



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

“MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA
INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DE
ALQUILER CATERPILLAR DE LA EMPRESA UNIMAQSA-2017”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR

CASTRO VALDIVIEZO CARLOS FRANCISCO

ASESOR

MSC. ING. JAMES SKINNER CELADA PADILLA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN SISTEMAS Y

PLANES DEMANTENIMIENTO CHICLAYO –

PERÚ-CHICLAYO

2017



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 16 horas del día 24 de mayo de 2018, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N°825-2018-I-UCV-CH, de fecha 24 de mayo de 2018, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DE ALQUILER CATERPILLAR DE LA EMPRESA UNIMAQ SA-2017; presentado por el (la)(los) Bachiller: CASTRO VALDIVIEZO CARLOS FRANCISCO, con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Mecánico Electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes :

Presidente : Ing. Fredy Davila Hurtado
 Secretario : Ing. James Skinner Celada Padilla
 Vocal : Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobar por mayoría la tesis

Siendo las 16:30 h del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 24 de mayo de 2018

Ing. Fredy Davila Hurtado
 Presidente

Ing. James Skinner Celada Padilla
 Secretario

Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio
 Vocal

DEDICATORIA

Dedico en estas líneas el gran esfuerzo por cumplir esta meta a mi hermosa Familia.

A mi esposa Johana, quien con todo su amor ha sabido apoyarme en los momentos de flaqueza y posible rendimiento en el proceso.

A mi hijo hermoso Benjamin, el cual en su inocencia me da las fuerzas necesarias para no rendirme y demostrarle que con esfuerzo y dedicación los objetivos trazados se pueden lograr.

Y por último a mi madre y profesores, los cuales con sus consejos lograron inculcarme pensamientos positivos de perseverancia y superación.

Autor; Carlos Castro

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento infinito a los encargados de la Universidad Cesar Vallejo en brindar esta oportunidad a muchas personas de lograr un título profesional mediante el programa SUBE.

A nuestros profesores quienes con sus enseñanzas y dedicación han logrado que muchos alumnos puedan superarse profesionalmente y estar ante la sociedad con un título profesional.

Gracias

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Carlos Francisco Castro Valdiviezo con DNI N° 47039530, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, Diciembre del 2017



.....
CASTRO VALDIVIEZO CARLOS FRANCISCO

DNI N° 47039530

PRESENTACIÓN

La ingeniería de mantenimiento ha evolucionado desde sus inicios pasando de una cultura de intervenciones por mantenimientos correctivos “hasta que equipo falle” a elaborados planes y sistemas de mantenimiento, con el fin de preservar el buen funcionamiento de los equipos, maquinarias o sistemas y asegurar la vida útil del activo.

En la actualidad existen muchas filosofías de mantenimiento preventivo entre las cuales se encuentra el Mantenimiento Productivo Total (TPM), cuya finalidad al implementarse es la de reducir todas las grandes pérdidas que ocasionan en la producción de algún producto o servicio. El TPM plantea una efectividad de cero pérdidas, ya sean estas por; fallas de los equipos, averías de los equipos, fallas del producto y accidentes, además asegura el correcto funcionamiento de los equipos, maquinas o sistemas, haciendo confiable la maquinaria para las labores que desempeñan.

La confiabilidad es un indicador clave de una buena gestión de mantenimiento, ya que está dada directamente por el número de intervenciones no programadas.

Si en un periodo de estudio no existen intervenciones por mantenimientos correctivos no programados, se puede decir que el equipo es 100% confiable para el trabajo que realiza.

El dejar de lado esta visión moderna del mantenimiento es poner en riesgo y atentar contra los objetivos del negocio, pudiendo de alguna manera generar pérdidas incalculables o finalmente llevar a la quiebra a la empresa y a la pérdida del empleo. Es por ello que el desarrollo del presente proyecto tiene como objetivo presentar la metodología del TPM diseñada para disminuir las pérdidas existentes en el proceso de producción de los equipos y sistemas incrementando su disponibilidad y confiabilidad.

INDICE

PAGINA DEL JURADO.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN	vi
INDICE	vii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. <i>Realidad problemática</i>	15
1.1.1. Realidad problemática internacional.....	15
1.1.2. Realidad problemática nacional	16
1.1.3. Realidad problemática local	17
1.2. <i>Trabajos previos</i>	18
1.2.1. A nivel internacional	18
1.2.2. A nivel nacional.....	20
1.2.3. A nivel local.....	22
1.3. <i>TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA</i>	23
1.3.1. HISTORIA DEL MANTENIMIENTO.....	23
1.3.2. DEFINICION.....	24
1.3.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO	24
1.3.4. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	25
1.3.5. INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO.....	26
1.3.6. CONFIABILIDAD	27
1.3.7. DISPONIBILIDAD	28
1.3.8. UTILIZACION	29
1.3.9. TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL)	30
1.3.10. LAS "5S'S" UNA FILOSOFÍA ESENCIAL.....	38
1.4. <i>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</i>	41
1.5. <i>JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</i>	41
1.5.1. Justificación científica.....	41
1.5.2. Justificación social	42
1.5.3. Justificación económica.....	42
1.5.4. Justificación ambiental	42
1.6. <i>HIPÓTESIS</i>	43
1.7. <i>OBJETIVOS</i>	43
1.7.1. Objetivo general	43
1.7.2. Objetivos específicos	43
II. METODO	45
2.1. <i>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</i>	45
2.2. <i>TIPO DE LA INVESTIGACIÓN</i>	45

2.3. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	46
2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	47
2.4.1. Población	47
2.4.2. Muestra.....	48
2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....	50
2.5.1. Técnicas de recolección de información.....	50
2.5.2. Instrumentos.....	51
2.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	52
2.7. ASPECTOS ÉTICOS.....	52
2.8. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	52
2.8.1. Validez	52
2.8.2. Confiabilidad	52
III. RESULTADOS	53
3.1. VERIFICAR ACTUALES INDICADORES DE RESULTADOS EN CUANTO A LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS CATERPILLAR DE ALQUILER DE LA EMPRESA UNIMAQ S.A – CHICLAYO	53
3.1.1. SISTEMA SPRING.....	53
3.1.2. BENCHMARK	53
3.1.3. ORDENES DE TRABAJO.....	55
3.1.4. CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS	56
3.2. IDENTIFICAR LOS FACTORES INFLUYENTES EN LOS RESULTADOS ACTUALES EN CUANTO A LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS CATERPILLAR DE ALQUILER DE LA EMPRESA UNIMAQ S.A.....	78
3.2.1. ANALISIS INTERVENCIONES POR CORRECTIVOS NO PRORAMADOS (EN GENERAL)	79
3.2.2. ANALISIS DE LOS TIEMPOS DE ESPERA	85
3.3. ESTABLECER PLAN DE MEJORA EN BASE A LOS PILARES DEL TPM.....	89
3.3.1. MEJORAS ENFOCADAS O KOBETSU KAISEN	89
3.3.2. MANTENIMIENTO AUTONOMO OJISHU HOZEN	91
3.3.3. MANTENIMIENTO PLANIFICADO.....	92
3.3.4. ENTRENAMIENTO.....	93
3.3.5. CONTROL INICIAL.....	95
3.3.6. MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD O HINSHITSU HOZEN	95
3.3.7. TPM EN OFICINAS	95
3.3.8. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.....	96
3.4. ESTIMAR LOS RESULTADOS QUE SE GENERARAN A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM PARA LOS EQUIPOS CATERPILLAR DE ALQUILER DE LA EMPRESA UNIMAQ S.A.....	97
3.4.1. Mejorar La Confiabilidad De Los Equipos De Flota.....	97
3.5. EVALUAR LA PROPUESTA ECONÓMICA (VAN, TIR)	98
3.5.1. Propuesta económica	98
3.5.2. Evaluación Mediante Indicadores Económicos Van, Tir	100
IV. DISCUSIONES.....	101
V. CONCLUSIONES	103
VI. RECOMENDACIONES	104
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
VIII. ANEXOS.....	107

PAPER.....	125
FICHA VALIDACION DE DATOS	128
ACTA DE ORIGINALIDAD DE APROBACIÓN DE TESIS	134
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS	135

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 BENCHMARK DE ALQUILERES 2017 - COSTO MANTENIMIENTO VS VENTA.....	54
TABLA 2 INTERVENCIONES 2016.....	57
TABLA 3 INTERVENCIONES 2017.....	59
TABLA 4 TOTAL INTERVENCIONES 2016 - 2017.....	61
TABLA 5 ANÁLISIS DE INTERVENCIONES DE RETROEXCAVADORA 03530082.....	63
TABLA 6 ANÁLISIS DE INTERVENCIONES DE EXCAVADORA 03818229.....	65
TABLA 7 ANÁLISIS DE INTERVENCIONES DE EXCAVADORA 03818211.....	67
TABLA 8 ANÁLISIS DE INTERVENCIONES DE RETROEXCAVADORA 03530151.....	69
TABLA 9 ANÁLISIS DE INTERVENCIONES DE EXCAVADORA 03818230.....	71
TABLA 10 DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DE EQUIPOS INTERVENIDOS - INOPERATIVIDAD VS PRODUCCIÓN.....	74
TABLA 11 ANÁLISIS WEYBULL.....	75
TABLA 12 APLICACIÓN DE FORMULAS.....	75
TABLA 13 TABLA GENERAL DE CORRECTIVOS NO PROGRAMADOS.....	79

TABLA 14 MOTIVOS DE INTERVENCIONES - EQUIPOS ALQUILADOS.....	80
TABLA 15 SISTEMAS INTERVENIDOS POR CORRECTIVOS.....	81
TABLA 16 LABORES REALIZADAS PARA INTERVENCIONES.....	82
TABLA 17 TIEMPOS DE REPARACIÓN PARA INTERVENCIONES VS COSTOS GENERALES	83
TABLA 18 DESCRIPCIÓN HORAS LABOR EN TALLER.....	84
TABLA 19 TIEMPO DE ESPERA DE REPARACIÓN EQUIPO EN TALLER.....	85
TABLA 20 TIEMPO DE ESPERA DE REPARACIONES EQUIPO ALQUILADO.....	87
TABLA 21 TIEMPO EQUIPO DISPONIBLE SIN USAR.....	88
TABA 22 T PROPUESTA ECONÓMICA DE IMPLEMENTACIÓN.....	98
TABLA 23 INVERSIÓN 1º AÑO HACIA ADELANTE.....	99
TABLA 24 FACTURACIÓN DESEADA MENSUAL.....	99
TABLA 25 FLUJO DE CAJA.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 FORMULA DE DISPONIBILIDAD MECÁNICA	28
FIGURA 2 DISPONIBILIDAD MECÁNICA	28
FIGURA 3 FÓRMULA DE UTILIZACIÓN MECÁNICA.....	29
FIGURA 4 PILARES DEL TPM	34
FIGURA 5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	46
FIGURA 6 POBLACION DE ESTUDIO	47
FIGURA 7 MUESTRA DEL ESTUDIO	48
FIGURA 8 MUESTRA REPRESENTADA EN PORCENTAJE %	50
FIGURA 9 INDICADOR EQUIPOS CRITICOS POR NÚMERO DE INTERVENCIONES (2016)	57
FIGURA 10 INDICADOR EQUIPOS CRITICOS POR NÚMERO DE INTERVENCIONES (2017) ...	59
FIGURA 11 PORCENTAJE DE INTERVENCIONES	62
FIGURA 12 RESULTADOS TIR, VAN.....	90

RESUMEN

En el siguiente trabajo se presenta el desarrollo de un plan de mantenimiento TPM para aumentar la confiabilidad de los equipos de la flota de la empresa UNIMAQ SA-CHICLAYO, este se desarrolló analizando los tiempos de inoperatividad por mantenimientos correctivos no programados y las horas de producción de los equipos de la flota, a través de un reporte de registros de incidencias e intervenciones por mantenimiento correctivos que ha tenido la flota de alquiler en los años 2016-2017, y aplicando el método estadístico Weibull para la solución de la confiabilidad de las maquinarias.

Se presentó un cuadro de resultados en el cual se puede verificar tomando como referencia cada 270 horas de producción de la maquinaria que tienen un porcentaje de confiabilidad de 85.47%, y a su vez presentan una utilización promedio de 21% del tiempo total disponible para producción.

Se verifico además cuales eran los motivos de fallas más resaltantes, lo que dio como resultado que el 80% de las intervenciones correctivas no programadas es por falta de mantenimiento.

Una vez identificados los problemas se elaboró un plan de mantenimiento TPM con la finalidad de eliminar todas las pérdidas de producción encontradas en la gestión actual y principalmente se enfocó en aumentar la confiabilidad de los equipos reduciendo a cero el número de intervenciones por mantenimientos correctivos.

EL incremento de la confiabilidad de los equipos de alquiler se logra a través de una excelente gestión, esto garantiza el buen funcionamiento del equipo y la fidelidad de nuestros clientes, por lo tanto crecerán los ingresos generados en el alquiler, también traerá como consecuencia la optimización de los costos de mantenimiento al reducir los viajes innecesarios que eran generados por las paradas no programadas de los equipos

Palabras claves: Mantenimiento productivo total (TPM), equipos de flota, mantenimientos correctivos, método estadístico Weibull, confiabilidad.

ABSTRACT

The following work presents the development of a TPM maintenance plan to increase the reliability of equipment in the fleet of the company UNIMAQ SA-CHICLAYO, this is analyzing the inoperative times for non-scheduled corrective maintenance and production hours of the equipment of the fleet, through a report of records of breaches and corrective maintenance interventions that have had the opportunity to rent in the years 2016-2017, and applying the statistical method Weibull for the solution of the reliability of the machinery .

A table of results was presented in which it can be verified taking as a reference every 270 hours of production of the machine that have a reliability percentage of 85.47%, and once again an average speed of 21% of the total time available for production.

It was also verified that the reasons for the most outstanding failures, which resulted in that 80% of the corrective interventions were not programmed due to lack of maintenance.

Once the problems were identified, a TPM maintenance plan was developed in order to eliminate all the things. It was updated in the current management and focused on increasing the reliability of the equipment by reducing the number of interventions for corrective maintenance.

The increase in the reliability of rental equipment has been achieved through excellent management, this guarantees that the proper functioning of the equipment and the loyalty of our customers, therefore, also increase the income generated in the rent. of maintenance costs by reducing the unnecessary trips that were generated by the scheduled stops of the equipment

Key Words: Total productive maintenance (TPM), fleet equipment, corrective maintenance, Weibull statistical method, reliability.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. Realidad problemática internacional

Chova del Ecuador al ser una empresa que fabrica diversidad de productos requiere del uso de varios equipos y maquinarias, los cuales son susceptibles a fallas, por lo cual es necesario realizar un mantenimiento general. La empresa ha venido realizando únicamente un mantenimiento correctivo a los equipos que lo necesitan, que en el peor de los casos ha representado una pérdida en la producción de \$ 55 457,10 dólares por día de para. Además la empresa destina el 2% de sus ventas al año para mantenimiento de los equipos. Es por ello que la Empresa plantea la necesidad de crear un plan de acción para la gestión del mantenimiento basado en la confiabilidad y con ello reducir sus pérdidas de producción por mantenimientos correctivos. (SAMANIEGO, Carla. 2013, p. 6)

Petro Oriental S.A., opera en el Ecuador desde el 2006, Cuenta con dos Grupos Electrógenos ubicados en la estación Tapir A, los cuales son principales activos para el funcionamiento de la estación. Debido al número considerable de paradas de los Equipos Electrógenos, la producción ha disminuido considerablemente, lo que involucra a problemas de abastecimiento de crudo al sistema nacional y puede estar sujeto a sanciones si no cumplen con las cuotas de producción establecidas. A todo ello se suma un incremento significativo en el área de mantenimiento y reducción de ingresos económicos tanto para la empresa como para el estado. (GUEVARA, Edgar. 2016, p. 9)

La empresa Compañía Minera del Pacífico S.A. se clasifica como una empresa cuya principal actividad en la minería de hierro.

La CMP en una superficie total de 440.767 hectáreas, comprendidas entre la II y XII regiones para exploración y explotación minera y tiene a su cargo 2.266

concesiones mineras. De entre los cuales sobresalen los yacimientos nombrados a continuación, los cuales se encuentran actualmente en etapa de explotación o prospección, estos son: Los Colorados “En sociedad con Mitsushi Inversiones Limitada”, Cerro Negro Norte, El Laco, El Algarrobo, Desvío Norte, Pleito-Cristales, El Tofo y El Romeral.

Las instalaciones del CMP correspondientes a la Planta “El Romeral” se encuentran ubicadas a 18 [km] aproximadamente de la ciudad de La Serena en la región IV de país. La planta está a 250 [m] sobre el nivel del mar. Dentro de las unidades operativas de las Minas El Romeral, existe un medio de transporte crítico para el proceso y utilizado en el ejercicio de la producción; este es la flota de camiones de alto tonelaje, CAT 785B, el cual cuenta con 6 camiones que su función es extraer el material desde la mina y trasladarlo a la planta de beneficio del mineral. No existe un pronóstico de fallas ni la implementación de un plan de gestión de confiabilidad de repuestos en la Compañía Minera del Pacífico ni menos de esta flota de camiones. (PAREDES, Camila. 2012).

1.1.2. Realidad problemática nacional

(DA COSTA, Martin. 2010). En la zona del Lote X, en el Distrito de El Alto – Piura – Perú, Se encuentra ubicadas La instalación de motores de combustión interna. Cuenta con un total aproximado de 320 motores instalados, los cuales están distribuidos a los largo de todo el lote.

La empresa PETROBRAS ENERGA PERU S.A. es la encargada de la explotación del lote.

En el 2005, entre Enero-Noviembre, produjeron en total la suma de 3498.16 Barriles de Petróleo (BLS),

En el área de alta producción donde trabajan los motores a gas, la producción total fue de 1037.29 (BLS), con respecto a los motores de dos tiempos tuvieron una producción de US\$ 65.00, Pero debido al costo mundial del petróleo en el periodo descrito nos arroja pérdidas de US\$ 67423.85 dólares en los costos de la producción dando un 29.65% de diferencia total.

Los pozos tipo A o de alta Producción, son de clasificación crítica, por tanto el nivel de confiabilidad debe ser optimo y es en donde se encuentra la mayor cantidad de motores de tipo mono cilíndricos de dos tiempos AJAX.

En la actualidad, en un intervalo de cada 3 años los motores son reparados sin considerar todas las características que se realiza en un overhaul debido a los costos elevados que conlleva la ejecución del mismo y se cree que es más conveniente el remplazo total de los motores antes de practicar el overhaul.

Tampoco existe registro de las reparaciones, no se calcula la vida útil total de los motores ni tampoco los niveles de confiabilidad.

1.1.3. Realidad problemática local

En la región de Lambayeque La Empresa Unimaq S. A. Está ubicada en Av. Chosica del Norte Mz 32, Lt. 1-2. Distrito de la Victoria.

Esta es una Empresa Comercial dedicada a la venta de Maquinaria Caterpillar para la construcción, además de brindar el soporte necesario para su operatividad. También brinda el servicio de Alquiler de Maquinarias Caterpillar para construcción, Posee una flota total de 25 equipos, los cuales se distribuyen de la siguiente manera; 6 excavadoras 320D L, 10 Retroexcavadoras 420F-BE y 9 Minicargadores 246D, teniendo alquilados a la fecha la totalidad de su flota.

Con el transcurrir del tiempo se ha verificado que los equipos presentan fallas prematuras e indisponibilidad constante para los frentes de trabajo a los que están alquilados; ocasionando paradas imprevistas, ejecución de trabajos no programados, elevación de gastos por mantenimientos correctivos y molestias por parte de sus clientes. “Resumiendo en que los equipos no son confiables al momento de realizar sus operaciones”.

Por parte del personal técnico se ve reflejada una falta de insensibilidad y compromiso para la ejecución y seguimiento correcto de los mantenimientos respectivos a los equipos, además, de una inoportuna gestión de mantenimiento e inexperiencia por parte del personal responsable de la Flota de Alquileres.

Es por ello que se propone un PLAN TPM “MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL”, que permitirá incrementar la confiabilidad de la Maquinaria Caterpillar

destinada a la Flota de Alquiler en la Empresa, con lo que se obtendrá mejoras en la gestión de mantenimiento, reducir costos de mantenimiento y así poder incrementar su rentabilidad, además se plantea controlar eficientemente los procesos establecidos y lo más importante aumentar la confianza de los clientes.

1.2. Trabajos previos

1.2.1. A nivel internacional

Samaniego (2010), según su tesis de título “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA LA EMPRESA CHOVA DEL ECUADOR S.A. PLANTAS INGA Y CASHAPAMPA”, nos confirma que al implementar un plan de acción para la gestión de mantenimiento que se realizará en sus 39 máquinas de operación, permitirá a la empresa Chova del Ecuador S.A. tener una producción continua, incrementar la disponibilidad de las máquinas, minimizar los gastos incurridos en la gestión, y dar una guía al área de mantenimiento. De esta manera se podrán realizar los mantenimientos de una manera programada, y la empresa disminuirá sus gastos por paros imprevistos que se estima sería de 12 885,20 dólares por mes.

Debido a la buena aplicación del programa, en adelante la Empresa Chova lleva un registro de todos sus equipos, planes de mantenimientos, repuestos, herramientas, órdenes de trabajo, mantenimientos preventivos y correctivos, horas de paro por mantenimiento correctivo y al aplicar la técnica RCM, permite que la empresa tenga equipos y máquinas más confiables, y que no existan paros imprevistos.

Guevara (2016), según su tesis de Título “APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD A LOS GRUPOS ELECTRÓGENOS DE LA ESTACIÓN TAPIR A DEL BLOQUE 17 PETRORIENTAL”, nos dice que para mejorar la disponibilidad de los equipos electrógenos de la estación Tapir A Petro Oriental, se creará e implantará un MCC (Plan de Mantenimiento centrado en la

Confiabilidad), ya que así se podrá verificar todos los fallos potenciales que puede tener una instalación, identificar cuáles son las causas que los provocan y con ello determinar las medidas preventivas correspondientes para evitar estos fallos, ya con todos estos datos disponibles se permitirá determinar las causas de apagado de los grupos electrógenos, integrar los resultados del MCC al plan y programa de mantenimiento actual y Comparar los valores de disponibilidad con y sin el MCC.

Concluye que mediante la aplicación del MCC a los grupos electrógenos de la estación se logró incrementar la disponibilidad de los generadores del 93.3% al 95.5%, comparando 6 meses de análisis en el 2015, (donde solo se realizaban mantenimientos correctivos) y 6 meses posteriores a la aplicación del MCC. Con el incremento de la disponibilidad también se incrementó la producción de crudo de la empresa en 6.964 barriles, además del ingreso económico de \$ 278.560.

También verifica que De acuerdo al análisis realizado por sistema, las paradas más frecuentes de los grupos electrógenos en su mayoría son por los sistemas mecánicos en un 38% y de instrumentación en un 40%.

Paredes (2012), de acuerdo con la redacción de su tesis Titulada “PRONÓSTICO DE FALLAS E IMPLEMENTACIÓN PLAN DE GESTIÓN CONFIABILIDAD DE REPUESTOS CRÍTICOS EN LA MINERÍA DEL HIERRO”, desea definir y plantear una estrategia de mantenimiento e implementar una política de gestión de repuestos críticos con el fin de optimizar la cadena de abastecimiento, aumentando su confiabilidad y con ello maximizar la disponibilidad de los equipos CAT 785B, además de minimizar su mantenibilidad y los costos globales asociados.

Dando un ejemplo de los resultados obtenidos: El componente llamado diferencial tiene un tiempo medio entre fallas de 37.000 horas aproximadamente, el manual del equipo expresa que a las 6.000 horas el componente tiene que ser cambiado, por lo que tener una POLITICA CORRECTIVA con este componente hace ahorrar a la compañía más de 300.000 [USD]. Como conclusión general de los resultados de obtiene la implantación de una POLITICA CORRECTIVA para todos los componentes involucrados. Ya que comparando su TBF (tiempo medio entre

Fallas) a la vejez de los componentes, estos son superiores a la vida útil total designada por el fabricante del equipo.

Es importante también mencionar que por la cantidad de horas de operación que han tenido estos camiones, los componentes que se compran no deben ser nuevos, ya que estos equipos de alto tonelaje saldrán de circulación en los próximos 2 años, por lo que no es necesario invertir el doble del dinero en repuestos por algo que está terminando su vida útil.

2.1.1. A nivel nacional

Apolinario (2008), según su tesis Titulada “ESTIMACIÓN DE LA CONFIABILIDAD EN EQUIPOS, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE WEIBULL”, nos indica que mediante el método gráfico (Weibull Paper) podremos estimar la confiabilidad y así poder trabajarla en múltiples equipos dinámicos como: Generadores Eléctricos, moto compresores Reciprocantes, Motores Eléctricos, Bombas, etc.

En su tesis nos resalta que todo el trabajo realizado tiene la finalidad principal de aplicar los conceptos de gestión de mantenimiento de clase mundial en un plano “real” y así optimizar la Confiabilidad de los equipos, además de incentivar y promover nuevas metodologías de gestión para el cumplimiento de la Directriz N° 5 de Petrobras Energía PESA.

El autor concluye que estimando el valor de la confiabilidad, los compresores y otros equipos rotativos del “Lote X” se podrán ubicar los equipos en una de las regiones de la “Curva de la Bañera”, y el parámetro β nos ayudara a verificar, proponer una mejora en los procedimientos y técnicas de los planes de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

Además recomienda que para obtener una aproximación casi exacta de la confiabilidad, se debe tomar como referencia las reparaciones o mantenimientos mayores, con la finalidad de hacer un control de seguimiento al desempeño de los equipos una vez concluido el mantenimiento.

Da Costa (2010), en su tesis Titulada “APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD A MOTORES A GAS DE DOS TIEMPOS EN POZOS DE ALTA PRODUCCIÓN”, nos confirma: mediante la aplicación del plan de mantenimiento se logrará calcular e identificar en qué etapa de su vida útil total se encuentran los equipos evaluados, además de la verificación de las condiciones actuales y el grado de confiabilidad de los mismos, en este caso, motores de 2 tiempos.

El plan de aplicación comprenderá desde la presentación del proyecto hasta el 30 de noviembre del 2015 tanto de manera individual como de todo el sistema de producción, también se desea obtener la relación de las partes críticas de los componentes que configuran a los motores de dos tiempos; con el fin de obtener mejoras en los procesos de mantenimientos, tanto preventivos como correctivos, mejorar la programación en cuanto a la logística de partes y repuestos y minimizar en su totalidad las paradas no deseadas.

Concluimos que después de la aplicación del MCC (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) se obtuvo que:

De los 124 tipos de falla analizados veintiseis fallas son inaceptables, lo que nos da un porcentaje de (21.0%), cuarenta y tres fallas de reducción deseable, nos da un porcentaje de (34.7%) y solo cincuenta y cinco fallas aceptables, dándonos un porcentaje de (44.3%). Todos los datos obtenidos concuerdan con el AMEF (Análisis de modo y efecto de la Falla) y su clasificación se obtiene a través del NPR (Número de Prioridad de Riesgo).

Como resultado del análisis de criticidad de las cuarenta partes; veintiún partes son críticas, obteniendo un porcentaje de (52.5%), diez partes son semi-críticas, arrojando un porcentaje de (25.0%) y nueve partes no son críticas, lo que nos da un porcentaje de (22.5%).

Concluye que; El 52.5% de las partes de los equipos son críticas, por tanto de acuerdo al estado de conservación de las partes y repuestos se debe tener un mayor control de los repuestos y stock en los almacenes logísticos.

2.1.2. A nivel local

MELENDEZ Y RODRIGUEZ (2016), según su Tesis Titulada “GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA DE TRANSPORTE PESADO DE LA EMPRESA « SAN JOAQUÍN S.A.A.»POMALCA-2016” no dicen que: tienen como principal objetivo la implementación de un sistema de GESTION DE MANTENIMIENTO con la finalidad de obtener una disminución significativa de las fallas en los vehículos de Flota de transporte pesado de la compañía que se menciona: SAN JOAQUIN S.A

Se ha concluido que el mayor causante de las fallas en los tracto-camiones es el sistema del motor, acumulando un número porcentual de 40% del total de las fallas en el periodo total del estudio

Con la implementación de este plan de mejora de logro incrementar la disponibilidad de la maquinaria (Tracto-camiones) de la empresa “San Joaquín S.A.A” en un 5%.

Se realizó una inversión de S/. 125, 438.60 para la implementación, y el beneficio del plan de mantenimiento fue favorable en la gestión.

2.2. TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA

2.2.1. HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento tiene 2 tipos de historia que se diferencian entre sí: la historia económica y la historia técnica.

Al considerar la primera piedra afilada del hombre primitivo como la primera herramienta nace el mantenimiento en su aspecto técnico, y de ahí en adelante ha seguido una evolución técnica de la mano con la evolución de la actividad de producción (Colegio Provincial de Educación Tecnológica de Riobamba, s.f., p. 1).

“El mantenimiento en su aspecto económico nació con el taylorismo a partir de introducir un elemento diferenciador entre la actividad productiva y el mantenimiento, olvidando que ambas actividades, más que complementarias, son la misma cosa” (Colegio Provincial de Educación Tecnológica de Riobamba, s.f., p. 1).

Para complementar con la historia del mantenimiento el Colegio Provincial de Educación Tecnológica de Riobamba, nos dice:

Al separar las dos actividades vinieron los economistas y administradores y se dedicaron al control de ambas independientemente. Entonces a las necesidades económicas de la producción le asignaron el nombre de costos, mientras a las de mantenimiento el nombre de gastos que tiene connotaciones despectivas.

Esta separación contable fue ganando terreno en el mundo industrial con una rapidez desigual y de ahí procede el error conceptual de atribuirle al mantenimiento una evolución diferente de la actividad productiva.

Técnicamente ya el mantenimiento incursionaba en la industria en el siglo XI, cuando "el ferrer", una especie de responsable de mantenimiento, era el encargado de la reparación de los utensilios y máquinas en la "Farga Catalana" (instalación dedicada a la obtención de hierro y acero de bajo carbono en los Pirineos Orientales) (s.f. p. 1)

2.2.2. DEFINICION

Se define el mantenimiento como: todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes (Yulimar, s.f., “Definición del mantenimiento”, párr. 1)

2.2.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO

↗ **MANTENIMIENTO CORRECTIVO:** Es el encargado de corregir fallas o averías observadas.

- **Mantenimiento correctivo inmediato:** Es el que se realiza inmediatamente de aparecer la avería o falla, con los medios disponibles, destinados a ese fin.
- **Mantenimiento correctivo diferido:** Al momento de producirse la avería o falla, se produce un paro de la instalación o equipamiento de que se trate, para posteriormente afrontar la reparación, solicitándose los medios para ese fin.

↗ **MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** Dicho mantenimiento está destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por algún deterioro

- **Mantenimiento programado:** Realizado por programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, kilometraje, etc.
- **Mantenimiento predictivo:** Es aquel que realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedara fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.
- **Mantenimiento de oportunidad:** Es el que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para

garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización (Fundación Wikipedia, s.f., “Tipos de mantenimiento”, párr. 1)

2.2.4. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Según Da Costa (como se citó en Tavares, 200, p. 10) dice:

“El mantenimiento durante su evolución ha recibido cambios muy grandes, determinándose una serie de enfoques y mejoras aplicadas en cada una de las etapas de su desarrollo. Es por esto que se llegan a distinguir tres generaciones muy diferenciadas desde sus inicios hasta nuestros días

Primera Generación:

Periodo Post-II Guerra Mundial, la existencias de pocas máquinas su simplicidad, sobredimensionamiento y robustez; la prevención no era una prioridad ya que los niveles de producción bajos y por tanto la paradas del proceso para el mantenimiento no generaban pérdidas considerables.

El mantenimiento aplicado en este periodo es el mantenimiento correctivo

Segunda generación:

El proceso productivo es el que manda, la complejidad de las nuevas máquinas y las pérdidas por tiempo improductivo; generó la necesidad de prevenir los fallos que se presenten.

A partir de ese periodo se comenzó a implementar el mantenimiento preventivo, así como la necesidad de planificar y programar el mantenimiento en intervalos fijos.

Tercera generación:

A mediados de los setentas; la industria opera a volúmenes de producción muy altos; a raíz del avance tecnológico, las nuevas investigaciones se aceleran incrementando la mecanización de los sistemas. Este crecimiento en la complejidad de los sistemas productivos nos exigieron productos confiables de alta calidad considerando aspecto de seguridad, y esto se consolida en el desarrollo de un mantenimiento proactivo que genere una mejora continua dentro del proceso productivo; siendo ahora la estrategia “Producción = Mantenimiento + Operaciones” (2010, p. 23)

2.2.5. INDICADORES DE GESTION DE MANTENIMIENTO

Con el propósito de medir la efectividad de los departamentos de mantenimiento en relación al trabajo que realizan en las compañías, se estandarizaron algunos indicadores de gestión que permiten efectuar estudios de comparación competitiva (Benchmarking) y determinar una clara relación entre el indicador y la producción a fin de identificar oportunidades de mejora.

Los indicadores de mantenimiento utilizados hasta la fecha han cumplido su función, permitiendo medir la gestión y dar una indicación de cómo se comportaba el proceso de mantenimiento en la empresa.

El mínimo de indicadores que permiten medir la gestión y su impacto de producción, haciendo posible detectar oportunidades de mejora se agrupan en cuatro grandes áreas de gestión.

1. Seguridad
2. Rendimiento
3. Costes
4. Efectividad

Los indicadores asociados a esta área (Efectividad) permiten ver el comportamiento operacional de la instalación, sistemas, equipos y dispositivos, además mide la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento.

Los indicadores asociados a esta área son:

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

Este grupo de cinco indicadores antes mencionados están asociados al comportamiento de las instalaciones, sistemas, equipos.

2.2.6. CONFIABILIDAD

La confiabilidad es uno de los principales atributos que determinan la efectividad de un equipo o sistema. Se define como la probabilidad de que un equipo o sistema desempeñe satisfactoriamente la función que se requiere de este, bajo condiciones específicas de operación, durante un periodo de tiempo determinado. De esta definición cabe destacar tres aspectos importantes:

- La captación de la noción probabilística de la confiabilidad
- Los problemas relacionados con la definición de ejecución adecuada o satisfactoria, en particular, para parámetros del equipo o sistema que se deterioran lentamente con el tiempo.
- El criterio requerido para determinar el establecimiento adecuado de las condiciones operativas

Está claro que se debe definir que es un funcionamiento adecuado o satisfactorio, o lo que significa el fallo del equipo o sistema, de otra manera, no es posible predecir cuándo fallara el desempeño de su función requerida.

El tiempo que tarda en fallar un equipo o sistema, no se puede determinar precisamente, por lo tanto es una variable aleatoria. Por ello, la confiabilidad se debe cuantificar asignándole una función de probabilidad a la variable aleatoria del tiempo de fallo.

2.2.7. DISPONIBILIDAD

Se define como la capacidad del equipo o instalación para realizar una función requerida bajo condiciones específicas sobre un periodo de tiempo determinado, asumiendo que los recursos externos requeridos son suministrados. Es un indicador determinístico que traduce los resultados de las acciones de mantenimiento a un índice combinado para un equipo o sistema.

Se basa en la pregunta "¿está disponible el equipo en condición de trabajo cuando se le necesita?". Se utiliza el análisis de disponibilidad para obtener una solución que permita establecer los requisitos para la confiabilidad y susceptibilidad de mantenimiento. Es útil para determinar cifras significativas del equipo o sistema en si, como las de frecuencia y tipo de ocurrencia de fallos, posibilidad de reparación (tiempo de reparación activa) y análisis de trabajos de mantenimiento.

Por lo tanto, la disponibilidad D se calcula como:

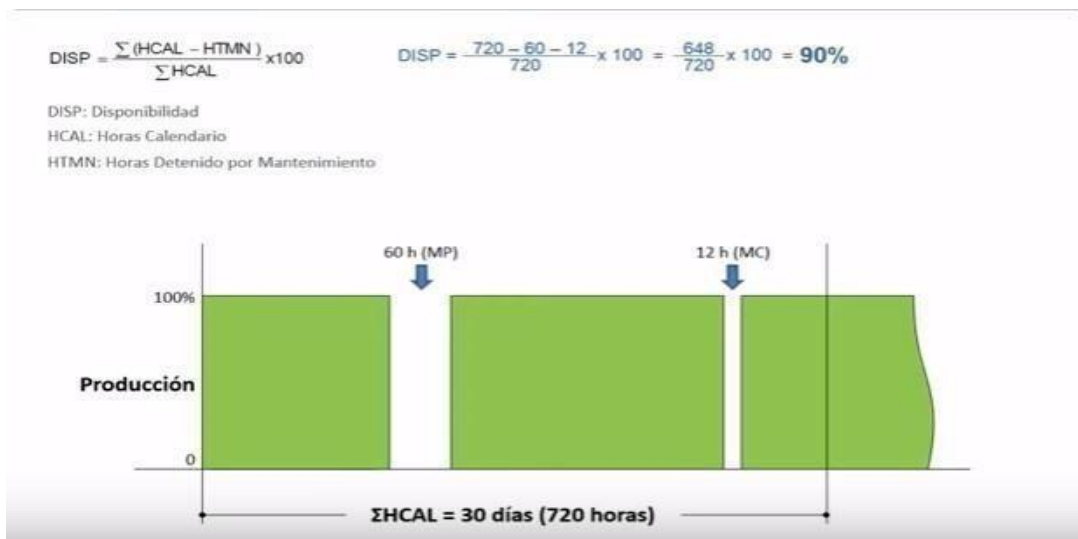
Figura 1

Elaboración Propia

$$D = \frac{\sum \text{horas calendario} - \sum \text{horas producción} - \sum \text{horas mto}}{\sum \text{horas}}$$

Formula de disponibilidad mecánica

Figura 2



Recuperado de:
<https://www.youtube.com/watch?v=YQV70g9oBFA>

Disponibilidad mecánica (ejemplo en gráfico)

2.2.8. UTILIZACION

La utilización U, también llamada factor de uso o de servicio, mide el tiempo efectivo de operación de un activo durante un periodo determinado. Su fórmula de cálculo es:

Figura 3

$$U = \left(\frac{\text{Cantidad de horas operadas}}{\text{Cantidad de horas Periodo}} \right) \times 100\%$$

Elaboración Propia

Formula de utilización mecánica

(FUENTE: MANUAL DE INDICADORES DE MANTENIMIENTO CARTER ,A.D.S. Mechanical reability. USA; Halsted Press, 1986,492p

2.2.9. TPM (MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL)

📌 ORIGEN DEL TPM

El mantenimiento preventivo fue introducido en Japón en la década de los cincuenta en conjunto con otras ideas como las de control de calidad, Ciclo Deming y otros conceptos de management americano. Posiblemente en la del TPM influyó el desarrollo del modelo Wide - Company Quality Control o Total Quality Management. En la década de los sesenta en el mundo del mantenimiento en empresas japonesas se incorporó el concepto Kaizen (cuyos detalles se encuentran en el apéndice) o de mejora continua. Esto significó que no solo corregir las averías era la función de mantenimiento, sino mejorar la fiabilidad de los equipos en forma permanente con la contribución de todos los trabajadores de la empresa.

Este progreso de las acciones de mejora llevo a crear el concepto de prevención del mantenimiento, realizando acciones de mejora de equipos en todo el ciclo de vida: diseño, construcción y puesta en marcha de los equipos productivos para eliminar actividades de mantenimiento.

En el mundo de hoy para una empresa poder sobrevivir debe ser competitiva y sólo podrá serlo si cumple con estas tres condiciones:

1. Brindar un Producto de optima conformidad: recordemos que ahora en al argot de las normas ISO ya no se habla de calidad sino de conformidad
2. Tener costos competitivos: una buena gerencia y sistemas productivos eficaces pueden ayudar a alcanzar esta meta
3. Realizar las entregas a tiempo: aquí se aplican los conceptos Del JIT, Just in Time o el justo a tiempo.

📌 DEFINICION

Mantenimiento Productivo Total es la traducción del TPM (Total Productive Maintenance). El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial

desarrollado a partir del concepto de mantenimiento preventivo" creado en la industria de los Estados Unidos.

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

El JIPM define el TPM como: Es un sistema que garantiza la efectividad de los sistemas productivos (5 M) cuya meta es tener cero pérdidas a nivel de todos los departamentos con la participación de todo el personal en pequeños grupos, es un sistema orientado a lograr:

- cero accidentes,
- cero defectos
- cero averías
- cero defectos

OBJETIVOS DEL TPM

“Maximizar la efectividad total de los sistemas productivos por medio de la eliminación de sus pérdidas por la participación de todos los empleados en pequeños grupos de actividades voluntarias”.

Los objetivos que una organización busca al implantar el TPM pueden tener diferentes dimensiones:

Objetivos estratégicos

El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costes operativos y conservación del "conocimiento" industrial.

Objetivos operativos

El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

Objetivos organizativos

El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral en el trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

CARACTERÍSTICAS DEL TPM

Las características del TPM más significativas son:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.

- Orientado a la mejora de la Efectividad Global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

El modelo original TPM propuesto por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas sugiere utilizar pilares específicos para acciones concretas diversas, las cuales se deben implantar en forma gradual y progresiva, asegurando cada paso dado mediante acciones de autocontrol del personal que interviene.

El TPM se orienta a la mejora de dos tipos de actividades directivas:

- a) dirección de operaciones de mantenimiento y**
- b) dirección de tecnologías de mantenimiento.**

El TPM es sinérgico con otras estrategias de mejora de las operaciones como el sistema de producción Justo a Tiempo, Mass Customization, Total Quality Management, Gestión del Conocimiento Industrial, modelos de certificación de sistemas de calidad, etc.

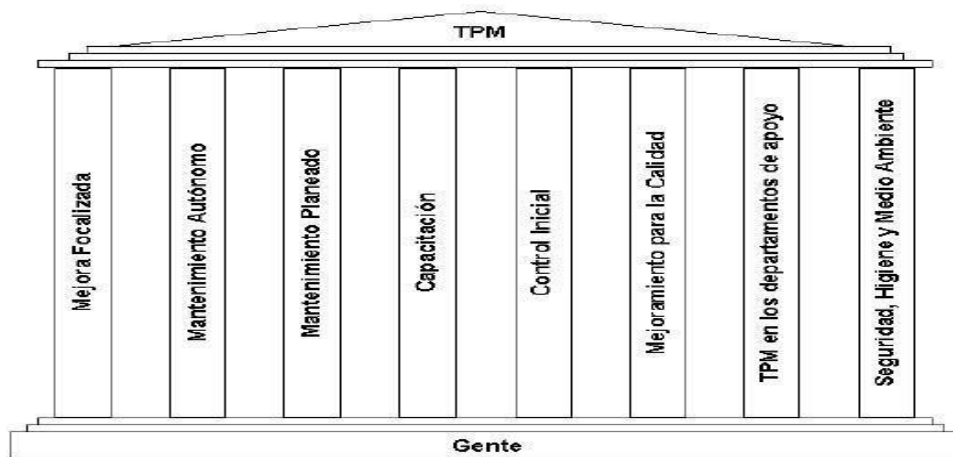
Definición De Pérdidas

Perdida es todo aquello que puede ser mejorado, por ejemplo si tenemos una eficacia de un 92%, existe todavía un 8% de pérdida que puede ser mejorado, en otras palabras una pérdida es una oportunidad de optimizar el proceso.

↗ PILARES

Para tener una mejor perspectiva del significado del TPM hay que entender que este se sustenta en 8 Pilares que a la vez se sustentan sobre la gente de la organización o empresa. (Figura 9)

Figura 4



Pilares del TPM

MEJORA FOCALIZADA

Objetivo: “Eliminar sistemáticamente las grandes pérdidas Ocasionadas con el proceso productivo”, las pérdidas pueden ser:

De los equipos:

- Fallas en los equipos principales
- Cambios y ajustes no programados
- Fallas de equipos auxiliares
- Ocio y paradas menores
- Reducción de Velocidad
- Defectos en el proceso
- Arranque

Recurso humano:

- Gerenciales
- Movimientos
- Arreglo/ acomodo
- Falta de sistemas automáticos
- Seguimientos y corrección

Proceso Productivo:

- De los recursos de producción
- De los tiempos de carga del equipo
- Paradas programadas

Por lo expuesto anteriormente se sabe que las pérdidas se pueden clasificar en pérdidas del equipo, recursos humanos y proceso productivo, subdividiéndose cada una en 8, 5 y 3 pérdidas respectivamente sumando las famosas 16 pérdidas que se busca eliminar en el TPM.

✓ MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Objetivo: “Conservar y mejorar el equipo con la participación del usuario u operador”

Concepto: “Los operadores se hacen cargo del mantenimiento de sus equipos, lo mantienen y desarrollan la capacidad para detectar a tiempo fallas potenciales”

La idea del mantenimiento autónomo es que cada operario sepa diagnosticar y prevenir las fallas eventuales de su equipo y de este modo prolongar la vida útil del mismo. No se trata de que cada operario cumpla el rol de un mecánico, sino de que cada operario conozca y cuide su equipo además ¿Quién puede reconocer de forma más oportuna la posible falla de un equipo antes de que se Presente?

Obviamente el operador calificado ya que él pasa mayor tiempo con el equipo que cualquier mecánico, él podrá reconocer primero cualquier varianza en el proceso habitual de su equipo. El mantenimiento autónomo puede prevenir:

- Contaminación por agentes externos
- Rupturas de ciertas piezas
- Desplazamientos
- Errores en la manipulación

Con sólo instruir al operario en:

- Limpiar
- Lubricar

- Revisar

- **MANTENIMIENTO PLANEADO**

Objetivo: “Lograr mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas”

Concepto: “Un conjunto de actividades sistemáticas y metódicas para construir y mejorar continuamente el proceso”

La idea del mantenimiento planeado es la de que el operario diagnostique la falla y la indique con etiquetas con formas, números y colores específicos dentro de la máquina de forma que cuando el mecánico venga a reparar la máquina va directo a la falla y la elimina.

Este sistema de etiquetas con formas, colores y números es bastante eficaz ya que al mecánico y al operario le es más fácil ubicar y visualizar la falla.

- **CAPACITACIÓN**

Objetivo: “Aumentar las capacidades y habilidades de los empleados”.

Aquí se define lo que hace cada quien y se realiza mejor cuando los que instruyen sobre lo que se hace y como se hace son la misma gente de la empresa, sólo hay que buscar asesoría externa cuando las circunstancias lo requieran.

- **CONTROL INICIAL**

Objetivo: “Reducir el deterioro de los equipos actuales y mejorar los costos de su mantenimiento”.

Este control nace después de ya implantado el sistema cuando se adquieren máquinas nuevas.

- **MEJORAMIENTO PARA LA CALIDAD**

Objetivo: “Tomar acciones preventivas para obtener un proceso y equipo cero defectos”.

La meta aquí es ofrecer un producto cero defectos como efecto de una máquina cero defectos, y esto último sólo se logra con la continua búsqueda de una mejora y optimización del equipo.

- **TPM EN LOS DEPARTAMENTOS DE APOYO**

Objetivo: “Eliminar las pérdidas en los procesos administrativos y aumentar la eficiencia”.

El TPM es aplicable a todos los departamentos, en finanzas, en compras, en almacén, para ello es importante es que cada uno haga su trabajo a tiempo. En estos departamentos las siglas del TPM toman estos significados.

T= Total Participación de sus miembros

P= Productividad (volúmenes de ventas y ordenes por personas)

M= Mantenimiento de clientes actuales y búsqueda de nuevos

- **SEGURIDAD HIGIENE Y MEDIO AMBIENTE**

Objetivo: “Crear y mantener un sistema que garantice un ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación”.

Aquí lo importante es buscar que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro, muchas veces ocurre que la contaminación en el ambiente de trabajo es producto del mal funcionamiento del equipo, así como muchos de los accidentes son ocasionados por la mala distribución de los equipos y herramientas en el área de Trabajo.

BENEFICIOS

Según su experiencia el ponente argumenta que en un año se recupera la inversión realizada al implantar este sistema y en 4 el ahorro producido permite invertir los recursos en otros proyectos. Aunque estos resultados no se ven de la noche a la mañana y son el producto de un trabajo hecho día a día pero llegar a la meta de “cero perdidas” es posible y una vez alcanzada hay que iniciar la búsqueda de otras pérdidas para eliminarlas, en otras palabras estos beneficios sólo se logran con el mejoramiento continuo.

Es importante destacar que la implantación del TPM, contribuye a la reducción de los costos, a realizar las entregas a tiempo, a que el empleado trabaje con mayor seguridad y a elevar la moral del trabajador ya que este participa activamente en un trabajo en equipo y aporta sugerencias.

2.2.10. LAS "5S'S" UNA FILOSOFÍA ESENCIAL

Basada en palabras japonesas que comienzan con una "S", esta filosofía se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar, y procesos estandarizados de trabajo. 5S simplifica el ambiente de trabajo, reduce los desperdicios y actividades que no agregan valor, al tiempo que incrementa la seguridad y eficiencia de calidad.

Seiri (ordenamiento o acomodo)

La primera S se refiere a eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario. Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es llamada "etiquetado en rojo".

En efecto una tarjeta roja (de expulsión) es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Enseguida, estos artículos son llevados a un área de almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirmó que eran innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados.

Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de piso desechando cosas tales como: herramientas rotas, aditamentos o herramientas

obsoletas, recortes y excesos de materia prima. Este paso también ayuda a eliminar la mentalidad de "Por Si Acaso".

Seiton (Todo en Su Lugar)

Es la segunda "S" y se enfoca a sistemas de guardado eficientes y efectivos.

1. ¿Qué necesito para hacer mi trabajo?
2. ¿Dónde lo necesito tener?
3. ¿Cuántas piezas de ello necesito?

Algunas estrategias para este proceso de "todo en Su lugar" son: pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estantería modular y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, etc.

¡No nos imaginamos cómo se pierde tiempo buscando una escoba que no está en su lugar! Esa simple escoba debe tener su lugar donde todo el que la necesite, la halle. "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar."

Seiso (¡que brille!)

Una vez que ya hemos eliminado la cantidad de estorbos y hasta basura, y relocalizado lo que sí necesitamos, viene una súper-limpieza del área.

Cuando se logre por primera vez, habrá que mantener una diaria limpieza a fin de conservar el buen aspecto y comodidad de esta mejora.

Se desarrollará en los trabajadores un orgullo por lo limpia y ordenada que tienen su área de trabajo. Este paso de limpieza realmente desarrolla un buen sentido de propiedad en los trabajadores. Al mismo comienzan a resultar evidentes problemas que antes eran ocultados por el desorden y suciedad. Así, se dan cuenta de fugas de aceite, aire, refrigerante, partes con excesiva vibración o temperatura, riesgos de contaminación, partes fatigadas, deformadas, rotas, desalineamiento.

Estos elementos, cuando no se atienden, pueden llevarnos a una falla del equipo y pérdidas de producción, factores que afectan las utilidades de la empresa.

↗ Seiketsu (Estandarizar)

Al implementar las 5S's, nos debemos concentrar en estandarizar las mejores prácticas en nuestra área de trabajo. Dejemos que los trabajadores participen en el desarrollo de estos estándares o normas. Ellos son muy valiosas fuentes de información en lo que se refiere a su trabajo, pero con frecuencia no se les toma en cuenta. Pensemos en lo que McDonalds, Pizza Hut, UPS, el Ejército de los EE.UU. serían si no tuvieran efectivas normas de trabajo o estándares.

↗ Shitsuke (Sostener)

Esta será, con mucho, la "S" más difícil de alcanzar e implementar.

La naturaleza humana es resistir el cambio y no pocas organizaciones se han encontrado dentro de un taller sucio y amontonado a solo unos meses de haber intentado la implementación de las "5S's". Existe la tendencia de volver a la tranquilidad del "Status Quo" y la "vieja" forma de hacer las cosas.

El sostenimiento consiste en establecer un nuevo "estatus quo" y una nueva serie de normas o estándares en la organización del área de trabajo.

Una vez bien implementado, el proceso de las 5S's eleva la moral, crea impresiones positivas en los clientes y aumenta la eficiencia la organización. No solo se sienten los trabajadores mejor acerca del lugar donde trabajan, sino que el efecto de superación continua genera menores desperdicios, mejor calidad de productos y más rápida revolvencia, cualquiera de los cuales, hace a nuestra organización más remunerativa y competitiva en el mercado.

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo incrementar la confiabilidad de los Equipos Caterpillar de Alquiler de la Empresa Unimaq S.A?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

En los países calificados como potencias mundiales existen diversas “filosofías”, las cuales permiten aprovechar oportunamente sus recursos.

Con un plan e implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total), se logra reducir costos muy significativos de mantenimiento, también ayuda en el crecimiento sostenible de la empresa y enriquece el profesionalismo de los trabajadores que operan en las instalaciones.

Con el diseño y ejecución del plan se desea utilizar de una manera óptima la herramienta del TPM (Mantenimiento Productivo Total) en los equipos Caterpillar destinados a la flota de alquileres de la empresa Unimaq S.A.

Actualmente la competitividad involucra tanto el mercado local como internacional, lo que significa, que se busca obtener procesos en términos de calidad y costo similares a algunas empresas transnacionales, con el fin de posicionarse en un mercado cada vez más agresivo. Es por ello que dentro del plan de crecimiento de la empresa se debe desarrollar un plan de mejora en el mantenimiento de los equipos para obtener resultados como: ahorro de recursos materiales, energéticos, humanos y financieros, por tanto el TPM debe considerarse como una opción confiable.

1.5.1. Justificación científica

Aplicando el sistema de TPM, permite a los Administradores y Supervisores; fijar los costos actuales de mantenimiento, realizar comparaciones de nuevas tecnologías con la maquinaria a estudiar.

Además, de acuerdo con los nuevos avances tecnológicos, los equipos tienen mayores beneficios, tales como: mayor vida útil debido a los múltiples sistemas de protección del equipo y una reducción significativa de las emisiones de gases tóxicos.

1.5.2. Justificación social

El TPM, gracias al Pilar de CAPACITACION, permite a los trabajadores de la empresa instruirse constantemente en nuevas tecnologías y adquirir conocimientos cada vez mejores con respecto al entorno en el que trabajan, por lo que se verifica que obtendrán mayor conocimiento y sería de mucha utilidad para la sociedad.

1.5.3. Justificación económica

El proyecto de investigación se basa en la “filosofía” del TPM, la cual con una correcta ejecución en nuestra empresa nos permite ahorrar significativamente en los costos de mantenimiento debido a intervenciones correctivas en el proceso de alquiler, el TPM permitirá reducir en gran número los mantenimientos correctivos no programados por tanto, los equipos serán más confiables en las labores que realizan y como resultado tendremos un ahorro económico y una mayor producción en horas de la maquinaria Caterpillar.

1.5.4. Justificación ambiental

En cuanto al medio ambiente, la aplicación de un TPM en los equipos nos arrojará como resultado:

- Disminución en el nivel de contaminantes de los gases de escape.
- Significante mejora en el ahorro de materias primas, energía eléctrica y agua la reducción de los residuos generados.

- Mejora continua de la gestión de mantenimiento.

1.6. HIPÓTESIS

Con la implementación y ejecución de un plan TPM se propone una alternativa para incrementar la confiabilidad de los Equipos de Alquiler, de la empresa UNIMAQ S.A - Chiclayo

1.7. OBJETIVOS:

1.7.1. Objetivo general.

Incrementar la confiabilidad de los equipos Caterpillar de alquiler de la empresa UNIMAQ S.A con la implementación y ejecución de un TPM.

1.7.2. Objetivos específicos

- Verificar actuales indicadores de resultados en cuanto a la confiabilidad de los Equipos Caterpillar de Alquiler de la Empresa UNIMAQ S.A.
- Identificar los factores influyentes en los resultados actuales en cuanto a la confiabilidad de los Equipos Caterpillar de alquiler de la Empresa UNIMAQ S.A.
- Establecer plan de mejora en base a los pilares de TPM
- Estimar los resultados que se generaran a partir de la implementación del TPM para los Equipos Caterpillar de Alquiler de la Empresa UNIMAQ S.A.
- Evaluar la propuesta económica (mediante indicadores económicos, VAN, TIR)

II. METODO

2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación corresponde a un diseño de campo y documental. De campo, porque se basó en visitas al área de trabajo, talleres y obras para obtener datos e información y observar directamente el objeto de estudio, documental debido a que la información fue extraída de manuales y catálogos suministrados por los fabricantes de cada equipo

2.2. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio se realizó como una investigación no experimental de tipo Descriptivo-Diagnóstica.

Es no experimental debido a que no existió manipulación en forma deliberada de la variable independiente, simplemente se procedió a realizar observaciones de situaciones ya existentes. Es de carácter Descriptivo, porque permitió describir y conocer el funcionamiento cada uno de los equipos de la flota de la empresa Unimaq S.A y diagnóstica ya que se realizaron evaluación de los equipos y sus componentes.

2.3. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

Figura 5

Elaboración Propia

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	Es una filosofía originaria de Japón, el cual se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costos en los procesos de producción industrial.	con la aplicación del Plan de Mantenimiento Productivo Total, se busca aumentar la confiabilidad de los equipos y obtener resultados de mejora en la gestión de mantenimiento actual	PLANIFICACION - PROGRAMACION - EJECUCION Y CONTROL	COMPARACION DE RESULTADOS DE LA GESTION, CON LA APLICACIÓN DEL TPM	REPORTE DE DATOS - CUADROS COMPARATIVOS DE RESULTADOS OBTENIDOS	Razon
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS	Es la "capacidad de un ítem de desempeñar una función requerida, en condiciones establecidas durante un período de tiempo determinado".	la confiabilidad es un dato estadístico, pues es una probabilidad la cual es determinada o calculada a partir de la información de los registros de los paros.	ACCIDENTES - DEFECTOS - FALLAS	MTBF (Tiempo Medio entre fallas) MTRR (Tiempo medio para reparación)	FICHA DE RECOLECCION DE DATOS - REPORTE DE RECOLECCION DE DATOS	Razon

Operacionalización de las Variables

2.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.4.1. Población

Mediante la estadística, la definición y concepto de “población” abarca mucho más de los que normalmente se conoce. La población se define como el conjunto infinito o finito de objetos o personas que tienen cosas en común (características).

“Una población es un conjunto de todos los elementos que estamos estudiando, acerca de los cuales intentamos sacar conclusiones”. Levin & Rubin (1996).

Para nuestro estudio, la población está conformada por todos los equipos Caterpillar de flota que ha tenido Unimaq Chiclayo en los años 2016-2017, cuyos costos de mantenimientos han sido asumidos por la cuenta de mantenimiento de equipos CAT.

Los equipos suman un total de 15. (100%)

Figura 6

MARCA	EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO DE FLOTA
CATERPILLAR	EXCAVADORA	320D 2L	0TMF00504	03818211
CATERPILLAR	EXCAVADORA	320D 2L	0PBB00250	03818229
CATERPILLAR	EXCAVADORA	320D 2L	0KHR00506	03818214
CATERPILLAR	EXCAVADORA	320D L	0A8F02778	03818134
CATERPILLAR	MARTILLO HIDRAULICO	H75	0X9E00189	03573007
CATERPILLAR	MINICARGADOR	236B3	0HEN06933	03213035
CATERPILLAR	MONTACARGAS	GP25NM	AT17DT1612	051102165
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	420F-BE	0LTG01527	03530082
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	420F2-BE	0LYB00448	03530185
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	420F-BE	0LTG02254	03530151
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	420F2-BE	0LBS00391	03530188
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	320D 2L	0PBB00262	03818230
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	420E-BE	0LMS01365	03516055
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	420F-BE	0LTG01650	03530100
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	420E-BE	0LTG02260	03530150

Elaboración Propia

Población de estudio

2.4.2. Muestra

“Se considera muestra a cierta parte de una población que se pretende estudiar y sirve para representarla”. Murria R. Spiegel (1991).

“La muestra es una parte de algunos elementos de nuestra población mas no de todos”. Levin & Rubin (1996).

“La muestra tendría que ser definida en base a la población determinada, mientras que como conclusiones obtenidas a partir de la muestra solo se referirán a la población dada”, Cadenas (1974).

Para este caso de estudio, la muestra está dada por los equipos de “criticidad I”, como las Excavadoras y Retroexcavadoras.

Se ordenan según el número de intervenciones en el periodo 2016-2017

Comprende un total de 09 equipos que representan el 60 % de la población del estudio.

Figura 7

MARCA	EQUIPO	MODELO	SERIE	CODIGO DE FLOTA
CATERPILLAR	EXCAVADORA	320D 2L	OTMF00504	03818211
CATERPILLAR	EXCAVADORA	320D 2L	0PBB00250	03818229
CATERPILLAR	EXCAVADORA	320D 2L	0KHR00506	03818214
CATERPILLAR	EXCAVADORA	320D L	0A8F02778	03818134
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	420F-BE	0LTG01527	03530082
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	420F2-BE	0LYB00448	03530185
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	420F-BE	0LTG02254	03530151
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	420F2-BE	0LBS00391	03530188
CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	320D 2L	0PBB00262	03818230

Elaboración Propia

Muestra del estudio

Figura 8

Elaboración Propia

EQUIPOS TOTAL	15
MUESTRA	9
% REPRESENTADO PORCENTAJE DE LA MUESTRA	60%

Muestra representada en porcentaje %

2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.5.1. Técnicas de recolección de información

📌 Observación Directa

La observación directa permitió conocer e identificar cada una de las actividades, tecnología, metodologías y procedimientos de mantenimiento realizados por el área de servicios de la empresa.

📌 Datos Históricos

La revisión de los datos históricos permitió obtener información esencial con respecto a las rutinas de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo desarrollado por los mecánicos del área de servicios.

Entrevistas

Se realizaron entrevistas no estructuradas al personal involucrado en las labores de mantenimiento del área de servicios con la finalidad de obtener una información más precisa y detallada acerca de las fallas y funcionamiento de los equipos por medio de una serie de preguntas abiertas y aleatorias surgidas de las necesidades pertinentes a dudas o temas específicos, que permitieron realizar un diagnóstico de la situación actual.

Revisión De Material Bibliográfico

La revisión de material bibliográfico incluye la revisión de: Manuales y catálogos suministrados por los fabricantes de los equipos y la revisión de textos de consulta con el fin de complementar los fundamentos teóricos del presente informe se consultó referencias electrónicas (Como Internet).

Análisis De Documentos

El análisis de documentos, muy fundamental para el desarrollo de este proyecto ya que nos permite obtener los resultados de nuestros dos primeros objetivos específicos.

2.5.2. Instrumentos

- Ficha de recolección de datos
- Reporte de recolección de datos

2.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Se utilizará el método de análisis inductivo ya que partiremos del problema a una posterior solución.

Mediante el método estadístico realizaremos la confiabilidad del proyecto

Los datos serán procesados en MS-Excel 2010.

2.7. ASPECTOS ÉTICOS

La presente tesis se desarrollará manteniendo un grado de privacidad de los autores, del cual se ha recopilado la información de antecedentes con respecto a planes de Mantenimiento Productivo Total, citando a cada autor y dueño de dichas investigaciones, con el fin de evitar cualquier situación de culpa que pudiera perjudicar ocasionar conflictos al autor de esta investigación.

2.8. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.8.1. Validez

La validez de los instrumentos de esta investigación se realizará con la aprobación de uno a tres especialistas del área

2.8.2. Confiabilidad

La presente tesis poseerá una firmeza en los resultados obtenidos durante, y después de la conclusión del proyecto acudiendo a mejoras económicas, sociales y medio ambientales de la empresa UNIMAQ SA

III. RESULTADOS

3.1. VERIFICAR ACTUALES INDICADORES DE RESULTADOS EN CUANTO A LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS CATERPILLAR DE ALQUILER DE LA EMPRESA UNIMAQ S.A – CHICLAYO.

3.1.1. SISTEMA SPRING

El Spring V11, es un poderoso software con el que cuenta la empresa para realizar sus operaciones administrativas y de logística.

Para este caso, se usara el módulo de SPRING CONTABILIDAD, el cual nos da la información necesaria de las ventas y costos cargados en las cuenta de mantenimiento de alquileres INT4015

3.1.2. BENCHAMARK

Consiste en tomar “comparadores” o benchmarks a aquellos productos, servicios y procesos de trabajos que pertenezcan a organizaciones que evidencias las mejoras practicas sobre el área de interés, con el propósito de transferir sus mejores prácticas y su aplicación. Según Casadeùs (2005).

Según los indicadores comparativos de gestión de mantenimiento, podemos observar que el benchmark obtenido del cociente del costo de mantenimiento y facturación mensual de alquileres está por encima del 20% **(Porcentaje óptimo para una buena gestión, según gerencia de la empresa).**

Este indicador nos da una visión exacta de los problemas que está pasando el área de mantenimiento, ya que al existir un costo elevado por los trabajos realizados nos indica claramente que están existiendo intervenciones por correctivos no programados las cuales generan un gasto adicional al presupuesto para mantenimiento y eleva el benchmark ideal.

A continuación de muestra una tabla con el benchmark obtenido mensualmente expresado en porcentaje %.

Tabla 1

BENCHMARK DE ALQUILERES 2017 – COSTO MANTENIMIENTO VS VENTA

	ENERO	FEBR	MARZ	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM	OCTB	NOVIE M	DICIE MB
VENTA	105103.84	109094.52	20643.08	32148.10	39340.00	43960.55	84248.64	1.00	83141.91	46659.60	0.00	0.00
EQUIPOS CAT	33010.00	38267.4	20642.08	32147.1	39339	43959.55	84247.64	0.5	59777.91	23317.2		
EQUIPOS RAP	72093.84	70827.12	1	1	1	1	1	0.5	23364	23342.4		
MTTO	8577.37	5436.1	2686.87	18276	11210.28	14624.14	4924.94	11927.53	30998.92	8115.98		
EQUIPOS CAT												
MTTO	1789.22	1	9634.84	13339.1	4986.06	1181.96	3138.81	11155.28	1424.9	3559.37		
EQUIPOS RAP												
GENERAL								1.00%				

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 1, Los equipos Cat son los equipos que pertenecen a Unimaq en su totalidad y los equipos Rap, son aquellos que aun perteneces al fabricante CATERPILLAR, pero Unimaq paga mensual una cuota por adquisición.

Ambas descripciones son equipos de la marca CAT y pertenecen a la flota de alquileres, el código RAP y CAT es solo para diferenciarse entre sí.

Ambos costos por mantenimiento ingresan a la misma cuenta.

3.1.3. ORDENES DE TRABAJO

Cada servicio generado a la flota de maquinarias se canaliza a través de un OT (Orden de Trabajo), la cual es controlada por el software DBS, software de trabajo utilizado por la empresa desde sus inicios de fundación.

La OT aperturada cuenta con segmentos de trabajo detallados y según el trabajo que se realice al equipo los gastos incurridos serán cargados en el segmento indicado por el tipo de trabajo:

- Segmento 01: reparación motor
- Segmento 02: mantenimiento preventivo
- Segmento 03: reparación sistema eléctrico
- Segmento 04: reparación transmisión
- Segmento 05: reparación sistema hidráulico
- Segmento 06: reparación sistema dirección
- Segmento 07: reparación varios
- Segmento 08: reparación llantas y neumáticos

Los gastos típicos incurridos por cada servicio son:

- Gastos por mano de obra del técnico
- Gastos por movilidad
- Gastos por viáticos de alimentación y hospedaje (Según sea el caso)
- Gastos de consumibles (Trapo industrial, aditivos, limpiadores, etc, etc)
- Gastos de Repuestos
- Gastos de Lubricantes

En esta cuenta se ingresan a diario los gastos que se originan por la atención de los servicios de mantenimientos en campo y taller, tanto preventivo como correctivo.

3.1.4. CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS

Con la obtención de los datos del software spring y calculando el bechmark mensual de alquileres. Podemos verificar que este se encuentra muy por encima del solicitado por la gerencia de la empresa.

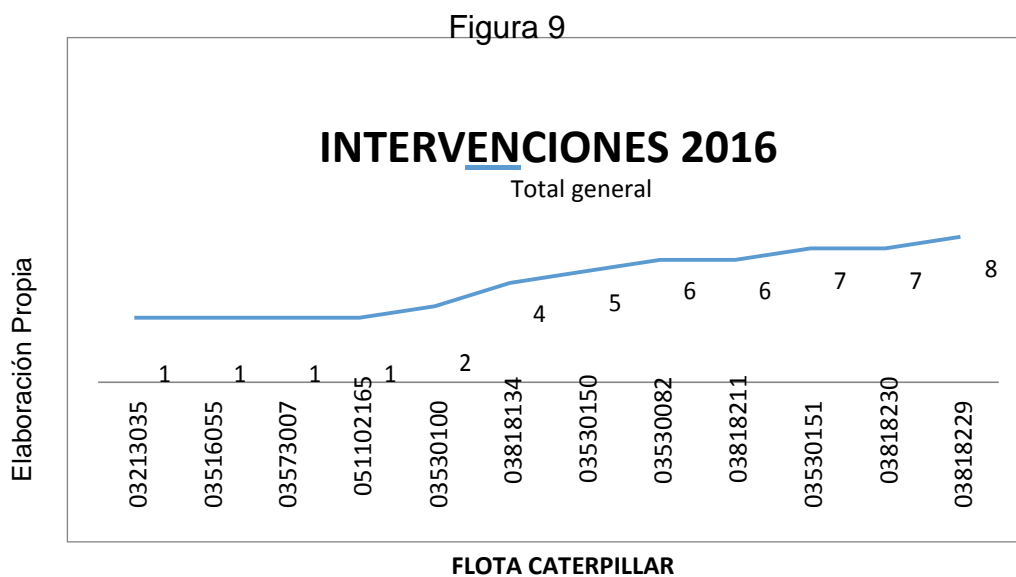
Por este motivo se procedió a analizar las ordenes de trabajo aperturadas en el transcurso de los años 2016-2017 por cada equipo, Esto nos da un exacto detalle de los trabajos que se han venido realizando a la maquinaria de alquiler.

En nuestros tablas dinámicas, podemos observar la cantidad de OT aperturadas para nuestra población de equipos ya definida, nos arrojó un resultado de 49 intervenciones en el 2016 y 63 intervenciones para el 2017, reportando un total de 112 intervenciones

Tabla 2

INTERVENCIONES 2016													
Etiquetas de fila	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	Total general
03213035									1				1
03516055								1					1
03573007												1	1
05110216		1											1
5													
03530100		2											2
03818134	1		1		1				1				4
03530150		1	1		1					2			5
03530082						1		1	2			2	6
03818211			1	1			1		1		1	1	6
03530151			1				1		1	2	1	1	7
03818230	1			1	1		1		1		1	1	7
03818229				2	1		1	1	1		1	1	8
Total general	2	4	4	4	4	1	4	3	8	4	4	7	49

Fuente: elaboración propia



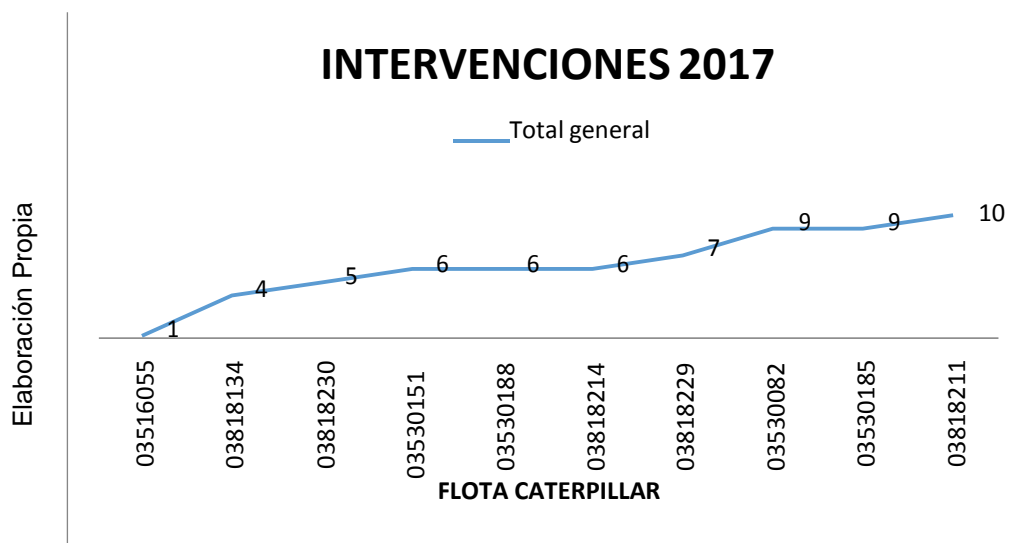
Indicador equipos críticos por número de intervenciones (2016)

Tabla 3

INTERVENCIONES 2017												
Etiquetas de fila	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	Total general
03516055	1											1
03818134			1	1	2							4
03818230			1	1	2		1					5
03530151				3	1				2			6
03530188	1	1			1		1	1			1	6
03818214	1		1	1	2		1					6
03818229		1	1	1	3		1					7
03530082			1		2	1	2	1	2			9
03530185	1	1	1		1	1	1	1			2	9
03818211			1	2	1		1		2	1	2	10
Total general	4	3	7	9	15	2	8	3	6	1	5	63

Fuente: Elaboración propia

Figura 10



Indicador equipos críticos por número de intervenciones (2017)

En resumen, podemos observar que hay equipos que presentan más de 15 intervenciones en el periodo 2016-2017 y observamos que los equipos de "Críticidad I", como Excavadoras y Retroexcavadoras presentan el mayor número de intervenciones

Un total de 112 intervenciones, de las cuales se tomó una muestra de 100 para el análisis respectivo (89%)

Tabla 4

TOTAL INT RVE NCIONES 2016- 017																									
Etiquetas	ene- 16	feb- 16	mar- 16	abr- 16	may- 16	jun- 16	jul- 16	ago- 16	sep- 16	oct- 16	nov- 16	dic- 16	ene- 17	feb- 17	mar- 17	abr- 17	may- 17	jun- 17	jul- 17	ago- 17	sep- 17	oct- 17	nov- 17	Total general	
03213035									1															1	
03573007												1													1
051102165		1																							1
03516055								1					1												2
03530100		2																							2
03530150		1	1		1					2															5
03530188													1	1			1		1	1			1		6
03818214													1		1	1	2		1						6
03818134	1		1		1				1						1	1	2								8
03530185													1	1	1		1	1	1	1			2		9
03818230	1			1	1		1		1		1	1			1	1	2		1						12
03530151			1				1		1	2	1	1				3	1				2				13
03530082						1		1	2			2			1		2	1	2	1	2				15
03818229				2	1		1	1	1		1	1		1	1	1	3		1						15
03818211			1	1			1		1		1	1			1	2	1		1		2	1	2		16
Total general	2	4	4	4	4	1	4	3	8	4	4	7	4	3	7	9	15	2	8	3	6	1	5	112	

Fuente: Elaboración propia

Figura 11

PORCENTAJE DE INTERVENCIONES	
INTERVENCIONES TOTALES	112
INTERVENCIONES A ESTUDIAR	100
% REPRESENTADO	89%

Representación del porcentaje de intervenciones a estudiar

↗ **Análisis De Intervenciones De Retroexcavadora 03530082**

Según la recolección de nuestros datos se observó que el equipo en mención estuvo en periodo de reparación aproximado 2 años que es el tiempo de estudio. Por tanto, no se puede medir su porcentaje de confiabilidad en el trabajo ya que tiene cero horas de producción.

El equipo tiene un total de 134.37 horas de reparación, lo que nos da un porcentaje de 2 % y 12389 horas de espera por reparación (98%) y 12600 horas de inoperatividad por falla (100%)

- Representación de resultados en días, meses, años.

$134.37 / 24 = 5.7$ días de labor efectiva para reparación

$12465 / 24 = 519.40$ días = 17 meses = 1.4 años de espera para ser reparado el equipo

$12600 / 24 = 525$ días = 17.5 meses = 1.5 años de inoperatividad total.

Tabla 5

ANALISIS DE INTERVENCIONES DE RETROEXCADORA 03530082								
CLIENT	SERIE	OT	FECHA	HOROMET.	PRODUCCIO	PERIOD	TTR	TIEMPO
E			INICIO	DE	N DE	O DE	(HORA	EQUIPO
			LABOR	INTERVENC	EQUIPO	ESTUDI	S)	DISPONIB
				ON	(HORAS)	O		LE
						(HORAS		(HORAS)
)		
TALLE	LTG0152	CY0341	23/06/20	1473.2	0	1392.00	62.07	no aplica
R	7	3	16					
TALLE	LTG0152	CY0354	20/08/20	1473.2	0	408.00	0	no aplica
R	7	7	16					
TALLE	LTG0152	CY0358	06/09/20	1473.2	0	312.00	4	no aplica
R	7	2	16					
TALLE	LTG0152	CY0360	19/09/20	1473.2	0	1752.00	10.74	no aplica
R	7	6	16					
TALLE	LTG0152	CY0385	01/12/20	1473.2	0	96.00	8.99	no aplica
R	7	0	16					
TALLE	LTG0152	CY0392	05/12/20	1473.2	0	2448.00	0	no aplica
R	7	8	16					
TALLE	LTG0152	CY0413	17/03/20	1473.2	0	336.00	42.23	no aplica
R	7	1	17					
TALLE	LTG0152	CY0425	31/03/20	1473.2	0	0.00	0	no aplica
R	7	1	17					
TALLE	LTG0152	CY0426	31/03/20	1473.2	0	0.00	0	no aplica
R	7	6	17					
TALLE	LTG0152	CY0433	31/03/20	1473.2	0	0.00	0	no aplica
R	7	3	17					
TALLE	LTG0152	CY0442	31/03/20	1473.2	0	0.00	0	no aplica
R	7	0	17					
TALLE	LTG0152	CY0442	31/03/20	1473.2	0	0.00	0	no aplica
R	7	7	17					
TALLE	LTG0152	CY0451	31/03/20	1473.2	0	0.00	0	no aplica
R	7	5	17					
TALLE	LTG0152	CY0469	31/03/20	1473.2	0	4368.00	0	no aplica
R	7	5	17					

TALLE	LTG0152	CY0474	29/09/20	1473.2	0.8	1488.00	6.74	no aplica
R	7	3	17					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

ANALISIS DE INTERVENCIONES DE EXCAVADORA 03818229								
CLIENTE	SERIE	OT	FECHA	HOROMET.	PRODUCCI	PERIOD	TTR	TIEMPO
			INICIO	DE	ON DE	O DE	(HORA	EQUIPO
			LABOR	INTERVENC	EQUIPO	ESTUDI	S)	DISPONIB
				ON	(HORAS)	O		LE
						(HORAS		(HORAS)
)		
TALLER	PBB002	CY031	01/04/20	509.3	0.00	480.00	1.25	478.75
	50	78	16					
TALLER	PBB002	CY032	21/04/20	509.3	0.00	48.00	9.37	38.63
	50	56	16					
ALQUILA	PBB002	CY033	23/04/20	509.3	575.80	1776.0	0	1200.20
DO	50	11	16			0		
ALQUILA	PBB002	CY035	09/08/20	1085.1	314.90	936.00	20.99	600.11
DO	50	23	16					
ALQUILA	PBB002	CY038	09/12/20	1400	671.50	2712.0	4.37	2036.13
DO	50	76	16			0		
ALQUILA	PBB002	CY041	01/04/20	2071.5	0.00	480.00	23.5	456.50
DO	50	68	17					
TALLER	PBB002	CY042	21/04/20	2071.5	1.50	576.00	0	574.50
	50	38	17					
TALLER	PBB002	CY042	15/05/20	2073	0.00	24.00	3.37	20.63
	50	79	17					
TALLER	PBB002	CY042	16/05/20	2073	0.00	0.00	0	0.00
	50	87	17					
TALLER	PBB002	CY044	16/05/20	2073	0.00	2112.0	0	2112.00
	50	16	17			0		

Fuente: Elaboración propia

Según podemos observar en nuestro cuadro de resultados, el equipo estudiado en el periodo dado, presenta un total de:

- 2009.40 horas de producción que representa el 16.81% (Utilización)
- 62.85 horas para reparaciones por correctivos no programados (1%)
- 9849.38 horas de espera entre reparación y no uso de equipo (82.40%)
- 768.00 horas de inoperatividad por reparaciones no programadas (38%)

Tabla 7

ANALISIS DE INTERVENCIONES DE EXCAVADORA 03818211								
CLIENTE	SERIE	OT	FECHA	HOROMET.	PRODUCCI	PERIOD	TTR	TIEMPO
			INICIO	DE	ON DE	O DE	(HORA	EQUIPO
			LABOR	INTERVENC	EQUIPO	ESTUDI	S)	DISPONIB
				ON	(HORAS)	O		LE
						(HORA		(HORAS)
						S)		
TALLER	TMF005	CY031	18/03/20	747	0.00	816.00	5.35	810.65
	04	42	16					
ALQUILA	TMF005	CY032	21/04/20	747	1239.50	2400.0	7.5	1153.00
DO	04	41	16			0		
ALQUILA	TMF005	CY038	10/12/20	1986.5	390.50	2928.0	10	2527.50
DO	04	74	16			0		
ALQUILA	TMF005	CY041	10/12/20	no hay	no hay	0.00	0	no hay
DO	04	06	16	datos	datos			datos
TALLER	TMF005	CY041	11/04/20	2377	0.00	408.00	30.47	377.53
	04	86	17					
TALLER	TMF005	CY042	28/04/20	2377	0.00	240.00	16.74	223.26
	04	16	17					
TALLER	TMF005	CY042	08/05/20	2377	0.00	1920.0	4.37	1915.63
	04	35	17			0		
TALLER	TMF005	CY045	27/07/20	2377	0.00	1032.0	13.75	1018.25
	04	06	17			0		
TALLER	TMF005	CY046	08/09/20	2377	0.00	288.00	6.25	281.75
	04	31	17					
ALQUILA	TMF005	CY047	20/09/20	2377	551.00	576.00	0	25.00
DO	04	15	17					
ALQUILA	TMF005	CY049	24/11/20	2928	36.00	48.00	2	10.00
DO	04	46	17					
TALLER	TMF005	CY049	26/11/20	2964	0.00	96.00	3	93.00
	04	56	17					

Fuente: Elaboración propia

Según podemos observar en nuestro cuadro de resultados, el equipo estudiado en el periodo dado, presenta un total de:

- 1358.5 horas de producción que representa el 10% (Utilización)
- 99.43 horas para reparaciones por correctivos no programados (1%)
- 11530.22 horas de espera entre reparación y no uso de equipo (77%)
- 1464 horas de inoperatividad por reparaciones no programadas (107%)

Tabla 8

ANALISIS DE INTERVENCIONES DE RETROEXCAVADORA 03530151								
CLIENTE	SERIE	OT	FECHA	HOROMET.	PRODUCCI	PERIOD	TTR	TIEMPO
			INICIO	DE	ON DE	O DE	(HORA	EQUIPO
			LABOR	INTERVENC	EQUIPO	ESTUDI	S)	DISPONIB
				ON	(HORAS)	O		LE
						(HORAS		(HORAS)
)		
ALQUILA	LTG022	CY036	03/09/20	no hay	no hay	0.00	0	no hay
DO	54	59	16	datos	datos			datos
ALQUILA	LTG022	CY036	07/10/20	1769	366.00	984.00	2	616.00
DO	54	66	16					
ALQUILA	LTG022	CY038	09/12/20	2135	611.00	3144.0	4	2529.00
DO	54	75	16			0		
TALLER	LTG022	CY041	19/04/20	2746	0.00	216.00	9.24	206.76
	54	87	17					
TALLER	LTG022	CY042	21/04/20	2746	0.00	168.00	6.37	161.63
	54	15	17					
TALLER	LTG022	CY042	28/04/20	2746	0.00	264.00	4.37	259.63
	54	04	17					
ALQUILA	LTG022	CY042	02/05/20	2746	106.40	3000.0	24.62	2868.98
DO	54	21	17			0		
ALQUILA	LTG022	CY046	04/09/20	2852.4	239.60	288.00	22.5	25.90
DO	54	25	17					
ALQUILA	LTG022	CY046	16/09/20	3092	0.00	1800.0	16.87	1783.13
DO	54	59	17			0		

Fuente: Elaboración propia

Según podemos observar en nuestro cuadro de resultados, el equipo estudiado en el periodo dado, presenta un total de:

- 2341.80 horas de producción que representa el 15% (Utilización)
- 89.97 horas para reparaciones por correctivos no programados (1%)
- 12680.55 horas de espera entre reparación y no uso de equipo (83%)

- 384 horas de inoperatividad por reparaciones no programadas (16%)

Tabla 9

ANALISIS DE INTERVENCIONES DE EXCAVADORA 03818230								
CLIENT	ERI	O	FECHA	HOROMET. DE	PRODUCCION	PERIODO	TTR	TIEMPO
E	E	T	INICIO	INTERVENCION	DE EQUIPO	DE	(HORAS)	EQUIPO
			LABOR		(HORAS)	ESTUDIO		DISPONIBLE
						(HORAS)		(HORAS)
PBB00262	CY0324		21/04/201	485.7	375.40	1824.00	7.44	1441.16
			6					
PBB00262	CY0331		21/04/201	no hay datos	no hay	0.00	0	no hay
			6		datos			datos
PBB00262	CY04184		11/04/201	1732.8	0.00	672.00	73.21	598.79
			7					
PBB00262	CY04239		11/04/201	1732.8	0.00	0.00	0	0.00
			7					
PBB00262	CY04265		09/05/201	1732.8	0.00	1368.00	0	1368.00
			7					
PBB00262	CY04418		05/07/201	1732.8	0.00	840.00	2.62	837.38
			7					

Fuente: Elaboración propia

Según podemos observar en nuestro cuadro de resultados, el equipo estudiado en el periodo dado, presenta un total de:

- 1472.80 horas de producción que representa el 11% (Utilización)
- 83.27 horas para reparaciones por correctivos no programados (1%)
- horas de espera entre reparación y no uso de equipo (87%)
- 672 horas de inoperatividad por reparaciones no programadas (45.62%)

↗ ALISIS DE INTERVENCIONES DE RETROEXCAVADORA 03530185

Para el siguiente equipo estudiado en el periodo dado, presenta un total de:

- 1426 horas de producción que representa el 18% (Utilización)
- 79.35 horas para reparaciones por correctivos no programados (1%)
- 4582.54 horas de espera entre reparación y no uso de equipo (59%)
- 696 horas de inoperatividad por reparaciones no programadas (48.80%)

↗ ANALISIS DE INTERVENCIONES DE EXCAVADORA 03818134

Para el siguiente equipo estudiado en el periodo dado, se observó que el equipo en mención estuvo en periodo de reparación aproximado 2 años que es el tiempo de estudio.

Por tanto, no se puede medir su porcentaje de confiabilidad en el trabajo ya que tiene cero horas de producción.

El equipo tiene un total de 57.79 horas de reparación, lo que nos da un porcentaje de 1 % y 13598.21 horas de espera por reparación (99%) y 13656 horas de inoperatividad por falla (100%)

- Representación de resultados en días, meses, años.

$57.79 / 24 = 2.40$ días de labor efectiva para reparación

$13598.21 / 24 = 566.59$ días = 18.88 meses = 1.6 años de espera para ser reparado el equipo

$13656 / 24 = 569$ días = 19 meses = 1.6 años de inoperatividad total.

↗ ANALISIS DE INTERVENCIONES DE RETROEXCAVADORA 03530188

Para el siguiente equipo estudiado en el periodo dado, presenta un total de:

- 2132.10 horas de producción que representa el 27% (Utilización)
- 42.35 horas para reparaciones por correctivos no programados (1%)
- 5536.56 horas de espera entre reparación y no uso de equipo (71%)
- 480 horas de inoperatividad por reparaciones no programadas (22.51%)

↗ ANALISIS DE INTERVENCIONES DE EXCAVADORA 03818214

Para el siguiente equipo estudiado en el periodo dado, presenta un total de:

- 180.1 horas de producción que representa el 3.34% (Utilización)
- 15.74 horas para reparaciones por correctivos no programados (1%)
- 5204.16 horas de espera entre reparación y no uso de equipo (96%)
- 264 horas de inoperatividad por reparaciones no programadas (146%)

Tabla 10

DISTRIBUCION DE TIEMPOS DE EQUIPOS INTERVENIDOS – INOPERATIVIDAD VS PRODUCCION					
ITEM	CODIGO	TIEMPO INOPERATIVIDAD (HORAS)	TIEMPO PRODUCCION (HORAS)	TIEMPO DE ESTUDIO (HORAS)	# INTERVENCIONES CORRECTIVAS
1	03530082	12600	0	12600	15
2	03818229	768	2009.4	11952	10
3	03818211	1464	1358.5	14928	12
4	03530151	384	2341.8	15168	9
5	03818230	672	1472.8	13368	6
6	03530185	696	1426	7776	6
7	03818134	13656	0	13656	7
8	03530188	480	2132.1	7776	2
9	03818214	264	180.1	5400	5

Fuente: Elaboración propia

DISTRIBUCION WEYBULL

Tabla 11

ANALISIS WEYBULL					
MAQUINA	TIEMPO INOPERATIVIDAD (HORAS)= ti	ORDENADO DE MENOR A MAYOR	LN (ti)	(LN (ti)- X)^2	
1	12600	264	5.58	2.24	
2	768	384	5.95	1.26	
3	1464	480	6.17	0.81	
4	384	672	6.51	0.32	
5	672	696	6.55	0.28	
6	696	768	6.64	0.18	
7	13656	1464	7.29	0.05	
8	480	12600	9.44	5.61	
9	264	13656	9.52	6.00	
SUMA			63.65	16.74	

Fuente: Elaboración propia

Cantidad de datos

n	9
---	---

Tabla 12

APLICACIÓN DE FORMULAS	
MEDIA = X	7.0725
VARIANZA = S^2	2.0928
DESV ESTA =S	1.4466
β	0.8866
α	2260.8659

γ	0.0000
e	7.7235

Fuente: Elaboración propia

Medidas encontradas para el cálculo weybull

Qué porcentaje de fallas se espera cada 270?

270 horas es de producción es el intervalo máximo por cada mantenimiento preventivo

TIEMPO =

Calculo de las fallas en 270 horas

exp	-0.1570
R (t)	0.8547
F(t)= 1- R (t)	0.1453

RESULTADO: EN UN PERIODO DE 270 HORAS DE PRODUCCION HAY UNA PROBABILIDAD DE FALLA DE 14.53 %

LO QUE NOS DA UNA CONFIABILIDAD DE 85.47 %

3.2. IDENTIFICAR LOS FACTORES INFLUYENTES EN LOS RESULTADOS ACTUALES EN CUANTO A LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS CATERPILLAR DE ALQUILER DE LA EMPRESA UNIMAQ S.A.

Para el desarrollo de este objetivo de creo una tabla matriz en base a todos los datos obtenidos, en la cual podemos encontrar los principales motivos de las intervenciones.

Se clasificaron principalmente en 2 grupos: Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Correctivo (MTTO NO PROGRAMADO), el cual a su vez, está separado por:

- Tipo de intervención
- Sistema intervenido
- Labor realizada
- Motivo de intervención
- Motivo de tiempo de espera
- Costos generales de mantenimiento.

Según los resultados de nuestra confiabilidad actual, se observan 2 grandes problemas.

- Nuestro número de intervenciones no programadas promedio es demasiado alto (entre 8 y 10 intervenciones por correctivos), lo que afecta la confiabilidad de la máquina.
- El tiempo que de reparación está demasiado alto (27 horas promedio para levantar observaciones)

y sumado a esto, se observó también que el tiempo de utilización de equipo es muy bajo (40%)

3.2.1. ANALISIS INTERVENCIONES POR CORRECTIVOS NO PRORAMADOS (EN GENERAL)

Tabla 13

TA LA GENERAL DE CORRECTIVOS NO PROGRAMADOS							
TIPO DE INTERVENCION	SISTEMA	LABOR	MOTIVO DE PARADA	MOTIVO DEL T. ESPERA (TALLER - ALQUILADO)	MANO DE OBRA (\$\$)	PARTES (\$\$)	MISCELANEOS (\$\$)
MTTO CORRECTIVO	VARIOS	PREPARACION	DEVOLUCION DE EQUIPO	JEFATURA / ADMINISTRATIVO	125.00	0.00	165.62
MTTO CORRECTIVO	VARIOS	PREPARACION	CANIVALISMO	JEFATURA / ADMINISTRATIVO	937.00	9.04	234.92
MTTO CORRECTIVO	VARIOS	PREPARACION	DEVOLUCION DE EQUIPO	DISPONIBLE SIN ALQUILER	0.00	1130.09	697.00
MTTO CORRECTIVO	ELECTRICO	REPLAZO	FALTA DE MANTENIMIENTO	CLIENTE NO DA USO	2099.00	0.00	269.92
MTTO CORRECTIVO	VARIOS	REPARACION	MALA OPERACIÓN	CLIENTE NO DA USO	380.19	0.00	306.17
MTTO CORRECTIVO	ELECTRICO	INSTALACION	CONFIGURACION	CLIENTE NO DA USO	1997.50	0.00	186.91
MTTO CORRECTIVO	VARIOS	PREPARACION	DEVOLUCION DE EQUIPO	LABOR TERCERIZADA	0.00	0.00	506.47
MTTO CORRECTIVO	VARIOS	PREPARACION	CONFIGURACION	JEFATURA / ADMINISTRATIVO	286.45	0.00	57.74
MTTO CORRECTIVO	VARIOS	PREPARACION	DEVOLUCION DE EQUIPO	LABOR TERCERIZADA	0.00	0.00	500.00
MTTO CORRECTIVO	VARIOS	PREPARACION	DEVOLUCION DE EQUIPO	DISPONIBLE SIN ALQUILER	0.00	964.48	1217.46
MTTO CORRECTIVO	VARIOS	REPARACION	DEVOLUCION DE EQUIPO	NORMAL	535.00	0.00	33.90
MTTO CORRECTIVO	VARIOS	PREPARACION	DEVOLUCION DE EQUIPO	DISPONIBLE SIN ALQUILER	750.00	948.88	0.00
MTTO CORRECTIVO	ELECTRICO	REPARACION	FALTA DE MANTENIMIENTO	CLIENTE NO DA USO	870.00	0.00	107.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

MOTIVOS DE INTERVENCIONES – EQUIPOS ALQUILADOS							
CLIENTE	ALQUILADO						
Cuenta de LABOR	MOTIVO DE PARADA						
SERIE DE EQUIPOS	CONFIGURACION	DEVOLUCION DE EQUIPO	FALLA DEL PRODUCTO	FALTA DE MANTENIMIENTO	MALA OPERACION	MTTO PROGRAMADO	Total general
A8F02778						1	1
KHR00506	1	1				1	3
LBS00391				2		4	6
LTG02254		1		5		4	10
LYB00448	1		1	3	1	3	9
PBB00250	1	1		1	1	5	9
PBB00262				1		6	7
TMF00504		2		2		5	9
Total general	3	5	1	14	2	29	54

Fuente: Elaboración propia

Se observó que existen un total de 14 intervenciones en donde el motivo de la parada del equipo fue por falta de mantenimiento.

Lo que nos da un enfoque al problema actual que presenta el área.

- Los mantenimientos no se están realizando en su debido momento.
- No se hace el seguimiento respectivo para la ejecución correcta de un mantenimiento, (Según indicaciones de Fabricante)

Tabla 15

SISTEMAS INTERVENIDOS POR CORRECTIVOS					
CLIENTE	ALQUILADO				
Cuenta de LABOR	SISTEMA INTERVENIDO				
SERIE DE EQUIPOS	ELECTRICO	HIDRAULICO	MOTOR	VARIOS	Total general
A8F02778				1	1
KHR00506	2			1	3
LBS00391			1	5	6
LTG02254	1		1	8	10
LYB00448		1	1	7	9
PBB00250	2			7	9
PBB00262				7	7
TMF00504	2			7	9
Total general	7	1	3	43	54

Fuente: Elaboración propia

Se observó que el caso de los informes de servicio realizado, no se detalla correctamente el sistema que se interviene, además se intervienen más de 1 falla por cada servicio que se realiza.

Esto indica que los correctivos se están acumulando hasta el momento de la intervención y no se da una atención oportuna al equipo cuando presenta la falla.

Se detalló los siguientes problemas encontrados

- 7 intervenciones por correctivos en el sistema eléctrico
- 3 intervenciones por correctivos en el motor
- 43 intervenciones acumuladas

Tabla 16

LABORES REALIZADAS PARA INTERVENCIONES			
CLIENTE	ALQUILADO		
SERIE	(Todas)		
LABOR REALIZADA	DEVOLUCION DE EQUIPO	FALTA DE MANTENIMIENTO	Total general
EVALUACION		1	1
PREPARACION	5		5
REEMPLAZO		2	2
REPARACION		11	11
Total general	5	14	19

Fuente: Elaboración propia

Se observó que del total de intervenciones correctivas que se realizaron a causa de falla por falta de mantenimiento.

- 11 para reparación de componente
- 02 para remplazo del componente.

Con este resultado se confirma que las intervenciones por falta de mantenimiento conllevan a una reparación del componente y se elevan nuestros costos programados.

Tabla 17

Etiquetas de fila	TIEMPO DE REPARACION PARA INTERVENCIONES EN LA OBRA			COSTOS GENERALES		
	Suma de TTR (HORAS)	COSTO MANO DE OBRA \$	COSTO MISCELANEOS \$	Suma de TTR (HORAS)	COSTO MANO DE OBRA \$	COSTO MISCELANEOS \$
A8F02778	57.79	5591.65	9854.87			
KHR00506	0	0	2756.67			
LBS00391				42.35	3871.4	1233.94
LTG01527	134.77	12475.58	25940.84			
LTG02254	44.6	3791	503.14	45.37	3894.45	811.7
LYB00448				36.61	3171.85	1586.77
PBB00250	1.25	125	3086.55	20.99	2099	269.92
PBB00262	83.27	7189.55	3467.83	0	0	700.98
TMF00504	89.43	7769.3	1163.37	10	870	153.61
Total general	411.11	36942.08	46773.27	155.32	13906.7	4756.92

Fuente: Elaboración propia

Se observó la colocación de horas para 2 de los motivos con mayor número de intervenciones, dando el siguiente resultado:

- 411 horas totales por devoluciones de equipo a taller
- 155.32 horas por reparaciones en campo cuyo principal motivo de avería fue falta de mantenimiento del equipo

Además, se observó que en algunos casos, a pesar de no existir mano de obra cargada en la ot, existe un costo por mantenimiento, lo que nos indica claramente que se está usando mano de obra tercerizada para las intervenciones de nuestra maquinaria.

- Este también es un problema muy grave, ya que el personal tercero no se encuentra identificado con los valores de la empresa y puede que no realice el trabajo correctamente (Según indicaciones del fabricante)

Tabla 18

DESCRIPCION HORAS LABOR EN TALLER				
CLIENTE	TALLER			
SERIE	(Todas)			
Suma de TTR	MOTIVO DE			
LABOR REALIZADA	CANIVALISMO	CONFIGURACION	DEVOLUCION DE EQUIPO	Total general
PREPARACION	9.37	3.37	371.64	384.38
REPARACION			5.35	5.35
Total general	9.37	3.37	376.99	389.73

Fuente: Elaboración propia

Según el resultado se observó que existe un mayor número de horas colocadas en taller por motivo de devoluciones de equipo.

La situación actual es que el cliente devuelve el equipo en condiciones desfavorables para que pueda volver a ser alquilado, debido a esto el costo se eleva por los correctivos que se deben realizar después de una devolución:

Además, nos da un dato de canibalismo, quiere decir que se presan componentes de máquinas para reparar otras, esta práctica está totalmente prohibida por la gerencia de alquileres.

- 376.99 horas para reparaciones por devolución de equipo
- 009.37 horas por canibalismo

3.2.2. ANALISIS DE LOS TIEMPOS DE ESPERA

Como se observó en los resultados de la tabla 15 hay porcentaje muy grande de tiempos de espera los cuales se dividieron en dos tipos de espera, cuando el equipo está en taller y cuando el equipo esta alquilado a cliente

Se analizó lo siguiente:

↗ TIEMPO DE ESPERA DE REPARACION EQUIPO EN TALLER

Tabla 19

TEMPO DE ESPERA DE REPARACION EQUIPO EN TALLER			
CLIENTE	TALLER		
SERIE	(Todas)		
TIPO DE INTERVENCION	MTTO CORRECTIVO		
MOTIVOS DE ESPERA	PREPARACION	REPARACION	Total general
DISPONIBLE SIN ALQUILER	4743.17		4743.17
FALTA DE REPUESTOS	377.53		377.53
FALTA MANO DE OBRA	1915.63		1915.63
JEFATURA / ADMINISTRATIVO	4028.06		4028.06
LABOR TERCERIZADA	574.5		574.5
NORMAL	368.39	810.65	1179.04
(en blanco)	0		0
Total general	12007.28	810.65	12817.93

Fuente: Elaboración propia

Según el resultado se observó que, los tiempos de espera para reparar un equipo en taller son demasiado altos y no se cumple con las exigencias en los tiempos para reparar un equipo

- 12007.28 horas de equipo inhabilitado en taller esperando para su preparación y pueda ser despachado.

- 810 horas de equipo inhabilitado en taller esperando ser reparado.

Además, se observó los principales motivos de los tiempos de espera

- Jefatura / administrativo = 4028.06 horas
- Falta mano de obra = 1915.63 horas
- Falta de repuestos = 388.53 horas
- Labor Tercerizada = 574.50 horas

Y un indicador adicional es que el equipo estuvo disponible pero estos no fueron alquilados, por lo que se define que existen pérdidas de ventas y como consecuencia una baja facturación en el área de alquileres.

📌 TIEMPO DE ESPERA DE REPARACION – EQUIPO ALQUILADO

Tabla 20

TIEMPO DE ESPERA DE REPARACIONEQUIP ALQUILADO			
CLIENTE	ALQUILADO		
SERIE	(Todas)		
TIPO DE INTERVENCION	MTTO CORRECTIVO		
MOTIVOS DE ESPERA	INSTALACION	REPARACION	Total general
FALTA DE REPUESTOS	893.83	1320.79	2214.62
JEFATURA / ADMINISTRATIVO	56.26	0.49	56.75
(en blanco)		0	0
Total general	950.09	1321.28	2271.37

Fuente: Elaboración propia

Se observó que, cuando el equipo está en alquiler y presenta fallas, los tiempos de espera de reparaciones son debidos a falta de repuestos para su ejecución.

- 893.83 horas perdidas por falta de repuestos
- 56.26 horas perdidas por temas de Jefatura / Administrativo.

TIEMPO DE EQUIPO DISPONIBLE-ALQUILADO SIN USAR

Tabla 21

TIEMPO EQUIPO DISPONIBLE SIN USAR			
Suma de TIEMPO EQUIPO DISPONIBLE	Etiquetas de columna		
Etiquetas de fila	CLIENTE NO DA USO	DISPONIBLE SIN ALQUILER	Total general
LBS00391	4656.31		4656.31
LTG02254	12052.53	259.63	12312.16
LYB00448	3135.42		3135.42
PBB00250	5424.67	3312.2	8736.87
PBB00262	7511.7	2278.54	9790.24
TMF00504	5647.15	1246	6893.15
Total general	38427.78	7096.37	45524.15

Fuente: Elaboración propia

Un dato importante que se tomó en cuenta es el tiempo total perdido de los equipos que se encontraban disponibles en condiciones de trabajo, pero el cliente no dio uso del equipo, lo que genera menos producción del equipo y como consecuencia una baja facturación en el área de alquileres.

- 38427.78 horas acumuladas de equipo disponibles alquilados sin uso
- 7096.37 horas acumuladas de equipos disponibles sin alquiler

Si a este dato lo comparamos con el valor hora que cobra la empresa por alquiler podemos calcular el dinero perdido.

Valor hora de Excavadora = 44 dólares

18583.52 horas x 44 dólares/horas = 817674.88 dólares de pérdida

Valor hora de Retroexcavadora = 22 dólares.

19844.26 horas x 22 dólares/horas = 436573.72 dólares.

3.3. ESTABLECER PLAN DE MEJORA EN BASE A LOS PILARES DEL TPM

3.3.1. MEJORAS ENFOCADAS O KOBETSU KAISEN

“Eliminar las grandes pérdidas ocasionadas con el proceso productivo”

De los equipos:

La principal fuente de ingreso de facturación de los equipos de alquiler son por las horas de producción, se debe corregir las pérdidas que involucren el correcto funcionamiento del equipo.

Fallas en los equipos principales y auxiliares: se plantea llevar detalladamente y con un estricto margen de efectividad los mantenimientos preventivos según las cartillas de check list que nos da el fabricante para los equipos.

Con este mantenimiento preventivo los equipos de flota tendrán una producción óptima hasta la próxima intervención por mantenimiento programado.

Cambios y ajustes no programados; se observó que en 2 ocasiones el cliente solicitó una configuración del equipo pero encontrándose ya en obra, el cliente solicitó otra configuración, por lo que se incurrieron gastos para configurar el equipo a petición del cliente

Se plantea un asesoramiento directo al cliente, donde se consulta que tipos de trabajos va a realizar el equipo y se le entrega el equipo configurado para las labores que realizará.

Ocio y paradas menores; se propone una producción mínima de horas en el mes a los clientes que contraten el servicio de alquiler (240 horas), con esto se evitara que el cliente pierda tiempos en su producción y utilice nuestra maquinaria.

Recursos Humanos:

Como podemos observar en la tabla 1, nuestro principal indicador “benchmark de mantenimiento”, nos da un claro alcance para mejorar este pilar, ya que en el mes agosto el área de administración y ventas no facturo nada de lo alquilado en el mes. Por lo tanto el porcentaje de mantenimiento se elevó ya que la cuenta de gasto asumió la totalidad de los costos de mes.

No se tuvo una coordinación directa entre el área de facturación y el área de mantenimiento para poder llegar a un acuerdo y tomar la mejor redición para conveniencia de la empresa.

Se planea que:

- El primer día de la última semana del mes, tanto la jefatura administrativa como la jefatura de mantenimiento sostengan una reunión para definir los montos a facturar y los montos a asumir por mantenimiento.
- “Todo lo expuesto en la reunión debe ser dado a conocer a el personal de toda la empresa para conocimiento del plan que se está realizando”.

Con esta reunión, al finalizar el mes nuestro indicador de resultados de benchmark será el óptimo y el esperado por la empresa.

Proceso Productivo:

De las paradas programadas el objetivo es reducir al máximo el tiempo de ejecución para mantenimiento programados.

Se plantea llevar un control adecuado de los horómetros de las maquinarias y poder intervenir oportunamente los mantenimientos preventivos

- Coordinación directa con operador del equipo
- Consultar 2 veces por semana la producción del equipo
- Consultar 2 veces por semana algún inconveniente con el equipo

3.3.2. MANTENIMIENTO AUTONOMO O JISHU HOZEN

Objetivo: “Conservar y mejorar el equipo con la participación del usuario u operador”

Se plantea verificar las capacidades del operador del equipo que se da en alquiler, antes de la entrega del equipo, debe considerarse como punto principal de contrato que el operador tenga la experiencia necesaria para el cuidado del equipo que tendrá a su cargo.

- Experiencia en operación
- Experiencia en cuidados de la maquina
- Experiencia en capacidades del equipo
- Experiencia en mantenimiento básico

De ser el caso, que el operador asignado no cuente con la experiencia requerida por la empresa, se plantea lo siguiente:

- Capacitación de 24 horas previas a la entrega del equipo
- Capacitación de 8 horas mensuales posteriores a la entrega del equipo

Las capacitaciones, serán dadas por un especialista en el cuidado de equipos y operación en campo

El operador será capacitado para que brinde los siguientes mantenimientos al equipo diariamente:

- Engrase de pines y bocinas
- Limpieza de cabina de operación
- Limpieza de filtros de airea
- Revisión de fugas de aceite (reportar inmediatamente de encontrar fuga)
- Revisión de niveles de fluidos
- Cuidados básicos de equipo

3.3.3. MANTENIMIENTO PLANIFICADO

Objetivo: “Lograr mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas”

Se opta por dividir en dos tipos de mantenimiento:

Mantenimiento Preventivo

Seguimiento estricto a los horómetros de los equipos por parte del supervisor de equipos de flota, este debe presentar y dar a conocer un resumen semanal de los horómetros de cada equipo que tenga en alquiler a todo el personal involucrado de la empresa.

Para la ejecución de cada mantenimiento preventivo que corresponda al equipo se verificara el estricto seguimiento de las labores que nos da el fabricante.

Según el mantenimiento que corresponda

- PM1 (Mantenimiento cada 250 horas)
- PM2 (Mantenimiento cada 500 horas)
- PM3 (Mantenimiento cada 1000 horas)
- PM4 (Mantenimiento cada 2000 horas)

Generar un stock de protección de repuestos, lubricantes y adicionales que conlleva la ejecución de un mantenimiento

Mantenimiento Predictivo

Se verificara el correcto abastecimiento de instrumentos y herramientas de análisis para la correcta ejecución de este mantenimiento predictivo, tales como:

- Maleta de evaluación de motor
- Manómetros de presiones de aceite
- Maleta de evaluación de diferencia de presión de gases de escape
- Pistola lectora de temperatura (Fototash)
- Pistola de lectura de revoluciones por minuto
- Multitester

Para la ejecución de cada mantenimiento preventivo que corresponda al equipo se verificara el estricto seguimiento de las labores que nos da el fabricante.

Según el mantenimiento que corresponda

Seguimiento estricto los resultados obtenidos del análisis de las muestras de fluidos extraídas en cada PM, y tomar acción inmediata, planificando que esto no afecte la producción del equipo

3.3.4. ENTRENAMIENTO

Objetivo: “Aumentar las capacidades y habilidades de los empleados”.

Se plantea lo siguiente

- Desinar aun encargado a tiempo completo para la ejecución del TPM, este llevar a cabo las coordinaciones respectivas para las capacitación que requiera el personal de la empres
- Capacitación al personal técnico 8 al mes sobre los cuidados del equipo y la importación de su labor en la empresa, además el correcto llenado de informes para obtener la información necesaria para procesar el avance del TPM, estos son:
 - o Tiempos de espera
 - o Detalle exacto del motivo de la falla
 - o Hacer informes por cada labor que se realiza
 - o Colocar el horometro respectivo del equipo en cada intervención
- Capacitación al personal administrativo 1 vez al mes sobre el correcto ingreso al sistema DBS de la información brindada por el personal técnico
- Capacitación al personal de ventas 2 veces al mes, sobre las funciones del equipo, usos adecuados y cuidados básicas.

3.3.5. CONTROL INICIAL

Objetivo: “Reducir el deterioro de los equipos actuales y mejorar los costos de su mantenimiento”.

Se plantea que por cada equipo nuevo que adquiere la empresa se lleve a cabo la ejecución TPM ya implantada.

- Incorporación del equipo a la base de datos del supervisor
- Seguimiento de la instalación y activación del Product Link
- El acondicionamiento total del equipo para el alquiler destinado

3.3.6. MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD O HINSHITSU HOZEN

Objetivo: “Tomar acciones preventivas para obtener un proceso y equipo cero defectos”.

Se plantea, tener información actualizada sobre mejoras para el equipo en alquiler

- Llevar a cabo visitar por parte del supervisor de flota a las instalaciones del cliente y donde trabaja el equipo (1 vez por mes), con el fin de encontrar oportunidades de mejora para el proceso de producción de la máquina.

3.3.7. TPM EN OFICINAS

Objetivo: “Eliminar las pérdidas en los procesos administrativos y aumentar la eficiencia”.

Se plantea, conseguir una reducción del tiempo de pérdida en oficina con el siguiente programa:

- 1º día de cada mes, el supervisor debe analizar los motivos de pérdidas administrativas.

- 2° semana el supervisor debe corregir dichas perdidas encontradas
- 3° semana se debe tener actualizada el procesamiento de la información de las intervenciones de las maquinarias.
- 4° semana se debe tener los resultados de la administración de mantenimiento para los equipos en alquiler.

Además, se debe llevar un correcto orden del archivo que se genera por la documentación procesada, esto permite mejorar los tiempos de búsqueda para algún historial del equipo a intervenir.

Se implementara la teoría de las 5S en esta área a fin de corregir todos los inconvenientes dados.

3.3.8. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Objetivo: “Crear y mantener un sistema que garantice un ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación”.

Se plantea, seguir adecuadamente las normas de seguridad brindadas por el departamento

- Llenado de ATS para identificación de riesgos en las labores
- Llenado de hoja de ruta para viajes en camioneta
- Llenado de check list de salida de camioneta
- Validad autorizaciones de manejos defensivo de la compañía
- Correcto uso de los EPP en cada labor

3.4. ESTIMAR LOS RESULTADOS QUE SE GENERARAN A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM PARA LOS EQUIPOS CATERPILLAR DE ALQUILER DE LA EMPRESA UNIMAQ S.A.

El principal resultados que se buscan obtener es:

3.4.1. Mejorar La Confiabilidad De Los Equipos De Flota

Esto se logrará con:

↗ Reducir el número de intervenciones por mantenimientos correctivos:

Con un correcto control de mantenimiento preventivo se lograra reducir significativamente las intervenciones correctivas por falta de mantenimiento de 14 intervenciones a 0.

↗ Reducir los tiempos de reparaciones

Con la implementación del TPM el tiempo de reparación serán menores.

Se estima llegar a un tiempo óptimo de entre 3 y 5 horas de reparación

↗ Reducir el tiempo de espera de reparaciones

Se estima, que los tiempos de espera por reparación serán como máximo 24 horas

↗ Reducir los tiempos s de espera sin usar el equipo

Se estima, que los tiempos en stand by de los equipos, será significativamente menor al actual, ya que con la propuesta de una facturación de horas mínima por alquiler se espera una producción diaria de 8 horas.

3.5. EVALUAR LA PROPUESTA ECONÓMICA (VAN, TIR)

3.5.1. Propuesta económica

Tabla 22

PROPUESTA ECONOMICA DE IMPLEMENTACION				
INVERSION INICIAL				
	TIEMPO HORAS	PERSONAS	COSTO DOLARES	TOTAL
CAPACITACION OPERADORES	120	4	35	16800
CAPACITACION TECNICO	96	2	35	6720
GASTOS DE VIAJE-CAPACITADOR TECNICO	12	1	250	3000
STOCK DE PROTECCION DE REPUESTOS	12		1000	12000
ACONDICIONAMIENTO DE EQUIPOS DE DIAGNOSTICO			3000	3000
MANTENIMIENTO PROGRAMADO (20%)				16320
TOTAL GASTOS INICIALES				57840

Fuente: Elaboración propia

Según el plan de capacitación:

- Se destinaran a 4 técnicos para capacitación a operadores a las diferentes empresas donde se alquilan los equipos, se planteó un total de 120 horas al año para operadores.
- El valor H/H actual es 35 dólares
- Se destina a 2 técnicos para hacerse cargo de la flota de alquileres, los cuales tendrán una capacitación continua de 96 horas al año.
- Un stock de protección de repuestos cuyo costo es de 1000 dólares mensuales.

Tabla 23

INVERSION 1° AÑO HACIA DELANTE				
	TIEMPO HORAS	PERSONAS	COSTO DOLARES	TOTAL
CAPACITACION OPERADORES	120	4	35	16800
CAPACITACION TECNICO	96	2	35	6720
GASTOS DE VIAJE-CAPACITADOR TECNICO	12	1	250	3000
STOCK DE PROTECCION DE REPUESTOS	12		1000	12000
MANTENIMIENTO PROGRAMADO (20%)				15360
TOTAL GASTOS INICIALES				53880

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

FACTURACION DESEADA MENSUAL				
INGRESOS POR ALQUILER DE EQUIPOS				
EQUIPO	PRECIO HORA AQUILER (DOLARES)	HORAS MINIMAS PROPUESTAS	CANTIDAD DE EQUIPOS	
RETROEXCAVADORA	20	240	5	24000
EXCAVADORA	44	240	5	52800
TOTAL INGRESOS				76800

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Evaluación Mediante Indicadores Económicos Van, Tir

Tabla 25

FLUJO DE CAJA						
	0 Año	1° AÑO	2° AÑO	3° AÑO	4° AÑO	5° AÑO
SALIDA	57840	53880	53880	53880	53880	53880
INGRESO		76800	76800	76800	76800	76800
BENEFICIO	-57840	22920	22920	22920	22920	22920

Fuente: Elaboración propia

Figura 12

Elaboración propia

TIR	28%
VAN	53400.64

Resultados TIR, VAN

Se puede observar que el TIR es 28%, lo que nos garantiza la total fiabilidad el proyecto de implementación.

IV. DISCUSIONES

En los resultados de la presente tesis “MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS DE ALQUILER CATERPILLAR DE LA EMPRESA UNIMAQ SA-2017”, se acepta la hipótesis de solución al problema de la confiabilidad actual de la maquinaria

En los resultados del primer objetivo, se verifico el estado actual de la maquinaria de flota en referencia a la confiabilidad según sus horas de producción de cada equipo y horas de inoperatividad por mantenimientos correctivos no programados respectivamente, además se verifico el número de intervenciones presentadas por mantenimiento correctivo en el periodo de estudio 2016-2017, se pudo apreciar los siguientes resultados, tomando como referencia 270 horas de producción, ya que será este el tiempo límite para intervenir un equipo por mantenimiento preventivo.

Por cada 270 horas de producción los equipos presentan una probabilidad de falla de 14.53%, por consiguiente nos da un grado de confiabilidad de 85.47%.

Además, se verifico que los equipos presentan in porcentaje promedio de utilización de 21 % y un tiempo en stand by de más del 80 % del tiempo total disponibilidad del equipo.

En los resultados del segundo objetivo, se logró identificar cuáles son las causas para que los equipos de flota tengas esos resultados, entre las principales causas se observó que hay un número significativo de intervenciones por mantenimientos no programados (54 intervenciones en total), de las cuales 14 fueron por falta de mantenimiento. Lo que nos quiere decir que en 14 ocasiones los equipos han fallado debido a una incorrecta ejecución de mantenimiento por parte del personal técnico.

Además, se verifico que en 43 intervenciones lo equipos tenían fallas acumuladas en distintos sistemas, “un claro ejemplo de descontrol en el área”

También de verifico que las horas de reparación son relativamente bajas (promedio de 9.94 horas para reparar) y también la utilización de mano de obra tercerizada para la ejecución de trabajos.

Los montos ascienden a:

- 13906.7 dólares en mano de obra
- 4756.92 dólares en trabajos tercerizados

Se observó, también que las reparaciones por motivo de devolución suman una gran cantidad a la cuenta de gastos (83715.35 dólares)

En el tercer objetivo, se plantea dar mejorar estos indicadores, con capacitación continua, iniciando desde el operador hasta el personal administrativo. Todo mediante un plan de tiempos de capacitación definidos.

En el cuarto objetivo, se estiman los resultados que se generarán al implementar el TPM en la compañía Unimaq-

- Reducir el número de intervenciones por mantenimientos no programados a cero intervenciones en el año
- Reducir el tiempo de reparación y llevarlo a un nivel óptimo de entre 3 y 5 horas de reparación
- Reducir los tiempo s de espera de reparaciones a un máximo de 24 horas
- Disminuir el tiempo en stand by y tener una facturación mínima de horas de 240 horas al mes

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a nuestro estudio realizado obtenemos las siguientes conclusiones:

- A las 270 horas de producción, los equipos son confiables en un 85.47 %, por consiguiente su probabilidad de falla es de 14.53%
- El tiempo de reparación para intervenciones por correctivos no programados, representa en promedio solo el 9% del tiempo total del equipo inhabilitado por falla. (91% de tiempos de espera)
- La utilización de equipos está representada en promedio por

El tiempo de Stand by representa en promedio el 88% del tiempo total de estudio de los equipos

- De las intervenciones de correctivos no programados, 14 fallas son por falta de mantenimiento oportuno al equipo.
- Los clientes no usan el equipo al 100% de su capacidad de producción, se observa que existen:

38427.78 horas acumuladas de equipo disponibles alquilados sin uso, y
7096.37 horas acumuladas de equipos disponibles en taller sin alquiler

- Los equipos presentan fallas acumuladas en los momentos de intervenciones, se realizan más de un correctivo entre sistemas de funcionamiento averiado
- El control de archivo no se está llevando adecuadamente por el personal administrativo, existe desorden y falta de información; informes técnicos por intervenciones de correctivos no programados (ver anexo)

VI. RECOMENDACIONES

- Para lograr una confiabilidad deseada del 95%, se recomienda seguir estrictamente las plantillas de mantenimiento que indica el fabricante, ejecutar todos los pasos e informar oportunamente alguna avería.
- Mejorar los tiempos de espera de reparaciones, generar stock de protección de repuestos y lubricantes, agilizar, gestionar y ejecutar correctamente un mantenimiento correctivo.
- Elevar el porcentaje promedio de utilización con respecto a las horas de estudio (14.45%), se recomienda ejecutar el plan de facturación mínima de 8 horas diarias por 30 días calendario.
- Eliminar las intervenciones correctivas por falta de mantenimiento, seguir el plan de capacitación continua para operadores y personal técnico.
- Intervenir oportunamente las fallas presentadas en los equipos, no permitir el acumulamiento de fallas bajo ni una circunstancia.
- Llevar un estricto control del archivo y documentación referente a los servicios para la flota de equipos de alquiler
- Tomar acción inmediata y ejecutar el TPM propuesto para corregir los indicadores de gestión, elevar la producción de equipo, reducir costos de mantenimiento y lograr la efectividad del área.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SAMANIEGO, Carla. Implementación De Un Sistema De Gestión De Mantenimiento Basado En La Confiabilidad (RCM) Para La Empresa Chova Del Ecuador S.A. Plantas Inga y Cashapampa. Tesis (Titulo de Ingeniera Mecánica). Sangolquí-Ecuador: ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO, 2013.
- GUEVARA, Edgar. Aplicación Del Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad A Los Grupos Electrónicos De La Estación Tapir A Del Bloque 17 Petro Oriental. Tesis (Mg. En Gestión del Mantenimiento Industrial). Riobamba-Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2016.
- APOLINARIO, Miguel. Estimación De La Confiabilidad En Equipos Mediante El Análisis De Weibull. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Lima-Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, 2008.
- PAREDES, Camila. Pronóstico De Fallas E Implementación Plan De Gestión Confiabilidad De Repuestos Críticos En La Minería Del Hierro (Título de Ingeniero Civil Industrial). Puerto Montt-Chile: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, 2012.
- DA COSTA, Martin. Aplicación Del Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad A Motores A Gas De Dos Tiempos En Pozos De Alta Producción. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Lima-Perú: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU, 2010.
- BUELVAS, Camilo y MARTINEZ, Kevin. Elaboración De Un Plan De Mantenimiento Preventivo Para La Maquinaria Pesada De La Empresa L&L. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Barranquilla: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE, 2014.
- VIZCARRA, Juan. Implementación del TPM en la unidad De equipo mecánico del proyecto Especial Tacna. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico). Tacna: UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, 2010.

- COLEGIO PROVINCIAL DE DEDUACION TECNOLOGICO. Equipos e instalaciones electromecánicas [En Línea], Riobamba: [s.n.], [2013?] [fecha de consulta: 05 de noviembre de 2017], capítulo 1. Mantenimiento, definiciones y objetivos.

Disponible en:

<http://www.epetrg.edu.ar/apuntes/plaza/CAPITULO%201%20-%20Mant-Definiciones%20Objetivos.pdf>

VIII. ANEXOS.

Ficha Técnica De Excavadora 320 DI / 2I



Excavadora Hidráulica 320D2/D2 L Cat® con Motor C7.1 2017

La 320D2/D2 L está configurada para construcción pesada, lo que proporciona un gran ahorro de combustible y productividad en la carga de camión, la excavación de zanjas y el levantamiento.

Rendimiento

- El Motor C7.1 Cat® con control mecánico cumple con las normas de emisiones equivalentes a Tier 3 de la EPA de EE.UU. y a Stage IIIA de la Unión Europea.
- El sistema de combustible de baja presión permite que el motor sea más resistente en áreas con combustible de baja calidad.
- La bomba principal de alta eficiencia suministra potencia superior para el rendimiento mejor en su clase.
- La modalidad económica permite un consumo menor de combustible en comparación con la generación anterior de la 320D2/D2 L, sin pérdida de fuerza de excavación o levantamiento.
- El ventilador de velocidad variable con embrague viscoso reduce el consumo de combustible.

Versatilidad

- Los trabajos de acabado y servicios públicos son rápidos y perfectos con los cucharones, las tenazas y los compactadores Cat.
- El trabajo de demolición es rápido y sencillo con los martillos, los gartos, las cizallas y los procesadores múltiples Cat.
- Los acopladores Cat le permiten intercambiar accesorios en segundos sin salir de la cabina.
- Consulte toda la gama de accesorios rentables en www.cat.com/attachments.

Seguridad

- La palanca de activación hidráulica trava en forma segura todas las funciones hidráulicas.
- Las planchas antideslizantes y los pernos abocardados reducen el deslizamiento en condiciones severas durante las comprobaciones de rutina.
- El cortafuego de longitud completa separa el compartimiento de la bomba del motor.
- El interruptor de corte de combustible a nivel del suelo apaga el motor en una emergencia.

Durabilidad

- La estructura del bastidor en X modificado proporciona una larga vida útil y durabilidad.
- Los brazos y las plumas de servicio pesado están fabricados para trabajos difíciles.
- El eslabón de la cadena engrasado entre los pasadores y bujes aumenta la vida útil del tren de rodaje y reduce el ruido.

Facilidad de operación

- La cabina tiene un diseño ergonómico con controles fáciles de operar.
- Las múltiples opciones de ajuste del asiento y de la palanca universal mejoran la comodidad.
- La excelente visibilidad del lugar de trabajo desde la cabina mejora la productividad y la seguridad.
- Los controles de la palanca universal de bajo esfuerzo optimizados permiten reducir la fatiga del operador.

Mantenimiento

- Se puede acceder a la mayoría de los puntos de servicio a nivel del suelo.
- Se redujo la cantidad de filtros de combustible de cuatro a dos con intervalos de servicio de 500 horas, lo cual disminuye el costo operacional.
- Los filtros se agrupan para reducir el tiempo de mantenimiento.
- Las tomas de presión y los orificios S-O-S™ permiten maximizar el tiempo de disponibilidad.

Tecnología

- Las soluciones de tecnología Cat integradas aumentan la producción y minimizan los costos de operación.
- Product Link™ da a conocer información clave de la máquina a cualquier ubicación.



Excavadora Hidráulica 320D2/D2 L Cat® con Motor C7.1

Motor		
Modelo de motor	C7.1 Cat	
Potencia del motor, ISO 14396	112 kW	150 hp
Potencia neto, SAE J1349	109 kW	146 hp
Calibre	105 mm	4.13"
Carrera	135 mm	5.31"
Cilindrada	7,01 L	428 pulg ³
<ul style="list-style-type: none"> • La 320D2/D2 L cumple con las normas de emisiones equivalentes a Tier 3 y Stage IIIA. • La potencia neta anunciada es la potencia disponible al volante cuando el motor está equipado con ventilador, filtro de aire, silenciador y alternador. • La capacidad de altitud (sin asistencia) de la 320D2/D2 L es de hasta 4.000 m (13.123') con reducción de potencia natural sobre el nivel del mar. • Potencia a 1.800 rpm. 		

Pesos		
Tren de rodaje estándar		
Peso en orden de trabajo máximo*	21.700 kg	47.800 lb
Peso en orden de trabajo mínimo**	21.200 kg	46.700 lb
Tren de rodaje largo		
Peso en orden de trabajo máximo*	22.300 kg	49.200 lb
Peso en orden de trabajo mínimo**	21.700 kg	47.800 lb
<ul style="list-style-type: none"> *Pluma de alcance HD R5.7 (18' 8"), brazo de alcance HD R2.9 (9' 6") B1, cucharón HD de 1,4 m³ (1,83 yd³) y zapatas TG de 790 mm (31"). **Pluma de alcance HD R5.7 (18' 8"), brazo de alcance HD R2.5 (8' 2") B1, cucharón HD de 1,4 m³ (1,83 yd³) y zapatas de 600 mm (24"). 		

Mecanismo de giro		
Velocidad de giro	10,9 rpm	
Par de giro	61,8 kN·m	45.581 lb·pie

Tracción		
Velocidad máxima de desplazamiento: alta	5,4 km/h	3,4 mph
Tracción máxima en la barra de tiro	205 kN	46.086 lbf

Sistema hidráulico		
Sistema principal: flujo máximo (total)	404 L/min	106,7 gal EE.UU./min
Presión máxima: equipo	35 MPa	5.076 lb/pulg ²
Presión máxima: desplazamiento	35 MPa	5.076 lb/pulg ²
Presión máxima: giro	25 MPa	3.626 lb/pulg ²

Rpm del motor	
Operación	1.700 rpm
Desplazamiento	1.800 rpm

Capacidades de llenado de servicio		
Capacidad del tanque de combustible	410 L	108,3 gal EE.UU.
Sistema de enfriamiento	25 L	6,6 gal EE.UU.
Aceite del motor	22 L	5,8 gal EE.UU.
Mando de la rotación	8 L	2,1 gal EE.UU.
Mando final	8 L	2,1 gal EE.UU.
Sistema hidráulico (incluido el tanque)	260 L	68,7 gal EE.UU.
Tanque hidráulico	138 L	36,5 gal EE.UU.

Rendimiento firme	
ISO 6385 (exterior)	102 dB(A)
ISO 6396 (dentro de la cabina)	72 dB(A)

• Cuando la instalación y los procedimientos de mantenimiento se han efectuado correctamente, la cabina ofrecida por Caterpillar, probada con las puertas y las ventanillas cerradas de acuerdo con la norma ANSI/SAE J1186 DCT58, cumple con los requisitos de la OSHA y la MSHA sobre los límites de exposición al ruido para el operador, vigíenlos en la fecha de fabricación.

• Es posible que se requiera protección para los oídos si se opera con una cabina y una estación del operador abiertas (cuando no se han realizado los procedimientos de mantenimiento correctamente o cuando se opera con las puertas y ventanillas abiertas) durante períodos prolongados o en ambientes con altos niveles de ruido.

Normas	
Frenos	SAE J1026/APR90
Cabina/FOGSS	SAE J1356 FEB88 ISO 10262

Alcances de trabajo			
Opciones de pluma Opciones de brazos	Pluma de alcance HD de 5,7 m (18' 8")		Pluma de alcance HD de 5,7 m (18' 8")
	HD R2.9 (9' 6") B1		HD R2.5 (8' 2") B1
Radio de plegado del cucharón	1.560 mm	5' 1"	1.560 mm
Profundidad máxima de excavación	6.720 mm	22' 1"	6.300 mm
Alcance máximo en la línea a nivel del suelo	9.890 mm	32' 5"	9.470 mm
Altura máxima de carga	6.490 mm	21' 4"	6.290 mm

Para obtener información más completa sobre los productos Cat, los servicios del distribuidor y las soluciones de la industria, visite www.cat.com

© 2016 Caterpillar
Todos los derechos reservados.

Las imágenes y los especificaciones están sujetos a cambios sin previo aviso. Las imágenes que aparecen en los folletos pueden tener errores tipográficos. Consulte a su distribuidor de Cat para conocer las opciones disponibles.

CAT, CATERPILLAR, CATTIFY, CAT.COM, sus respectivas logotipos, el color "Caterpillar yellow" y la imagen comercial de "Power Edge", así como la identidad corporativa y de producción utilizadas en la presente, son marcas registradas de Caterpillar y no pueden utilizarse sin autorización.

ASK01809
(Traducción: 07-2016)
(ASDS-S/India/SE Asia)



Ficha Técnica de RetroExcavadora 420F / 2F



Cat® 420F2/420F2 IT

RETROEXCAVADORA CARGADORA

Las Retroexcavadoras Cargadoras Cat® 420F2 y 420F2 IT proporcionan rendimiento, una mayor eficiencia del combustible, un sistema hidráulico superior, versatilidad y una estación del operador totalmente renovada. Las características de los modelos 420F2 y 420F2 IT son las siguientes:

- **Estación del operador ergonómica:** un amplio espacio para las piernas dentro de la cabina hace que sea sencillo girar el asiento. El asiento con suspensión neumática ofrece comodidad al operador durante el desplazamiento por carretera. Los nuevos módulos de control de la retroexcavadora permiten ajustes limitados.
- **Sistema hidráulico con detección de carga:** la bomba de pistones con detección de carga de la retroexcavadora cargadora Cat proporciona fuerzas hidráulicas de levantamiento y excavación completas en todas las velocidades del motor. La bomba de flujo variable ajusta la potencia hidráulica a las exigencias del trabajo.
- **Rendimiento de la máquina:** la Retroexcavadora Cargadora 420F2 proporciona fuerza de desprendimiento y dinamismo de nivel superior en aplicaciones de bancos duros.
- **Versatilidad de la máquina:** la amplia gama de herramientas Cat Work Tools adaptadas al rendimiento convierten a la retroexcavadora cargadora Cat la máquina más versátil en el lugar de trabajo. Todas las retroexcavadoras cargadoras tienen brazos estándar listos para instalación de tenaza. El cargador con portaherramientas integrado (cargador con portaherramientas integral) proporciona versatilidad y permite conectar rápidamente una variedad de herramientas Cat Work Tools.
- **Acoplador de traba doble:** el acoplador de traba doble Cat está disponible con operación mecánica o hidráulica desde la fábrica. El acoplador permite hacer cambios de herramienta de manera rápida y fácil.

Especificaciones

Motor

Modelo de motor	Cat 3054C mecánico con turbocompresor	
Potencia bruta		
SAE J1995	75 kW	101 hp
ISO 14396	74 kW	100 hp
Potencia neta nominal a 2.200 rpm		
SAE J1349	70 kW	94 hp
ISO 9240	71 kW	95 hp
EEC 80/1269	71 kW	95 hp
Potencia máxima neta a 2.200 rpm		
SAE J1349	70 kW	94 hp
ISO 9249	71 kW	95 hp
EEC 80/1269	71 kW	95 hp
Calibre	105 mm	4,13"
Carrera	127 mm	5"
Cilindrada	4,4 L	268 pulg ³
Reserva de par neta a 1.400 rpm	31 %	
Par máximo neto SAE J1349	357 N-m	263 lbf-pie

- El motor cumple con los estándares de emisiones Tier 2 de la EPA de EE.UU. y Stage II de la UE.

Pesos*

Peso en orden de trabajo		
Mínimo	7.726 kg	17.033 lb
Máximo (capacidad ROPS)	11.000 kg	24.251 lb
Cabina, ROPS/FOPS	163 kg	359 lb
Transmisión automática	238 kg	525 lb
Control de amortiguación	14 kg	31 lb
Aire acondicionado	42 kg	93 lb
Tacción en las cuatro ruedas	165 kg	364 lb
Cucharón de uso múltiple (1,0 m ³ /1,31 yd ³) (sin horquillas ni dientes)	745 kg	1.642 lb
Cargador, herramienta integrada con acoplador rápido	317 kg	699 lb
Brazo extensible	305 kg	672 lb
Contrapesos (opción 1)	115 kg	255 lb
Contrapesos (opción 2)	240 kg	530 lb
Contrapesos (opción 3)	460 kg	1.015 lb

*Las especificaciones corresponden a la máquina equipada con cargador de inclinación sencilla, estructura OROPS, tracción en dos ruedas, brazo estándar, cucharón cargador de uso general de 0,96 m³ (1,25 yd³), cucharón retroexcavador de servicio estándar de 610 mm (24"), contrapeso de 240 kg (530 lb) y tanque de combustible lleno.



Retroexcavadora Cargadora 420F2/420F2 IT

Transmisión

Transmisión servomecánica estándar

Avance: 1ª	5,4 km/h	3,4 mph
2ª	9,0 km/h	5,6 mph
3ª	21 km/h	13 mph
4ª	40 km/h	25 mph
Retroceso: 1ª	5,4 km/h	3,4 mph
2ª	9,0 km/h	5,6 mph
3ª	21 km/h	13 mph
4ª	40 km/h	25 mph

Transmisión automática: optativa

Avance: 1ª	5,8 km/h	3,6 mph	5,8 km/h	3,6 mph
2ª	9,3 km/h	5,7 mph	9,3 km/h	5,7 mph
3ª	12 km/h	7 mph	12 km/h	7 mph
4ª	19 km/h	12 mph	19 km/h	12 mph
5ª	26 km/h	16 mph	23 km/h	14 mph
5ª LLC	—	—	25 km/h	15 mph
6ª	40 km/h	25 mph	40 km/h	25 mph
6ª LLC	—	—	40 km/h	25 mph
Retroceso: 1ª	5,8 km/h	3,6 mph	5,8 km/h	3,6 mph
2ª	12 km/h	7,6 mph	12 km/h	7,6 mph
3ª	29 km/h	17 mph	29 km/h	17 mph

Transmisión automática con convertidor de par con sistema de traba: optativa

Avance: 1ª	5,8 km/h	3,6 mph	5,8 km/h	3,6 mph
2ª	9,3 km/h	5,7 mph	9,3 km/h	5,7 mph
3ª	12 km/h	7 mph	12 km/h	7 mph
4ª	19 km/h	12 mph	19 km/h	12 mph
5ª	26 km/h	16 mph	23 km/h	14 mph
5ª LLC	—	—	25 km/h	15 mph
6ª	40 km/h	25 mph	40 km/h	25 mph
6ª LLC	—	—	40 km/h	25 mph
Retroceso: 1ª	5,8 km/h	3,6 mph	5,8 km/h	3,6 mph
2ª	12 km/h	7,6 mph	12 km/h	7,6 mph
3ª	29 km/h	17 mph	29 km/h	17 mph

Clasificaciones de los ejes

Eje delantero con tracción en 2 ruedas

Estático	22.964 kg	50.582 lb
Dinámico	9.186 kg	20.233 lb

Eje delantero con tracción en 4 ruedas

Estático	22.964 kg	50.582 lb
Dinámico	9.186 kg	20.233 lb

Eje trasero

Estático	22.964 kg	50.582 lb
Dinámico	9.186 kg	20.233 lb

Sistema hidráulico

Tipo	Control cerrado
Tipo de bomba	Flujo variable, pistón axial
Capacidad de la bomba a 2.200 rpm	163 l/min 43 gal EE.UU./min
Presión del sistema: retroexcavadora	25.000 kPa 3.600 lb/pulg ²
Presión del sistema: cargador	25.000 kPa 3.600 lb/pulg ²

Dirección

Tipo	Rueda delantera
Servodirección	Hidrostática
Calibre	65 mm 2,6"
Carrera	120 mm 4,7"
Diámetro de la varilla	38 mm 1,4"
Oscilación del eje	11°
Radio de giro: tracción en 2 ruedas/tracción en 4 ruedas (rueda interior sin freno)	
Ruedas exteriores delanteras	9,19 m 29' 10"
Cucharón cargador exterior más ancho	10,97 m 36' 0"

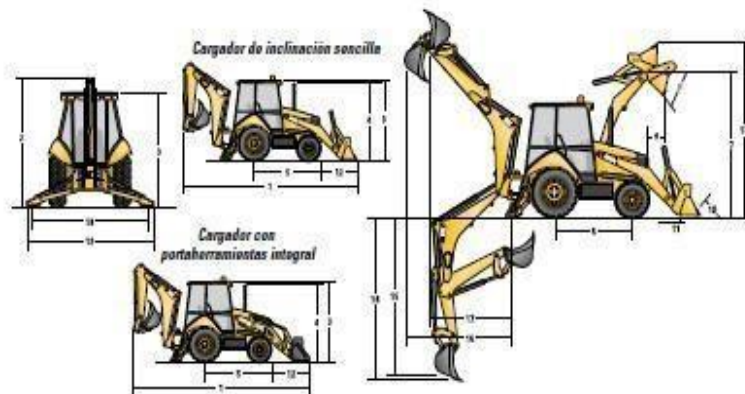
Capacidades de llenado de servicio

Sistema de enfriamiento con aire acondicionado	22,5 L	5,9 gal EE.UU.
Tanque de combustible	160 L	42 gal EE.UU.
Aceite del motor con filtro	9,8 L	2,3 gal EE.UU.
Transmisión: servomecánica		
Tracción en 2 ruedas	15,0 L	4,0 gal EE.UU.
Tracción en 4 ruedas	15,0 L	4,0 gal EE.UU.
Transmisión: automática		
Tracción en 4 ruedas	19,0 L	5,0 gal EE.UU.
Eje trasero	16,5 L	4,4 gal EE.UU.
Engranajes planetarios	1,7 L	0,4 gal EE.UU.
Eje delantero (tracción en 4 ruedas)	11,0 L	2,9 gal EE.UU.
Engranajes planetarios	0,7 L	0,2 gal EE.UU.
Sistema hidráulico	95,0 L	25,1 gal EE.UU.
Tanque hidráulico	40,0 L	10,6 gal EE.UU.

Neumáticos

Las opciones se incluyen como combinación de neumáticos delanteros y traseros:

- 11L-16 (12 capas) F-319SL-24 (12 capas) R4 ATU
- 12,5R0-18 (12 capas) 1-319SL-24 (12 capas) ATU
- 12,5R0-18 NHS (12 capas) 1-321L-24 (18 capas) R4 ATU
- 340R0R 18/19,5L-24 (12 capas) R4 ATU
- 340R0R 18/500/70R 24 RT



Programa de mantenimiento para retroexcavadora, según recomendación de fabricante.

Cuando Sea Necesario

Model:	420F	Customer Name:	
Serial Number (Prefix/Range):	LTG	Equipment Number:	
Maintenance Interval:	WHEN REQUIRED (30000 HOUR INTERVAL)	Work Order Number:	
Last Updated Data Date:	12/23/2016	Equipment SMU:	
Parts Manual Media Number:	SEBP5944-00	Equipment Location:	
OMM Media Number:		Print Date:	12/10/2017
		Employee:	
NOTE: THIS PLANNED MAINTENANCE CHECKLIST IS MEANT TO BE A QUICK REFERENCE ONLY. IT DOES NOT REPLACE THE OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ("OMM") APPLICABLE TO YOUR CATERPILLAR PRODUCT. THE DATA ON THIS CHECKLIST MAY BE CHANGED OR UPDATED WITHOUT NOTICE.			

Checklist

Seq	Instruction	OK	Comments
1	LUBRICATE MACHINE		
2	REPLACE AIR FILTER ELEMENT PRIMARY		
3	REPLACE AIR FILTER ELEMENT SECONDARY		
4	REPLACE CAB AIR FILTER RECIRCULATING		
5	REPLACE CAB AIR FILTER FRESH		

PM1

Model:	420F	Customer Name:	
Serial Number (Prefix/Range):	LTG	Equipment Number:	
Maintenance Interval:	PM 1 (250 HOUR INTERVAL)	Work Order Number:	
Last Updated Data Date:	12/23/2016	Equipment SMU:	
Parts Manual Media Number:	SEBP5944-00	Equipment Location:	
OMM Media Number:		Print Date:	12/10/2017
		Employee:	
<p>NOTE: THIS PLANNED MAINTENANCE CHECKLIST IS MEANT TO BE A QUICK REFERENCE ONLY. IT DOES NOT REPLACE THE OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ("OMM") APPLICABLE TO YOUR CATERPILLAR PRODUCT. THE DATA ON THIS CHECKLIST MAY BE CHANGED OR UPDATED WITHOUT NOTICE.</p>			

Checklist

Seq	Instruction	OK	Comments
1	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE OIL		
2	INSPECT V-BELT(S)		
3	CHECK DIFFERENTIAL OIL FRONT		
4	CHECK DIFFERENTIAL OIL REAR		
5	REPLACE DRIVE AXLE BREATHER FRONT		
6	REPLACE DRIVE AXLE BREATHER REAR		
7	CHECK FINAL DRIVE FLUID LEVEL FRONT		
8	CHECK FINAL DRIVE FLUID LEVEL REAR		
9	INSPECT EXTENDABLE STICK PAD		
10	PERFORM PM 1		

PM2

Model:	420F	Customer Name:	
Serial Number (Prefix/Range):	LTG	Equipment Number:	
Maintenance Interval:	PM 2 (500 HOUR INTERVAL)	Work Order Number:	
Last Updated Data Date:	12/23/2016	Equipment SMU:	
Parts Manual Media Number:	SEBP5944-00	Equipment Location:	
OMM Media Number:		Print Date:	12/10/2017
		Employee:	
NOTE: THIS PLANNED MAINTENANCE CHECKLIST IS MEANT TO BE A QUICK REFERENCE ONLY. IT DOES NOT REPLACE THE OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ("OMM") APPLICABLE TO YOUR CATERPILLAR PRODUCT. THE DATA ON THIS CHECKLIST MAY BE CHANGED OR UPDATED WITHOUT NOTICE.			

Checklist

Seq	Instruction	OK	Comments
1	REPLACE WATER SEPARATOR FILTER		
2	REPLACE ENGINE OIL & FILTER		
3	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE OIL		
4	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE COOLING SYSTEM LEVEL ONE		
5	INSPECT V-BELT(S)		
6	REPLACE TRANSMISSION OIL FILTER		
7	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM TRANSMISSION OIL		
8	LUBRICATE DRIVE SHAFT BEARING		
9	CHECK DIFFERENTIAL OIL FRONT		
10	CHECK DIFFERENTIAL OIL REAR		
11	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM DIFFERENTIAL OIL FRONT		
12	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM DIFFERENTIAL OIL REAR		
13	REPLACE DRIVE AXLE BREATHER FRONT		
14	REPLACE DRIVE AXLE BREATHER REAR		
15	CHECK FINAL DRIVE FLUID LEVEL FRONT		
16	CHECK FINAL DRIVE FLUID LEVEL REAR		
17	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM FINAL DRIVE REAR		
18	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM FINAL DRIVE FRONT		
19	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM HYDRAULIC SYSTEM		
20	REPLACE HYDRAULIC OIL FILTER		
21	LUBRICATE CONTROL CONSOLE LOCK/LATCH		
22	INSPECT EXTENDABLE STICK PAD		
23	PERFORM PM 2		

PM3

Model:	420F	Customer Name:	
Serial Number (Prefix/Range):	LTG	Equipment Number:	
Maintenance Interval:	PM 3 (1000 HOUR INTERVAL)	Work Order Number:	
Last Updated Data Date:	12/23/2016	Equipment SMU:	
Parts Manual Media Number:	SEBP5944-00	Equipment Location:	
OMM Media Number:		Print Date:	12/10/2017
		Employee:	
<p>NOTE: THIS PLANNED MAINTENANCE CHECKLIST IS MEANT TO BE A QUICK REFERENCE ONLY. IT DOES NOT REPLACE THE OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ("OMM") APPLICABLE TO YOUR CATERPILLAR PRODUCT. THE DATA ON THIS CHECKLIST MAY BE CHANGED OR UPDATED WITHOUT NOTICE.</p>			

Checklist

Seq	Instruction	OK	Comments
1	CHECK INLET/EXHAUST VALVE		
2	REPLACE ENGINE OIL & FILTER		
3	REPLACE WATER SEPARATOR FILTER		
4	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE OIL		
5	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE COOLING SYSTEM LEVEL ONE		
6	INSPECT V-BELT(S)		
7	DRAIN & REFILL TRANSMISSION OIL		
8	CLEAN TRANSMISSION Magnetic Screen		
9	REPLACE TRANSMISSION OIL FILTER		
10	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM TRANSMISSION OIL		
11	LUBRICATE DRIVE SHAFT BEARING		
12	CHECK DIFFERENTIAL OIL FRONT		
13	CHECK DIFFERENTIAL OIL REAR		
14	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM DIFFERENTIAL OIL FRONT		
15	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM DIFFERENTIAL OIL REAR		
16	DRAIN & REFILL DIFFERENTIAL OIL FRONT		
17	DRAIN & REFILL DIFFERENTIAL OIL REAR		
18	REPLACE DRIVE AXLE BREATHER FRONT		
19	REPLACE DRIVE AXLE BREATHER REAR		
20	CHECK FINAL DRIVE FLUID LEVEL FRONT		
21	CHECK FINAL DRIVE FLUID LEVEL REAR		
22	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM FINAL DRIVE REAR		
23	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM FINAL DRIVE FRONT		
24	DRAIN & REFILL FINAL DRIVE OIL REAR		

PM4

Model:	420F	Customer Name:	
Serial Number (Prefix/Range):	LTG	Equipment Number:	
Maintenance Interval:	PM 4 (2000 HOUR INTERVAL)	Work Order Number:	
Last Updated Data Date:	12/23/2016	Equipment SMU:	
Parts Manual Media Number:	SEBP5944-00	Equipment Location:	
OMM Media Number:		Print Date:	12/10/2017
		Employee:	
NOTE: THIS PLANNED MAINTENANCE CHECKLIST IS MEANT TO BE A QUICK REFERENCE ONLY. IT DOES NOT REPLACE THE OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ("OMM") APPLICABLE TO YOUR CATERPILLAR PRODUCT. THE DATA ON THIS CHECKLIST MAY BE CHANGED OR UPDATED WITHOUT NOTICE.			

Checklist

Seq	Instruction	OK	Comments
1	CHECK INLET/EXHAUST VALVE		
2	REPLACE ENGINE OIL & FILTER		
3	REPLACE WATER SEPARATOR FILTER		
4	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE OIL		
5	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE COOLING SYSTEM LEVEL TWO		
6	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE COOLING SYSTEM LEVEL ONE		
7	INSPECT V-BELT(S)		
8	DRAIN & REFILL TRANSMISSION OIL		
9	CLEAN TRANSMISSION Magnetic Screen		
10	REPLACE TRANSMISSION OIL FILTER		
11	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM TRANSMISSION OIL		
12	LUBRICATE DRIVE SHAFT BEARING		
13	CHECK DIFFERENTIAL OIL FRONT		
14	CHECK DIFFERENTIAL OIL REAR		
15	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM DIFFERENTIAL OIL FRONT		
16	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM DIFFERENTIAL OIL REAR		
17	DRAIN & REFILL DIFFERENTIAL OIL FRONT		
18	DRAIN & REFILL DIFFERENTIAL OIL REAR		
19	REPLACE DRIVE AXLE BREATHER FRONT		
20	REPLACE DRIVE AXLE BREATHER REAR		
21	CHECK FINAL DRIVE FLUID LEVEL FRONT		
22	CHECK FINAL DRIVE FLUID LEVEL REAR		
23	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM FINAL DRIVE REAR		
24	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM FINAL DRIVE FRONT		

12/10/2017

Page 1 of 4

25	DRAIN & REFILL FINAL DRIVE OIL REAR		
26	DRAIN & REFILL FINAL DRIVE OIL FRONT		
27	LUBRICATE WHEEL ASSEMBLY BEARING FRONT		
28	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM HYDRAULIC SYSTEM		
29	REPLACE HYDRAULIC TANK BREATHER		
30	REPLACE HYDRAULIC OIL FILTER		
31	LUBRICATE CONTROL CONSOLE LOCK/LATCH		
32	INSPECT EXTENDABLE STICK PAD		
33	REPLACE A/C RECEIVER/DRYER		
34	INSPECT ROPS/FOPS CAB		
35	PERFORM PM 4		

Relación De Repuestos Para Retroexcavadora

Part Information

<u>Qty</u>	<u>Part Number</u>	<u>Description</u>	<u>Notes</u>	<u>Seq</u>
1	225-8451	GASKET	Engine Valve Mechanism Cover Seal/Gasket	1
2	DEO-ULS	DIESEL ENG OIL-ECF-3/API	Engine Oil	2
1	7W-2328	FILTER A	Engine Oil Filter	2
1	158-1200	FILTER	Fuel/Water Separator Element - Install Dry, Prime System	3
1	381-9554	ELEMENT-WATER SEPARATOR (Fuel/Water Separator Element - Install Dry, Prime System	3
1	SOS	SCHEDULED OIL SAMPLE	Engine Oil Sample	4
1	SOS COOL-2	LEVEL 2 COOLANT CHECK	Coolant Sample	5
1	SOS COOL-1	LEVEL 1 COOLANT CHECK	Coolant Sample	6
5	TDTO	TRANS/DRIVE TRAIN OIL	Transmission Oil	8
1	5P-8718	SEAL-O-RING	Transmission Drain Plug Seal	8
1	7T-3251	BREATHER	Breather (Transmission)	8
1	4J-0522	SEAL-O-RING	Transmission Oil Magnetic Screen Cover Seal	9
1	119-4740	FILTER	Transmission Filter	10
1	SOS	SCHEDULED OIL SAMPLE	Transmission Oil Sample	11
1	SOS	SCHEDULED OIL SAMPLE	Front Differential Oil Sample	15
1	SOS	SCHEDULED OIL SAMPLE	Rear Differential Oil Sample	16
3	TDTO	TRANS/DRIVE TRAIN OIL	Differential Oil Refill Capacity 2.9 Gallons	17
2	6V-8228	SEAL-O-RING	Differential Plug Seal	17
5	TDTO	TRANS/DRIVE TRAIN OIL	Differential Oil Refill Capacity 4.2 Gallons (+ Additive)	18
2	6V-8228	SEAL-O-RING	Differential Plug Seal	18
1	197-0017	AXLE & BRAKE OIL ADDITIVE	Differential Oil Additive, add 1/2 Container	18
1	253-5024	BREATHER	Breather (Front Axle)	19
1	197-9155	BREATHER	Breather (Front Axle)	20

2	SOS	SCHEDULED OIL SAMPLE	Final Drive Oil Samples	23
2	SOS	SCHEDULED OIL SAMPLE	Final Drive Oil Samples	24
1	TDTO	TRANS/DRIVE TRAIN OIL	Final Drive Oil Refill Capacity 0.45 Gallons Each Side	25
2	6V-8228	SEAL-O-RING	Final Drive Plug Seal	25
1	TDTO	TRANS/DRIVE TRAIN OIL	Final Drive Oil Refill Capacity 0.2 Gallons Each Side	26
2	6V-8228	SEAL-O-RING	Final Drive Plug Seal	26
1	SOS	SCHEDULED OIL SAMPLE	Hydraulic Oil Sample	28
1	381-9918	BREATHER	Breather (Hydraulic Oil Tank)	29
1	382-1183	HOUSING-HYDRAULIC OIL FIL	Hydraulic Oil Filter	30

Programa De Mantenimiento Para Excavadoras, Según Manual De Fabricante

CUANDO SE REQUIERA

Model:	320D2 L	Customer Name:	
Serial Number (Prefix/Range):	KHR	Equipment Number:	
Maintenance Interval:	WHEN REQUIRED (30000 HOUR INTERVAL)	Work Order Number:	
Last Updated Data Date:	12/28/2016	Equipment SMU:	
Parts Manual Media Number:	SEBP6241	Equipment Location:	
OMM Media Number:		Print Date:	12/10/2017
		Employee:	
<p>NOTE: THIS PLANNED MAINTENANCE CHECKLIST IS MEANT TO BE A QUICK REFERENCE ONLY. IT DOES NOT REPLACE THE OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ("OMM") APPLICABLE TO YOUR CATERPILLAR PRODUCT. THE DATA ON THIS CHECKLIST MAY BE CHANGED OR UPDATED WITHOUT NOTICE.</p>			

Checklist

<u>Seq</u>	<u>Instruction</u>	<u>OK</u>	<u>Comments</u>
1	LUBRICATE MACHINE		
2	REPLACE AIR FILTER ELEMENT PRIMARY		
3	REPLACE AIR FILTER ELEMENT SECONDARY		
4	REPLACE CAB AIR FILTER AIR CONDITIONER		
5	REPLACE CAB AIR FILTER FRESH		
6	REPLACE CASE DRAIN OIL FILTER		

PM1

Model:	320D2 L	Customer Name:	
Serial Number (Prefix/Range):	KHR	Equipment Number:	
Maintenance Interval:	PM 1 (250 HOUR INTERVAL)	Work Order Number:	
Last Updated Data Date:	12/28/2016	Equipment SMU:	
Parts Manual Media Number:	SEBP6241	Equipment Location:	
OMM Media Number:		Print Date:	12/10/2017
		Employee:	
<p>NOTE: THIS PLANNED MAINTENANCE CHECKLIST IS MEANT TO BE A QUICK REFERENCE ONLY. IT DOES NOT REPLACE THE OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ("OMM") APPLICABLE TO YOUR CATERPILLAR PRODUCT. THE DATA ON THIS CHECKLIST MAY BE CHANGED OR UPDATED WITHOUT NOTICE.</p>			

Checklist

Seq	Instruction	OK	Comments
1	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE OIL		
2	INSPECT V-BELT(S)		
3	CLEAN REFRIGERANT CONDENSER		
4	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM FINAL DRIVE		
5	LUBRICATE SWING DRIVE BEARING		
6	CHECK SWING DRIVE FLUID LEVEL		
7	PERFORM PM 1		
8	REPLACE FUEL FILTER SECONDARY		

PM2

Model:	320D2 L	Customer Name:	
Serial Number (Prefix/Range):	KHR	Equipment Number:	
Maintenance Interval:	PM 2 (500 HOUR INTERVAL)	Work Order Number:	
Last Updated Data Date:	12/28/2016	Equipment SMU:	
Parts Manual Media Number:	SEBP6241	Equipment Location:	
OMM Media Number:		Print Date:	12/10/2017
		Employee:	
<p>NOTE: THIS PLANNED MAINTENANCE CHECKLIST IS MEANT TO BE A QUICK REFERENCE ONLY. IT DOES NOT REPLACE THE OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ("OMM") APPLICABLE TO YOUR CATERPILLAR PRODUCT. THE DATA ON THIS CHECKLIST MAY BE CHANGED OR UPDATED WITHOUT NOTICE.</p>			

Checklist

<u>Seq</u>	<u>Instruction</u>	<u>OK</u>	<u>Comments</u>
1	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE OIL		
2	INSPECT V-BELT(S)		
3	CLEAN REFRIGERANT CONDENSER		
4	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM FINAL DRIVE		
5	LUBRICATE SWING DRIVE BEARING		
6	CHECK SWING DRIVE FLUID LEVEL		
7	INSPECT & MAINTAIN FUEL TANK CAP(S)		
8	REPLACE WATER SEPARATOR ELEMENT		
9	REPLACE FUEL FILTER SECONDARY		
10	CLEAN FUEL TANK STRAINER		
11	REPLACE ENGINE OIL & FILTER		
12	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM HYDRAULIC SYSTEM		
13	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM SWING DRIVE		
14	PERFORM PM 2		
15	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE COOLANT LEVEL ONE		
16	LUBRICATE STICK LINKAGE		
17	LUBRICATE BOOM LINKAGE		
18	REPLACE HYDRAULIC OIL FILTER RETURN		

PM3

Model:	320D2 L	Customer Name:	
Serial Number (Prefix/Range):	KHR	Equipment Number:	
Maintenance Interval:	PM 3 (1000 HOUR INTERVAL)	Work Order Number:	
Last Updated Data Date:	12/28/2016	Equipment SMU:	
Parts Manual Media Number:	SEBP6241	Equipment Location:	
OMM Media Number:		Print Date:	12/10/2017
		Employee:	
NOTE: THIS PLANNED MAINTENANCE CHECKLIST IS MEANT TO BE A QUICK REFERENCE ONLY. IT DOES NOT REPLACE THE OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ("OMM") APPLICABLE TO YOUR CATERPILLAR PRODUCT. THE DATA ON THIS CHECKLIST MAY BE CHANGED OR UPDATED WITHOUT NOTICE.			

Checklist

Seq	Instruction	OK	Comments
1	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE OIL		
2	INSPECT V-BELT(S)		
3	CLEAN REFRIGERANT CONDENSER		
4	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM FINAL DRIVE		
5	LUBRICATE SWING DRIVE BEARING		
6	CHECK SWING DRIVE FLUID LEVEL		
7	INSPECT & MAINTAIN FUEL TANK CAP(S)		
8	REPLACE WATER SEPARATOR ELEMENT		
9	REPLACE FUEL FILTER SECONDARY		
10	CLEAN FUEL TANK STRAINER		
11	REPLACE ENGINE OIL & FILTER		
12	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM HYDRAULIC SYSTEM		
13	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM SWING DRIVE		
14	CHECK INLET/EXHAUST VALVE CLEARANCE		
15	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE COOLANT LEVEL ONE		
16	LUBRICATE STICK LINKAGE		
17	LUBRICATE BOOM LINKAGE		
18	REPLACE HYDRAULIC OIL FILTER RETURN		
19	CLEAN BATTERY		
20	REPLACE CASE DRAIN OIL FILTER		
21	REPLACE PILOT SYSTEM HYD FILTER		
22	DRAIN & REFILL SWING DRIVE OIL		
23	TIGHTEN BATTERY BOX/SUPPORT		
24	PERFORM PM 3		

PM4

Model:	320D2 L	Customer Name:	
Serial Number (Prefix/Range):	KHR	Equipment Number:	
Maintenance Interval:	PM 4 (2000 HOUR INTERVAL)	Work Order Number:	
Last Updated Data Date:	12/28/2016	Equipment SMU:	
Parts Manual Media Number:	SEBP6241	Equipment Location:	
OMM Media Number:		Print Date:	12/10/2017
		Employee:	
<p>NOTE: THIS PLANNED MAINTENANCE CHECKLIST IS MEANT TO BE A QUICK REFERENCE ONLY. IT DOES NOT REPLACE THE OPERATION AND MAINTENANCE MANUAL ("OMM") APPLICABLE TO YOUR CATERPILLAR PRODUCT. THE DATA ON THIS CHECKLIST MAY BE CHANGED OR UPDATED WITHOUT NOTICE.</p>			

Checklist

<u>Seq</u>	<u>Instruction</u>	<u>OK</u>	<u>Comments</u>
1	CHECK INLET/EXHAUST VALVE CLEARANCE		
2	INSPECT V-BELT(S)		
3	CLEAN REFRIGERANT CONDENSER		
4	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM FINAL DRIVE		
5	LUBRICATE SWING DRIVE BEARING		
6	CHECK SWING DRIVE FLUID LEVEL		
7	INSPECT & MAINTAIN FUEL TANK CAP(S)		
8	REPLACE WATER SEPARATOR ELEMENT		
9	REPLACE FUEL FILTER SECONDARY		
10	CLEAN FUEL TANK STRAINER		
11	REPLACE ENGINE OIL & FILTER		
12	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM HYDRAULIC SYSTEM		
13	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM SWING DRIVE		
14	TIGHTEN BATTERY BOX/SUPPORT		
15	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE COOLANT LEVEL ONE		
16	LUBRICATE STICK LINKAGE		
17	LUBRICATE BOOM LINKAGE		
18	DRAIN & REFILL SWING DRIVE OIL		
19	REPLACE PILOT SYSTEM HYD FILTER		
20	REPLACE CASE DRAIN OIL FILTER		
21	CLEAN BATTERY		
22	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE OIL		
23	TAKE & ANALYZE S-O-S FROM ENGINE COOLANT LEVEL TWO		
24	DRAIN & REFILL FINAL DRIVE OIL		

25	REPLACE HYDRAULIC OIL FILTER RETURN		
26	LUBRICATE SWING DRIVE GEAR		
27	REPLACE A/C RECEIVER/DRYER		
28	PERFORM PM 4		
29	CLEAN HYDRAULIC SYSTEM SCREEN		

Relación de repuestos y lubricantes para excavadora

Part Information				
<u>Qty</u>	<u>Part Number</u>	<u>Description</u>	<u>Notes</u>	<u>Seq</u>
1	256-7704	SEAL-VALVE COVER		1
2	S-O-S	SCHEDULED OIL SAMPLE	Final drive oil samples	4
1	9X-8600	SEAL-O-RING	Fuel Tank Filler Cap Seal	7
1	350-7735	Kit - Filter (Fuel Cap)		7
1	382-0664	FILTER AS-WATER SEP & FUE		8
1	1R-1804	FILTER ELEMENT-WTR SEP &		9
1	207-2757	SEAL		9
1	322-3155	ELEMENT AS. - LUBE		11
5	DEO	DIESEL ENGINE OIL	Engine Oil Refill Capacity 4.8 Gallons	11
1	S-O-S	SCHEDULED OIL SAMPLE	Hydraulic oil sample	12
1	S-O-S	SCHEDULED OIL SAMPLE	Swing drive oil sample	13
1	S-O-S COOL-1	LEVEL 1 COOLANT CHECK		15
2	TDTO	TRANS/DRIVE TRAIN OIL	Swing Drive Oil	18
1	5I-8670	FILTER AS	Hydraulic Oil Filter (Pilot)	19
1	093-7521	ELEMENT	Hydraulic Oil Filter (Case Drain)	20
1	S-O-S	SCHEDULED OIL SAMPLE	Engine Oil Sample	22
1	S-O-S COOL-2	LEVEL 2 COOLANT CHECK		23
4	TDTO	TRANS/DRIVE TRAIN OIL	Final Drive Oil Refill Capacity 2 Gallons Each Side	24
4	7M-8485	SEAL	2 Seals each side	24
2	123-2003	SEAL	Hydraulic Oil Filter (Return) Cover Seal	25
1	179-9806	ELEMENT	Hydraulic Oil Filter (Return)	25
1	201-9299	SERVICE KIT- FILTER	Hydraulic Oil Filter (Return) Service Kit	25
1	095-1681	SEAL (ID=144.40mm)	Hydraulic Oil Filter (Return) Cover Seal	25

1	7Y-1647	GASKET	Swing Gear Upper Lubrication Port Gasket	26
1	148-4704	GASKET	Swing Gear Lower Lubrication Port Gasket/Seal	26
6	GREASE	MULTIPURPOSE GREASE	Swing Drive Gear Grease, use as required	26
1	176-1902	RECEIVER AS	Receiver Dryer	27
1	095-1730	SEAL-O-RING	Cover seal	29
1	5H-5672	SEAL	Screen seal	29

PAPER

TPM

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL



Recibido 20 de enero, 2016 - Aceptado 13 de abril, 2016

Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados

Indicators for heavy equipment maintenance management

Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados

Las buenas prácticas en labores mineras, recomiendan que este indicador oscile entre 60 y 80 horas por parada en promedio. Los valores metas de este indicador dependerán del tipo de máquina y de aplicación al que está sometida la máquina.

MTTR: Mean Time To Repair (Tiempo Medio Para Reparar)

Este indicador muestra el tiempo promedio que demoran las reparaciones o intervenciones a la máquina por motivos mecánicos. Es el tiempo que la máquina se encuentra bajo el estado de reparación (inoperativa para el trabajo). Proporciona información sobre la adecuada gestión del planeamiento y del taller, incluyendo al área logística y otras áreas de la empresa involucradas con la atención de los recursos necesarios para la ejecución de los servicios.

El MTTR para un determinado período se calcula dividiendo las horas totales usadas en reparaciones en determinado período entre el número de paradas que la máquina tuvo por motivos mecánicos en dicho período. De igual manera no se consideran las paradas operativas.

$$MTTR = \frac{\text{Horas en reparaciones}}{\text{Número de paradas}}$$

Dado que cuando se interviene la máquina el reloj no corre, las horas consideradas son las horas solares (de reloj). No confundir con horas - hombre, ni con horas máquina (SMU).

Un alto valor de MTTR indica que se invierten muchas horas en reparar la máquina debido a alguna deficiencia en la gestión.

Un bajo valor de MTTR indica que no se están realizando las labores de mantenimiento como debieran hacerse.

Las buenas prácticas de mantenimiento recomiendan que el valor promedio del indicador MTTR se encuentre entre 3 y 6 horas.

MA: Mechanical Availability (Disponibilidad Mecánica)

La disponibilidad mecánica está definida como la relación entre las horas trabajadas y las horas usadas en reparación.

Para un período determinado, es calculado dividiendo el número de horas trabajadas entre la suma de horas trabajadas y las horas usadas en las paradas mecánicas.

$$MA = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Hro. trabajadas} + \text{Hro. en reparación}}$$

Este indicador por sí solo no es un buen referente para medir una gestión de mantenimiento, porque nada nos dice sobre lo que ocurrió en el intervalo de medición.

Pero, si dividimos el numerador y el denominador entre el número de paradas por motivos mecánicos (incluye las paradas programadas y las no programadas) que tuvo la máquina en el período de cálculo, tendremos lo siguiente (ver artículo Zagarra, M. Gestión moderna del mantenimiento de equipos pesados 774-2619-1-PR, Ciencia y Desarrollo):

$$MA = \frac{MTBS}{MTBS + MTTR}$$

Es conveniente analizar la disponibilidad mecánica conjuntamente con los indicadores MTBS y MTTR.

El valor recomendable de este indicador es alrededor del 90%.

Falla y avería

El tiempo medio entre fallas y el tiempo medio entre paradas por fallas muchas veces se confunden al momento de usar los indicadores para la confiabilidad. Sin embargo si las definiciones se tienen claras no habrá problemas en entender los resultados a fin de tomar acciones estratégicas.

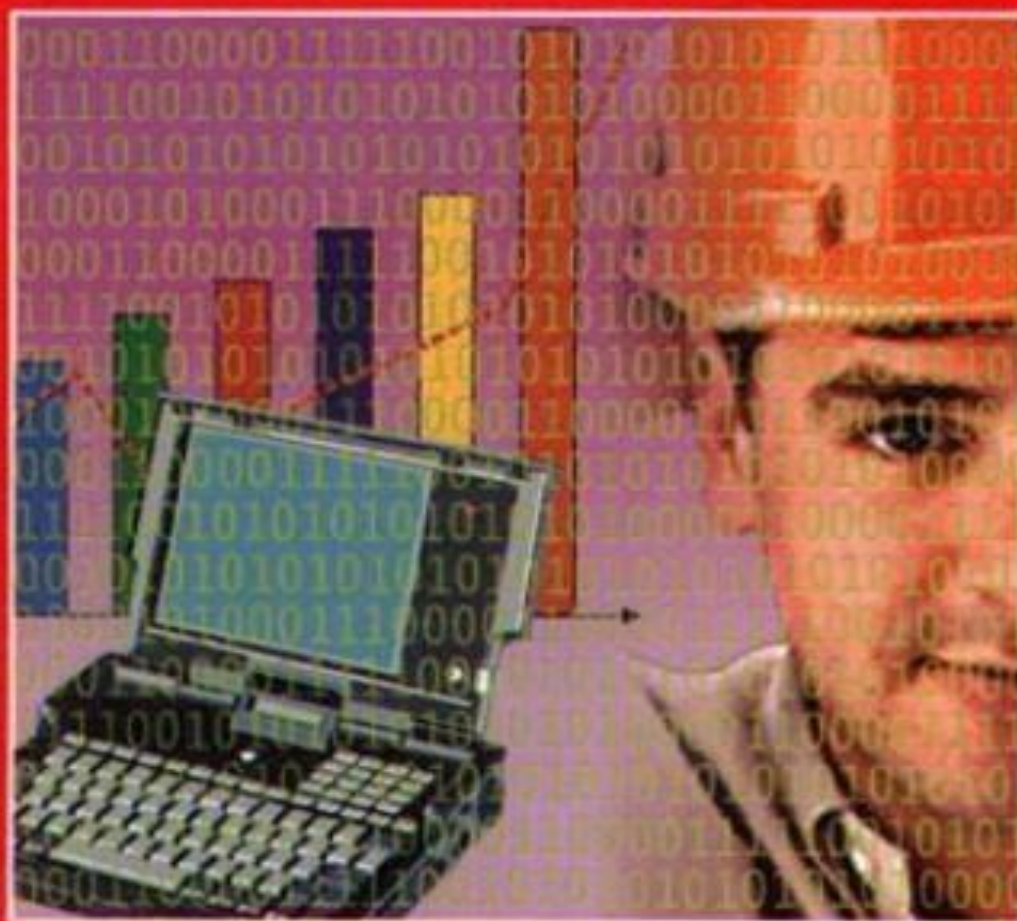
Administración Moderna de Mantenimiento

Lourival Tavares

Revisores Técnicos:

Ing. José Manrique Castro

Ing. Edgard Bernal Muñoz



Novo Polo Publicações - Brasil

FICHA VALIDACION DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres: Ing. Manuel Urbina Vasquez
- Profesión: Ing. Mecánico Electricista.
- Grado académico: MBA - Administración de Empresas
- Actividad laboral actual: Administrador.

INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1	2	3	4	5
Ninguno	Poco	Regular	Alto X	Muy alto

- Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)		X	
b) Experiencia como profesional. (EP)	X		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)		X	
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)		X	
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	X		

UNIVERSIDAD
DE GUAYMAS


 Ing. Manuel Urbina Vasquez
 CIP: 94218
 Firma del entrevistado

Anexo: Hoja de vida.

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es un Cuestionario, cuyo objetivo (indicar el objetivo de la tesis).

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

- ¿Considera pertinente la aplicación de este cuestionario para los fines establecidos en la investigación?
 Es pertinente: Poco pertinente: No es pertinente:
 Por favor, indique las razones:
Recolecta los datos necesarios.
Ordina en forma adecuada la información recudada.
- ¿Considera que el cuestionario formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?
 Son suficientes: Insuficientes:
 Por favor, indique las razones:
Todos lo aspectos son considerados.
- ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?
 Son adecuadas: Poco adecuadas: Inadecuadas:
 Por favor, indique las razones:
Los solicitudes de información son claras.
- Califique los items según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Item	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
Horq	X			X			
Motivo	X			X			
Sist-comp	X			X			
Acción	X			X			

- ¿Qué sugerencias haría ud para mejorar el instrumento de recolección de datos?
Codificar: Motivo, Sistema - componente, Acción, etc.

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:

UNIMAG S.A.

 CIP. QUZE
 Firma del Experto

REGISTRO DIARIO DE PARADAS

EQUIPO	
MODELO	
SERIE	
AÑO DE FABRI.	

JORNADA DE TRABAJO / DÍA: _____ FECHA: _____

HORA INICIO DE LABOR		HORAS TERMINO DE LABOR	
HOROMETRO INICIAL		HOROMETRO FINAL	
		HORAS DE OPERACION	

DIFERENCIAS DE HORAS: DIA / HOROMETRO _____

DETALLE DE HORAS DE PARO

HORA	MOTIVO	SISTEMA	COMPONENTE	ACCION CORECCTIVA


 NOMBRE Y FIRMA DEL ESPECIALISTA

DETALLE DE REPARACIONES

EQUIPO	
MODELO	
SERIE	
AÑO DE FABRI.	

FECHA: _____

TIPO DE FALLO	
SISTEMA	
COMPONENTE	

TOTAL HORAS UTILIZADAS	DETALLE	DETALLE DEL TRABAJO	MOTIVO DE FALLA


 NOMBRE Y FIRMA DEL ESPECIALISTA

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES DEL EXPERTO.

- Apellidos y Nombres: Ing. Luis Eduardo Cusman Castillo
- Profesión: Ing. Mecánica Electricista.
- Grado académico: Título Propositor de Ing. Mecánica Electricista
- Actividad laboral actual: Supervisor de Servicios

INDICACIONES AL EXPERTO.

En la tabla siguiente, se propone una escala del 1 al 5, que va en orden ascendente del desconocimiento al conocimiento profundo. Marque con una "X" conforme considere su conocimiento sobre el tema de la tesis evaluada.

1 Ninguno	2 Poco	3 Regular <input checked="" type="checkbox"/>	4 Alto	5 Muy alto
--------------	-----------	--	-----------	---------------

1. Sírvase marcar con una "X" las fuentes que considere han influenciado en su conocimiento sobre el tema, en un grado alto, medio o bajo.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA UNA DE LAS FUENTES EN SUS CRITERIOS		
	A (ALTO)	M (MEDIO)	B (BAJO)
a) Análisis teóricos realizados. (AT)		<input checked="" type="checkbox"/>	
b) Experiencia como profesional. (EP)	<input checked="" type="checkbox"/>		
c) Trabajos estudiados de autores nacionales. (AN)		<input checked="" type="checkbox"/>	
d) Trabajos estudiados de autores extranjeros. (AE)		<input checked="" type="checkbox"/>	
e) Conocimientos personales sobre el estado del problema de investigación. (CP)	<input checked="" type="checkbox"/>		


 Supervisor de Servicios
 Ing. Luis Cusman Castillo
 UNIMAC S.A. - Cnelayo
 CIP: 173812
Firma del entrevistado

Estimado(a) experto(a):

El instrumento de recolección de datos a validar es un Cuestionario, cuyo objetivo (indicar el objetivo de la tesis).

Con el objetivo de corroborar la validación del instrumento de recolección de datos, por favor le pedimos responda a las siguientes interrogantes:

- ¿Considera pertinente la aplicación de este cuestionario para los fines establecidos en la investigación?
 Es pertinente: Poco pertinente: No es pertinente:
 Por favor, indique las razones:
Redacción y Orden en forma adecuada la información necesaria
- ¿Considera que el cuestionario formula las preguntas suficientes para los fines establecidos en la investigación?
 Son suficientes: Insuficientes:
 Por favor, indique las razones:
Considero todas los aspectos
- ¿Considera que las preguntas están adecuadamente formuladas de manera tal que el entrevistado no tenga dudas en la elección y/o redacción de sus respuestas?
 Son adecuadas: Poco adecuadas: Inadecuadas:
 Por favor, indique las razones:
los subtítulos de inferencia son claros
- Califique los items según un criterio de precisión y relevancia para el objetivo del instrumento de recolección de datos.

Item	Precisión			Relevancia			Sugerencias
	Muy precisa	Poco precisa	No es precisa	Muy relevante	Poco Relevante	Irrelevante	
<u>Bora</u>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			
<u>Notius</u>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			
<u>Sst - Cont</u>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			
<u>Decon.</u>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>			

- ¿Qué sugerencias haría ud para mejorar el instrumento de recolección de datos?

Le agradecemos por su colaboración.

Fecha de evaluación:



 Supervisor de Servicios
 Ing. Luis Cuzmán Castillo
 UNIMAQ S.A., Chiclayo
 CIP: 173812
 Firma del Experto

REGISTRO DIARIO DE PARADAS

EQUIPO	
MODELO	
SERIE	
AÑO DE FABRI.	

JORNADA DE TRABAJO / DIA: FECHA:

HORA INICIO DE LABOR		HORAS TERMINO DE LABOR	
HOROMETRO INICIAL		HOROMETRO FINAL	
		HORAS DE OPERACIÓN	

DIFERENCIAS DE HORAS: DIA / HOROMETRO

DETALLE DE HORAS DE PARO

HORA	MOTIVO	SISTEMA	COMPONENTE	ACCION CORECCTIVA


 Ing. Luis Gabriel Castillo
 UNIMAQ S.A. - Chile
 C.P. 13812
 NOMBRE Y FIRMA DEL ESPECIALISTA

DETALLE DE REPARACIONES

EQUIPO	
MODELO	
SERIE	
AÑO DE FABRI.	

FECHA:

TIPO DE FALLO	
SISTEMA	
COMPONENTE	

TOTAL HORAS UTILIZADAS	DETALLE	DETALLE DEL TRABAJO	MOTIVO DE FALLA


 Ing. Luis Gabriel Castillo
 UNIMAQ S.A. - Chile
 C.P. 13812
 NOMBRE Y FIRMA DEL ESPECIALISTA


ACTA DE ORIGINALIDAD DE APROBACIÓN DE TESIS

Yo, LUIS ALBERTO RAMOS MARTINEZ , Docente del curso de desarrollo de Tesis de la Escuela de Ing. Mecánica Eléctrica y revisor del trabajo académico (Tesis) titulado:

"MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS DE ALQUILER CARTEPILLAR DE LA EMPRESA UNIMAQ 2018", Del Bachiller de la escuela profesional de Ingeniería Mecánico Electricista: **CARLOS FRANCISCO CASTRO VALDIVIEZO**.

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud del 24 %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencias irrelevantes que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 23 de Agosto de 2018


Luis Alberto Ramos Martinez
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
REG CIP. 101500

Ing. Luis Alberto Ramos Martinez
CIP. 101500
Docente de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS
EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 07
Fecha : 31-03-2017
Página : 1 de 1

Yo Castro Valdiviezo Carlos Francisco, identificado con DNI
N° 47039530, egresada de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la
Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y
comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA INCREMENTAR LA
CONFIDABILIDAD DE LOS EQUIPOS DE ALQUILER CATERPILLAR DE LA
EMPRESA UNIMAR SA - 2017.

.....
en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo
estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art.
33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

FIRMA

DNI: 47039530

FECHA: 01 de OCTUBRE del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

EP DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

CASTRO VALDIVIEZO CARLOS FRANCISCO

INFORME TÍTULADO:

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA INCREMENTAR LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS DE ALQUILER CARTERPILAR DE LA EMPRESA UNIMAQ 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA: 24/05/2018

NOTA O MENCIÓN: TRECE (13)



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN