMPLETO (KOBELCO)	MAQUINARIA Y EQUIPOS	10	\$ 485.460,00	\$ 4.854.600,00
PUNTA MARTILLO FURUKAWA F22	MAQUINARIA Y EQUIPOS	2	\$2.395.505,56	\$ 4.791.011,12
TORNILLO MARTILLO FURUKAWA	MAQUINARIA Y EQUIPOS	2	\$2.103.497,60	\$ 4.206.995,20
CARRIL INFERIOR (CASE)	MAQUINARIA Y EQUIPOS	8	\$ 408.320,00	\$ 3.266.560,00
				\$ 131.277.574,15

5. PROPUESTA

5.1 ELABORACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO

A continuación se proponen las diferentes actividades a realizar en cada uno de los tipos de mantenimiento. Para generar estas sabanas se contó con el apoyo de los manuales de mantenimiento de los equipos y de algunos proveedores de maquinaria pesada.

Cuando sea necesario

- ♦ Inspeccionar y si es necesario reemplazar el filtro de aire acondicionado y/o filtro de aire de la cabina
- ♦ Revisar y o reemplazar baterías y/o cables de instalación eléctrica
- ♦ Inspeccionar y ajustar si es necesario varillaje del cucharón
- ♦ Reemplazar puntas del cucharón
- ♦ Reemplazar fusibles y disyuntores
- ♦ Revisar y limpiar elemento primario de aire del motor
- ♦ Reemplazar elemento secundario de aire del motor
- ♦ Limpiar rejilla de la entrada de combustible
- ♦ Limpiar rejilla del tanque del hidráulico
- ♦ Inspeccionar filtro de aceite verificar existencia de fugas
- ♦ Inspeccionar limpieza del núcleo del radiador
- ♦ Inspeccionar enfriador y pos enfriador de aceite
- ♦ Verificar ajuste de la cadena de las orugas
- ♦ Llenar deposito del limpia brisas
- ♦ Limpiar ventanas

Cada 10 horas de servicio o diariamente

- ♦ Comprobar nivel del refrigerante del sistema de enfriamiento del motor
- ♦ Comprobar nivel de aceite del motor
- ♦ Drenar separador de agua del combustible
- ♦ Lubricar varillaje del cucharón
- ♦ Lubricar varillaje de pluma y brazo
- ♦ Lubricar cabeza del cilindro de la pluma
- ♦ Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible
- ♦ Comprobar nivel de aceite del sistema hidráulico

- ♦ Probar indicadores y medidores
- ♦ Inspeccionar cinturón de seguridad
- ♦ Inspeccionar ajuste de las cadenas de las orugas
- ♦ Comprobar funcionamiento de alarma de desplazamiento
- ♦ Comprobar funcionamiento de tren de rodaje
- ♦ Comprobar funcionamiento de indicadores y luces.

Cada 50 horas o semanal

- ♦ Lubricar varillaje de pluma brazo y cucharón

TABLA. 14 Mantenimiento tipo 1, Cada 250 horas de servicio

MANTENIMIENTO TIPO 1 (250HORAS EXCAVADORAS)
CONCEPTO
Realizar todas las actividades de mantenimiento diario y semanal
Reemplazar filtros de aceite sistema hidráulico de caja de drenaje, piloto, retorno y cambiar aceite de mandos de rotación
Aceite y filtro de motor: cambio
Cambiar filtro de sistema de combustible primario y secundario.
Inspeccionar ajustar o reemplazar correas de la maquina
Limpiar condensador del refrigerante
Inspeccionar mangueras del sistema de enfriamiento comprobar nivel de aceite de mandos finales
Lubricar cojinetes de la rotación
Comprobar nivel de aceite de mando de rotación
Lubricar grasera del ventilador si la tiene
Acondicionador de aire (si tiene): comprobar cantidad de refrigerante, examinar / limpiar condensador

TABLA. 15 Mantenimiento tipo 2, Cada 500 horas de servicio

MANTENIMIENTO TIPO 2 (500HORAS EXCAVADORA)
CONCEPTO
Realizar todas las actividades de mantenimiento diario y semanal
Reemplazar filtros de aceite sistema hidráulico de caja de drenaje, piloto, retorno y cambiar aceite de mandos de rotación
Aceite y filtro de motor: cambio
Cambiar filtro de sistema de combustible primario y secundario.
Inspeccionar ajustar o reemplazar correas de la maquina
Limpiar condensador del refrigerante
Inspeccionar mangueras del sistema de enfriamiento comprobar nivel de aceite de mandos finales
Lubricar cojinetes de la rotación
Comprobar nivel de aceite de mando de rotación
Lubricar grasera del ventilador si la tiene
Acondicionador de aire (si tiene): comprobar cantidad de refrigerante, examinar / limpiar condensador
Cambiar aceite del sistema hidráulico (CON SERVICIO CONTINUO DE MARTILLO)
Sistema hidráulico: dar servicio a rejilla y filtros
Cambiar filtro de aire del motor
Tapa y rejilla de tanque de combustible: limpiar rejilla, reemplazar filtro
Respiradero del cárter del motor: limpiar

TABLA. 16 Mantenimiento tipo 3, Cada 1000 horas de servicio

MANTENIMIENTO TIPO 3 (1000 HORAS EXCAVADORAS)
CONCEPTO
Realizar todas las actividades de mantenimiento diario y semanal
Reemplazar filtros de aceite sistema hidráulico de caja de drenaje, piloto, retorno y cambiar aceite de mandos de rotación
Aceite y filtro de motor: cambio
Cambiar filtro de sistema de combustible primario y secundario.
Inspeccionar ajustar o reemplazar correas de la maquina
Limpiar condensador del refrigerante
Inspeccionar mangueras del sistema de enfriamiento comprobar nivel de aceite de mandos finales
Lubricar cojinetes de la rotación
Comprobar nivel de aceite de mando de rotación
Lubricar grasera del ventilador si la tiene
Acondicionador de aire (si tiene): comprobar cantidad de refrigerante, examinar / limpiar condensador
Cambiar aceite del sistema hidráulico (CON SERVICIO CONTINUO DE MARTILLO)
Sistema hidráulico: dar servicio a rejilla y filtros
Cambiar filtro de aire del motor
Tapa y rejilla de tanque de combustible: limpiar rejilla, reemplazar filtro
Respiradero del cárter del motor: limpiar

TABLA. 17 Mantenimiento tipo 4, Cada 2000 horas de servicio

MANTENIMIENTO TIPO 4 (2000 H EXCAVADORAS)
CONCEPTO
Realizar todas las actividades de mantenimiento diario y semanal
Reemplazar filtros de aceite sistema hidráulico de caja de drenaje, piloto, retorno y cambiar aceite de mandos de rotación
Aceite y filtro de motor: cambio
Cambiar filtro de sistema de combustible primario y secundario.
Inspeccionar ajustar o reemplazar correas de la maquina
Limpiar condensador del refrigerante
Inspeccionar mangueras del sistema de enfriamiento comprobar nivel de aceite de mandos finales
Lubricar cojinetes de la rotación
Comprobar nivel de aceite de mando de rotación
Lubricar grasera del ventilador si la tiene
Acondicionador de aire (si tiene): comprobar cantidad de refrigerante, examinar / limpiar condensador
Cambiar aceite del sistema hidráulico (CON SERVICIO CONTINUO DE MARTILLO)
Sistema hidráulico: dar servicio a rejilla y filtros
Cambiar filtro de aire del motor
Tapa y rejilla de tanque de combustible: limpiar rejilla, reemplazar filtro
Respiradero del cárter del motor: limpiar
Mando de rotación: cambiar aceite
Examinar y limpiar batería y ajuste de la misma
Lubricar cabeza del cilindro de la pluma
Comprobar juego de válvulas del motor
Comprobar nivel de aceite de mandos finales
Reemplazar filtro de aceite del sistema hidráulico caja de drenaje, piloto, retorno
Cambiar aceite de mandos de rotación
Realizar todas las actividades de mantenimiento tipo 3
Cambiar aceite de mandos finales
Cambiar aceite y rejilla Sistema hidráulico
Calibrar Válvulas del motor
Agregar grasa engranaje de la rotación:
Cambiar refrigerante Sistema de enfriamiento

5.1.1 Rutinas de mantenimiento. Para complementar la información que maneja el GRUPO LHS se propone renovar el listado de filtración y sellos con las siguientes sabanas a los cuales fueron incluidos los precios de los repuestos originales.

TABLA. 18 Listado de filtración y sellos

TIPO 1				
CANTIDAD	REFERENCIA	DESCRIPCION	VALOR	VALOR EXT
1	142-1339	FILTRO AIRE PRIMARIO	215.934	215.934
1	326-1644	FILTRO SEPARADOR COMBUSTIBLE	88.790	88.790
1	220-8678	SEAL	1.242	1.242
1	1R-1808	FILTRO ACEITE MOTOR	84.404	84.404

TIPO 2				
CANTIDAD	REFERENCIA	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR EXT
1	142-1339	FILTRO AIRE PRIMARIO	25.934	25.934
1	326-1644	FILTRO SEPARADOR COMBUSTIBLE	88.790	88.790
1	220-8678	SEAL	1.242	1.242
1	1R-1808	FILTRO ACEITE MOTOR	84.404	84.404
1	1R-0762	FILTRO COMBUSTIBLE	36.000	36.000
1	9X-8600	SEAL O RING	4.500	4.500
1	303-9933	RESPIRADOR TANQUE DE COMBUSTIBLE	57.000	57.000

TIPO 3				
CANTIDAD	REFERENCIA	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR EXT
1	142-1339	FILTRO AIRE PRIMARIO	215.934	215.934
1	326-1644	FILTRO SEPARADOR COMBUSTIBLE	88.790	88.790
1	220-8678	SEAL	1.242	1.242
1	1R-1808	FILTRO ACEITE MOTOR	84.404	84.404
1	1R-0762	FILTRO DE COMBUSTIBLE	72.240	72.240
1	9X-8600	SEAL O RING	11.524	11.524
1	303-9933	RESPIRADOR TANQUE COMBUSTIBLE	150.619	150.619
1	142-1404	FILTRO AIRE SECUNDARIO	134.382	134.382
1	093-7521	FILTRO DRENAJE HIDRAULICO	66.159	66.159
1	5I-8670	FILTRO PILOTO HIDRAULICO	83.737	83.737
1	245-7823	FILTRO AIRE ACONDICIONADO	44.781	44.781
1	293-1183	FILTRO AIRE CONSUCTO CABINA	65.415	65.415
1	285-4106	SEAL	112.388	112.388

TIPO 4				
CANTIDAD	REFERENCIA	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR EXT
1	142-1339	FILTRO AIRE PRIMARIO	215.934	215.934
1	326-1644	FILTRO SEPARADOR COMBUSTIBLE	88.790	88.790
1	220-8678	SEAL	1.242	1.242
1	1R-1808	FILTRO ACEITE DE MOTOR	84.404	84.404
1	1R-0762	FILTRO DE COMBUSTIBLE	72.240	72.240
1	9X-8600	SEAL O RING	11.524	11.524
1	303-9933	RESPIRADOR TANQUE COMBUSTIBLE	150.619	150.619
1	142-1404	FILTRO AIRE SECUNDARIO	134.382	134.382
1	093-7521	FILTRO DRENAJE HIDRAULICO	66.159	66.159
1	5I-8670	FILTRO PILOTO HIDRAULICO	83.737	83.737
1	245-7823	FILTRO AIRE ACONDICIONADO	44.781	44.781
1	285-4106	SEAL	112.388	112.388
1	179-9806	FILTRO RETORNO HIDRAULICO	208.426	208.426
2	123-2003	SEAL	12.181	24.362
1	201-9299	KIT SELLOS REEMPLAZO FILTRO HYD	109.012	109.012
1	095-1681	O RING	10.982	10.982
1	176-1902	FILTRO SECADOR AIRE ACONDICIONADO	276.015	276.015
4	7M-8485	SEAL	3.557	14.228
1	7Y-1647	GASKET	17.867	17.867
1	148-4704	GASKET	11.999	11.999
1	095-1735	O RING	17.401	17.401
1	5H-5672	RING	11.833	11.833
1	293-1183	FILTRO AIRE DUCTO CABINA	65.415	65.415

5.1.3 Formatos de inspección. Se propone la implementación del siguiente formato el cual debe funcionar como un pre operacional y debe ser diligenciado inicialmente por el mecánico y luego de la adecuada capacitación por el operador. Este formato nos permitirá los siguientes beneficios:

- Tiempos óptimos en las revisiones minimizando el tiempo de inactividad mediante el mantenimiento
- Controlar que cada uno de los elementos del equipo que haya sido inspeccionado en el momento preciso
- Revisión detallada de cada uno de los sistemas del equipo
- Listado de referencia y cantidad en caso de necesitar cambio
- Registro de control de elementos pedidos
- Localizar problemas potenciales
- Encontrar problemas pasados por alto
- Evita la confusión por errores de imprenta
- Facilidad para el seguimiento de actividades del equipo
- El de vehículos incluye revisión documental y prueba de ruta
- Poder realizar tareas de mantenimiento y reparaciones programadas
- Minimizar los costos de posesión y operación

TABLA. 20 Inspección visual para maquinaria

INSPECCION VISUAL PARA MAQUINARIA					
Código:		Modelo:		Serie:	
Horómetro:		Fecha:		Serie motor:	
Estado de la máquina					
Evaluación de estado	✓ - Normal	S - Hacer seguimiento	A - Tomar medida	En blanco - No corresponde	

Preparar la Inspección de la Máquina.		
Estado	Descripción	Observaciones
	Prepare la máquina para la inspección	
	Realice una inspección de seguridad	
	Descargue los códigos de falla de la máquina	
	Códigos registrados	
	Códigos activos	
	Compruebe Product Link	
	¿Está equipada la máquina con PL?	
	¿Está activado PL?	
	¿Está funcionando correctamente PL?	
	Observe los colores del escape del motor.	
	Escuche para detectar si hay ruidos inusuales.	
Comentarios Adicionales		

Inspección a Nivel del Suelo		
Estado	Descripción	Observaciones
	Mando final y sprocket	
	Motor de desplazamiento y válvula de freno	
	Tensor de la cadena	
	Rodillos superiores	
	Rodillos inferiores	
	Ruedas guía delanteras	
	Guías de cadenas	
	Zapatas de cadena	
	links, pasadores y bujes de las cadenas	
	Bastidor de rodillos inferiores y bastidor principal	
Comentarios Adicionales		

Inspección a Nivel Medio		
Estado	Descripción	Observaciones
	Exterior de la cabina	
	Interior de la cabina	
	Mangueras inferiores del radiador y del enfriador de aceite	
	Luces de trabajo	
	Filtro de aire	
	Baterías y cables de las baterías	
	Radiador, enfriador de aceite, condensador y posenfriador	
	Engranaje de mando de la rotación	
	Contrapeso	
	Colector de aceite del motor	
	Compartimento de bombas hidráulicas	
	Escalones y pasamanos	
Comentarios Adicionales		

Inspección a Nivel Superior		
Estado	Descripción	Observaciones
	Capó y plataforma	
	Múltiple de escape	
	Turbocompresor	
	Culata y tapa de válvulas	
	Soportes del motor	
	Poleas, correas y embrague del compresor	
	Protección del ventilador y ventilador	
	Tuberías superiores del radiador, la admisión de aire, el enfriador de aceite y el	
	Pantalla del radiador/enfriador de aceite	
	Bomba de agua	
	Tapa del radiador	
	Bomba de cebado de combustible, filtro de combustible secundario y bomba de inyección de combustible	
	Harnes de cables del motor	
	Compartimento de mando de la rotación	
	Mando de la rotación	
	Válvula de control hidráulica principal	
Comentarios Adicionales		

5.1.4 Indicadores

De acuerdo a lo estudiado en el marco teórico y teniendo en cuenta la metodología de mantenimiento aplicada, se propone medir la gestión del mantenimiento de la siguiente forma:

- Indicador de Disponibilidad total. De acuerdo a la Ecuación A.
- Disponibilidad por averías: Intervenciones no programadas. De acuerdo a la Ecuación B.
- MTBF, tiempo medio entre fallos). Nos permite conocer la frecuencia con que suceden las averías. De acuerdo a la Ecuación C.
- MTTR, tiempo medio de reparación. Nos permite conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución. De acuerdo a la Ecuación D.
- Tiempo medio de resolución de una O.T. Es el cociente de dividir el nº de O.T. resueltas entre el nº de horas que se han dedicado a mantenimiento. De acuerdo a la Ecuación F:
- Índice de Mantenimiento Programado. Porcentaje de horas invertidas en realización de Mantenimiento Programado sobre horas totales. De acuerdo a la Ecuación H.

5.2 ANÁLISIS DE ACEITE CON EL APOYO DE TERPEL

Una vez se logró establecer la rutinas de mantenimiento se introdujo las muestras de aceite que da como resultado datos concretos del verdadero estado de los elementos, repuestos y elementos de desgaste de los componentes tales como motor, servo transmisión, sistema hidráulico. Adicional nos permite realizar una programación de las actividades según estos resultados que son medidos de forma secuencial para poder hacer un seguimiento de la evolución o comportamiento de los mismos y la necesidad de ser incluidos en la programación de los mantenimientos de forma preventiva.

Es de aclarar que el muestreo de aceite debe realizarse acorde con las rutinas de mantenimiento establecidas. Es decir debe darse cumplimiento cada 250 Hrs y de acuerdo a los resultados obtenido se determinara la amplitud de vida del aceite.

Para poder facilitar el estudio de los elementos y una mayor participación de los interesados en sistema de monitoreo del aceite se propone la utilización de la plataforma TAA&E ofrecida por terpel para dicho análisis y seguimiento.

Equipo muestreado por primera vez se debe consignar la información requerida en el formato Solicitud de Servicio de Análisis de Laboratorio.

Figura 23. Solicitud de servicio análisis de laboratorio

		SOLICITUD DE SERVICIO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO		✓
P.V.L.O. PREQ.F30.COL – Inspección de Calidad			Version: 03	Fecha: 25 de Noviembre de 2011
Fecha recibido LIA	Mes	Año	Región	Codificación TERPEL
Atendido por: _____		Distribuidor: _____		
CLIENTE: _____		Email Fax para resultados: _____		
<p>Requisito: Para poder prestar el servicio de Análisis de laboratorio se requiere que la información sea completa, verificada y que las muestras se envíen en un plazo máximo de 9 días después de la toma.</p>				
REGISTRE LA INFORMACIÓN DEL EQUIPO A ANALIZAR		Fecha de toma de muestra	Día	Mes
EQUIPO		MARCA del equipo	Serie del equipo	Modelo
PARTES LUBRICADAS		MARCA de parte lubricada	Serie	Combustible
Tiempo de servicio del equipo		Puntos	valorados	No interno, placa o código
REGISTRE INFORMACIÓN DEL ACEITE		ACEITE: Marca y especificaciones		Tiempo de servicio del aceite
Marcas	Viscosidad de aceite	Temperatura	Presión	Uso: Marca y número

Fuente: Terpel

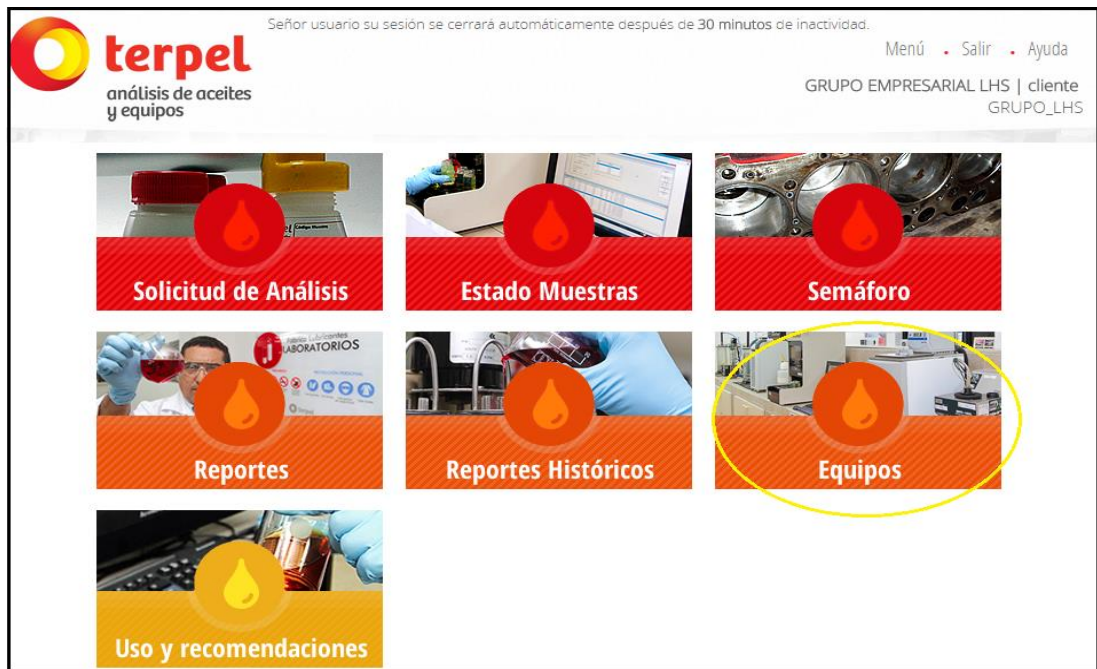
Diligenciar totalmente la información requerida en la ETIQUETA antes de adherirla al envase; sea por primera vez o para muestras de seguimiento de equipos ya registrados.

Figura 24. muestras de seguimiento de equipos ya registrados.



Fuente: Terpel

Figura 25. Consignación de datos en software “Terpel Análisis de Aceites y Equipos”



Fuente: Terpel

Figura 26. Reporte análisis de laboratorio

Fecha Toma	Muestra Código	Servicio Equipo	Servicio Aceite	Cambio Aceite?	Relenos	Viscosidad a 100°C	TBN mg/KO ₂ /gr	Hollin A/1mm	Oxidación A/1mm	Nitración A/1mm	Sulfatación A/1mm	Cont.% Comb	Cont.% Glicol	Cont.% Agua	Carac. Humedad	Pto Inflam °C	TAN mg/DiHsp	Estado Semáforo
	Terpel	te	ta			ASTM D445	ASTM D2896	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	Pancho	ASTM D58	ASTM D664	

terpel REPORTE DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

PNLD.PR.EQ.F.33.CO. Versión: 2

INSPECCION DE CALIDAD Fecha: 4 de marzo de 2013

CLIENTE: TRANSPORT MASIV COLOMBIA

Ciudad y fecha: Bucaramanga, 2 de Septiembre de 2014

DISTRIBUIDOR: Organización Terpel S.A.

ATENDIDO POR: Ejecutivo de cuenta

BUS ARTICULADO - VOLVO

ESTADO SEMÁFORO: **normal**

ESTADO DE LA MUESTRA: **normal**

PARTE LUBRICADA: **MOTOR DIESEL** MARCA: **VOLVO** SERIE: **DH10A2851541687** Nº INTERNO: **M101** MODELO: **830M**

ACEITE LUBRICANTE: **TERPEL MAXTER 15W40 MULTIGRADO CI-4** POT: **340** CV VOL: **10.03** gal PLACA: **SIA-943** RPM: **1800**

Fuente: Terpel

Toma de muestra. De acuerdo con la aplicación o tipo de aceite hay diferentes formas de toma de aceite para cumplir con la muestra representativa.

El envase de toma de muestra, debe siempre llenarse por encima de su línea de nivel para que haya suficiente muestra en el caso de requerir repetir algún ensayo o para conservar muestra testigo que laboratorio guarda por un mes.

Figura 27. Diferentes formas de toma de aceite para cumplir con la muestra representativa.

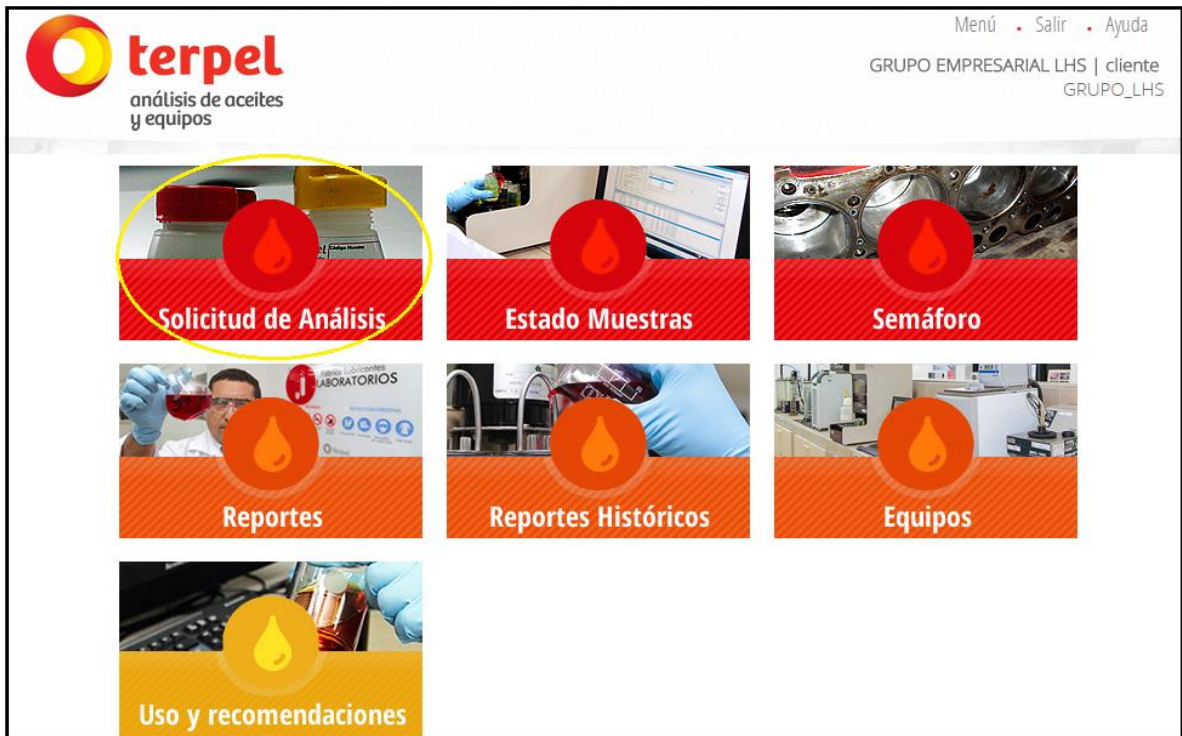


Fuente: Terpel.

Identificar y codificar la muestra de aceite. Los datos del equipo y del aceite deben estar ya registrados en el formato “solicitud de análisis de laboratorio” para envío de muestra de primera vez. (Ver anexo del formato de envío de muestra).

Para muestras de seguimiento que ya están registrados los equipos en el área de Tribología y lubricantes de Terpel porque ya fueron muestreados y tienen históricos, consignar los datos en el formato “envío de muestras” sin dejar de llenar los espacios requeridos. Este documento es la evidencia del lote de muestras que se envían para el laboratorio.

Figura 28. Análisis de aceites y equipos



Fuente: Terpel.

Figura 29. Envió muestra de seguimiento

terpel análisis de aceites y equipos		ENVIO MUESTRA DE SEGUIMIENTO							
PN.LO.PR.EQ.F.31.COL - Inspección de Calidad		Versión	2						
		Fecha	04 de Marzo de 2013						
Cliente: GRUPO LHS				Código Cliente (NIT): 830129289-8					
Fecha de Envío: 18 de Diciembre de 2014				No. Envío: S14-1302					
No.	Nombre Equipo	Numero Equipo	Parte Lubricada	Marca de Aceite	Fecha de Muestreo	Código de Muestra	Servicio Equipo	Servicio Aceite	Relenos
1	DOBLETROQUE	VLT-01D	MOTOR DIESEL	TERPEL MAXTER 15W40 MULTIGRADO CI-4	7-Dic-14	R14-11001	954 h	400 h	
2	DOBLETROQUE	VLT-62	MOTOR DIESEL	TERPEL MAXTER 15W40 MULTIGRADO CI-4	7-Dic-14	R14-11002	6477 h	350 h	

Fuente: terpel.

La muestra debe tener la etiqueta diligenciada EN EL MENÚ del software “TAA&E”

- Seleccione “solicitud de Análisis”
- Seleccione del listado el equipo, el componente lubricado muestreado
- Consigne el tiempo de uso del equipo, del aceite en kms u horas y rellenos, guarde y continúe con la siguiente.
- Cuando termine siguiendo la instrucción del software imprima el registro de “envío muestra seguimiento”
- Escriba en las etiqueta el código de la muestra “R.....” que indica el registro de “envío de muestra de seguimiento”

Figura 30. Envío muestra al laboratorio

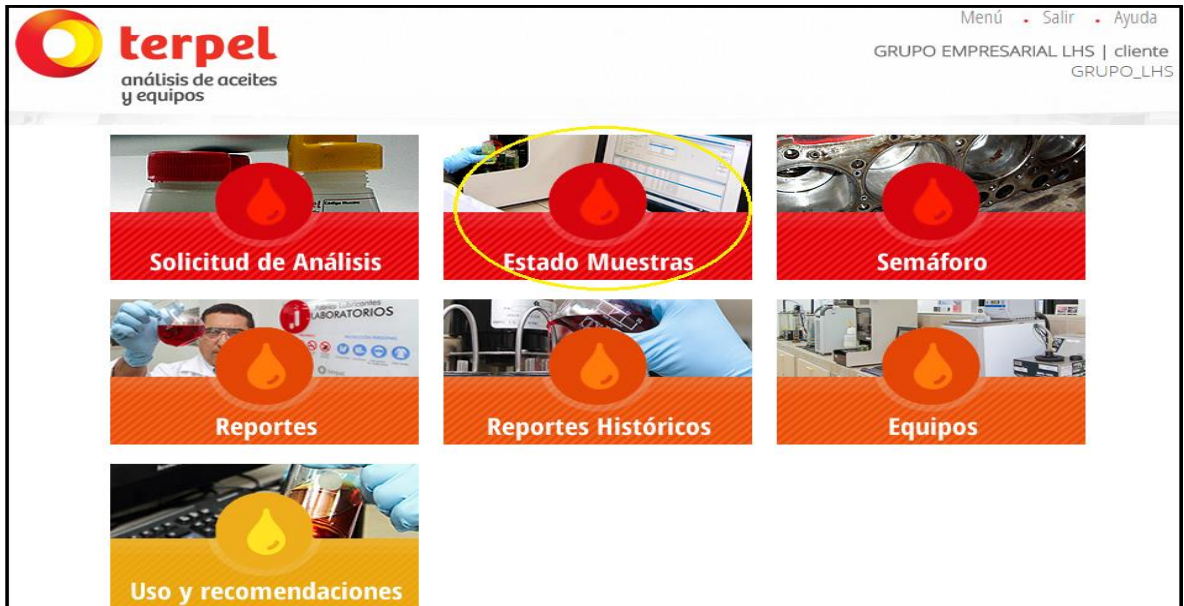


Fuente: Terpel

Envío de muestras al laboratorio. Asegúrese que los envases estén bien tapados. La tapa tiene un diseño especial que garantiza su hermeticidad y la forma redondeada del envase evita abolladuras por su alta resistencia.

- Haga buen uso de los envases debido a que son muy especiales, son muy costosos, difíciles de conseguirlos por su diseño especial que da seguridad de sellado.
- El material del envase no está considerado para envasar otro tipo de sustancias y menos para uso de consumo humano. En el envase se destaca esta advertencia.
- Asegúrese que los envases con las muestras no queden sueltos dentro del paquete, rellene los espacios.
- Adjunte con las muestras el formato “envío de muestras de seguimiento” de la relación de muestras enviadas, formatos de solicitud de servicio de análisis para las muestras de equipos muestreados por primera vez, o documentos complementarios si se quiere dar mayor información sobre las muestras.
- En el menú del software “ TAA&E”, puede verificar el tránsito de la muestra en “Estado de Muestra

Figura 31. Estado de la muestra

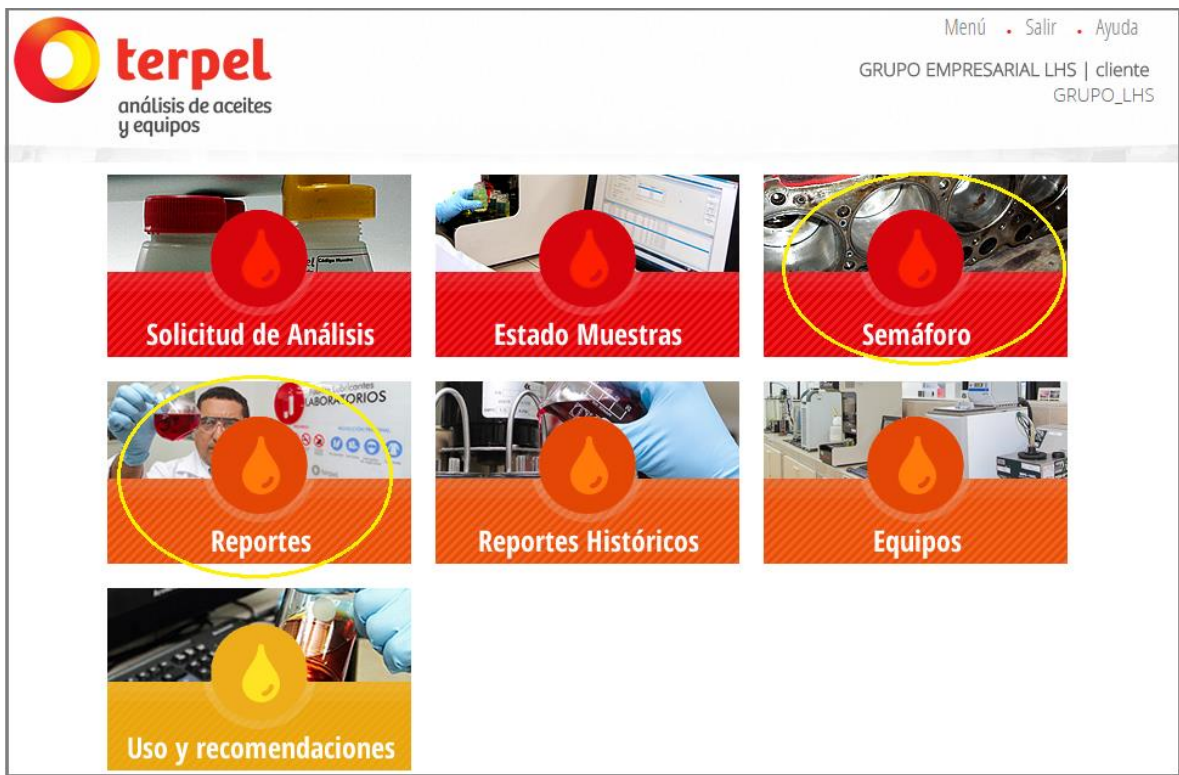


Fuente: Terpel

Recibo de reporte de laboratorio. Los reportes de laboratorio y semáforos con los diagnósticos y recomendaciones, son enviados por el área de Tribología y lubricantes vía email.

Si tiene asignado el software “TAA&E”, recibirá en su computador el aviso de reporte disponibles, entrando al Menú del software selecciona Semáforo o Reportes para consultarlos y aplicar las recomendaciones dadas.

Figura 32. software “TAA&E”,



terpel análisis de aceites y equipos

Menú · Salir · Ayuda
GRUPO EMPRESARIAL LHS | cliente GRUPO_LHS

SEMÁFORO
RESULTADO ANÁLISIS DE LABORATORIO
GRUPO LHS

Bucaramanga, 14 de Marzo de 2015

N° ENVIO S14-1336

CONVENCIONES: **CRITICO:** ● **ALERTA:** ● **NORMAL:** ●

EQUIPO	PARTE LUBRICADA	FECHA DE TOMA	CODIGO MUESTRA	TIEMPO SERVICIO	CRITERIO
EX-02M	MOTOR DIESEL	15-Dic-14	R14-11263	350 h	●
PEL-03	MOTOR DIESEL	17-Dic-14	R14-11265	250 h	●

Fuente: Terpel.

5.3 INVENTARIOS.

De acuerdo a los inventarios evidenciados en el proyecto de Mocoa se propone tener siempre en stock un cambio de filtración acorde al próximo mantenimiento. Quiere decir, por ejemplo, que en el momento de realizar un mantenimiento TIPO 1 se debe solicitar el pedido para realizar un TIPO 2, de esta manera siempre existirá en inventario solo un juego de filtros. Es ese orden de ideas el stock de inventarios mínimo para el GRUPO LHS es el aconsejado en la tabla 18 (según el tipo de mantenimiento a ejecutar).

En el caso del aceite se debe calcular la cantidad de aceite que consumen todos los equipos del proyecto y hacer la respectiva solicitud. Teniendo en cuenta que por negociación con terpel, solo se suministrara aceite por canecas de 55 Gal siempre se debe solicitar la suma siguiente para completar los 55 gal. Para los repuestos y elementos de desgaste no se autoriza el stock de ningún elemento debía a la negociación entregada por GECOLSA.

Cabe aclarar que trimestralmente se revisara el stock que no ha presentado rotación para seguir en la búsqueda de los inventarios aún existentes.

A continuación se ampliara la información anteriormente suministrada.

5.3.1 Optimización en el sistema de información del área de cadena de abastecimiento. Para optimizar los inventarios de la organización se encontró que dentro del paquete del sistema de información contable y de compra que tiene la organización hace 8 años se puede realizar el desarrollo de la siguiente herramienta que nos permite asignar responsabilidad y utilizar los stocks de las demás obras.

Para esto la propuesta es la siguiente: La necesidad de los insumos, repuestos y/o reparaciones es conocida por el encargado de mantenimiento de cada obra de acuerdo a la información del mecánico de obra, los operadores de la maquinaria, manuales de mantenimiento de las diferentes maquinas y/o requerimientos de las mismas en el desarrollo de las actividades. Para ello se realizan los pedidos de repuestos, insumos o reparaciones de la Maquinaria y Equipo mediante el diligenciamiento del módulo de pedidos en DMS 1303 Pedidos. Previa verificación de la no existencia de los elementos requeridos en el almacén.

Los pedidos realizados, deben ser direccionados al equipo en el cual se va a utilizar con el fin de direccionar costos; en cuanto a los pedidos para el stock mínimo, debe ser plenamente justificado por el encargado del almacén. Estos pedidos realizados deberán ser pre autorizados por el Gerente de maquinaria y equipo y/o coordinadores del área mediante el uso del módulo del DMS 3312

Administración de pedidos. Una vez pre autorizados y autorizados los pedidos deben seguir el procedimiento de compras que les correspondiente.

Una de las funciones de cada una de las obras es la realización del seguimiento a los pedidos realizados desde la obra; para ello deben utilizar el modulo del DMS 3312 en la pestaña seguimiento a pedidos; y mediante correo hacer seguimiento e informar de las novedades hasta tanto el pedido no sea recibido en obra.

Los pedidos aprobados en el módulo del DMS 3312 Administración de pedidos, deberán ser verificados y monitoreados por los coordinadores de maquinaria y equipo, con el fin de que se les de pronto cumplimiento sin que este seguimiento retire de la responsabilidad de la obra en cabeza del supervisor de maquinaria y equipo del seguimiento al cumplimiento de los pedidos.

Los elementos sacados del almacén para la realización de los mantenimientos, deben salir mediante el respaldo de un vale de despacho y direccionados al equipo en los cuales se van a utilizar.

5.3.2 Negociación con proveedores. Para darle apoyo a este programa se propone convenios con los proveedores que suministran repuestos críticos:

Repuestos y elementos de desgaste: El proveedor GECOLSA se compromete a tener el stock mínimo de los elementos que según historia han fallado y ocasionan demoras en transportes y que son de difícil adquisición. Para lograr este compromiso el GRUPOLHS se compromete a que los mantenimientos de 2000 Hrs serán realizados por ellos y así identificar alguna anomalía. De esta manera el stock debe ser cero en repuestos importantes y elementos de desgaste como (motor de traslación, sprocket, carriles, cadenas, bomba hidráulica, motor, rodamientos tornamesa)

Filtros: Con los proveedores de filtros, se propone una negociación por consignación de los repuestos teniendo en cuenta la disponibilidad inmediato de los elementos y sosteniendo los precios durante todo el periodo negociado.

Aceites: Con la problemática de los stocks innecesarios de aceites se propone Negociar la compra con un solo proveedor quien es el encargado de abastecer de combustibles y aceites a toda la organización, entregando el producto en todas las obras. Como valor adicional a la compra de los lubricantes el proveedor realizara seguimiento de análisis de aceite

5.3.3 Stock y acoplado de líneas hidráulicas. En vista de la problemática generada por las mangueras del sistema hidráulico se llegó a la negociación con la empresa PRODUCTOS DE CAUCHO Y LONA (PCL), entregar elementos por consignación, de tal forma que se garantiza los insumos, mangueras de diferentes diámetros y presiones, con sus flanches y racores. Adicional el contratista entregara la maquina grafadora en sitio, capacitando a todo el personal y asignando un operador para que realice dicha labor. Esta persona tiene la función de realizar las funciones de mecánico especializado para la labor y contralar el inventario de consignación para posteriormente a final de mes generar la orden de compra por los elementos utilizados.

5.4 PROPUESTA DE LAS 5S

Para poder efectuar la metodología de la 5s, siendo este el paso 0 para la implementación del TPM se propone realizar la capacitación al personal de operadores, conductores, mecánicos, eléctricos, auxiliares e ingenieros. Adicional mensualmente se tendrán que enviar a la oficina principal evidencia de tres(3) gestiones La primera entre conductores y operadores, la segunda entre ingenieros, mecánicos y eléctricos en el taller y finalmente la tercera en el almacén. La gestión será expuesta a la presidencia y así soportar a la presidencia la inversión realizada enfocada a los incentivos en bonificación generados por las 5S.

6. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

6.1 IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Durante el trascurso de la especialización en gerencia del mantenimiento se ha ido implementando poco a poca cada segmento de la presente monografía. Inicialmente se divulgo a todos los ingenieros mecánicos en cada proyecto el nuevo programa de mantenimiento para familiarizarlos de la nueva metodología. Inicialmente se implementó en MOCO. Actualmente llevamos 3 meses con el formato y se está haciendo el respectivo seguimiento para incluirlo en el sistema de información.

Por otra forma se capacito al personal de operadores y conductores en el diligenciamiento del nuevo pre operacional que nos permitirá dar un primer escalón a la metodología de mantenimiento del TPM.

6.2 IMPLEMENTACION INVENTARIOS

La propuesta sugerida en el capítulo anterior se encuentra implementada en su fase inicial. Actualmente no se están autorizando pedido de repuestos, elementos de desgaste, ni filtración. Hasta normalizar los stock de inventarios actual. Posteriormente a esto solo se autorizara un juego de filtró tan pronto tenga salida el utilizado en el mantenimiento actual. de esta manera lograremos el stock mínimo.

De acuerdo a la propuesta realizada la organización ha optado por invertir en el desarrollo de la herramienta que incluye el seguimiento a pedidos dentro del sistema de información.

Adicional a la propuesta realizada para la implementación de stocks en consignación se contrató con la empresa PCL (PRODUCTOS DE CAUCHO Y LONA) todas las compras de mangueras en las obras donde se va a implementar. Por otra parte en febrero de 2015 se comenzaron las negociaciones con los proveedores de filtración para reducir la cantidad de repuesto sin rotación el obras.

A continuación algunos avances de las actividades descritas.

6.2.1 Optimización de inventarios por medio de un sistema de información.
 A finales de enero de 2015 se comenzó a capacitar en el nuevo desarrollo del módulo 3312 en cada una de las obras comenzando por VIAL DEL SUR – MOCOCA.

Figura 33. Trámite de pedidos

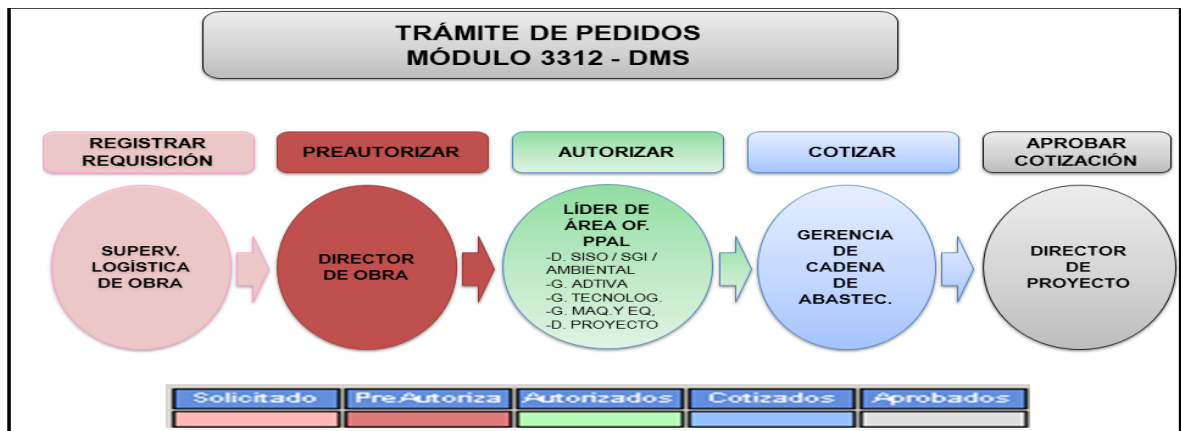


Figura 34. Pre autorización de pedidos

PREAUTORIZAR PEDIDOS

- Ingresar al módulo 3312
- Ubicarse en la Pestaña “Autorización de Pedidos”

- Seleccionar **Preautorizar**
- Registrar los datos en los campos de filtro (Bodega, Código, #Pedido)
- Seleccionar el botón “Cargar”
- En la parte inferior “Pedidos Cargados” aparecerán todos los pedidos pendientes en esta etapa.
- Seleccione el pedido por cada línea (queda resaltado en color morado) en la parte superior “Datos del Código” aparece el Stock de Inventario

Figura 35. Solicitud de cambio de la cantidad autorizada

8. Para cambiar la cantidad autorizada, dar doble click en la línea, donde aparece el recuadro siguiente, cambiar la cantidad y seleccionar “OK”

9. Finalmente, seleccionar el botón “Preautorizar” (teniendo seleccionados todos las líneas a preautorizar, es decir en color morado).

6.2.2 Stock y acoplado de líneas hidráulicas. A continuación se relaciona el proceso realizado en la obra de Mocoa:

El personal de PCL se reúnen en el campamento ubicado en MOCOA – PUTUMAYO.

Figura 36. Asesora Comercial Rosana Ardila



Figura 37. Capacitador Javier Trujillo



Todas las mangueras vienen marcadas con su norma y el tipo de presión (ejemplo: 100R2),

Cuando las mangueras están muy desgastada se procede a pelarla para ver qué tipo es; si es tipo trenzada o espiral

Figura 38. Revisión de mangueras



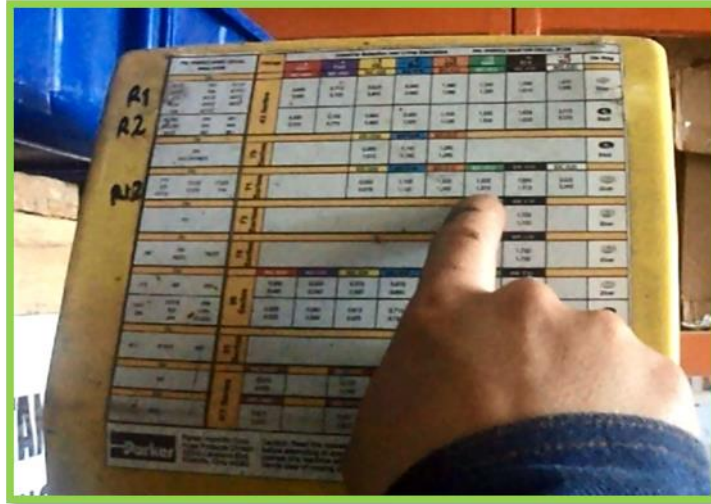
Se debe revisar el lado que se va acoplar de la manguera, el cual debe de estar totalmente plana”



Siempre se debe medir internamente (pulg – mm)



A la hora de realizar un ensamble de manguera recuerde. la utilización de tus EPP (gafas, guantes, casco, camisa manga larga, tapa oídos, tapa boca ..) Este es un equipo hidráulico, de un cilindro de alta presión, con una bomba ENERPAC la cual tiene la capacidad de levantar 10.000PSI



Para la búsqueda del dado, a la hora de hacer un ensamble, es necesario utilizar esta tabla, la cual te indica el color del dado a utilizar dependiendo el radial de tu manguera; cada radial tiene un color diferente.

La manguera que estamos utilizando es una manguera R-12 de $\frac{3}{4}$. Según la tabla nos indica que debemos utilizar dos dado uno platiado silver y otro de color verde con una medida de 1355 ". Pero cómo es posible grafar en pulgadas hay que hacer una operación matemática .(25.4 =es lo que mide una pulgada). $25.4 * 1355 = 3441$ ml



Resultados

- Disminución de tiempos muertos:

Antes: 3 a 4 días

Ahora: 3 horas

- El ahorro se ve reflejado en este nuevo tiempo de respuesta que produce que el equipo facture más horas en el mes, sin afectar el inventario porque los repuestos son de PCL y al precio del mercado, la administración y mano de obra es nuestra.
- Hasta el momento se ha implementado en los proyectos de Metrovias Selva y vial del sur.

TABLA. 21 Mano de obra para la propuesta

APELLIDO Y NOMBRE	CARGO	CALIFICACION OBTENIDA
SOSAORTIZ JOSE SAID	MECANICO 1	4,0
LOPEZ DIAZ DIOMER	AYUDANTE DE MECANICA	5,0
COLIMBA CAIPE EDWIN ANTONIO	SOLDADOR 2	4,0
CUASTUMAL CUESTA JOSE JAIRO	SOLDADOR 1	3,0
ERAZO ROSERO LUIS EMILIO	SOLDADOR 1	0,0
PEREZ MORENO JORGE ELIECER	SUP.LOGISTICO	0,0
AYALA ALONSO ARELIS	SUP.MAQUINARIA Y EQUIPOS	5,0
MURILLO QUINTERO RAUL	OPE.MONTALLANTAS	4,0

6.2.3 Implementación de convenios empresariales. Se entregó la información de los requerimientos promedio de mes a tres proveedores en Bogotá, con la referencias para que ellos verificaran las existencias en bodega y garanticen la cantidad mínima de la filtración requerida. El proveedor mantiene las cantidades ideales disponibles y realizan una verificación mensual y de acuerdo a esta facturan, deberán presentar la salida de almacén con sus respectivas firmas de trámite.

6.3 IMPLEMENTACIÓN ORDENES DE TRABAJO Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN

El Formato descrito en la propuesta se encuentra implementado desde el 15-12-2014. Actualmente la organización se encuentra en el desarrollo del sistema de información acorde a lo desarrollado en el F-maq-04.

A continuación los avances respectivos:

Figura 39. Avances Grupo LHS

The screenshot shows the 'MANTENIMIENTO DE EQUIPOS' (Equipment Maintenance) search interface. The header includes the 'GRUPO LHS EMPRESARIAL' logo, notification icons (0, 18, 0), and the user profile 'EDWARD GERARDO MUÑOZ GUZMAN'. The main content area has a search form with the following fields:

- Tipo de Equipo: exca|
- Equipo: EXCAVADORAS - 1
- Buscar button

The left sidebar contains navigation options: Asignar Operario a Equipo, Formato de asignacion de equipos, Rotacion de Maquinaria, Mantenimiento de Equipos (highlighted), Administrador de Actividades y Causas, Mantenimiento Correctivo, Rotacion de Maquinaria, Mantenimiento de Equipos, Administrador de Actividades y Causas, and Mantenimiento Correctivo.


The screenshot shows the 'Equipo: EXCAVADORAS' configuration interface. The header includes the 'GRUPO LHS EMPRESARIAL' logo, notification icons (0, 18, 0), and the user profile 'EDWARD GERARDO MUÑOZ GUZMAN'. The main content area has a form with the following fields:



- Equipo: EXCAVADORAS
- Tipo de Mantenimiento: Tipo de Mantenimiento
- Numero de Horas: Numero de Horas
- Descripcion: [Empty text area]
- Agregar button

The left sidebar contains navigation options: Dashboard, BD Generales, Contratos Admin, Control de LLantas, Correspondencia, Equipos Admin, Equipos BD (highlighted), Tipos de equipo, Equipos, Actividades, and Marcas.











Below the form is a table with the following data:


Tipo de Mantenimiento	Numero de Horas	Descripcion	Configurar Pedido	Configurar Actividades	Borrar
MANTENIMIENTO TIPO 1	250		Configurar	Configurar	✖
MANTENIMIENTO TIPO 2	500		Configurar	Configurar	✖
MANTENIMIENTO TIPO 3	1000		Configurar	Configurar	✖
MANTENIMIENTO TIPO 4	2000		Configurar	Configurar	✖


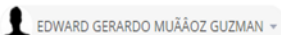


Tipo de Mantenimiento: MANTENIMIENTO TIPO 1

Actividad	Eliminar
Realizar todas las actividades de mantenimiento diario y semanal	
Reemplazar filtros de aceite sistema hidrúlico de caja de drenaje, piloto, retorno y cambiar aceite de dos de rotación	
Acetite de motor: cambiar	
Cambiar filtros del sistema de combustible	
Inspeccionar ajustar o reemplazar correas de la maquina	
Limpiar condensador del refrigerante	
Inspeccionar mangueras del sistema de enfriamiento comprobar nivel de aceite de mandos finales	
Comprobar nivel de aceite de mando de rotación	
Lubricar grasera del ventilador si la tiene	
Acondicionador de aire (si tiene): comprobar cantidad de refrigerante, examinar / limpiar condensador	











Tipo de Mantenimiento: MANTENIMIENTO TIPO 2

Actividad

[Agregar](#)


Actividad	Eliminar
Realizar todas las actividades de mantenimiento diario y semanal	
Reemplazar filtros de aceite sistema hidrúlico de caja de drenaje, piloto, retorno y cambiar aceite de dos de rotación	
Cambiar filtros del sistema de combustible	
Inspeccionar ajustar o reemplazar correas de la maquina	
Limpiar condensador del refrigerante	
Inspeccionar mangueras del sistema de enfriamiento comprobar nivel de aceite de mandos finales	
Lubricar cojinetes de la rotación	
Comprobar nivel de aceite de mando de rotación	


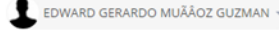





Dashboard | BD Generales | Contratos Admin | Control de LLantas | Correspondencia | Equipos Admin

Lubricar grasa del ventilador si la tiene	○
Acondicionador de aire (si tiene): comprobar cantidad de refrigerante, examinar / limpiar condensador	○
Cambiar aceite del sistema hidráulico (CON SERVICIO CONTINUO DE MARTILLO)	○
Cambiar filtro de aire del motor	○
Tapa y rejilla de tanque de combustible: limpiar rejilla, reemplazar filtro	○
Aceite y filtro de motor: cambio	○
Respiradero del cárter del motor: limpiar	○



Tipo de Mantenimiento: MANTENIMIENTO TIPO 3

Actividad

Actividad	Eliminar
Realizar todas las actividades de mantenimiento diario y semanal	○
Reemplazar filtros de aceite sistema hidráulico de caja de drenaje, piloto, retorno y cambiar aceite de dos de rotación	○
Aceite y filtro de motor: cambio	○
Cambiar filtros del sistema de combustible	○
Inspeccionar ajustar o reemplazar correas de la maquina	○
Limpiar condensador del refrigerante	○
Inspeccionar mangueras del sistema de enfriamiento comprobar nivel de aceite de mandos finales	○
Lubricar cojinetes de la rotación	○

Dashboard | BD Generales | Contratos Admin | Control de LLantas | Correspondencia | Equipos Admin | **Equipos BD** | Tipos de equipo | Equipos | Actividades | Marcas






Comprobar nivel de aceite de mando de rotación	○
Lubricar grasa del ventilador si la tiene	○
Acondicionador de aire (si tiene): comprobar cantidad de refrigerante, examinar / limpiar condensador	○
Cambiar aceite del sistema hidráulico (CON SERVICIO CONTINUO DE MARTILLO)	○
Sistema hidráulico: dar servicio a rejilla y filtros	○
Cambiar filtro de aire del motor	○
Tapa y rejilla de tanque de combustible: limpiar rejilla, reemplazar filtro	○
Respiradero del cárter del motor: limpiar	○

Dashboard | BD Generales | Contratos Admin | Control de LLantas | Correspondencia | Equipos Admin | **Equipos BD**

Actividad	Eliminar
Realizar todas las actividades de mantenimiento diario y semanal	○
Reemplazar filtros de aceite sistema hidráulico de caja de drenaje, piloto, retorno y cambiar aceite de dos de rotación	○
Aceite y filtro de motor: cambio	○
Cambiar filtros del sistema de combustible	○
Inspeccionar ajustar o reemplazar correas de la maquina	○
Limpiar condensador del refrigerante	○
Inspeccionar mangueras del sistema de enfriamiento comprobar nivel de aceite de mandos finales	○
Lubricar cojinetes de la rotación	○

Comprobar nivel de aceite de mando de rotación	○
Lubricar grasa del ventilador si la tiene	○
Acondicionador de aire (si tiene): comprobar cantidad de refrigerante, examinar / limpiar condensador	○
Cambiar aceite del sistema hidráulico	○
Cambiar filtro de aire del motor primario y secundario	○
Tapa y rejilla de tanque de combustible: limpiar rejilla, reemplazar filtro	○
Respiradero del cárter del motor: limpiar	○

Fuente: Grupo LHS

6.4 IMPLEMENTACIÓN EN ANÁLISIS DE ACEITE

En el mes de febrero logramos la invitación por parte de la ORGANIZACIÓN TERPEL en las instalaciones en la planta de chimita – Bucaramanga. Aquí se recibió capacitación en todo lo concerniente al análisis de aceites:

Dra. Lyda Triana – Gerente de cadena de abastecimiento
 Ing Freddy Chávez – Director Cadena de abastecimiento
 Ing Edward Muñoz – Director de maquinaria y equipo.

Figura 40. Fotos de la capacitación



Fuente: Terpel

De igual forma se en el proyecto en Mocoa se realizó capacitación al personal de mecánicos – operadores y supervisores de maquinaria.

7. CONCLUSIONES

- Se diseñó un modelo de mantenimiento preventivo y predictivo aplicado a excavadoras hidráulicas sobre orugas utilizadas en empresas dedicadas a obras de infraestructura vial, teniendo en cuenta todas las actividades que se deben programar, ejecutar, verificar y medir en los periodos establecidos permitiendo aumentar la vida útil de los equipos, generar rentabilidad y obtener la mayor disponibilidad.
- Se realizó el análisis de modo de falla y efectos a las excavadoras sobre orugas, sus sistemas y subsistemas identificando los componentes críticos en cada uno de ellos evidenciando como resultado que el sistema que más proporciona fallas es el hidráulico debido al daño periódico de las mangueras hidráulicas. Por otra parte se lograron identificar la presencia de alto porcentaje de falla en tren de rodaje afectando la operación de los equipos, este ocasionado por desplazamientos largos a raíz de las distancia entre los frentes de trabajo.
- Se propone la metodología del mantenimiento preventivo por medio de órdenes de trabajo acorde a las sabanas de mantenimiento incursionando en los sistemas de información como apoyo a la metodología, la cual tuvo un gran acogida por la organización permitiendo el avance en la implementación. Con el apoyo de fuentes de información tacitas y explicitas se logró conseguir la información adecuada para diseñar el formato que nos permitiera llevar un mejor control del mantenimiento y posteriormente trasladarlo al sistema de información.
- Se propuso la metodología del Mantenimiento predictivo implementando el análisis de aceite por medio de la plataforma TAAE de Terpel, realizando las respectivas capacitaciones en los proyectos y al personal administrador de la plataforma. Con los resultados arrojados por en los análisis de aceites, se pueden realizar seguimientos a componentes de los equipos y

así programar los mantenimientos y predecir la fallas sin llegar a incurrir en reparaciones más costosas y aumentando la vida útil de los activos.

- Se Identificó el stock mínimo requerido para cada uno de los mantenimientos generando las sabanas para cada tipo de mantenimiento para la intervención de los equipos según la programación de mantenimiento. Se encontró que para solucionar la falta de disponibilidad de repuestos y/o componentes que pueden afectar la cumplimiento de los mantenimientos y a su vez de las obras, se pueden atacar de forma conjunta, realizando negociaciones estratégicas con proveedores los cuales mantendrán los precios durante el periodo pactado, distribuirán los repuestos a lo largo de todos los proyectos y mantendrán el stock mínimo.

BIBLIOGRAFÍA

BORRAS GARCÍA, Hugo. Principios de mantenimiento. 2011 [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: www.dcb.unam.mx/users/angellbs/htm/

CASTRO GARCÍA, Alonso. Mantenimiento predictivo, Análisis de vibraciones y termografía. Cap. 5, p. 122. www.aem.es/ArticulosPublicados.asp?Orden

CAT, CATERPILLAR, SAFETY.CAT.COM, sus respectivos logotipos, el color “Caterpillar Yellow” y la imagen comercial de “PowerEdge,” así como la identidad corporativa y de producto utilizadas en la presente publicación, son marcas registradas de Caterpillar y no pueden utilizarse sin autorización

CONFIABILIDAD.NET. El análisis de criticidad una metodología para mejorar la confiabilidad. . [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: (<http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope>)

CULIACÁN, Sinaloa, (kurodabombas.com).- - See more at: 06 de Abril de 2012 [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: http://kurodabombas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=137%3A-Aventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-redictivo&catid=2%3A-noticias-&Itemid=15&lang

_____. Excavadoras hidráulicas. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: http://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/excavators/medium-excavators/18413188.html

GARCÍA, Oliverio. Administración del mantenimiento 1992. 2011 [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: valbuenamantenimient.galeon.com/ModeloMixto.pdf

MORA GUTIÉRREZ. Mantenimiento, planeamiento, ejecución y control. 2014. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: www.fiuxy.com/.../3824955-mantenimiento-planeacion-ejecucion-y-con.

PLATA QUINTERO, Viany Marleny. Diagnóstico de maquinaria pesada, equipo menor y vehículos de transporte para el desarrollo de un plan de mantenimiento en la Constructora VIC Ltda. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: www.sunat.gob.pe/.../spot/noAplica

RENOVETEC. Artículos para mantenimiento industrial. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: www.renovetec.com/590-mantenimiento

SLIDESHARE.NET. Introducción a la gestión del mantenimiento. [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/fernandobarroso1/introduccion-a-la-gestion-del-mantenimiento>

WHEATON. bases técnicas contratación del servicio de mantenimiento. 2011 [en línea], [consultado el 2 de marzo de 2015]. Disponible en: www.interior.ejgv.euskadi.net/...contratacion/.../pliego_bases_tecnicas

ANEXOS

ANEXO A Equipos de pavimentos y conformación de suelos

EQUIPOS DE PAVIMENTOS Y CONFORMACION DE SUELOS				
CODIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL CHA SIS
LL-04	COMPACTADOR LLANTAS	DYNAPAC	CP224	10000501H0B003442
LL-03L		DYNAPAC	CP224	10000501H0B003591
LL-04L		DYNAPAC	CP224	10000500L0B003785
FS-03	FINISHER	VOGELE	SUPER 1800-2	11822970
FS-04		DYNAPAC	SD2500CSM6000	10002030H0G001192
FS-05		DYNAPAC	SD2500CV6000	10002029K0G001202
FR-01L	FRESADORA	ROADTEC	RX500	19979328295
MO-03	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR	140H	5HM02952
MO-04		CATERPILLAR	140H	5HM02965
MO-05		CATERPILLAR	140H	5HM03020
MO-06		CATERPILLAR	120H	5FM05007
MO-07		CATERPILLAR	140K	SZL02218
MO-08		CATERPILLAR	140K	SZL02224
MO-01L		CATERPILLAR	120H	5FM05353
MO-02L		CATERPILLAR	140H	5HM03349
MO-03L		CASE	885B	HBZN0885LDAF02873
VI-01		VIBROCOMPACTADOR	INGERSOLL RAND	DD-28HF
VI-02	INGERSOLL RAND		SD122 TF	177796
VI-03	INGERSOLL RAND		DD-70	180055
VI-04	INGERSOLL RAND		SD-122DX TF	175959
VI-07	INGERSOLL RAND		SD 100D	186151
VI-08	INGERSOLL RAND		SD77DA TF	186231
VI-09	INGERSOLL RAND		SD100D SERIEC	1876647
VI-10	INGERSOLL RAND		SD 100D	189392
VI-11	INGERSOLL RAND		SD 100D	192814
VI-12	CATERPILLAR		CS-533E	BZE00812
VI-13	DYNAPAC		CC424HF	320COA007578
VI-14	DYNAPAC		CC424HF	320COA007587
VI-15	DYNAPAC		CA-250D	10000107C0A009425
VI-16	DYNAPAC		CA-250D	10000107C0A009481
VI-18	HAMM		HD10V	H2003431
VI-19	DYNAPAC		CA3500D	10000145C0A013300
VI-20	DYNAPAC		CA3500D	10000145H0A013299
V-01L	INGERSOLL RAND		SD77DA	190305
V-02L	INGERSOLL RAND		SD77DA	194622
V-04L	INGERSOLL RAND		DD24	196963
V-05L	INGERSOLL RAND		DD24	196565
V-06L	DYNAPAC		CA250 DR	10000107JOA009141

ANEXO B Maquinaria para explotación

MAQUINARIA PARA EXPLOTACION					
CODIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS	
BD-04	BULDOZER	CASE	1150K	NBDC11031	
BD-05		CASE	850L	NCDC80169	
BD-06		CASE	1150M	NEDC11038	
BD-02L		CASE	850L	NCDC80146	
BD-02		CATERPILLAR	D6R	FDT00379	
BD-03		CATERPILLAR	D6RXL	JDL00136	
BD-01		KOMATSU	D65	67810	
CA-06		CARGADOR	VOLVO	L90F	VCE0L90FL00072065
CA-07	VOLVO		L120F	VCEL120FV00072218	
CA-08	JOHN DEERE		544K	1DW544KZJDD652170	
CA-09	CATERPILLAR		966H	CAT0966HTRYF01572	
CA-10	VOLVO		L120F	VCEL120FT00072583	
CA-01L	VOLVO		L70F	VCEOL70FC00071765	
CA-02L	VOLVO		L70F	VCEOL70FC00071754	
CA-03L	KOMATSU		WA 320-6	71141	
CA-04L	VOLVO		L150G	VCEL150GV00018542	
CA-01M	CATERPILLAR		962H	M3G00767	
EX-07	EXCAVADORA		CATERPILLAR	320C	SBN01431
EX-09			CATERPILLAR	323D	LFL00356
EX-10			KOBELCO	SK-210	YQ09U4782
EX-11			KOMATSU	PC-220LC-8	85282
EX-12		KOMATSU	PC-220LC-8	85291	
EX-13		KOMATSU	PC-200-8	354328	
EX-14		KOMATSU	PC-200-8	354329	
EX-15		KOBELCO	SK210 LC	YQ09U4939	
EX-16		KOBELCO	SK210 LC	YQ09U4940	
EX-17		VOLVO	EW180C	VCEW180CL00122253	
EX-18		KOBELCO	SK350LC-8	YC11-05735	
EX-19		KOBELCO	SK350LC-8	YC11-05755	
EX-20		VOLVO	EC220DL	VCEC220DC00240143	
EX-21		VOLVO	EC220DL	VCEC220DA00240178	
EX-22		CASE	CX210B	DAC210K5NDSAH4762	
EX-23		CASE	CX210B	DAC210K5NDSAH4763	
EX-01L		CATERPILLAR	320C	CPSBN01442	
EX-04L		CATERPILLAR	324D	T2D00559	
EX-05L		CATERPILLAR	336DL	M4T00694	
EX-06L		CATERPILLAR	336DL	M4T00695	
EX-07L		VOLVO	EC240	VCE240BE00040137	
EX-08L		KOMATSU	PC350LC-8	A10767	
EX-09L		KOMATSU	PC350LC-8	A10755	
EX-10L		CASE	CX210B	DAC210K5NDSAH4807	
EX-01M		KOMATSU	PC-220LC-8	85155	
EX-02M		KOMATSU	PC-220LC-8	85162	
MI-01L		MINICARGADOR	CATERPILLAR	236B	HEN06806
MI-02L			CATERPILLAR	236B	HEN06809
MI-03L			CATERPILLAR	236B2	HEN08514
MI-04L			CATERPILLAR	236B2	HEN08513
MI-05L			CATERPILLAR	236B2	HEN08516
MI-06L			CATERPILLAR	236B2	HEN08884
MI-07L	CATERPILLAR		236B2	HEN09443	
MI-08L	CATERPILLAR		236B2	HEN09460	
MI-09L	CATERPILLAR		236B3	A9H00857	
MI-10L	CATERPILLAR		236B3	A9H01058	
RE-05	RETROCARGADOR	CATERPILLAR	420D	CFDP26027	
RE-09		CATERPILLAR	420E	HLS06116	
RE-10		CATERPILLAR	420E	DJL01521	
RE-11		CATERPILLAR	420E	DJL01518	
RE-12		CATERPILLAR	420E	DJL01519	
RE-13		CASE	590SN	JJGN59SRCJCC569548	
RE-14		CASE	590SN	JJGN59SRKCC569547	
RE-15		CASE	590SN	JJGN59SRLCC569569	
RE-16		CASE	590SN	JJGN59SRVCC569567	
RE-17		CASE	590SN	JJGN59SRECC569574	
RE-19		CASE	590SN	JJGN59SRVEC712004	

ANEXO C Equipos de apoyo

EQUIPOS DE APOYO				
CODIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS
BC-02L	BOMBA DE CONCRETO	ZOOMLION	HBT40,10,60RS	001011A213H005
BC-01L		CIFA		16305
BC-01		CIFA		16296
COM-01	COMPRESOR	INGERSOLL RAND	P185WR	344871 UD0821
COM-02		INGERSOLL RAND	P185WR	357939UFP24
COM-03		INGERSOLL RAND	P250WJE	359975UHP394
COM-05		DOOSAN INFRACORE	XHP750	431802UIVC44
COM-06		ATLAS COPCO	XAS 375 T3	4500B1316CR072847
COM-07		ATLAS COPCO	XAMS 600 D7	APP250859
COM-08		DOOSAN INFRACORE	C185	4FVCABAAXC444354
COM-09		SULLAIR	185DPQ	G7L13783
COM-10		SULLAIR	185DPQ	G7L13782
COM-01L		INGERSOLL RAND	P185W	387663UFR02
COM-02L		INGERSOLL RAND	P185W	387523UFPB
COM-03L		DOOSAN	C185WJD	432174UJVE43
COM-04L		DOOSAN	185 CFM	433090UJVD75
COM-05L		DOOSAN	185CFM	433244UKVD75
COM-04		INGERSOLL RAND	P250WJE	FVCABAA36U359974
ELC-01M	EQUIPO DE LAVADO Y CLASIFICACIÓN	TELSMITH	1822P	410448
MTO-01	MOTOSOLDADOR DIESEL	LINCON (VANTANGE 500)	K24061	1050908741
MTO-02		LINCON (VANTANGE 500)	K2406-1	U1060108835
MTO-03		LINCON (VANTANGE 500)	K2406-1	U1060114349
MTO-04		LINCON	SAE400	
MTO-05		MILLER (BIG BLUE 500X)	BIG BLUE 500X	MB100036E
MTO-06		MILLER (BIG BLUE 500X)	BIG BLUE 500X	MB100042E
MTO-07		MILLER (BIG BLUE 500X)	BIG BLUE 500X	MB090068E
MTO-08		MILLER (BIG BLUE 500X)	BIG BLUE 500X	MB090069E
MTO-09		MILLER (BIG BLUE 500X)	BIG BLUE 500X	MB090076E
MTO-01L		MILLER (BIG BLUE 500X)	BIG BLUE 500X	MB100039E
PER-01	PERFORADOR	BERETA	T21	20011
PER-02		BERETA	T46	14611
PER-03		ROC DRILLS	HEM 350	
PEL-03L	PLANTA ELECTRICA	OLYMPIAN	GEP 33-1	11703959
PEL-04L		CATERPILLAR	C-18	CAT00000PN1D00320
PEL-02L		CATERPILLAR	C-27	DWB00297
PEL-09		CATERPILLAR	C-27	CAT0027KDWB02853
PEL-05		CATERPILLAR	3406	1DZ12679
PEL-02		CATERPILLAR	3304	83Z10699
PEL-06		CATERPILLAR	GEP-150	B6T01724
PEL-04		CATERPILLAR	3306 TA	B8D01088
PEL-07		KIPOR	KDE20SS3	31510060811
PEL-08		KIPOR	KDE20SS3	34511060344
PEL-01		CATERPILLAR	3406 TA	VKPS00472
PEL-03		CATERPILLAR	3406 TA	4ZR04470
PEL-01L		CATERPILLAR	GEP 50-5	11609298
PEL-10		ENERMAX	GD-75C SS-MA	87365579
PEL-11		ENERMAX	GD-75C SS-MA	87367855
PEL-12	LEROY SOMER	PM68SS	DK5128OU363317X	
PL-01	PLANTA LUMINARIA	INGERSOLL RAND	IGHTSOURCE/200	339707UHN-789
PL-02		INGERSOLL RAND	IGHTSOURCE/200	356795UEP-789
PL-04		INGERSOLL RAND	IGHTSOURCE/200	363392UKP789
PL-05		INGERSOLL RAND	IGHTSOURCE/200	363393UKP789
PL-06		INGERSOLL RAND	IGHTSOURCE/200	366982UBQ789
PL-07		INGERSOLL RAND	IGHTSOURCE/200	366978UBQ978
PL-08		WACKER	2008	5F13D141781002522
PL-09		WACKER	2008	5F13D141X81002482
PL-10		INGERSOLL RAND	LIGHT SOURCE	406683
PL-11		TEREX	RL-4000	RL412-3490
PL-12		TEREX	RL-4000	RL412-3491
PL-13		DOOSAN	SEWKW13-60 hz-t	4FVLSACA2DU449280
PL-14		DOOSAN	SEWKW13-60 hz-t	4FVLSACA1DU449285
PL-01L		KIPOR	KDE3500T	31211071633
PL-02L		KIPOR	KDE3500T	31211071646
PL-03L		KIPOR	KDE3500T	31211071645
PL-04L		KIPOR	KDE3500T	31310070528
PL-05L		TEREX	RL4000	9690
PL-06L		TEREX	RL4000	9688
PL-07L		TEREX	RL4000	9689

ANEXO D Equipos de transporte pesado e izaje

EQUIPOS DE TRANSPORTE PESADO E IZAJE				
CODIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS
GT-01	CAMION GRUA	SANY	STC250H	LFCNLC5P9D2001616
GT-02		SANY	STC250H	LFCNLC5P0D2001617
DUM-01	VOLQUETA ARTICULADA	CATERPILLAR	730	B1M04461
DUM-02		CATERPILLAR	730	B1M04462
DUM-01L		VOLVO	A30E	VCEO30EA00072575
DUM-02L		CATERPILLAR	730	TB1M02731
DUM-03L		CATERPILLAR	730	PB1M02732
DUM-04L		CATERPILLAR	730	B1M02733
DUM-05L		CATERPILLAR	730	HB1M02823
DUM-06L		VOLVO	A30E	VCEO30EJ00072555
DUM-07L		VOLVO	A30E	VCEO30EC00072565
DUM-08L		VOLVO	A30E	VCEO30EH00072577

ANEXO E Equipos de producción

EQUIPOS DE PRODUCCION				
CODIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS
PDC-01L	DOSIFICADORA DE CONCRETO	ALTRON	AD 15 UB	1280-1
PDC-02L		ALTRON	AD 25M3	OP-2169
PAF-01L	PLANTA DE ASFALTO	ASTEC	2008	N/A
PAF-01		ABL INTERNACIONAL	ELVA 90	ELVA90110180
PMC-01	PLANTA MEZCLADORA DE CONCRETO	GAGCRETE	25M	25M-4AF4FDD61
PMC-01L		GAGCRETE	25M	25M-4AF5167E9
PMS-01	PLANTA MEZCLADORA DE SUELO	MARGUI	2014	200 TON
TRI-02	PLANTA TRITURADORA	TELSMITH - ABL	PS 220	PS220-057689
TRI-01		FACO	ASTECA 4	CMBRL-170 ASTECA IV
TRI-01L		TELSMITH	2500 EVTA -V-S-I	410599
TRI-01M		TELSMITH	3042-2550	42922 / 42946
TCO-01M		ASTEC KPI-JCI	GT200+DF	T120181

ANEXO F Camiones – camionetas – tanques – carro tanques

CAMIONES - CAMIONETAS - TANQUES - CARROTANQUES					
CODIGO	EQUIPO	PLACA	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS
CAM-05	CAMION	SPL-115	INTERNACIONAL	2012	3HAMMAAR6CL562447
CAM-06	CAMION	SOS-244	HINO	2012	9F3FC9JJSCXX13569
CAM-07	CAMION		HINO DUTRO	2013	9F3UT11H5D6200425
CAM-09	CAMION	SOS-247	HINO DUTRO	2013	9F3UT11H9D6200511
CAM-10	CAMION	SOS-243	HINO DUTRO	2013	9F3UT11HXD6200517
CAM-01R	CAMION	SOS-459	NISSAN CABSTAR	2013	LJN0KB520EX299028
CAM-02R	CAMION	SOS-460	NISSAN CABSTAR	2013	LJN0KB521EX299054
CAM-03R	CAMION	SOS-433	HINO DUTRO	2014	9F3UCL1H0E3100537
CAM-04R	CAMION	SOS-434	HINO DUTRO	2014	9F3UCL1H6E3100588
CAM-02	CAMION	SOE-865	DAHATSU	2005	9FPV128C056000018
CAM-03	CAMION	SOE-864	DAHATSU	2005	9FPV128C056000006
CAM-04	CAMIONETA	ZOG-675	CHEVROLET	DIMAX 2006	8LBDTF7L370001455
CAM-05R	CAMIONETA	TTP-895	NISSAN	2014	
CAM-06L	CAMIONETA	ZOG-644	DFM	2009	LGHN1217499909926
CAM-04L	CAMIONETA	TFQ-036	MINISUBISHI	2011	MMBTRKB80BDO24781
CAM-11	CAMIONETA	TTP-896	NISSAN	2014	3N6PD23Y3ZK928663
CAM-03L	CAMIONETA	REQ-844	NISSAN	FRONTIER 2011	JN1CNUD22Z0020680
CAM-05L	CAMIONETA	TFQ-037	NISSAN	2011	3N6PD23Y82K892159
CTA-01	CARRO TANQUE	SOF-451	NPR	NPR 2006	9GDNPR7116B005528
CTA-02	CARRO TANQUE	SON-124	NPR	NPR 2006	9GDNPR7146B005796
CTA-03	CARRO TANQUE	SZY-411	HINO	FC9JISA-2012	9F3FC9JJSCXX14576
CTA-01L	CARRO TANQUE	SRN-744	CHEVROLET	2008	9GDNPR7108B011307
IMP-01	IMPRIMADOR	SRM-284	KODIAK	211-2007	9GDP7H1C57V005630
IMP-02	IMPRIMADOR	WFL-153	INTERNACIONAL	2015/4300 4X2	3HAMMAAR2FL527991
VTA-01	VOLQUETA TANQUE	SQL-965	MACK DOBLE TROQUE	CV 713 -2004	1M2AG11C14M011372
VTA-02	VOLQUETA TANQUE	UFV-501	KODIAK SENCILLA	2005	9GDP7H1C46B004211
VAT-03	VOLQUETA TANQUE	UFV-503	KODIAK SENCILLA	2005	9GDP7H1C26B003980
VTA-04	VOLQUETA TANQUE	UFV-502	KODIAK SENCILLA	2005	9GDP7H1C66B004209
VTA-05	VOLQUETA TANQUE	UFV-627	KODIAK DOBLE TROQUE	2006	9GDV7H4C26B003691
VTA-06	VOLQUETA TANQUE	UFV-725	KODIAK DOBLE TROQUE	2006	9GDV7H4C96B004420
VTA-07	VOLQUETA TANQUE	UFV-728	KODIAC DOBLE TROQUE	2006	9SZ25464 (MOTOR)
VTA-08	VOLQUETA TANQUE	UFV-729	KODIAC DOBLE TROQUE	2006	9GDC7H1C36B003814
VTA-09	VOLQUETA TANQUE	UFV-730	KODIAC SENCILLA	2006	9GDP7H1C26B004336
VTA-10	VOLQUETA TANQUE	SRL-285	MACK CV 713	CV713-2006	1M2AG11C27M058432
VTA-11	VOLQUETA TANQUE	UPP-927	KODIAK DOBLE TROQUE	C8500-2007	927-8ZCT7C4C97V304128
VTA-12	VOLQUETA TANQUE	SOS-281	INTERNACIONAL SENCILLA	4300-2013	3HAMMAAR3DL431459
VTA-13	VOLQUETA TANQUE	SOS-278	INTERNACIONAL SENCILLA	4300-2013	3HAMMAAR5DL431477
VTA-14	VOLQUETA TANQUE	SOS-322	INTERANCIONAL SENCILLA	4300-2013	3HAMMAA9EL488900

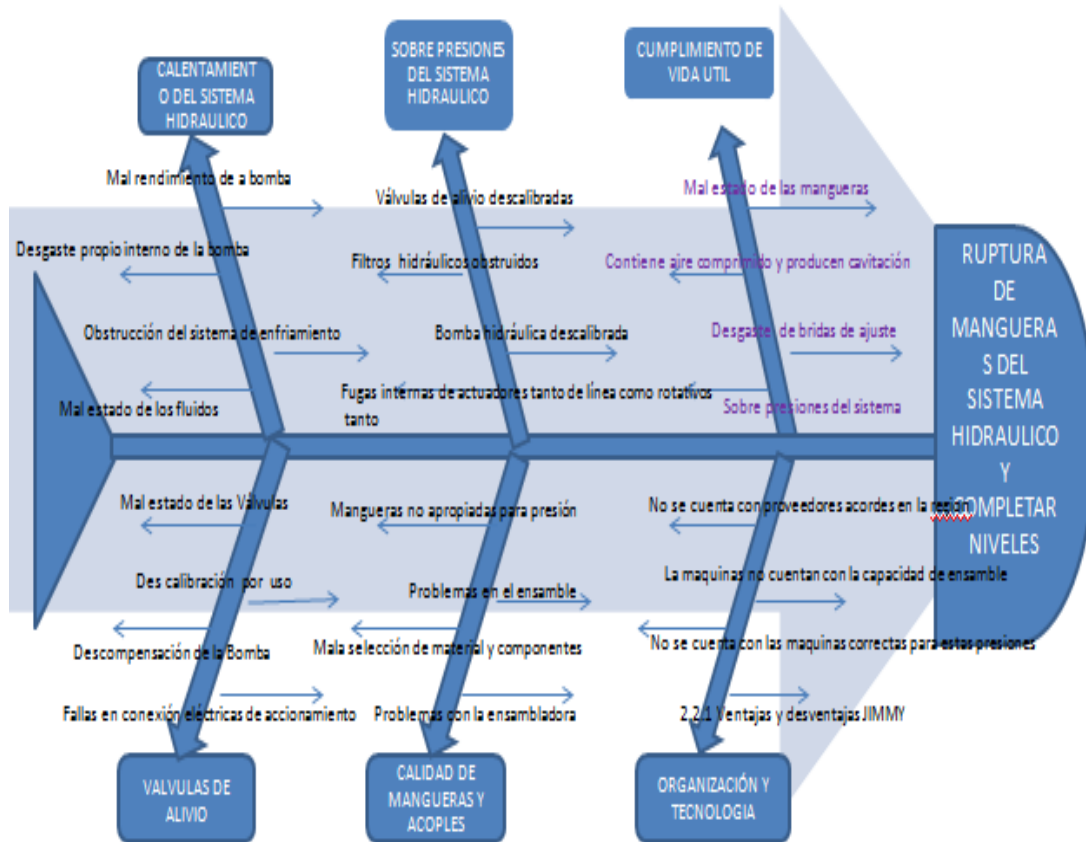
ANEXO G Mixer - Tractomulas

MIXER - TRACTOMULAS					
CODIGO	EQUIPO	PLACA	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS
MIX-01	MIXER	TAM-035	HINO	2014-FM1JLUD	9F3FM1JLUEXX12836
MIX-02	MIXER	TAM-034	HINO	2014-FM1JLUD	9F3FM1JLUEXX12837
MIX-01L	MIXER	SOP-551	HINO	2008	FM1JLU8XX10373
MIX-02L	MIXER	SOP-552	HINO	2008	FM1JLU8XX10397
MIX-04L	MIXER	SPU-751	HINO	2011	JDHFM1JLUBXX12360
MIX-05L	MIXER	SPU-745	HINO	2011	JDHFM1JLUBXX12364
MIX-07L	MIXER	TAM-919	HINO	2014	9F3FM1JLUEXX12951
MIX-03L	MIXER	SRO-924	INTERNACIONAL	2008	3HTWYAHT79N109604
MIX-06L	MIXER	WCW-884	INTERNACIONAL	2014	3HTWYAHT5EN797628
MIX-05	MIXER	WCS-945	INTERNACIONAL	2014	3HTWYAHT2EN788871
MIX-06	MIXER	WCS-651	INTERNACIONAL	2014	3HTWYAHTOEN776797
MIX-03	MIXER	TLZ-178	KENWORTH	2014	3BKBL50X0EF719659
MIX-04	MIXER	TLZ-186	KENWORTH	2014	3BKBL50X5EF719656
TMU-01	TRACTOMULA	SRL-044	MACK	CV 713-2005	1M2AG11Y76M039661
TMU-02	TRACTOMULA	SNR-175	INTERNACIONAL	2012	3HSWYAHT4CN635149
TMU-03	TRACTOMULA	SNR-173	INTERNACIONAL	2012	3HSWYAHT2CN635070
TMU-04	TRACTOMULA	SNR-177	INTERNACIONAL	2012	3HSWYAHTOCN639716
TMU-01L	TRACTOMULA	SRN-745	MACK CV 713	2008	1M2AG11Y48M069235
TMU-02L	TRACTOMULA	SRN-746	MACK CV 713	2008	1M2AG11Y68M069236
TMU-03L	TRACTOMULA	SRN-747	MACK CV 713	2008	1M2AG11Y88M069237
TMU-04L	TRACTOMULA	SPW-252	INTERNACIONAL	2011	3HSWYAHTOBN393426
TMU-05L	TRACTOMULA	SPW-251	INTERNACIONAL	2011	3HSWYAHT2BN393427
TMU-06L	TRACTOMULA	SPW-274	INTERNACIONAL	2011	3HSWYAHT9BN393425
TMU-07L	TRACTOMULA	SPW-253	INTERNACIONAL	2011	3HSWYAHT1BN376946
TMU-08L	TRACTOMULA	SZW-775	INTERNACIONAL	2012	3HSWYAHT2CN551346
TMU-09L	TRACTOMULA	SZW-774	INTERNACIONAL	2012	3HSWYAHT4CN551347
TMU-01M	TRACTOMULA	WSJ-985	KENWORTH	2009	3WKDD40X69F242768
TMU-02M	TRACTOMULA	WSJ-975	KENWORTH	2009	3WKDD40X19F242760
TMU-03M	TRACTOMULA	SDK-635	MACK	1993	RD688SSXHDTV14714

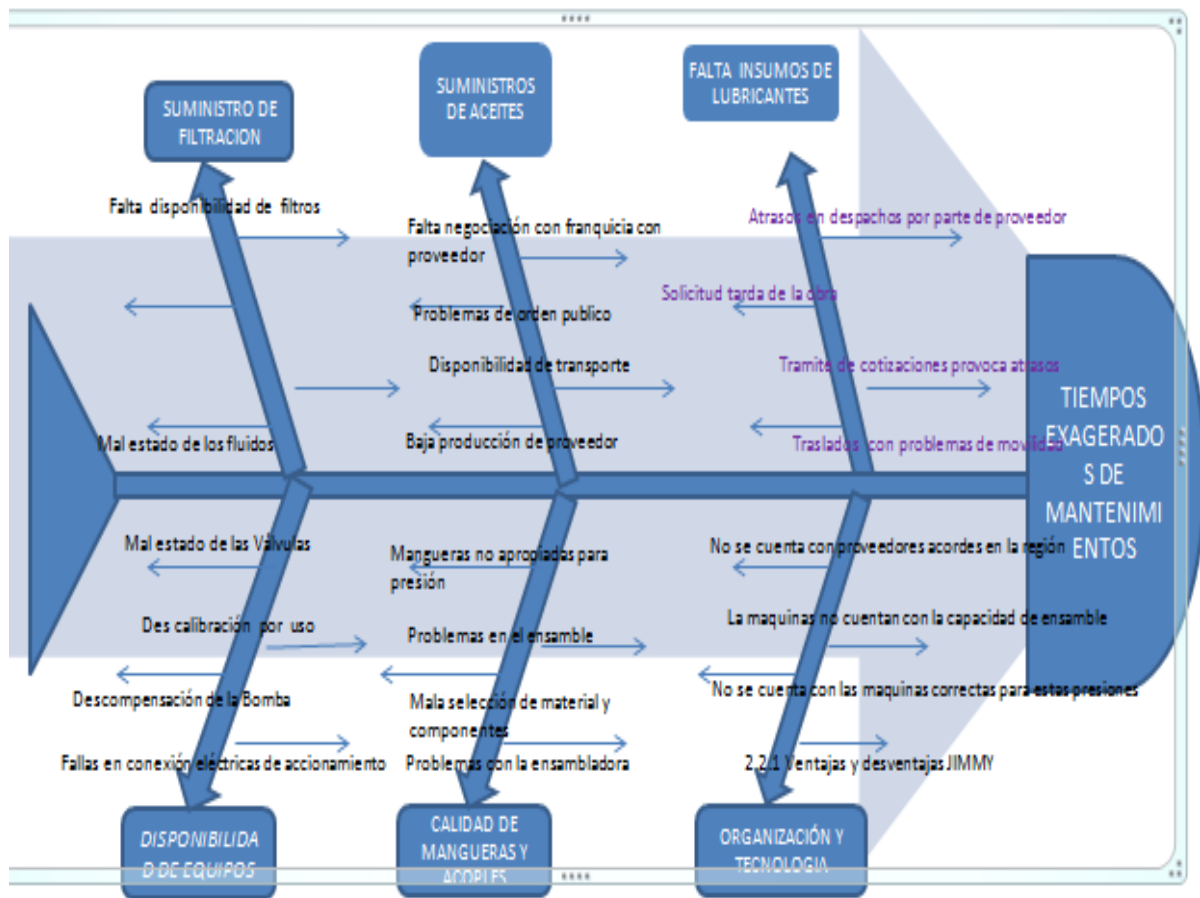
ANEXO H Volquetas

VOLQUETAS				
CODIC	EQUIPO	PLAC	MARCA	MODELO
VLT-01L	VOLQUETA	SRL-986	INTERNACIONAL	2007
VLT-02L	VOLQUETA	SRL-987	INTERNACIONAL	2007
VLT-03L	VOLQUETA	SRL-988	INTERNACIONAL	2007
VLT-04L	VOLQUETA	SRL-989	INTERNACIONAL	2007
VLT-05L	VOLQUETA	SRL-990	INTERNACIONAL	2007
VLT-06L	VOLQUETA	SRM-388	INTERNACIONAL	2007
VLT-07L	VOLQUETA	SRM-389	INTERNACIONAL	2007
VLT-08L	VOLQUETA	SRM-390	INTERNACIONAL	2007
VLT-09L	VOLQUETA	SRM-391	INTERNACIONAL	2007
VLT-10L	VOLQUETA	SRM-618	INTERNACIONAL	2007
VLT-11L	VOLQUETA	SRN-041	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-12L	VOLQUETA	SRN-042	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-13L	VOLQUETA	SRN-043	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-14L	VOLQUETA	SRN-044	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-15L	VOLQUETA	SRN-045	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-16L	VOLQUETA	SRN-046	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-17L	VOLQUETA	SRN-047	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-19L	VOLQUETA	SRN-275	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-20L	VOLQUETA	SRN-276	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-21L	VOLQUETA	SRN-489	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-22L	VOLQUETA	SRN-490	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-23L	VOLQUETA	SRN-491	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-24L	VOLQUETA	SRN-561	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-25L	VOLQUETA	SRN-564	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-26L	VOLQUETA	SRN-562	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-27L	VOLQUETA	SRN-563	MACK CV 713	CV 713- 2007
VLT-58	VOLQUETA	TDL-411	INTERNACIONAL	7600-2012
VLT-59	VOLQUETA	TDL-412	INTERNACIONAL	7600-2012
VLT-60	VOLQUETA	TDL-413	INTERNACIONAL	7600-2012
VLT-61	VOLQUETA	TDL-414	INTERNACIONAL	7600-2012
VLT-62	VOLQUETA	TDL-415	INTERNACIONAL	7600-2012
VLT-63	VOLQUETA	TDL-416	INTERNACIONAL	7600-2012
VLT-64	VOLQUETA	TDL-417	INTERNACIONAL	7600-2012
VLT-65	VOLQUETA	TDL-418	INTERNACIONAL	7600-2012
VLT-66	VOLQUETA	TDL-419	INTERNACIONAL	7600-2012
VLT-67	VOLQUETA	TDL-420	INTERNACIONAL	7600-2012
VLT-68	VOLQUETA	SOS-280	INTERNACIONAL	7600 -2013
VLT-69	VOLQUETA	SOS-279	INTERNACIONAL	7600-2013
VLT-70	VOLQUETA	SOS-277	INTERNACIONAL	7600-2013
VLT-71	VOLQUETA	SOS-283	INTERNACIONAL	7600-2013
VLT-72	VOLQUETA	SOS-282	INTERNACIONAL	7600-2013
VLT-76	VOLQUETA	WFL-188	MACK	GU813HD-2013
VLT-77	VOLQUETA	WFL-189	MACK	GU813HD-2013
VLT-78	VOLQUETA	TLZ-174	KENWORTH	2015-T800
VLT-79	VOLQUETA	TLZ-169	KENWORTH	2015-T800
VLT-80	VOLQUETA	TLZ-177	KENWORTH	2015-T800
VLT-81	VOLQUETA	TLZ-179	KENWORTH	2015-T800
VLT-82	VOLQUETA	TLZ-176	KENWORTH	2015-T800
VLT-83	VOLQUETA	TLZ-172	KENWORTH	2015-T800
VLT-84	VOLQUETA	TLZ-171	KENWORTH	2015-T800
VLT-85	VOLQUETA	TLZ-175	KENWORTH	2015-T800
VLT-86	VOLQUETA	TLZ-170	KENWORTH	2015-T800
VLT-87	VOLQUETA	TLZ-173	KENWORTH	2015-T800

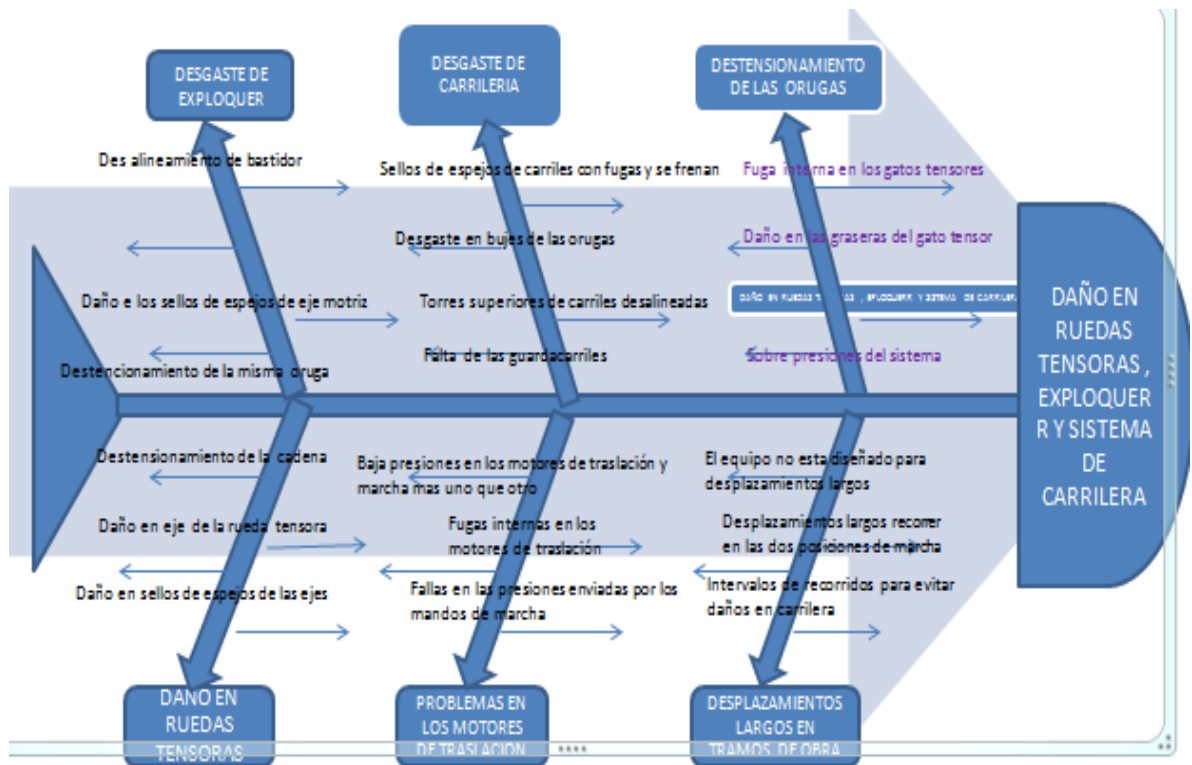
ANEXO I Espina de pescado - ruptura de mangueras del sistema hidráulico



ANEXO J Espina de pescado tiempos exagerados de mantenimientos



ANEXO K Espina de pescado - daño en ruedas tensoras, sproket y sistema de carrilera



ANEXO L Información de los mantenimientos efectuados en obra

INFORMACION DE LOS MANTENIMIENTOS EFECTUADOS EN OBRA						
CODIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS	OBRA	PROPIETARIO
EX-01M	EXCAVADORA	KOMATSU	PC-220LC-8	85155	VIAL DEL SUR	
FECHA	CONSECUT	LABORES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS				
17/12/2014	7218	Cambio de cadenas y tornilleria de tejas, dos pasadores pin master y se bajan dos carriles para extraer tornillos partidos				
17/12/2014	7218	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hrs pasado 70 horas				
05/12/2014	7165	Cambia la correa del ventilador				
23/11/2014	7105	Instalacion de sistema de monitoreo				
15/10/2014	6893	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hrs pasado 100 horas				
14/10/2014	6880	Cambio de filtro de combustible y filtro trampa,Obstruidos				
09/10/2014	6842	Cambio de 5 casquillos y 5 cuñas del balde				
25/09/2014	6744	Cambio una manguera de boom y se completa 11 gal de 10 w				
03/09/2014	6703	Se cambio filtro hidraulico,Obstruidos , adicionalmente ,se bajo multiple de escape para corregir fuga de acpm				
01/09/2014	6697	Ajustaron tornillos del porta carril				
17/08/2014	6584	Mantenimiento Preventivo de las 1000 Hrs, de forma preventiva				
13/07/2014	6344	Desacoplar cadenas de orugas para realizar cambio de sploker				
13/07/2014	6344	Reconstruccion de los guarda cariles delanteros y rectificar roscar en bastidor				
23/06/2014	6216	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hrs pasado 60 horas				
12/06/2014	6159	Descarrilamiento de la oruga a causa de falla en gato tensor				
26/05/2014	6037	Cambio de manguera del center al motor de traslacion, se completa nivel de aceite Hyd , cant 30 gal				
19/04/2014	5776	Cambio de manguera de los Joys stick , lado Izquierdo				
23/02/2014	5393	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hrs pasado 100 horas				
12/01/2014	5003	Cambio de dos (2)mangueras de los Joys stick , lado Derecho				
11/12/2013	4891	Sodadura a 2 bases de casquillo, en el balde				
25/11/2013	4735	Mantenimiento Preventivo de las 1000 Hrs , por prevencion				
24/11/2013	4417	Se cambiaron dos filtros de combustible, obstruido				
25/10/2013	4424	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hrs ,tiempo de duracion 6 hrs				
15/10/2013	4329	se cambio filtro de aire primarios y secundarios, saturados				
06/09/2013	4031	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hrs pasado 85 horas , pendiente filtros de aire				
20/08/2013	3888	Cambio de mangueras de sistema idraulico de motr de giro a banco de valvulas				
30/07/2013	3721	Se instalaron 3 tornillo del esquinero 1" x 3"				
20/06/2013	3480	Mantenimiento Preventivo de las 1000 Hr,Duracion de 5 horas				
27/05/2013	3323	reconstruccion de balde, duracion 3 dias				
07/05/2013	3183	Cambio de mangueras de sistema de enfriamiento, de radiador a bloque de motor, tant superior , como inferior				
23/03/2013	2914	Cambio del juego de casquillos 5 Unid, para igualar desgaste				
19/03/2013	2886	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr,Duracion de 5 horas				
07/03/2013	2809	Cambio del juego de casquillos 5 Unid, para igualar desgaste				
06/02/2013	2661	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr,Duracion de 5 horas				
01/12/2013	2293	Mantenimiento Preventivo de las 1000 Hrs , por prevencion ,duracion 8 horas				
07/11/2013	2079	se cambiaron 5 casquillos				
28/10/2013	1988	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr,Duracion de 6 horas				
21/09/2013	1692	Cambio de mangueras de sistema hidraulico del enfriador de aceite hyd a la bomb principal				
16/08/2013	1405	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
26/07/2013	1233	Cambio de casquillos y pines nuevos- se ajustan tornillosde esquineros				
02/07/2013	1073	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr,Duracion de 5 horas				
11/04/2013	563	Daño en maguera de sistema Hidraulico ,de los gatos gemelos				
30/03/2013	551	Daño en maguera de sistema Hidraulico ,del center a motor de traslacion				
28/03/2013	535	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr, pendiente filtros de combustible, duracion 6 horas				
22/03/2013	487	Daño en maguera de sistema Hidraulico, del cilindro de stick				
08/03/2013	375	Daño en maguera de sistema Hidraulico, del banco de valvulas , al boom				
14/02/2013	285	Daño en maguera de sistema Hidraulico,de la bomba al banco de valvulas				
02/02/2013	253	Mantenimiento Preventivo de las 1000 Hrs , por prevencion ,duracion 8 horas				

ANEXO M Información de los mantenimientos efectuados en obra

INFORMACION DE LOS MANTENIMIENTOS EFECTUADOS EN OBRA						
CODIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS	OBRA	PROPIETARIO
EX-04L	EXCAVADORA	CATERPILLAR	324D	T2D00559	VIAL DEL SUR	
FECHA	CONSECUT	LABORES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS				
23/11/2014	10712	Instalacion de monitoreo satelital				
19/11/2014	10712	Instalacion de la rueda tensora izquierda y reconstruccion de guias en bastidor, que producía descarrilamiento				
17/11/2014	10709	Cambio de empaquetadura de los dos(2) gatos gemelos y el stick, agregando 25 gal de 10 w				
15/11/2014	10709	desmontaron 3 gatos hidraulicos para cambiar sellos por fugas de aceite				
06/10/2014	10597	se completa nivel de aceite del sistema con 5 gal de aceite hidraulico				
03/10/2014	10597	se cambia dos baterias y se monta blade				
26/09/2014	10573	Arreglo de soldadura a balde cambio del piso mismo.				
19/09/2014	10595	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr, Duracion de 5 horas				
17/09/2014	10595	se cambian casquillos del balde y 4 cuñas				
09/09/2014	10495	Cambio la manguera de la bomba hidraulica que va hacia el cuerpo de valvulas. Se completo 15 gal de aceite hidraulico				
29/08/2014	10395	Se instalo 4 zapatas de las orugas y se cambiaron 20 tornillos de 3/4 qe ajustan las mismas				
25/08/2014	10358	Cambio de la manguera y oring de los flanches de los gatos del boom se le completan nivel de aceite hyd 5 gal				
31/07/2014	10145	se cambio una manguera del banco de valvulas por que se sufrio daño. Se agregaron 5 gal				
26/07/2014	10098	se cambio una manguera del motor de traslacion y se le completa 30 gal de aceite hidraulico				
20/07/2014	10058	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr, Duracion de 6 horas				
17/07/2014	10038	Cambio de manguera que va del center al motor de traslacion, para lo cal se debio bajar el center completo, Se completo nivle del sistema hydrulico 35 gal				
14/07/2014	10019	se completo 3 gal de aceite hidraulico y de motor				
11/07/2014	9986	se cambian juego de casquillos del balde				
06/07/2014	9952	se revisa recalentamiento, se le cambio el agua y se le llena 2 gal de aditivo refrigerante y se retira el termostato que se estaba pegando				
02/07/2014	9924	se completa aceite de motor 4 gal y revisar fugas				
12/06/2014	9765	se cambia grasera del gato tensor de las orugas y se dejan tensionads las mismas estaban produciendo descarrilamiento continuo				
12/06/2014	9765	se instala monitor en la cabina con nuevo software, antena nueva y producto de vision link y se realiza producto				
23/04/2014	9708	se cambio nivel de aceite hidraulico 18 gal				
10/04/2014	9708	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr, Duracion de 5 horas				
09/04/2014	9706	Instalacion de ruedas tensoras, reconstruccion de guias en bastidor y ensamble de las orugas				
09/04/2014		se realiza calibracion de presiones del sistema hidraulico, equipo queda listo				
05/04/2014		reparacion switel, montaje bomba hidraulico, cambio de cuplin que une la bomba y el motor				
02/04/2014		Correccion de fuga de aceite de motor por carter, tapa de balancines, enfriador de aceite, tapa valvulas. Se instala arnes del motor sistema de inyeccion - dura 5 dias				
27/03/2014		Se realizo desmonte de la bomba Hyd principal para reparacion, Banco de valvulas. Tiempo aprox reparacion 5 dias				
15/11/2013	9334	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr, Duracion de 5 horas				
25/10/2013	9191	Ajuste de tornillos de las zapatas de las dos cadenas. Se colocan 6 tornillo 3/4 x 2 1/2. se le completa 1 gal de 10w. Se monta balde. Se tensionana oruga				
25/10/2013	9191	Reconstruccion de balde. Colocacion de refuerzos, cambio de bases y casquillo				
24/10/2013	9180	Cambio de manguera grafada de presion hidraulica, completar nivel de aceite hidraulico ; Se coloca acrilicos en cabina				
20/10/2013	2776	Reconstruccion y reforzada de balde				

ANEXO N Información de los mantenimientos efectuados en obra

INFORMACION DE LOS MANTENIMIENTOS EFECTUADOS EN OBRA						
CODIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS	OBRA	PROPIETARIO
EX-08L	EXCAVADORA	KOMATSU	PC350LC-8	A10767	VIAL DEL SUR	
FECHA	CONSECUT	LABORES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS				
24/11/2014	4759	fuga de aceite por el gato hidraulico del stick, se desarmo y se le cambio el kit completo de empaquetadura, se le completo nivle del sistema ydraulico con 10 gal				
23/11/2014	4755	instlacion de monitoreo satelital				
19/11/2014	4744	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
12/11/2014	4682	Cambio la punta del martillo y se completa nivel del sistema Hyd con 5 gal				
11/10/2014	4469	Mantenimiento Preventivo de las 1000 Hr,Duracion de 8 horas				
09/10/2014	4467	Instalo juego de 6 casquillos y 6 cuñas para el balde				
05/09/2014	4050	Instalar alternador reparado y cambiado la correa del mismo				
05/09/2014	4050	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr,Duracion de 5 horas				
26/07/2014	4045	Arreglo de la contrapes y se pinta parte trasera				
16/07/2014	4036	Se le cambio filtros de combustible primario y el de la trampa de combustible				
12/06/2014	3816	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr,Duracion de 5 horas				
11/05/2014	3573	se le cambio un filtro de la trampa de aacpm				
19/04/2014	3425	Mantenimiento Preventivo de las 1000 Hr,Duracion de 8 horas				
29/03/2014	3170	se le cambio una punta nueva al martillo y se le completa 1 gal de aceite hidraulico				
26/03/2014	3106	se bajo pasador del martillo para suplementar colocando arandelas				
16/03/2014	3028	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
02/03/2014	2990	se corrigio fuga de aceite hidraulico por manguera del martillo				
02/02/2014	2730	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				

ANEXO O Información de los mantenimientos efectuados en obra

INFORMACION DE LOS MANTENIMIENTOS EFECTUADOS EN OBRA						
CODIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS	OBRA	PROPIETARIO
EX-09	EXCAVADORA	CATERPILLAR	323D	LFL00356	VIAL DEL SUR	SONACOL
FECHA	CONSECUT	LABORES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS				
16/12/2014	7817	Cambio valvulas de tensoras de las orugas				
06/12/2014	7820	se desmonta los gatos de gemelos para empaquetarlos, se le completo 12 gal de aceite hidraulico				
24/11/2014	7820	instalacion de monitoreo satelital				
23/10/2014	7670	Se cambio manguera del gato de balde y un oring del gato de arrastre				
23/10/2014	7670	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
28/09/2014	7596	Sele raliza cambio de las orugas de ambos lados, intercambio de zapatas de las cadenas				
09/09/2014	7460	Reconstruccion de rueda tensora, se cambia bujes y sellos en ambas ruedas tensoras				
23/08/2014	7373	Cambio de mangueras de los 2 motors de traslacion				
23/08/2014	7373	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr,Duracion de 6 horas				
28/07/2014	7259	Presento descarrilamiento se ensablo y se deja tensionada la oruga				
03/07/2014	7090	Cambio de link de cadena , se desmonta las zapatas para el respectivo cambio				
14/06/2014	6978	Daño en mangueras cant 2 Unid, de aceite de motor, la que va de la base del filtro de aceite al exterior de cabina				
14/06/2014	6978	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr,Duracion de 6 horas				
03/06/2014	6965	reforzando balde. Reconstruyendo base de casquillos, colocando arandelas de pasadores				
08/04/2014	6596	Dano en manguer de sistema hidraulico del cilindo de stick				
13/03/2014	6351	daño en manguera del sistema hidraulico que va del banco de valvulas al boom				
22/02/2014	6239	pin de orugas se parte y se descarrila. Se encarrila con un pin de segunda y se lubrica rodillo superiores de las dos orugas. Se tensiona				

Fuente: autores

ANEXO P Información de los mantenimientos efectuados en obra

INFORMACION DE LOS MANTENIMIENTOS EFECTUADOS EN OBRA						
CODIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS	OBRA	PROPIETARIO
EX-10	EXCAVADORA	KOBELCO	SK-210	YQ09U4782	VIAL DEL SUR	SONACOL
FECHA	CONSECUT	LABORES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS				
29/09/2014	5294	Cambia de manguera hyd de la bomba prncipal a banco de valvulas y completar nivel de hyd 10 gl				
22/09/2014	5240	Cambia de manguera hyd del gato del boom.				
20/09/2014	5228	Mantenimiento Preventivo de las 1000 Hr,Duracion de 8 horas				
31/08/2014	5261	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
19/07/2014	4863	Cambio de mangueras de cilindro de arrastre y se completa nivel de sistema hyd 5 gal				
07/07/2014	4806	se bajo perforador para montar balde				
04/07/2014	4796	Se realiza cambio de pasadores del equipo . Se completa 4 gal de aceite hidraulico				
27/06/2014	4762	Se le corrige fuga de aceite de motor ,cambio 6 empaques de las tapa valvulas				
26/06/2014	4759	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
12/06/2014	4649	Se cambio Juego de casquillos 6 Unid.				
20/05/2014	4506	se saco pasadores de cadena, se coloco arandelas a pasadores y se solda los guardacarriles				
15/05/2014	4479	Cambio de herramienta accesorio,se desmonta martillo se le monta perforador,duracion 3 hrs, Se completaron 6 gal de 10w y se cambia manguera				
10/05/2014	4375	Cambio de herramienta accesorio,se desmonta Balde a martillo ,duracion 3 hrs				
09/04/2014	4308	se completa aceite hidraulico 2 gal.				
09/04/2014	4312	Se corrige fuga de aceite por oring de manguera del gato del boom				
08/04/2014	3758	Instalacion de dos(2) baterias nuevas y conexiones				
06/04/2014	4289	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
05/04/2014	4289	se le cambio un retenedor del motor parte trasera del cigüeñal y se le cambio 6 casquillos con sus respectivos cuñas y se completo 3 gal de 10 w				
27/03/2014	4237	Cambio de herramienta accesorio,se desmonta martillo a Balde,duracion 3 hrs				
05/03/2014	4064	Cambio de herramienta accesorio,se retira balde apra reparacion y se le instala martillo ,duracion 3 hrs				
04/03/2014	4064	Cambio mangueras de motor de la base de filtro; cant 2 Unid				
27/02/2014		Cambio mangueras hidraulicas de los motores de traslacion cant 3 Unid				
14/02/2014	4000	Cambio mangueras hidraulicas de los gatos gemelos ; cant 2 Unid				
02/02/2014	3908	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
24/01/2014	3882	Cambio de 5 eslabones de la oruga				
08/12/2013	3660	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr,Duracion de 5 horas				
01/12/2013	3611	Cambio de Juego de casquillos por 6 nuevos y ajuste de pasadores				
01/12/2013	3611	Reconstruccion de balde, arreglo de bases y esquineras				
06/11/2013	3405	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
25/10/2013	3296	Cambio de herramienta accesorio,se desmonta perfrador para montarle Balde,du				
21/10/2013	3270	Cambio de herramienta accesorio,se desmonta balde para montarle, perforador,				
19/10/2013	3244	Cambio de 6 casquillos nuevo con sus respectivos pasadores				

Fuente: autores

ANEXO Q Información de los mantenimientos efectuados en obra

INFORMACION DE LOS MANTENIMIENTOS EFECTUADOS EN OBRA						
CODIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS	OBRA	PROPIETARIO
EX-05L	EXCAVADORA	CATERPILLAR	336DL	M4T00694	VIAL DEL SUR	LHS
FECHA	CONSECUT	LABORES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS				
16/12/2014	9975	Cambio de manguera de cilindros gemelos ,las 2 unid				
22/11/2014	9967	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
29/10/2014	9958	Instalacion de monitoreo satelital				
28/09/2014	9944	Instalacion de la rueda tensora izquierda y reconstruccion de guias en bastidor,que producia descarrilamiento				
17/09/2014	9934	Cambio deempaquetadura de los dos(2) gatos gemelos y el stick, agregando 25 gal de 10 w				
30/08/2014	9918	desmontaron 3 gatos hidraulicos para cambiar sellos por fugas de aceite				
29/07/2014	9889	se completa nivel de aceite del sistema con 5 gal de aceite hidraulico				
13/07/2014	9852	Arreglo de soldadura a balde cambio del piso mismo.				
22/06/2014	9827	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
12/06/2014	9778	se completa aceite hidraulico 2 gal.				
11/06/2014	9769	Se corrige fuga de aceite por oring de manguera del gato del boom				
08/06/2014	9748	Instalacion de dos(2) baterias nuevas y conexiones				
06/06/2014	9728	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
27/05/2014	9649	se le cambio un juego de 6 casquillos con sus respectivos cuñas y se completo 3 gal de 10 w				
15/05/2014	9637	Cambio de inyector de puesto 6 , esta fillando el motor				
25/04/2014	9613	Cambio de manguear de base de filtro de aceite de motor				
12/04/2014	9569	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
03/04/2014	9546	Reconstruccion de guias en bastidor y ensamble de las orugas				
03/04/2014	9502	Cambio de manguera de cilindros gemelos ,las 2 unid				
25/03/2014	9497	Cambio de cuplin que une la bomba y el motor				
15/03/2014	9452	enfriador de aceite, tapa valvulas. Se instala arnes del motor sistema de inyeccion - dura 5 dias				
22/01/2014	9347	Se realizo desmonte de la bomba Hyd principal para reparacion, Banco de valvulas. Tiempo aprox reparacion 5 dias				
15/10/2013	9334	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
20/09/2013	8891	Ajuste de tornillos de las zapatas de las dos cadenas. Se colocan 6 tornillo 3/4 x 2 1/2. se le completa 1 gal de 10w. Se monta balde. Se tensionana oruga				
20/09/2013	8719	Reconstruccion de balde. Colocacion de refuerzos, cambio de bases y casquillo				
29/08/2013	5324	Cambio de 6 casquillos nuevo con sus respectivos pasadores				

Fuente: autores

ANEXO R Información de los mantenimientos efectuados en obra

INFORMACION DE LOS MANTENIMIENTOS EFECTUADOS EN OBRA						
CODIGO	EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIAL CHASIS	OBRA	PROPIETARIO
EX-06L	EXCAVADORA	CATERPILLAR	336DL	M4T00695	VIAL DEL SUR	LHS
FECHA	CONSECUT	LABORES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS				
16/12/2014	7890	Cambia de manguera hyd de la bomba principal a banco de valvulas y completar nivel de hyd 10 gl				
22/11/2014	7643	Cambia de manguera hyd del gato del boom.				
20/10/2014	7512	Mantenimiento Preventivo de las 1000 Hr,Duracion de 8 horas				
31/10/2014	7502	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
19/10/2014	7483	Cambio de mangueras de cilindro de arrastre y se completa nivel de sistema hyd 5 gal				
04/09/2014	7284	Se realiza cambio de pasadores del equipo . Se completa 4 gal de aceite hidraulico				
27/08/2014	7247	Se le corrige fuga de aceite de motor ,cambio 6 empaques de las tapa valvulas				
16/08/2014	7219	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
02/08/2014	7196	Se cambio Juego de casquillos 6 Unid.				
12/07/2014	7168	se saco pasadores de cadena, se coloco arandelas a pasadores y se solda los guardacarriles				
11/06/2014	6619	se completa aceite hidraulico 2 gal.				
04/06/2014	5302	Se corrige fuga de aceite por oring de manguera del gato del boom				
15/05/2014	5164	Cambio de herramienta accesorio,se retira balde apra reparacion y se le instala martillo ,duracion 3 hrs				
04/05/2014	5067	Cambio mangueras de motor de la base de filtro; cant 2 Unid				
07/04/2014	4925	Cambio mangueras hidraulicas de los motores de traslacion cant 3 Unid				
28/03/2014	4790	Cambio mangueras hidraulicas de los gatos gemelos ; cant 2 Unid				
12/03/2014	4708	Mantenimiento Preventivo de las 250 Hr,Duracion de 5 horas				
24/02/2014	4382	Cambio de 5 eslabones de la oruga				
18/02/2014	4217	Cambio mangueras hidraulicas de los motores de traslacion cant 3 Unid				
01/02/2014	4187	Mantenimiento Preventivo de las 1000 Hr,Duracion de 8 horas				
22/01/2014	4036	Instalo juego de 6 casquillos y 6 cuñas para el balde				
12/01/2014	4003	Reparacion e Instalacion de alternador				
05/12/2013	3856	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr,Duracion de 5 horas				
26/11/2013	3710	Arreglo de la contrapes y se pinta parte trasera				
24/10/2013	3350	Se le cambio filtros de combustible primario y el de la trampa de combustible				
12/09/2013	3296	Mantenimiento Preventivo de las 500 Hr,Duracion de 5 horas				

Fuente: autores