

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“MEJORA DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE  
LA MAQUINARIA EN UNA EMPRESA  
CONSTRUCTORA”**

**TESIS**

Para Optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECANICO**

**FERNANDO GAMARRA VILLACORTA**

PROMOCION 1992 – I

LIMA – PERU

2009

## **INDICE GENERAL**

### **PROLOGO**

### **CAPITULO 1:**

#### **INTRODUCCION**

1.0	Introducción.	06
1.1	Objetivo.	08
1.2	Alcance.	08
1.3	Limitación.	08
1.4	Ubicación.	09

### **CAPITULO 2:**

#### **DIAGNOSTICO DEL MANTENIMIENTO**

2.0	Importancia del Diagnostico del Área de Mantenimiento.	10
2.1	Diagnostico Integral del Mantenimiento de la Empresa.	11
2.2	Del Manejo de la Información.	12
2.3	De los Reportes y Procesamiento de la Información.	13
2.4	De los Tipos de Mantenimiento.	14
2.5	De los Análisis de Aceite.	14
2.6	Del Rendimiento de combustible.	15
2.7	Del Rendimiento del Aceite.	16
2.8	De la Evaluación y Control.	17

**CAPITULO 3:****ESTABLECIMIENTO DE MEJORAS Y METAS**

3.0	Establecimiento de las Mejoras y Metas.	18
3.1	De los Métodos de Trabajo.	19
3.2	De los tres Tipos de Mantenimiento.	23
3.3	De la Criticidad y los Análisis de Aceite.	23
3.4	Del Rendimiento de Aceite.	24
3.5	Del Rendimiento de Combustible.	25
3.6	De los Índices de Gestión.	26

**CAPITULO 4:****CONCEPTOS PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO**

4.0	Codificación de los Equipos.	27
4.1	Obtención de Información Técnica.	31
4.2	Criticidad de Equipo Mecánico.	36
4.3	Conceptos de Mantenimiento.	40
4.4	Objetivos de un buen control de mantenimiento.	41
4.5	Actividades de Mantenimiento.	42
4.6	Indicaciones para el Mantenimiento.	45
4.7	Indicación para la Lubricación.	49
4.8	Selección de Fluidos según Temperaturas de Trabajo.	50
4.9	En el Control Consumo de Combustible.	50
4.10	Control de Análisis de Aceite.	51
4.11	Control de Tiempos de Producción.	53

4.12	Índices de los Tiempos de Producción de los Equipos Mecánicos	57
4.13	Índices de gestión.	59
4.14	Rangos Admisibles de los Índices de Gestión.	63

## **CAPITULO 5:**

### **FORMULACION DE MEJORAS DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO**

5.0	Formulación de los Sistemas de Trabajo del Área de Mantenimiento.	64
5.1	En las Funciones del Área de Equipo Mecánico.	64
5.2	En el Sistema de Control en el Planeamiento.	71
5.3	En el Sistema de control en Obra.	80
5.4	En el Sistema de Control Central.	88

## **CAPITULO 6:**

### **COSTOS DE OPERACIÓN**

6.0	Costos de operación.	102
6.1	Costos fijos.	106
6.2	Costo de Mantenimiento y Reparación.	116
6.3	Costos Variables.	133
6.4	Costos Generales y Utilidad.	136
6.5	Determinación de la Tarifa del Equipo.	136

**CAPITULO 7:****CASO: CENTRAL HIDROELECTRICA SANDIA**

7.0	Caso: Central Hidroeléctrica Sandia.	142
7.1	Sistema Control en el Planeamiento.	143
7.2	Sistema de Control en Obra.	144
7.3	Sistema de Control Central.	145

<b>CONCLUSIONES.</b>	149
----------------------	-----

<b>OBSERVACIONES.</b>	151
-----------------------	-----

<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	152
----------------------	-----

<b>ANEXOS.</b>	153
----------------	-----

## **PROLOGO**

El presente volumen tiene por finalidad el trazar las Mejoras en el Sistema de Mantenimiento Actual, de los equipos en una empresa constructora, con el fin de alcanzar un Mantenimiento de Clase Mundial, es decir un mantenimiento en los rangos de una empresa constructora competitiva internacionalmente.

El objetivo era el implementar este modelo en un proyecto piloto, con el fin de ser luego implementado en todos los proyectos futuros, se escogió como Plan Piloto la Obra de Sandia Puno, los Sistemas de Control, creados tanto en el planeamiento, en la obra, como en el control central, se muestran en este volumen, además del análisis de los índices de gestión, y la obtención del Mantenimiento de Clase Mundial alcanzado.

En un mundo cada vez más Globalizado, es imprescindible par las empresas del Sector Construcción, trazar las metodologías de trabajo para alcanzar un Mantenimiento de Clase Mundial, que la haga realmente competitiva en un mercado cada vez más exigente. Los controles aquí detallados, el los tres sistemas (en el planeamiento, en obra y en el control central), tiene el objetivo de alcanzar estos

índices internacionales, que la hace competitiva internacionalmente. A continuación se detalla en forma sintetizada el contenido del presente trabajo.

### **El Capítulo 1: Introducción**

Es la introducción, donde se indica finalidad, objetivo, alcance, limitación, y ubicación del plan piloto, que es motivo del presente volumen.

### **El Capítulo 2: Diagnostico Integral del Mantenimiento.**

Se hace el diagnostico del funcionamiento del área de mantenimiento, con la finalidad de determinar su situación actual, en el manejo de la información, de los reportes de obra y procesamiento de la información, de los tipos de mantenimiento, de los análisis de aceite, de los rendimientos del aceite y del combustible, y de su evaluación y control.

### **El Capítulo 3: Establecimiento de Metas y Mejoras.**

En el se establece las Metas y Mejoras del área de mantenimiento, trazando mejoras en los métodos de trabajo (en las funciones del área, en los sistemas de control del planteamiento, en el sistema de Control en obra, y en el sistema de control central), en los Tipos de Mantenimiento, en la Criticidad y Análisis de Aceite, en el Rendimiento del Combustible y en el Rendimiento del Aceite, y en los Índices de Gestión, teniendo por meta la obtención de los estándares internacionales para la gestión de mantenimiento, es decir un Mantenimiento de Clase Mundial.

#### **El Capítulo 4: Conceptos para el Control del Mantenimiento**

En este capítulo se indica los conceptos que es necesario conocer para el logro de nuestras mejoras y metas para el área del mantenimiento, en el se presentan los cuadros y tablas correspondientes, además de los rangos internacionales para optimizar los gastos del mantenimiento.

En el se indica la forma en que se debe realizar la codificación de los equipos, la elaboración de la ficha técnica del equipo, la determinación de la criticidad del equipo y el tipo de mantenimiento a realizar según el tipo de criticidad, los tipos de mantenimiento e indicaciones para el manteniendo (motor, sistema hidráulico, sistema eléctrico), selección del aceite según rango de temperaturas, el control del rendimiento del combustible, el Análisis de aceite ( rangos de los elementos de desgaste y sus fuentes de desgaste), sobre el control de los tiempos de producción y sus índices ( tiempo programado, de parada, de operación valida, de velocidad reducida y los rangos de la disponibilidad, utilización, productividad), sobre los índices de gestión ( disponibilidad, utilización, productividad, MTBS, MTTR, relación del mantenimiento, presión de servicio, el apretó etc.) y los rangos admisibles correspondientes.

#### **El Capítulo 5: Sistemas de Control de Equipo Mecánico.**

El Sistema de Control de Equipo Mecánico, presenta tres niveles, Sistema de Controle en el Planeamiento, Sistema de Control en Obra y el Sistema de Control Central, que a continuación se indica:

- **Sistema de Control en el Planeamiento:**

Se indica las acciones a realizar antes del inicio de la obra, incluyendo los procedimientos, los datos, la información de los equipos, el acta de entrega y recepción, el cargo de equipo mecánico a operadores y choferes, el programa de mantenimiento, costo del plan de mantenimiento, plan de abastecimiento, que se requiere realizar para el buen control de los equipos en la obra

- **Sistema de Control en Obra:**

Se muestra la implementación de los formatos para el control de los equipos en obra; el control de combustible, el control análisis de aceite, el control de neumáticos, el control de los mantenimientos, el control de paradas, la libreta de control, el control de los tiempos de producción de los equipos, Además se define los conceptos necesarios para realizar un eficiente control de la producción.

- **Sistema de Control Central:**

Se determina los Índices de Gestión necesarios para realizar una evaluación de la gestión del mantenimiento y trazar las mejoras correspondientes. Se indica también los cuadros que son necesarios elaborar para realizar el seguimiento de todo lo que se ha de controlar, con los formatos enviados desde la obra a la oficina central y se muestra la forma de determinar estos de análisis de Gestión

## **El Capítulo 6: Caso: Central Hidroeléctrica Sandia**

En este capítulo se muestra el caso de la Central Hidroeléctrica de Sandia Puno, en donde se muestra todos los seguimientos elaborados con los reportes enviados desde la obra, además de los controles y la forma de obtener los Índices de Gestión correspondientes, y el logro de las metas planteadas, es decir la obtención de un Mantenimiento de Clase Mundial.

- **Conclusiones:**

Aquí se hace un análisis de los índices obtenidos, observando si nuestra gestión del mantenimiento a sido óptima ó no y en que aspectos, con el fin de trazar las mejoras correspondientes, encaminadas a alcanzar los rangos admisibles para la gestión del mantenimiento óptimo, ver si se alcanzó un mantenimiento a niveles de los rangos internacionales, es decir un Mantenimiento de Clase Mundial, en nuestro caso, según las mejoras planteadas se alcanzó este objetivo

## **CAPITULO 1**

### **INTRODUCCION**

#### **1.0 Introducción**

La presente Tesis se refiere a las mejoras y metas en el área de mantenimiento de equipo mecánico de una empresa constructora, con el fin de alcanzar los estándares internacionales, es decir un Mantenimiento de Clase Mundial. Que la haga competitiva internacionalmente en un mundo globalizado. Esto se realizó en un plan piloto de la empresa en la Obra la Central Hidroeléctrica de Sandia, Ubicada en la provincia de Sandia, Departamento de Puno. Alcanzando estos estándares.

Deseo recalcar que en las empresas constructoras no existe una conciencia clara de lo que implica la Gestión del Mantenimiento.

Los conceptos de una administración del mantenimiento son usados a media escala ó lo que es común y peor, el mantenimiento solo aparece cuando aparecen los problemas. (Mantenimiento correctivo imprevisto). Conocer el nivel de productividad o la disponibilidad o el coeficiente de utilización, además de los índices de gestión son conceptos básicos para ser tomados en cuenta al evaluar las

condiciones en que son llevadas nuestro plan de mantenimiento, e implementar las mejoras pertinentes.

Conocer la frecuencia de los mantenimientos preventivos, sus ejecuciones, la forma en que es llevado a cabo, el tiempo de las reparaciones, el tiempo de parada el tiempo de producción de los equipos, etc. Así mismo, no basta con aplicar los mantenimientos, preventivo, correctivo, predictivo, sino que su nivel de aplicación debe estar en ciertos rangos que nos garanticen los menores costos de mantenimiento

Conocer conceptos como la criticidad de los equipos de trabajo, determinar que equipos serán sujetos a determinados tipos de mantenimiento, el análisis de aceite para los equipos escogidos según estos conceptos, el rendimiento del aceite y del combustible, el análisis de los tiempos de producción, el Pareto de fallas, son conceptos que nos ayudan a determinar los problemas y llevar eficientemente el desarrollo del plan de mantenimiento deseado, no podemos dejar de mencionar el MTBS, el MTTR, los índices de gestión, como conceptos imprescindibles. Estos conceptos y otros más se mostrarán en el presente trabajo.

Esquematizar las mejoras y metas, en el mantenimiento de una empresa constructora que la lleve hacia los estándares internacionales, es lo que motiva este volumen. Finalmente debo de indicar, que esta implementación la realicé en la obra de la Central Hidroeléctrica de Sandia, departamento de Puno, alcanzando un Mantenimiento de Clase Mundial.

## **1.1 Objetivo**

Objetivo del presente volumen, es trazar las mejoras y metas en el área de mantenimiento de equipo mecánico, en una empresa constructora, con el fin de alcanzar los rangos que la hagan competitiva internacionalmente, es decir alcanzar un Mantenimiento de Clase Mundial, plasmando una metodología de trabajo y los controles adecuados, que sea una pauta para una empresa constructora que desea mejorar su sistema de mantenimiento y ser competitiva en un mundo globalizado.

## **1.2 Alcance**

El alcance del presente volumen abarca al Departamento de Mantenimiento de Equipo Mecánico en una Empresa Constructora.

En lo que se refiere a los controles de los tres sistemas : en el planeamiento, en la obra y en el control central, trazando los procedimientos a realizar, desde el ingeniero que planifica antes del inicio de la obra, el ingeniero que tiene a cargo los equipos en la obra y el ingeniero que procesa la información enviada a la oficina central desde la obra, obteniendo los índices de gestión y la información necesaria para un análisis gerencial y de este modo tener las herramientas necesarias para plantear una mejora continua en la producción.

## **1.3 Limitación**

El presente trabajo posee la limitación de abarcar únicamente lo referente Control de Producción y Mantenimiento del Equipo Mecánico, debido a que las mejoras referente a cualquier tema en particular, siempre es un proceso y se realiza por etapas y el detalle e implementación total sobrepasaría los límites del

presente volumen, pero no por eso se ha dejado de hacer un análisis integral del mismo. Cabe indicar que lo establecido en el presente trabajo es un caso real, realizado en una empresa constructora.

#### **1.4 Ubicación**

Para llevar a la práctica el análisis realizado, se eligió la Obra de la Central Hidroeléctrica de Sandía, ubicada en la Provincia de Sandía, Departamento de Puno, ésta Central ha sido diseñada para una potencia instalada de 2.2 Mw. y comprende la ejecución de obras civiles y electromecánicas para abastecer de energía al Pequeño Sistema Eléctrico de Sandía; que incluye como principales localidades servidas. A Sandía, Cuyo, San Juan del Oro y suministro adicionales a varias localidades que se encuentran en la Provincia.

## **CAPITULO 2**

### **DIAGNOSTICO DEL MANTENIMIENTO**

#### **2.0 Importancia del Diagnostico del Área de Mantenimiento.**

Es el diagnostico de las condiciones en que el área de mantenimiento viene funcionando, con la finalidad de determinar la situación actual del área. Teniendo por objetivo plantear optimizaciones e implementarlas. La importancia del Diagnostico del Área de Mantenimiento se detallan a continuación, siendo los siguientes puntos:

- Determinar la Situación Actual del Área de Mantenimiento en su empresa.
- Observar aspectos débiles del Área para tomar acciones correctivas
- Realizar un plan estratégico del área de Equipo Mecánico acuerdo a los objetivos y políticas de la empresa.
- Fijar Objetivos y Metas de acuerdo a la situación del Área de Mantenimiento.

## 2.1 Diagnostico Integral del Mantenimiento de la Empresa

El Diagnostico del Área del Mantenimiento de la empresa, se hará desde el manejo de la información, en sus tres niveles, que es fundamental para realizar el control de los equipos en la obra, el envío de la información desde obra y el procesamiento del mismo, además de lo que se va a realizar una medición, un control y un seguimiento, para finalmente realizar una evaluación y control sobre los mismos

- **Objetivo:**

El objetivo del presente Diagnostico, es plantear las Mejoras y Metas para el área del mantenimiento, cabe indicar que cada uno de los aspectos analizados, tienen porcentajes de aplicación óptimos, alcanzar estos estándares de trabajo es la finalidad del presente volumen, es decir alcanzar lo que se denomina Mantenimiento de Clase Mundial. Es decir se llevará el departamento de Mantenimiento de la empresa a estándares competitivos internacionalmente.

El diagnostico del mantenimiento de la empresa se realizará en los aspectos, que se indican a continuación:

- Del Manejo de la Información
- De los Reportes y Procesamiento de la Información
- De los Tipos de Mantenimiento
- De los Análisis de Aceite
- Del Rendimiento de combustible
- Del Rendimiento del Aceite
- De la Evaluación y Control

## 2.2 Del Manejo de la Información

En toda obra existe tres niveles para el manejo de la información, antes de iniciarse la obra (planeamiento), que es fundamental pues la buena marcha de los controles en obra que dependen de este proceso, durante la ejecución de la obra donde se recaba los reportes de obra, y el procesamiento de la información (sistema de control central) donde la información de los dos procesos anteriores se traducen en Índices, que son cuantificadores de lo todo lo ocuriente con lo equipos en obra.

El manejo de la información en estos tres niveles están relacionados uno depende del otro, la situación actual del manejo de la información es el siguiente:

### SITUACION ACTUAL

#### DEL MANEJO DE LA INFORMACION

ITEM	MANEJO DE INFORMACION	APLICACIÓN ACTUAL	PORCENTAJE DE APLICACION
1	En el Planeamiento	Si	30%
2	En la Obra	Si	40%
3	En el Procesamiento	No	0%

### 2.3 De los Reportes y Procesamiento de la Información

Los Controles de obra, es decir los Formatos que recaudan la información de obra, es la que se detalla en la tabla siguiente observándose, que solo hay un registro de las órdenes de Trabajo, Neumáticos, y de las Paradas de los equipos, pero esta información no es procesada, es decir no es traducida en índices, solo son archivados en el file correspondiente a cada equipo.

#### SITUACION ACTUAL

#### DE LOS REPORTES Y PROCESAMIENTO DE INFORMACION

ITEM	REPORTE DE OBRA	APLICACIÓN ACTUAL	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION
1	Reporte de Combustible	Si	No
2	Registro de Aceite	No	No
3	Registro de Neumáticos	Si	No
4	Control de Ordenes de Trabajo	Si	No
5	Control de Paradas	Si	No
6	Control de Tiempos de Producción	No	No

## 2.4 De los Tipos de Mantenimiento

La empresa como muchas otras, su mantenimiento correctivo excede a su mantenimiento preventivo y no realiza mantenimiento predictivo, el porcentaje de aplicación de estos mantenimientos no esta sujeto hacia un rango óptimo, que le indique cual es el porcentaje de aplicación óptima. No se realiza mantenimiento predictivo por lo tanto no se evalúa los equipos con este fin, el estado actual sobre los tipos de mantenimientos se muestra en la siguiente tabla.

### SITUACION ACTUAL DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO

ITEM	TIPO DE MANTENIMIENTO	APLICACIÓN ACTUAL	PORCENTAJE ACTUAL
1	Correctivo	Si	70%
2	Preventivo	Si	30%
3	Predictivo	No	0%

## 2.5 De los Análisis de Aceite

La empresa no realiza Mantenimiento Predictivo, por lo tanto tampoco realiza un análisis de la criticidad de los equipos, y al no determinar la criticidad la empresa desconoce a que equipos se le realizará mantenimiento predictivo, correctivo programado y mantenimiento preventivo, ni en que porcentajes se aplicarán estos mantenimientos. La situación actual en este aspecto es el que se muestra.

**SITUACION ACTUAL  
DE LOS ANALISIS DE ACEITE**

ITEM	EQUIPOS	APLICACIÓN ACTUAL	PORCENTAJE ACTUAL
<b>1</b>	Criticidad	No	0%
<b>2</b>	Análisis de Aceite	No	0%

**2.6 Del Rendimiento de combustible**

Es común a casi todas las empresas no hacer un seguimiento sobre el rendimiento de combustible, esto ocurre generalmente en empresas cuyo mantenimiento correctivo es mayor al preventivo, y cuando el correctivo no es programado, pues se espera a que el equipo falle para realizar el mantenimiento, y si están operativas no se analiza si trabaja eficientemente, es decir para los estándares dados por el fabricante. La situación actual en este caso es el siguiente:

**SITUACION ACTUAL  
DE LOS ANALISIS DE ACEITE**

ITEM	EQUIPOS	APLICACIÓN ACTUAL	PORCENTAJE ACTUAL
<b>1</b>	Rendimiento del Combustible	No	0%

## 2.7 Del Rendimiento del Aceite

Como la empresa no realiza Mantenimiento Predictivo, no se realiza tampoco el rendimiento del aceite, que es una de las ventajas de aplicarlo, por lo tanto los periodos de cambio de aceite son los convencionales, según se muestra.

### SITUACION ACTUAL

#### DEL RENDIMIENTO DE ACEITE

ITEM	EQUIPOS	APLICACIÓN ACTUAL	PORCENTAJE ACTUAL
1	Rendimiento del Aceite	No	0%

### SITUACION ACTUAL

#### DEL RENDIMIENTO DEL ACEITE

ITEM	SISTEMA DEL EQUIPO	FRECUENCIA ACTUAL ( HORAS )
1	Motor	250
2	Sistema Hidráulico	2000
3	Dirección Hidráulica	2000
4	Transmisión	1000
5	Ruedas Delanteras	500
6	Diferenciales	2000

## 2.8 De la Evaluación y Control

La empresa en la actualidad, no determina los Índices de Gestión, que son de suma importancia, para evaluar la marcha de los equipos en obra y trazar una política de mejora continua, la situación actual en estos aspectos son los siguientes:

### SITUACION ACTUAL DE LOS INDICES DE GESTION

ITEM	INDICE DE GESTION	APLICACIÓN ACTUAL	PORCENTAJE DE APLICACION
1	Disponibilidad	Si	No
2	Utilización	Si	No
3	MTBS	Si	No
4	MTRR	Si	No
6	Relación de Mantenimiento	Si	No
7	% de trabajo realizado	Si	No
8	Precisión de Servicio	Si	No

## CAPITULO 3

### ESTABLECIMIENTO DE MEJORAS Y METAS

#### 3.0 Establecimiento de las Mejoras y Metas

Para establecer los Mejoras y Metas del Área de Equipo Mecánico es de vital importancia, trazar las funciones, crear el sistema de trabajo y una vez establecidos estos, determinar que vamos a controlar y como se hará este control, para finalmente obtener diversos Índices, que nos permitan cuantificar el estado de los equipos y su producción en obra y así poder trazar una política de mejora continua.

Estableceremos las siguientes Mejoras y Metas del Mantenimiento:

- 1 De los Métodos de Trabajo.
- 2 De los tres Tipos de Mantenimiento.
- 3 De los Análisis de Aceite.
- 4 Del Rendimiento de Combustible.
- 5 Del Rendimiento del Aceite.
- 6 De los Índices de Gestión.

### **3.1 De los Métodos de Trabajo**

El establecimiento de los Métodos de Trabajo es primordial importancia para alcanzar nuestros objetivos, esto se realizará en cuatro niveles, en las Funciones del personal involucrado y en los sistemas de control en los tres niveles del proceso, con el fin de tener el control total de la producción y los equipos y contar con los índices gerenciales que nos permita realizar una mejora continua, cabe indicar que estos índices se encuentran en determinado rango para poder determinar si nuestro mantenimiento debe mejorar y en que medida, esto se detalla en el siguiente capítulo.

- **Funciones y Sistemas de Control**

Toda obra tiene tres procesos de trabajo bien definidos, el proceso de trabajo antes del inicio de la obra (planeamiento), el proceso de trabajo en la obra y el proceso de trabajo que se realiza al procesar la información enviada desde obra, con el fin de obtener los índices necesarios para que Gerencia de Mantenimiento, pueda trazar una política de mejora continua.

Para esto es necesario, establecer claramente lo siguiente:

- 1 Funciones del Área de Mantenimiento.
- 2 Sistema de Control en el Planeamiento
- 3 Sistema de Control en Obra
- 4 Sistema de Control Central

### **3.1.1 Funciones del Área de Mantenimiento**

Se establecerá las Funciones del Área de Mantenimiento en todos los niveles, con la finalidad de poder tener un control de los procesos de producción de los Equipos y de este modo poder garantizar nuestras metas planteadas, esto se detallará en el capítulo siguiente.

### **3.1.2 Sistema de Control en el Planeamiento**

- **Objetivo**

Establecer el Proceso de Trabajo que se realizará antes del inicio de la obra (planeamiento), y que es fundamental para establecer un buen control en el proceso siguiente, que es cuando la obra esta en marcha.

El manejo de la información que determina el Proceso de Trabajo en esta Etapa es la que a continuación se indica:

- 1 Plan de Uso de Equipo Mecánico.
- 2 Relación de Equipo Asignado a Obra
- 3 Acta de Entrega y Recepción de Equipo Mecánico
- 4 Libreta de Control
- 5 Cargo de Equipo Mecánico a Operadores y Choferes
- 6 Ubicación De Equipo Mecánico y Responsables.
- 7 Relación de Horómetros/Odómetros y Trabajo por día
- 8 Determinación del Costo Tarifa de Alquiler.
- 9 Determinación del Análisis de Criticidad
- 10 Determinación de los equipos a realizar, Mantenimiento Predictivo

- 11 Información Técnica de los equipos.
- 12 Tablas de Mantenimiento Predictivo de los Equipos
- 13 Determinación del Programa de Mantenimiento
- 14 Determinación del Costo por Frecuencia.
- 15 Determinación del Costo del Programa de mantenimiento.
- 16 Plan de Abastecimiento de Filtros.
- 17 Plan de Abastecimiento de los neumáticos.
- 18 Altura de las Cocadas de las llantas Inicial.

### **3.1.3 Sistema de Control en Obra.**

Desde la Obra se enviará toda la información a la Oficina Central para ser procesada, se realizará los siguientes controles a los equipos en la obra, en lo referente al equipo mecánico y su producción.

- 1 Control de Combustible.
- 2 Control del Aceite (Análisis de Aceite).
- 3 Control de los Neumáticos.
- 4 Control de las Órdenes de Trabajo (OTM).
- 5 Control de las Paradas de los Equipos.
- 6 Control de los Tiempos de Producción

- **Objetivo**

Los Formatos de Control tiene la finalidad de recoger la información de los equipos en la obra. De tal modo que con esa información se pueda obtener los índices, seguimientos y tendencias, de lo que es medido por estos formatos.

### 3.1.4 Sistema de Control Central

- **Objetivo**

El sistema de Control Central tendrá por finalidad la de procesar la información enviada desde la obra a través de los Formatos correspondientes y obtendrá los seguimientos y las tendencias de los controles indicados líneas arriba, es decir procesa la información de los formatos de obra, en Índices de Gestión que se elevará a la Gerencia de Mantenimiento para poder, determinar de este modo, el nivel de productividad, el estado de los equipos, y los rendimientos de combustible y aceite. y establecer una política de mejora continua.

Estos seguimientos e Índices de Gestión que se determinará son los siguientes:

- |   |                                |    |                                      |
|---|--------------------------------|----|--------------------------------------|
| 1 | La Disponibilidad.             | 6  | El % de Trabajo Realizado (%TR)      |
| 2 | El Coeficiente de Utilización. | 7  | La Presición de Servicio (PS)        |
| 3 | La Productividad.              | 8  | El Paretto de Fallas de los Equipos. |
| 4 | El MTBS.                       | 9  | La Tendencia del Rend. de Comb       |
| 5 | El MTTR.                       | 10 | Tendencia de los Análisis de Aceite. |
| 6 | La Relación de Mant. (RM).     |    |                                      |

En el capítulo siguiente se indica el Proceso de Trabajo que se establecerá con la finalidad de obtener de la información enviada de obra estos índices y seguimientos y los estándares para el trabajo óptimo.

### 3.2 De los Tres Tipos de Mantenimiento

La aplicación de un solo tipo de mantenimiento en un sistema de trabajo, no es lo más aconsejable puesto que combinando los tres tipos de mantenimiento, se consigue una optimización produciendo una alta disponibilidad del equipamiento, con una reducción de los costos de mantenimiento. Las metas para los tres tipos de mantenimiento se muestra en la siguiente tabla:

**METAS DE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO**

ITEM	TIPO DE MANTENIMIENTO	APLICACION	PORCENTAJE DE APLICACION		
			SITUACION ACTUAL	META PROPUESTA	VALOR OPTIMO
1	Correctivo	Si	70%	20%	18%
2	Preventivo	Si	30%	50%	47%
3	Predictivo	Si	0%	30%	35%

### 3.3 De la Criticidad y los Análisis de Aceite

Se establecerá una política de análisis de aceite (Mantenimiento Predictivo), por lo tanto también se establecerá el procedimiento para determinar que equipos se le va a realizar el mantenimiento predictivo, puesto que en la actualidad no se ejecuta ningún mantenimiento predictivo, no se ha determinado la criticidad de los equipos, también se establecerá el procedimiento para determinar la criticidad de los equipos y de este modo conocer a que equipos se realizarán el análisis de aceite, los Mantenimientos Predictivos tienen por meta el 30% del mantenimiento total.

### METAS DE LA CRITICIDAD Y LOS ANALISIS DE ACEITE

ITEM	EQUIPOS	Situación Actual	Meta Propuesta
1	Críticidad	No	Si
2	Análisis de Aceite	No	Si

#### 3.4 Del Rendimiento de Combustible

En la actualidad la empresa no lleva un control sobre el Rendimiento de Combustible, como el 70% de su mantenimiento a sido Correctivo, los equipos mientras estén operativos, se consideran en buen estado, esto es una práctica común en nuestro país, se establecerá una política de seguimiento al Rendimiento del Combustible, según los rangos del fabricante. Se establecerá un sistema de trabajo y de proceso de la información con estos fines, teniendo por meta que el 100% de nuestros equipos estén en los estándares del rendimiento del combustible dados por el fabricante.

### SITUACION ACTUAL Y META PROPUESTA

#### DEL RENDIMIENTO DEL COMBUSTIBLE

ITEM	EQUIPOS	% DE APLICACIÓN	
		ACTUAL	META PROPUESTA
1	Control de Combustible	0%	100%

### 3.5 Del Rendimiento del Aceite

Al implantar el análisis de aceite como mantenimiento predictivo, unas de sus ventajas es aumentar el rendimiento del aceite, puesto que nos indica hasta cuando se puede realizar el cambio de aceite, según los sistemas en que el aceite trabaja en el equipo. Otra ventaja es saber las condiciones en que el sistema del equipo viene trabajando se este modo poder anticiparnos al fallo del mismo, para esto se realiza un seguimiento del reporte de los análisis respectivos.

El aumento de frecuencia del cambio de aceite según los sistemas se muestran en la tabla siguiente como una aproximación:

#### METAS PARA LA FRECUENCIA DE CAMBIO DE ACEITE

ITEM	SISTEMA DEL EQUIPO	FRECUENCIAS	
		ACTUAL ( Hrs )	META APROX ( Hrs )
1	Motor	250	250
2	Sistema Hidráulico	2000	4000
3	Dirección Hidráulica	2000	4000
4	Transmisión	1000	2000
5	Ruedas Delanteras	500	1000
6	Diferenciales	2000	4000

### 3.6 De los Índices de Gestión

Para optimizar la gestión del mantenimiento se requiere de ciertos índices, estos índices son llamados índices de gestión, los cuales deben estar en los rangos adecuados para una optimización tanto de la disponibilidad de los equipos , como de una optimización de los costos de mantenimiento.. A través de estos índices podemos conocer en que puntos debemos mejorar, para el control de un buen mantenimiento, en el transcurso del presente trabajo se irá desarrollando cada uno de estos puntos.

Las metas para los Índices de Gestión se da en la siguiente Tabla:

#### METAS DE LOS INDICES DE GESTION

ITEM	INDICE DE GESTION	APLICACION	PORCENTAJE DE APLICACION		
			SITUACION ACTUAL	META PROPUESTA	VALOR OPTIMO
1	Disponibilidad	Si	No	80%	(88-92)%
2	Utilización	Si	No	90%	99%
3	MTBS	Si	No	55%	(60-80)%
4	MTTR	Si	No	7 Hrs	(3-6)Hrs
6	Relación de Mantenimiento	Si	No	0.6	(0.2-0.3)
7	% de trabajo realizado	Si	No	75%	80%
8	Presición de Servicio	Si	No	90%	95%

## **CAPITULO 4**

### **CONCEPTOS PARA EL CONTROL DE MANTENIMIENTO**

#### **4.0 Codificación de los Equipos.**

Mediante la codificación se logra tener identificado a un bien, pero se debe de tener presente que esta codificación debe ser de tal modo, que permita tener una indicación clasificada de los bienes por parte de quienes realizan la labor de registrar toda la información y además trabajar con dicha información.

Un código puede ser un conjunto de números, letras o ambos, normalmente se utiliza una estructura de codificación que se divide en varias partes, según sea el entorno que lo va a soportar, en este caso, según sea la cantidad de equipos que se desea poseer, según la estrategia de crecimiento de la empresa. Según lo anterior, se tiene normalmente la estructura que se indica a continuación, en este caso se ha considerado una codificación cuyo criterio es establecido por sectores que tienen empleo de equipo mecánico como fuente de trabajo para la obtención de productos o desarrollo de actividades. La estructura de la codificación es la siguiente:

### ESQUEMA GENERAL DE CODIFICACION

XX	XX	XX	XX	XX	XX
Planta	Módulo	Sistema	Fam. Equipo	Equipo	Componente

Para nuestro caso sólo nos limitaremos a tomar en cuenta tres campos numéricos con los cuales codificaremos el equipo mecánico.

Los cuales son los siguientes:

1. Módulo
2. Familia
3. Equipo

Entonces, nuestro esquema de Codificación quedará como sigue:

### ESQUEMA DE CODIFICACIÓN PARA EQUIPO MECANICO

XX	XX	XX
Módulo	Familia	Equipo

A continuación se hará una definición que es lo que representa e indica cada uno de estos tres componentes del código:

- 1 MODULO:** Agrupará a todos los tipos de activos en general que están sujetos a mantenimiento, por su función.
- 2 FAMILIA:** Agrupará a todos los activos según sus características técnicas De diseño y trabajo iguales que posean entre sí.
- 3 EQUIPO:** Agrupará al activo de su misma familia y los identificará con los demás equipos.

De este modo tenemos ahora normalizado el tipo de codificación que se adecua para la identificación del equipo mecánico. Entonces indicaremos la codificación de los bienes fijos de la empresa sujetos a mantenimiento:

#### **4.0.1. Codificación de los Activos Fijos de los Módulos**

Como se observa los activos fijos, se pueden agrupar en módulos, es de nuestro interés el módulo correspondiente al equipo mecánico el cual tiene por código 010000, este módulo estará compuesto por un conjunto de familias, y a su vez cada familia por un conjunto de equipos como se mostrará a continuación:

<b>ITEM</b>	<b>ACTIVOS FIJOS</b>	<b>MODULO</b>
1	Equipo Mecánico	010000
2	Edificios	020000
3	Equipos eléctricos/electrónicos	030000
4	Equipos	040000

#### **4.0.2. Codificación de las familias de un modulo.**

Como se observa el módulo (Equipo Mecánico) Codificado con 010000, presenta un conjunto de familias de equipos, que están clasificadas en forma correlativa. En el Anexo 1 se presenta la Tabla 1.1 Codificación de Equipos por Modulos y Familias en la que se muestra mayor detalle del mismo.

### CODIFICACION DE LAS FAMILIAS DE UN MODULO

MODULO	FAMILIA	DESCRIPCION
<b>010000</b>		<b>EQUIPO MECANICO</b>
	010100	Cargadores
	010200	Retroexcavador Cargador
	010300	Retroexcavadora
	010400	Topadoras

#### 4.0.3. Codificación de los equipos de una familia

La familia del módulo equipo mecánico, lo conforman un conjunto de Equipos de característica similares y que realizan la misma función. Para un Retroexcavador Cargador será el siguiente:

### CODIFICACION DE EQUIPOS DE UNA FAMILIA

MODULO	FAMILIA	EQUIPO	DESCRIPCION
<b>010000</b>			<b>EQUIPO MECANICO</b>
	010200		Retroexcavador Cargador
		010201	Retroexcavador Cargador Volvo EL-70 314
		010202	Retroexcavador Cargador Volvo EL-70 3146
		010203	Retroexcavador Cargador Jhon Deere 410D
		010204	Retroexcavador Cargador Jhon Deere 410D

En el Anexo 1 se presenta la Tabla 1.2 Codificación de Equipos por Módulos - Familias – Equipos en la que se muestra los equipos que conforma la familia Retroexcavador Cargador con código 010200

#### **4.1 Obtención de Información Técnica.**

Una vez definida la Codificación del Equipo Mecánico se procede a ingresar en la ficha información todos los datos relacionados con el equipo seleccionado, esta información es recogida tanto de la factura o documentos de compra como de los catálogos de información y de operación.

Como se ha dicho en esta ficha se llenará para cada uno de los activos que están sujetos a mantenimiento estará constituida por secciones y campos, los mismos que contendrán información que se indica y detalla a continuación

- **SECCIÓN: ENCABEZADO.**

La parte superior del formato presenta los campos:

- 1 **Código:** Se indica el código del equipo.
- 2 **Código anterior:** En caso de transición en el cambio de codificación.
- 3 **Módulo:** Se indica el módulo y la familia a la que pertenece el equipo.
- 4 **Descripción:** Se indica el nombre del equipo.

- **SECCION: DATOS GENERALES.**

La sección destinada a la información técnica del equipo, sus campos son:

1. **Modelo:** Se indica el Modelo del equipo.
2. **Número de Serie:** Se indica el número de serie del equipo.

**3. Potencia:** Se indica la potencia del motor del equipo.

**4. Capacidad:** Se indica la capacidad del equipo.

Para un camión volquete, su capacidad esta dada por dos valores.

- Volumen del material a transportar (m<sup>3</sup>).
- Peso del material a transportar (Tn).

Para una máquina para movimiento de tierras, la capacidad esta dada por:

- Volumen de carga en sus implementos, cuchara (yd<sup>3</sup>)

Para una compresora de aire, la capacidad esta dada por:

- Cantidad de aire suministrado a los implementos (Lit/Seg)

**5. Consumo:**

Este valor se obtiene de los catálogos de información técnica del fabricante y es importante para determinar el consumo del combustible en galones por hora o en kilómetros por galón.

**6. Placa:**

Se indica el número de placa para el caso de equipos con placa.

**7 Motor:**

En esta sección se indica los datos del motor:

Marca, Modelo, Serie del equipo mecánico

**8 Horometro/Odómetro:**

En este campo va la indicación del tipo de instrumento que tiene el equipo para poder hacer el seguimiento del transcurrir de su vida útil de trabajo y actuar frente a los mantenimientos preventivos que están relacionados con dicho valor, tenemos para esto dos alternativas.

- **Odómetro:**

Opción para vehículos que poseen odómetro, este dispositivo indica los kilómetros que el equipo a acumulado en su recorrido.

- **Horómetro:**

Opción para equipos utilizados para movimiento de tierras, estos equipos poseen un horómetro, este dispositivo registra las horas de trabajo acumulado de los equipos.

Para los equipos menores como generadores, motobombas, etc., que no poseen estos instrumentos de medición de su vida útil, es necesario hacer un seguimiento con ayuda de controladores de tiempo personales (hrs) para las acciones de mantenimiento.

## 9 Tarifa (\$/Hr):

Se indica la tarifa del equipo en dólares por hora, este valor es el costo de operación y mantenimiento del equipo.

- **SECCION: CAPACIDADES**

En el se indica la capacidad de agua, combustible y aceite de los sistemas

- 1 Descripción: Se describe en que sistema es usado el fluido
- 2 Tipo: Se indica el tipo de fluido
- 3 Glnl: Se indica la cantidad de fluido en galones

- **SECCION: FILTROS**

En esta sección se indica los tipos de filtros de equipo, indicándose:

- 1 Descripción: Se describe el tipo de filtro.

- 2 Fleetguard: Se indica código filtro fleetguard
- 3 Original: Se indica código original

- **SECCION: NEUMATICOS**

En esta sección se indica los tipos de neumático usado por el equipo

- 1 Medida: Se indica la medida del neumático.
- 2 Marca: Se indica la marca del neumático.
- 3 Presión: Se indica la presión del neumático.

- **SECCION: ASEGURADORA**

La sección aseguradora, presenta los siguientes campos:

- 1. **Aseguradora:**

En este campo se coloca el nombre de la entidad aseguradora, tipo de seguro y demás información adecuada para poder actuar frente a cualquier problema ó siniestro que pueda producirse.

- 2. **Monto.**

Se indica el monto del seguro. Indicándose el tipo de moneda

- **SECCION: INFORMACION CONTABLE**

La sección de información contable, presenta los siguientes campos:

- 1. **Código – Activo:**

Como activo que es un equipo, es necesario tener un código que lo representa contablemente, este código solo tendrá significado para el área financiera y contable de la empresa, estará relacionada con los costos.

## **2 Centro de Costo:**

Se indica el centro de costo contable del equipo

- **SECCION: CRITICIDAD**

En la sección se muestra la información sobre criticidad del equipo

**1 Criticidad:** Se indica el tipo de criticidad del equipo.

**2 Mantenimiento:** Se indica el tipo de mantenimiento.

En este campo se indica la tarifa del equipo en dólares por hora, este valor es el costo de operación y mantenimiento del equipo.

- **SECCION: PROVEEDOR**

En este campo se indica la adquisición presenta los siguientes campos:

**1. Proveedor:**

En este campo se indica la razón social del proveedor dirección y teléfono, lo que nos permite actuar frente a cualquier consulta.

**2. Fabricante:**

Este campo contiene el nombre completo de fabricante del equipo.

**3 Año:**

Este campo contiene el año de fabricación del equipo

**4 Precio del Equipo:**

Es el valor en moneda nacional o extranjera del equipo, valor importante para el cálculo del costo fijo de posesión.

El Formato de la Ficha Técnica se muestra en el Anexo 1 – Formato 1.3

## 4.2 Criticidad de Equipo Mecánico.

Este concepto nos permite tener en consideración que equipo del conjunto de equipo tienen mayor importancia para la realización de una obra, al mismo que se le deberá dar la mayor atención durante el transcurrir de su vida útil tanto en mantenimiento como en la producción.

En toda empresa, sea esta generadora de bienes o servicios, hay equipos (en general activo fijo) que cumplen, cada uno de ellos una función específica la cual fue proyectada por los fabricantes, pero no todos serán de gran importancia para el desarrollo de una obra (proceso), existen algunos en que en mayor o menor grado en caso de una paralización puede ocasionar la detención del proceso de producción, originando pérdidas a la empresa. A este grado de importancia se llama criticidad de los equipos, el que nos permite identificarlos para poder entregarles la mayor atención y seguimiento en sus mantenimientos, logrando que no fallen en su funcionamiento. La criticidad de un equipo puede ser:

- Crítico
- Importante
- Conveniente
- Opcional

Para determinar la criticidad de un equipo, se indican los siguientes factores:

- 1 La Producción
- 2 El Valor Económico
- 3 El Valor Técnico
- 4 La Dependencia Logística
- 5 Los Daños Consecuenciales
- 6 La Dependencia de la Mano de Obra

- 7 La Probabilidad de Falla
- 8 El Tiempo de Reparación

En el Anexo 1 - Tabla 1.4 se muestra el peso de Los Factores Incidentes en la Determinación de la Criticidad.

#### **4.2.1 En la reproducción**

Identificación de su posición en el circuito de producción o en este caso es la importancia para el avance de obra es decir, determinamos que sucede con la obra cuando el equipo falla.

Entonces pueden darse tres sucesos, a los cuales se le asignará un valor.

- 1 Se Detiene la Producción : Valor asignado (6)
- 2 Se Reduce la Producción : Valor asignado (3)
- 3 No se Detiene la Producción : Valor asignado (0)

#### **4.2.2 Valor Económico**

Identificamos su Valor Económico, para esto se considera los valores promedios del mercado y también la comparación con los costos del resto de equipos de la empresa, estos valores pueden ser tres a los cuales se le ha asignado en valor:

- 1 Valor Económico Alto: Valor asignado (4)
- 2 Valor Económico Medio: Valor asignado (2)
- 3 Valor Económico Bajo: Valor asignado (0)

Valor Económico Alto: Valor de Adquisición  $\geq$ US\$ 10,000

Valor Económico Medio: Valor de Adquisición  $\geq$ US\$ 2,000 y  $<$  US\$ 10,000

Valor Económico Bajo: Valor de Adquisición  $<$  US\$ 2,000

#### **4.2.3 Valor Técnico**

Por el valor técnico se entiende el tipo de tecnología que posee el equipo, también se hace una comparación con lo existente del mercado, en cuanto a la tecnología utilizada en el proyecto y diseño del equipo este valor puede ser de tres tipos a los cuales se le a asignado un valor:

- 1 Valor Técnico Avanzado: Valor asignado (3)
- 2 Valor Técnico Moderno: Valor asignado (1.5)
- 3 Valor Técnico Antiguo: Valor asignado (0)

#### **4.2.4 Dependencia logística**

Es la identificación de los elementos que permitirán que el equipo este siempre operativo y disponible para trabajar. En este campo se analiza lo referente al abastecimiento tanto de elementos de consumo (Lubricantes, filtros, grasas) como de repuestos. Igualmente se hace una comparación con lo existente en el mercado, de estos elementos y su adquisición se tiene en cuenta, contacto con proveedores. Estos son los siguientes:

- 1 Compra en el Extranjero: Valor asignado (2)
- 2 Compra Local: Valor asignado (0)

#### **4.2.5 Daños consecuenciales**

Por daños consecuenciales se indica los producidos durante la operación del equipo. Aquí se analiza desde el punto de vista de producirse algún problema o falla en la máquina las consecuencias que esto podría ocasionar.

- 1 Daño A la máquina, Valor asignado para Si: 0.25 para No: 0
- 2 Daño Al proceso, Valor asignado para Si: 0.25 para No: 0
- 3 Daño Al operador, Valor asignado para Si: 0.25 para No: 0
- 4 Daño Al ambiente, Valor asignado para Si: 0.25 para No: 0

#### **4.2.6 Dependencia de mano de obra**

Este aspecto nos permite identificar, cual será el tipo de mano de obra a emplear durante los Servicios (Preventivos o correctivos) que se requieran, Básicamente se trata de identificar si la mano de obra, para estos casos se puede o no ser realizado por el personal propio de la empresa. Estos valores pueden ser:

- 1 Mano de Obra por Terceros, Valor asignado (1)
- 2 Mano de Obra Propio, Valor asignado (0)

#### **4.2.7 Probabilidades de falla**

Se identifica si el equipo va a correr el riesgo de tener fallas, se indica que estas fallas, pueden ser producidas por el mismo ritmo de trabajo que se someterá a determinado equipo. El valor de esta probabilidad de falla puede ser:

- 1 Probabilidad de Falla Alta, Valor asignado (1)
- 2 Probabilidad de Falla Baja, Valor asignado (0)

#### **4.2.8 Tiempo de reparación**

Se identifica en este ultimo punto el tiempo que se empleara en las reparaciones programadas, se considera aquí la facilidad que presenta la maquina para el desarme, reparación y rearme.

Este valor del tiempo de reparación puede ser:

- 1 Tiempo de Reparación Alta, Valor asignado (2)
- 2 Tiempo de Reparación Baja, Valor asignado (0)

Al concluir los análisis de cada uno de estos puntos se obtiene un valor numérico que nos dará la identificación de la criticidad de un equipo.

Los valores de esta criticidad según el tipo pueden ser:

- 1 Crítico: Valor obtenido entre Mayor de 15 y Menor ó Igual a 20
- 2 Importante: Valor obtenido entre Mayor de 10 y Menor ó Igual a 15
- 3 Conveniente: Valor obtenido entre Mayor de 5 y Menor ó Igual a 10
- 4 Opcional: Valor obtenido entre Mayor de 0 y Menor ó Igual a 5

Los Valores más altos indican una mayor y creciente atención en el mantenimiento de los equipos de la empresa en determinada obra. En el Anexo 1 se muestra la Tabla 1.5 Formato del Análisis de Criticidad, en la que se indican, los factores, el peso en la determinación, su incidencia y el valor asignado al factor correspondiente, en el Anexo 1 se muestra una tabla donde se indica el Tipo de Mantenimiento a que se debe de someter el equipo según su tipo de criticidad obtenido. Tabla 1.6

### **4.3 Conceptos de Mantenimiento.**

El control de mantenimiento comprende todos los lineamientos y pautas que nos permitan realizar la planificación, organización, dirección y control de todos los activos, en los que se deba prever una conservación durante su vida útil. En este caso se tiene a los edificios y otras instalaciones que se definan. A continuación se presentan puntos de vista sobre el mantenimiento:

1. Conjunto de acciones que permiten conservar o restablecer un bien a un estado especificado o ha una situación tal que pueda asegurar un servicio.
2. Combinación de todas las acciones técnicas y administrativas asociadas, tendientes a conservar un ítem o restablecerlo a un estado tal que pueda realizar la función requerida. La función requerida puede ser definida como una condición dada.
3. Todas las acciones necesarias para conservar un ítem en un estado especificado o restablecerlo a el.
4. Función empresarial a la que se encomienda el control constante de las instalaciones, así como el conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones productivas, servicios e instrumentación de los establecimientos.

#### **4.4 Objetivos de un buen control de mantenimiento.**

1. Lograr una mejor manutención, a un menor costo para la empresa.
2. Se obtiene una utilización más eficiente de la mano de obra, mejorando la planificación, programación y coordinación.
3. Se minimizan las fallas imprevistas y se mejoran la disponibilidad y productividad de las instalaciones.
4. Se logra tener personal estable y motivado.
5. Se reduce la inversión en inventario de repuestos y equipos.
6. Permite desarrollar historiales de equipos y trabajos de mantenimiento para mejorar la planificación.

7. Se reduce el costo unitario de reparaciones comunes.
8. Se logra tener un equipo mecánico más estable en operatividad.
9. Se reduce el consumo de energía.

#### **4.5 Actividades de Mantenimiento.**

Las actividades del mantenimiento se agrupan en tres tipos:

- 1 Actividades del tipo Preventivo.
- 2 Actividades del tipo Correctivo.
- 3 Actividades del tipo Predictivo.

En el Anexo 1 se presenta la Tabla 1.7 donde se indica los Valores Óptimos de los Tipos de Mantenimiento.

##### **4.5.1 Actividades del tipo Preventivo:**

Son aquellas que tienen asociadas a su ejecución una frecuencia la cual a su vez se divide en:

- 1 Inspección
- 2 Conservación
- 3 Reparación preventiva

##### **1 Inspección:**

Este tipo de mantenimiento preventivo consiste en contrastar el estado real del activo susceptible a mantenimiento y lo compara con el estado teórico del mismo.

Puede ser de dos tipos:

- **Inspección Sensorial:** Son inspecciones sensoriales, efectuadas en intervalos de tiempos definidos, con el fin de averiguar el estado real de los equipos.  
Para esta inspección se usan los sentidos: vista, tacto, oído, etc., provienen del plan de mantenimiento preventivo, llevadas a cabo de acuerdo a las cartillas de inspección y administradas por el responsable de la programación de mantenimiento.
- **Inspección Instrumental (monitoreo):** Son labores de inspección, usando instrumento de medición especializadas de alta precisión, realizadas en intervalo de tiempos definidos, con el fin de averiguar el estado real de los equipos, proviene del plan de mantenimiento predictivo y administradas por el responsable de la programación de mantenimiento.

## **2 Conservación:**

Son actividades del tipo preventivo, se ejecutan en periodos predeterminados con el fin de conservar el estado teórico del equipo.

Proviene del plan de mantenimiento preventivo, son programadas por el responsable de programación, aquí se tiene básicamente: Limpieza, lubricación y regulación/ajuste, en este tipo de mantenimiento no existe cambio de elementos.

## **3 Reparación Preventiva:**

Son reparaciones preventivas en un intervalo de tiempo definido, provienen del plan de mantenimiento preventivo y son programadas por el responsable de la programación del mantenimiento.

Se consideran en este caso los cambios de piezas de acuerdo, a una frecuencia determinada, ejemplo cambio de filtros y de elementos que conocen su momento de cambio, se distingue de la actividad anterior porque hay cambio de elementos. En el Anexo 1 - Tabla 1.8 se muestra el Mantenimiento Preventivo de un Retroexcavador.

#### **4.5.2 Actividades del tipo Correctivo:**

Son actividades destinadas a la reparación para restablecer la correcta operación de una máquina cuando esta falla o está próxima a fallar. No tiene asociada una frecuencia en su realización. Estas son las siguientes:

- 1 Reparación Programada.
- 2 Reparación correctiva imprevista

##### **1 Reparación Programada:**

Son reparaciones programadas en base a inspección, es decir, aquella que restablece el estado teórico de un equipo, generado por una inspección sensorial o instrumental. Ejemplo: Inspección sensorial: humo negro; entonces, si fuera el caso se programaría cambio de anillos.

##### **2 Reparación Correctiva Imprevista:**

Son aquellas actividades de reparación, realizadas como consecuencia de fallas intempestivas del equipo, es decir, debido a alguna causa el equipo se ha paralizado (fallado).

#### **4.5.3 Actividades del tipo Predictivo:**

Es aquel que supone el monitoreo de la condición de ciertas variables de funcionamiento de los equipos. Esto se realiza por medio de inspecciones instrumentales con equipos especiales con el fin de actuar, justo antes que se produzca la falla.

#### **4.6 Indicaciones para el Mantenimiento.**

A continuación se indicarán algunos aspectos generales para el mantenimiento de los siguientes sistemas:

- 1 Mantenimiento del Motor.
- 2 Mantenimiento del Sistema Hidráulico.
- 3 Mantenimiento del Sistema Eléctrico.

##### **4.6.1 Mantenimiento del Motor:**

Aunque se asignan plazos fijos de revisión en el siguiente programado mantenimiento de motores. Se recuerda que la aplicación de dicho programa viene determinada por las condiciones en que presta servicio el motor. Por tanto, conviene tener en cuenta que si el motor funciona en condiciones extremas, se tendrá que acortar los planes de revisión.

En el Anexo 1 – Tabla 1.9. Se muestra el Programa de Mantenimiento de un Motor a título orientativo, debiendo ser adaptado, para cada motor en particular, de acuerdo a las circunstancias concretas en este funcione.

- **ACEITE DEL MOTOR:**

El motor es el corazón de la máquina y exige una lubricación con los aceites adecuados cuya tabla para selección se muestra más adelante. Estas son las principales operaciones de mantenimiento en lo relativo al aceite del motor:

- Medir todos los días el nivel.
- Asegurarse que no está contaminado.
- Cambiar periódicamente el aceite.

- **LÍQUIDO REFRIGERANTE:**

El refrigerante mantiene el motor a la temperatura apropiada para ofrecer perfectas condiciones de funcionamiento. Compruebe todos los días el nivel del radiador y complete cuando sea necesario.

El líquido refrigerante con anticongelante es inflamable. No se debe acercar llamas al llenar el radiador. La proporción de anticongelante en el agua depende de la temperatura local. La tabla siguiente es una indicación.

**PROPORCION DE ANTICONGELANTE EN EL AGUA**

<b>TEMPERATURA AMB. MINIMO (°C)</b>	-5	-10	-15	-20	-25	-30
<b>CANTIDAD DE ANTICONGELANTE (e)</b>	4.8	5	7.2	8.4	9.2	10
<b>CANTIDAD DE AGUA (e)</b>	15.2	15	12.8	11.6	10.8	10

Utilizar agua potable que sea blanda y No añada aditivos contra la corrosión que contengan aceites solubles, dañaría los colectores de caucho.

- **CARBURANTE:**

Utilice siempre el carburante más apropiado para el motor. Con otros carburantes podría dañar el motor y no obtendría toda la potencia disponible.

Reponer siempre el combustible al terminar la jornada de trabajo, al llenar asegurarse de que no haya agua en la boca de la lata, y tener cuidado de no introducir el condensado del fondo de la lata. Se debe purgar el circuito de combustible si la máquina se detiene por falta de combustible y cuando cambie el filtro.

#### **4.6.2 Mantenimiento del Sistema Hidráulico:**

Tomar siempre las precauciones para hacer el mantenimiento del circuito hidráulico. El aceite estará muy caliente al final de la jornada, también se encuentra a una alta presión. Para realizar un mantenimiento del circuito hidráulico realizar lo siguiente:

1. Estas son las operaciones de mantenimiento del circuito hidráulico:
  - a. Medir todos los días el nivel del depósito de aceite.
  - b. Reemplazar periódicamente el filtro.
  - c. Cambiar periódicamente el aceite y limpiar el filtro de aspiración.
2. Eliminar el aire del circuito cada vez que cambie el filtro o el aceite.
3. Examine las juntas planas y las juntas teóricas cada vez que desmonte una parte del circuito. Reemplace las juntas defectuosas.

4. Procedimiento para eliminar el aire después de desmontar un cilindro o una parte del circuito hidráulico.
  - a. Poner el motor en marcha y dejar funcionar a bajo régimen.
  - b. Mover todos los cilindros 4 ó 5 veces, interrumpiendo el movimiento a unos 100 mm del extremo de la carrera.
  - c. Hacer 3 ó 4 ciclos completos con cada cilindro.
5. Antes de utilizar la máquina al ritmo normal de trabajo, se debe hacer algunos movimientos adelante y atrás. Moviéndolos los cilindros a toda máquina para calentar y licuar el aceite del circuito hidráulico, los ejes y frenos.
6. Eliminar las gotas de agua que puedan haber en el vástago de las botellas hidráulicas. Una gota congelada podría dañar los sellos de los cilindros. Colocar una capa de aceite en el vástago luego de secarlo, si la máquina va a detenerse por tiempo prolongado.

#### **4.6.3 Mantenimiento del Sistema Eléctrico:**

Al realizar un mantenimiento del sistema eléctrico considerar lo que si sigue a continuación:

1. El sistema eléctrico perdería corriente si los cables están húmedos o tienen el aislamiento defectuoso. Esto puede afectar el funcionamiento de la máquina.
2. Estas son las operaciones de mantenimiento para el sistema eléctrico:
  - Verificar que la correa del alternador tenga la tensión apropiada.
  - Asegurarse que la correa del alternador no esta rota deteriorada.
  - Medidor el nivel del electrolito de la batería.

3. No se debe retirar ninguno de los componentes de la máquina. Igualmente, no instalar componentes que no sean reconocidos. Por el fabricante.
4. Se debe evitar que se moje el sistema eléctrico cuando llueva o se lave la máquina.
5. Si se realizan trabajos prolongados junto al mar, lago o un río, se deberá proteger todos los enchufes con productos contra la corrosión.
6. No se debe conectar dispositivos opcionales a los fusibles, al interruptor de incendio, a la batería o relay, etc. Sin aviso o consulta del proveedor.
7. Si se trata de realizar algún trabajo de soldadura eléctrica la batería los enchufes de la caja de velocidad y marcha atrás, y el alternador.

#### **4.7 Indicación para la Lubricación.**

La lubricación facilita los movimientos de la maquina y del equipo de trabajo protege contra el desgaste y evita el ruido de las articulaciones.

1. Operaciones relativas a la lubricación:
  - Medir el nivel de los lubricantes.
  - Cambiar el aceite.
  - Inyectar grasas por los engrasadores (Graseras)
2. Se debe realizar exclusivamente los lubricantes recomendados según temperatura ambiente.
3. Tener en cuenta la limpieza de las graseras (engrasadores) antes de aplicar la pistola y cuando termine limpie cualquier exceso. Limpiar muy bien las piezas giratorias.

4. Respetar siempre exactamente el nivel. Una cantidad insuficiente o excesiva puede causar daños.
- 5 Los recipientes que contienen los aceites mantenerlos en lugares limpios.

#### **4.8 Selección de Fluidos según Temperaturas de Trabajo.**

Como se dijo anteriormente la selección adecuada del combustible, aceite etc. depende de la temperatura, En el Anexo 1 – Tabla 1.10. Se muestra el Cuadro Selección de Fluidos Según Temperaturas de Trabajo.

#### **4.9 En el Control Consumo de Combustible.**

Desde la obra se enviará a la oficina central el Formato de Control de Combustible , con esta Información en el Sistema de Control Central determinará si el consumo es Alto, Bajo ó Normal , además de su tendencia de consumo

##### **4.9.1 Performance Técnico del Rendimiento del Combustible.**

Con el fin de determinar si el consumo de combustible es el correcto, es decir si esta en el rango correspondiente a su rendimiento, se muestra la Tabla de Performancia Técnica. En el Anexo 1 - Tabla 1.11 En el que se muestra los rangos de rendimiento de combustible, para los diversos equipos en una obra.

##### **4.9.2 Condición del consumo de Combustible**

Es aconsejable contar con un cuadro que nos de una referencia sobre las condiciones del motor con relación al estado del combustible, es decir cuales

serian las posibles fallas del motor en caso que el consumo de combustible sea alto, estas tablas se muestran en el Anexo 1 - Tabla 1.12 y Anexo 1 - Tabla 1.13

#### **4.10 Control de Análisis de Aceite**

El control del Análisis de aceite se realiza analizando las muestras en laboratorio cada cierto periodo de tiempo. Para implantar un Sistema de Control del Análisis de Aceite, se debe tener conocimiento de cierta información como: los Beneficios del Análisis del Aceite, la Frecuencia en que se hará el Análisis, los Parámetros en que se encuentran los Elementos de Desgaste, las Fuentes de donde proviene el Desgaste (materiales de fabricación del sistema a analizar), que nos de luces sobre el resultado del análisis de aceite respectivo.

##### **4.10.1 Beneficios del Análisis de Aceite**

Es un tipo de mantenimiento predictivo y tiene por objeto detectar y corregir problemas antes que estos se produzcan, para lo cual se realizan una serie de análisis al aceite con el fin de determinar su estado, además de alargar su periodo de cambio, los beneficios de implantar este sistema son los siguientes:

- 1 Contribuye a aumentar la vida útil del equipo
- 2 Determina el periodo de cambio del aceite
- 3 Es fuente de información gerencial
- 4 Detecta el uso inadecuado del equipo
- 5 Aumenta nuestro mantenimiento programado
- 6 Soporte técnico para reclamo de garantía

#### **4.10.2 Frecuencia del Análisis de Aceite**

Para determinar la frecuencia en que se debe de realizar estos análisis de aceite nos ayudamos de la Tabla 1.14 – Anexo 1, donde se indican la cantidad de horas ó kilómetros transcurridos para realizarlo.

Estas Muestras de aceite son enviados en los envases plásticos que son entregados por el proveedor de lubricantes, así como las etiquetas que son adheridas al envase, donde se anota la información solicitada.

Una muestra es considerada no apta cuando se presenta los siguientes casos:

- 1 Los datos del envío de aceite no están completos a lo solicitado.
- 2 El envase no es el entregado por el proveedor ó se encuentra deteriorado
- 3 La cantidad de la muestra de aceite no es la adecuada
- 4 Cuando el lubricante usado no es de la marca del proveedor

En los Anexos se muestra el Formato entregado por el proveedor, en donde se indica la información solicitada (Registro Shell Sheck) Anexo 1 – Formato 1.15

#### **4.10.3 Parámetros de los Elementos del Análisis de Aceite**

Los parámetros aceptables para los Elementos en el Análisis de Aceite depende del sistema que se analice llámese motor, sistema hidráulico, transmisión etc., En el Anexo 1. Se muestra la Tabla 1.16, que indica los rangos aceptables de los Elementos del Análisis de Aceite para un Motor.

#### **4.10.4 Fuentes de los Elementos de Desgaste.**

Como se puede apreciar en el Cuadro anterior los Elementos de Desgaste se encuentran en determinados rangos, cuando estos exceden a los rangos

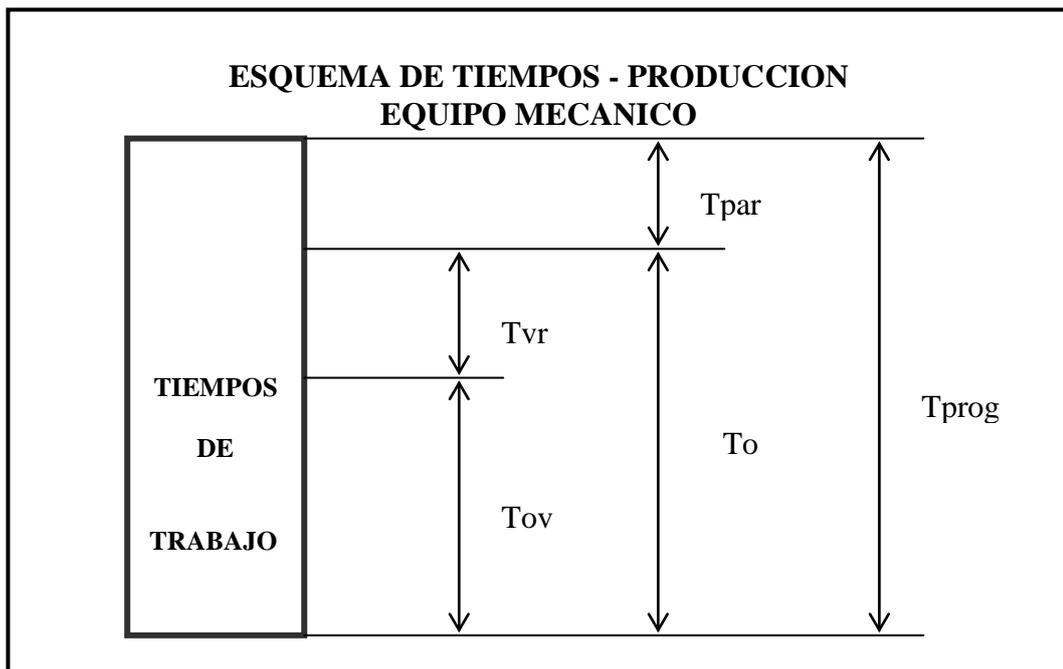
indicados tenemos que tener presente que estará produciéndose algún desgaste o fallo del elemento correspondiente, con el fin de aclarar este punto se presenta en el Anexo 1 – Tabla 1.17. Una Tabla de Fuentes de Elementos de Desgaste, donde se indica que componente puede estar desgastándose ó fallando según el sistema del análisis. Este cuadro nos ayuda en gran medida a tener una idea de lo que esta ocurriendo con los componentes del sistema a analizar.

#### **4.11 Control de Tiempos de Producción.**

Para implantar un Sistema de Control de Tiempos de Producción del Equipo Mecánico y realizar su análisis, es necesario tener conocimiento de ciertos parámetros y conceptos. Los cuales son los siguientes:

- 1 Tiempo Programado ( $T_{\text{PROG}}$ )
- 2 Tiempo de Parada ( $T_{\text{PAR}}$ )
- 3 Tiempo de Operación ( $T_{\text{O}}$ )
- 4 Tiempo de Velocidad Reducida ( $T_{\text{VR}}$ )
- 5 Tiempo de Operación Válida ( $T_{\text{OV}}$ )

El esquema de estos Tiempos de Producción del Equipo Mecánico se muestra en el Anexo 1 – Cuadro 1.18, donde se da un mayor detalle del mismo. Se debe indicar además que el Sistema de Control de Tiempos de Producción se implanta con la finalidad de determinar los índices de Producción de los Equipos. En el Cuadro 1.18. También se indica los rangos admisibles para estos índices, tanto para la maquinaria nueva ó antigua.



#### 4.11.1 Tiempo Programado ( $T_{PROG}$ )

Es el tiempo que se considera como el planificado o proyectado por parte del Ingeniero Residente de Obra, para la realización de esta.

Este tiempo debe considerar las paradas por mantenimiento preventivo, depende mucho de la capacidad y experiencia para la determinación de este tiempo, debido a que este tiempo depende la permanencia del Equipo en Obra. Es costumbre la estimación de 8 horas de trabajo diario, durante 6 días laborables, pero este valor puede cambiar, según el avance que se prevé para obra.

$$T_{prog} = T_o + T_{par}$$

Donde:

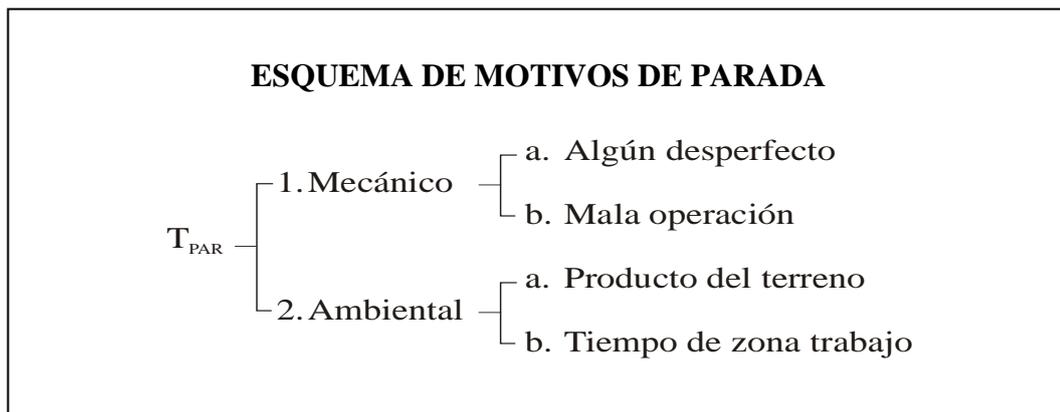
$T_{prog}$ : Tiempo Programado

$T_o$  : Tiempo de Operación

$T_{par}$ : Tiempo de Parada

#### 4.12.2 Tiempo de Parada ( $T_{PAR}$ )

Es el tiempo en que el equipo o vehículo permanece paralizado o fuera de servicio, por motivo de orden mecánico, producido por razones de algún desperfecto, mala operación, producto del terreno o tiempo de la zona de trabajo.



Este tiempo de parada ( $T_{par}$ ) es controlado por el operador y el chofer adecuadamente instruido, supervisado por el jefe de Equipo mecánico en obra.

#### 4.11.3 Tiempo de Operación ( $T_O$ )

Es el tiempo que la máquina o vehículo ha trabajado en obra, este tiempo es medido por el horómetro en el caso de maquinaria para movimiento de tierras, que hace esta medición en horas o por el odómetro en el caso de camiones volquetes, camiones chicos, camionetas, que hace esta medición en km recorridos.

Estos datos del tiempo de operación, son obtenidos por los reportes enviados de obra, en el formato de control de tiempos, (en el se indican los tiempos que aquí detallamos), por el jefe de quipos en obra, a la oficina-Lima. Los reportes se obtienen de los operadores y choferes que son instruidos adecuadamente para este fin.

Los equipos menores, como grupos electrógenos, motobombas, mezcladoras de concreto, planchas compactadoras no cuentan con un medidor de utilización, en este caso el encargado de Equipo Mecánico en coordinación con el capataz de cada frente de trabajo, obtendrán el reporte del tiempo que ha trabajado dichos equipos. Es decir, es el tiempo en el que el equipo ha laborado en el avance de la obra específicamente (Tiempo de operación válida –  $T_{OV}$ ), como también posiblemente en obras actividades (Tiempo de velocidad reducida –  $T_{VR}$ ).

$$T_o = T_{vr} + T_{ov}$$

Donde:

$T_o$  : Tiempo de Operación

$T_{vr}$ : Tiempo de Velocidad Reducida

$T_{ov}$ : Tiempo de Operación Válida

#### **4.11.4 Tiempo de Velocidad Reducida ( $T_{VR}$ )**

Este tiempo nos indica la cantidad de horas que el equipo no está siendo utilizado en una manera adecuada, es decir, está siendo usada en funciones diferentes al avance mismo de la obra. Este tiempo de velocidad reducida ( $T_{VR}$ ) es controlado por el jefe de equipo en cada obra durante la visita diaria que realiza en los diferentes frentes de trabajo.

#### **4.11.5 Tiempo de Operación Válida ( $T_{OV}$ )**

Es el tiempo que el equipo está realizando un trabajo destinado exclusivamente para el avance de la obra para su culminación. Es el tiempo efectivo de trabajo del equipo destinado al avance de la obra.

## 4.12 Índices de los Tiempos de Producción de los Equipos Mecánicos

El Formato de Control de Tiempos de Producción de Equipo Mecánico es enviado desde obra (este formato se detallará más adelante) a la Oficina Central, con esta Información en el Sistema de Control Central se realizarán cuadros, para determinar índices de suma importancia como: la Disponibilidad, el Coeficiente de Utilización y la Productividad. En el Anexo 1 - Cuadro 1.18. Se muestra el Esquema de control de Tiempos de Producción de Equipo Mecánico indicando los índices de producción, antes mencionados y sus rangos correspondientes.

A continuación se describen los siguientes conceptos:

### 4.12.1 La Disponibilidad:

Según se muestra en el Esquema, es el porcentaje del tiempo programado que el equipo se encuentra operativo, para realizar cualquier labor.

Se determina como:

$$D = ( T_o / T_{prog} ) 100$$

Donde:

D = Disponibilidad.

T<sub>o</sub> = Tiempo de Operación

T<sub>prog</sub> = Tiempo Programado

### **El Rango Admisible para la Disponibilidad es:**

Maquina Madura: 88 %

Maquina Nueva: 92%

#### **4.12.2 El Coeficiente de Utilización:**

Según se muestra en el Esquema, es el porcentaje del tiempo operación que el equipo se encuentra operativo, y que realiza labores exclusivamente para la culminación de la obra

Se determina como:

$$U = (T_{ov} / T_o)100$$

Donde:

U = Coeficiente de Utilización.

T<sub>ov</sub> = Tiempo de Operación Válida

T<sub>o</sub> = Tiempo de Operación

#### **El Rango Admisible para la Utilización es:**

Coeficiente de Utilización: 90 %

#### **4.12.3 La Productividad:**

Según se muestra en el Esquema, es el porcentaje del Tiempo Programado que el equipo se encuentra operativo, y que realiza labores exclusivamente para la culminación de la obra

Se determina como:

$$P = (T_{ov} / T_{prog})100$$

$$P = D*U$$

Donde:

P = Productividad.

D = Disponibilidad

U = Coeficiente de Utilización

Tov = Tiempo de Operación Válida

Tprog = Tiempo Programado

**El Rango Admisible para la Productividad es:**

Maquina Madura: 80 %

Maquina Nueva: 83%

**4.13 Índices de gestión.**

Estos índices se usan para medir la Eficacia y la Eficiencia de la administración del mantenimiento, miden el Rendimiento de una función, operación ó actividad, estos indicadores nos dan una visión donde se puede realizar una mejora, además nos puede indicar también el Rendimiento de nuestra organización del Mantenimiento. Estos Indicadores son los siguientes:

- 1 Historial del Equipo
- 2 Disponibilidad - D
- 3 Coeficiente de Utilización – C.U.
- 4 Tiempo Medio Entre Paralizaciones - MTBS
- 5 Tiempo Medio para Reparar - MTTR
- 6 Relación de Mantenimiento - MR
- 7 Porcentaje de Trabajos Realizados
- 8 Precisión de Servicio - PS
- 9 10 Principales Problemas y Paralizaciones

#### **4.13.1 Historial del Equipo.**

Es el Historia del Equipo y deberá contar con datos reales, esto lo constituye toda la información que se recaba del equipo en obra (Formatos), así como sus análisis de aceite, combustible, etc. En el Capítulo 7 se hace referencia a los datos de la Retroexcavadora de código 010205 toda esta información constituye su Historial, que ira en el File del Equipo respectivo y Base de datos del Equipo.

#### **4.13.2 Disponibilidad - D**

Este Índice evalúa la Eficiencia del Departamento de Mantenimiento. Este Índice nos indica el porcentaje del tiempo total que el equipo esta disponible para ser utilizado en cualquier actividad.

Se presenta de dos maneras.

$$\text{Disponibilidad Física} = \frac{(\text{Horas})_{\text{prog}} - (\text{Horas})_{\text{par}}}{(\text{Horas})_{\text{prog}}}$$

$$\text{Disponibilidad Mecánica} = \frac{(\text{Horas})_{\text{op}}}{(\text{Horas})_{\text{op}} + (\text{Horas})_{\text{par}}}$$

#### **4.13.3 Coeficiente de Utilización – C.U.**

Índice que evalúa la eficiencia en que se utilizan los equipos.

Muestra el porcentaje que el equipo es utilizado en operaciones para la culminación de la obra exclusivamente.

$$\text{Coef de Utilización} = \frac{(\text{Horas})_{\text{ov}}}{(\text{Horas})_{\text{ov}} + (\text{Horas})_{\text{vr}}}$$

#### **4.14.4 Tiempo Medio Entre Paralizaciones – MTBS**

MTBS son siglas en Ingles cuyo significado es Tiempo Medio entre Paralizaciones, este es un indicador que mide el tiempo en que en promedio se tendrá otra paralización del equipo. Para este cálculo las paralizaciones pueden haber sido programadas o no programadas .Es decir cada cuantas horas se produce una parada

$$\text{MTBS} = \frac{(\text{Horas})_{\text{op}}}{\text{Número de Paralizaciones}}$$

#### **4.13.5 Tiempo Medio para Reparar - MTTR**

MTTR son siglas en Ingles cuyo significado es Tiempo Medio para Reparar, este es un indicador que mide el tiempo en que en promedio demorará en ponerse operativa un equipo.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Horas de Paralización}}{\text{Número de Paralizaciones}}$$

#### **4.13.6 Relación de Mantenimiento – RM**

Este indicador nos da una referencia para el presupuesto de mano de obra y mide la Eficiencia de la fuerza laboral

La Relación de Mantenimiento Directo incluye la mano de obra en todas las Órdenes de Trabajo (OTM). La Relación de Mantenimiento Total incluye las horas de las Ordenes de Trabajo, más las horas de administración, supervisión y horas muertas.

$$\text{MR} = \frac{\text{H-H de Mantenimiento}}{\text{Horas de Operación}}$$

#### **4.14.7 Porcentaje de Trabajos Programados Realizados - %TPR**

Este indicador nos muestra que porcentaje de las Horas de Paralización han sido programadas.

$$\% \text{ PROGRAMADO} = \frac{\text{Paralizaciones Programadas (Horas)}}{\text{Total de Horas de Paralización}}$$

#### **4.13.8 Precisión de Servicio - PS**

Este índice nos indica la eficiencia en la Planificación y Programación de los Mantenimientos Preventivos a los equipos.

La Presición de Servicio (PS) es la medición de la ejecución del mantenimiento preventivo a tiempo y dentro de un margen de + / - 10% de las horas programadas para el mantenimiento preventivo correspondiente para el equipo.

#### **4.13.9 10 Principales Problemas y Paralizaciones**

Es el registro de los principales problemas ocurridos en los equipos, teniendo en cuenta, el número de paralizaciones, tiempos de paralización y ordenados por componente y por sistema. (Paretto por Tipo de Fallas)

Tiene por fin de que estos problemas sean eliminados ó disminuidos, con técnicas que van desde un simple cambio en las condiciones de operación hasta un rediseño del componente correspondiente.

#### **4.14 Rangos Admisibles de los Índices de Gestión**

Para la adecuada marcha en la Gestión del Mantenimiento del Equipo Mecánico, estos índices detallados líneas arriba deben encontrarse en ciertos rangos para ser considerados aceptables, e indicarnos que nuestra gestión es correcta o en cuanto y en que debemos mejorarla. En el Anexo 1 - Tabla 1.19 en la que se indica los Rangos Admisibles de los Índices de Gestión, para alcanzar un Mantenimiento de Clase Mundial.

## **CAPITULO 5**

### **FORMULACION DE LAS MEJORAS DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO**

#### **5.0 Formulación de los Sistemas de Trabajo del Área de Mantenimiento**

Con el fin de establecer el adecuado control del equipo mecánico se establecerá un método de trabajo para el área de mantenimiento en cuatro niveles, funciones y sistemas de control, que a continuación se detallará:

- 1 Funciones del Área de Equipo Mecánico.
- 2 Sistema de Control en el Planeamiento.
- 3 Sistema de Control en Obra.
- 4 Sistema de Control Central.

#### **5.1 En las Funciones del Área de Equipo Mecánico**

Respecto al Equipo Mecánico, actualmente la Empresa cuenta con maquinaria para movimiento de tierras, vehículos para transporte de agregados y materiales, vehículos para movilización, equipo de perforación y equipo menor (mezcladoras, motobombas, planchas compactadoras, vibradoras de concreto grupos electrógenos) el mismo que permite la ejecución de las obras que se están desarrollando actualmente. El continuo crecimiento de la Empresa obliga a la

adquisición de mayor equipo. Por ello, ha sido necesario contar con un control adecuado para lograr tener una disponibilidad en todo momento, y así atender los requerimientos de equipo para la ejecución de obras. Teniendo en cuenta que el Equipo Mecánico es uno de los recursos más importantes para la ejecución de las obras, ésta área será dirigida por la Gerencia de Mantenimiento; y la Jefatura de Equipo Mecánico, se encargará de responder en todo lo referente a la maquinaria y vehículos en general que la Empresa posee. Todos los requerimientos u ocurrencias que puedan darse estarán siempre canalizados vía el Gerente de Mantenimiento, el mismo que da las indicaciones de las estrategias a seguir, frente a las cuales el área tendrá la responsabilidad de planificar las tácticas para el buen desempeño del Equipo Mecánico de la Empresa. Es decir controlando tanto la Producción como el Mantenimiento.

En las Obras que ejecuta la Empresa se cuenta con un Ingeniero de Equipo Mecánico, el cual se encargará de controlar el funcionamiento y los mantenimientos de los Equipos asignados, así como de informar a la oficina Central de estos acontecimientos, además del envío de reportes a la oficina central, al Ingeniero de Equipo Mecánico en obra se le asignará un mecánico, un soldador y un ayudante, según sea tanto la necesidad y tamaño de la Obra a ejecutar, lo cual determina la presencia de una cantidad grande o pequeña de Equipos. Las funciones de esta área se detallan a continuación:

### **5.1.1 Funciones de la Gerencia de mantenimiento.**

- Planear, organizar, dirigir, y controlar los servicios de Mantenimiento del Área de Equipo Mecánico.
- Administrar en su ámbito, las acciones de mantenimiento (preventivo, predictivo y correctivo) del equipo y asegurar su empleo adecuado.
- Mantener al equipo en excelentes condiciones operativas por periodos de tiempos extensos e ininterrumpidos – Maximizar utilización y MTBS.
- Mantener un grupo de personas, facilidades, herramientas, técnicas, comunicaciones y sistemas, con el objetivo de retornar rápidamente al equipo a la producción, después de una paralización programada ó no.
- Establecer estándares de rendimiento de los Equipos y evaluar los Índices de Gestión , estableciendo una política de mejora continua

### **5.1.2 Funciones del jefe de equipo Mecánico.**

- Verificar las condiciones de los Equipos que ingresan o salen de la oficina principal.
- Organizar y mantener actualizado los archivos que corresponden a cada Equipo, incluyendo en ellos los documentos de recepción, mantenimientos (preventivos y correctivos), pedidos, informes y todo aquello que concierne al Equipo Mecánico.
- Mantener informada a la Gerencia de Mantenimiento, lo referente al estado y ubicación exacta de cada uno los Equipos de la Empresa.
- Preparar los Programas de Mantenimiento Preventivo de los equipos.
- Efectuar el pedido de todos los elementos de consumo de la maquinaria (filtros, lubricantes, repuestos en general) y hacer el seguimiento hasta su atención al fin de asegurar la ejecución de las acciones de mantenimiento.
- Disponer lo conveniente para que los operadores, choferes y mecánicos confeccionen correctamente los documentos de reporte de obra.
- Supervisar la correcta utilización del Equipo Mecánico.
- Elaborar los Cuadros de los seguimientos, tendencia de los controles de los equipos en obra, cuadros de los análisis de aceite, su tendencia y los Índices de Gestión, que tendrá que elevar a la Gerencia de Mantenimiento.
- Informar a la Gerencia de Mantenimiento sobre la mala aplicación que se estuviera haciendo del Equipo que no se pudiera corregir, con el fin de que se tome las acciones correctivas para su respectiva aplicación.

### **5.1.3 Funciones del Ingeniero Mecánico en Obra.**

- Controlar en Obra el correcto funcionamiento del Equipo Mecánico.
- Llevar a cabo a ejecutar el plan de mantenimiento entregado, verificando que se cumpla con la mayor regularidad posible las órdenes de trabajo generadas tanto para los servicios preventivos como los correctivos.
- Disponer la atención inmediata a los reclamos realizados por el mecánico, choferes y operadores de la Obra sobre el funcionamiento del Equipo.
- Investigar la causa que afectan la disponibilidad del Equipo.
- Disponer la conveniente para asegurar el adecuado funcionamiento de los instrumentos de control del Equipo como son, manómetros, termómetro, indicadores, horómetros, odómetros similares.
- Enviar a Laboratorio las muestras de Aceite para ser analizadas, con el fin de realizar el mantenimiento predictivo correspondiente.
- Preparar y enviar semanalmente a la oficina Central la documentación necesaria sobre la operatividad, los mantenimientos, paradas, así como los pedidos de repuestos e informes que le fueran solicitados o dispuestos.

#### **5.1.4 Funciones de los Operadores y Choferes.**

- Operar adecuadamente el equipo que está a su cargo.
- Elaborar los reportes semanales de operatividad y de paradas según las instrucciones del Encargo del equipo en Obra y hacérselo llegar en forma semanal para su respectiva evaluación.
- Revisar diariamente el estado de su máquina antes de comenzar con sus labores diarias chequeando:
  - Nivel de lubricantes.
  - Nivel de agua del radiador.
  - Nivel de electrolito de batería.
  - Estado de fajas de ventilador, alternador y otros.
  - Verificar que no exista peligro de accidente.
- Efectuar el lavado y engrase semanal de los equipos.
- Controlar que las presiones de los neumáticos sean las especificadas o las que indique el mecánico de obra.
- Revisar la existencia de pernos flojos en zapatas de frenos y reajustarlos.
- Estar presente, actuando como apoyo del mecánico cuando éste realice los servicios preventivos y/o correctivos.
- Observar que el mecánico limpie debidamente los filtros de aire, que no los golpee para limpiarlos, que revise que no estén rotos y que los deje correctamente instalados.

- Informar cualquier anomalía, que se detecte en su máquina, fuga de aceite, petróleo, agua, y otros; luces, instrumentos, horómetro, odómetro que no funcionen anotándolos en el parte diario hasta que se subsane la falla.
- Las demás que le encargue el Ingeniero Mecánico en Obra.

#### **5.1.5 Funciones del Mecánico de Obra.**

- Cumplir con los servicios de lubricación, engrase, limpieza de filtros de aire, ajustes de fajas de ventilador, alternador, de frenos, entre otros, conforme a los principios de la mecánica y los manuales de mantenimiento de Equipo, además de las indicaciones que haga el Ingeniero Jefe de Equipos.
- Vigilar que el operador cumpla con prestar un adecuado trato a la máquina o vehículo a su cargo, corrigiendo sus deficiencias.
- Recoger de almacén de obra los filtros, aceites y demás repuestos que necesite para efectuar los servicios a la maquinaria.
- Llenar la documentación que fuera necesario, en los controles del equipo.
- Observar el trabajo de las unidades con el fin de detectar las fallas en el funcionamiento de las mismas, corregirlas, solicitado las indicaciones pertinentes si fuera necesario.

En el Anexo 2 – Cuadro 2.1 se muestra el Organigrama del Área de Mantenimiento de Equipo Mecánico

## **5.2 En el Sistema de Control en el Planeamiento.**

El Sistema de Control en el Planeamiento se establecerá los procedimientos a realizar al inicio de la obra con el fin de estructurar una adecuada administración de los equipos, y el adecuado manejo y procesamiento de la información. Estos procedimientos son los siguientes:

- 1 Plan de Uso de Equipo Mecánico.
- 2 Relación de Equipo Asignado a Obra
- 3 Acta de Entrega y Recepción de Equipo Mecánico
- 4 Libreta de Control del Equipo
- 5 Cargo de Equipo Mecánico a Operadores y Choferes
- 6 Ubicación De Equipo Mecánico y Responsables.
- 7 Relación de Horómetros/Odómetros y Trabajo por día
- 8 Costo Tarifa de Alquiler.
- 9 Análisis de Criticidad.
- 10 Tipo de Mantenimiento según Criticidad.
- 11 Ficha Técnica de Equipos.
- 12 Tabla de Mantenimiento Preventivo.
- 13 Programa de Mantenimiento Preventivo.
- 14 Costos por Frecuencia – Filtros, Aceite, Grasa.
- 15 Costo del Plan de Mantenimiento (Presupuesto)
- 16 Plan de Abastecimiento de Filtros.
- 17 Plan de Abastecimiento de Neumáticos.
- 18 Altura de Cocadas Inicial de los Equipos.

### **5.2.1 Plan de Uso de Equipo Mecánico.**

Al iniciarse un nuevo proyecto u obra, el Ingeniero Residente de la Obra entregará, a la Gerencia de Mantenimiento en la Oficina Central (Lima) el requerimiento de equipos, indicando su duración (Fecha de inicio y la Fecha de finalización de cada equipo en la Obra)

El Cuadro donde se indica el Plan de Uso del Equipo presenta los siguientes campos:

- 1 Equipo a Solicitar: Nos Solicita el equipo requerido
- 2 Potencia: Nos indica la potencia del equipo requerido
- 3 Fecha de Inicio: Nos indica la fecha de inicio del equipo en obra
- 4 Fecha de Fin: Nos indica la fecha de fin en la obra respectiva.

Este Cuadro Solicitud de Equipo Mecánico - Plan de Uso de los Equipos se muestra en el Anexo 4 – Cuadro 4.1

### **5.2.2 Relación de Equipo Asignado a Obra**

Con el Cuadro del Plan de Uso de Equipo Mecánico solicitado por el Ing. Residente de Obra, elaboramos el Cuadro Relación de Equipo Mecánico Asignado a Obra, Anexo 4 – Cuadro 4.2. En el que se indica:

El Código del equipo, el Nombre de la unidad, la Marca, el Modelo, la Serie y la Potencia del Equipo asignado a Obra.

### **5.2.3 Acta de Entrega y Recepción de Equipo Mecánico**

Habiendo elegido el equipo que trabajará en obra se le asigna al operador ó chofer según sea el caso, el equipo correspondiente, para lo cual se procede a la revisión del

Equipo en presencia del responsable (operador) de la unidad y el Ing. Jefe de Equipo Mecánico. Esta Acta de entrega y Recepción, se muestra en el Anexo 4 – Formato 4.3

En el se detalla los siguientes campos:

1	Equipo	11	Luces
2	Motor	12	Repuestos recibidos
3	Baterías	13	Herramientas recibidas
4	Arrancador	14	Catálogos recibidos
5	Alternador	15	Ultimo cambio de aceite
6	Compresor	16	Reparaciones efectuadas
7	Bomba de Inyección	17	Estado General
8	Llantas	18	Prueba de Operatividad
9	Indicadores de Panel	19	Relación de faltantes observados
10	Control del Nivel de Aceite		

#### **5.2.4 Libreta de Control del Equipo.**

Esta libreta es de suma importancia pues representa una consulta rápida para las supervisiones y para el traslado del equipo a otra obra. El jefe de equipo en obra revisará esta libreta cada fin de mes. En este formato se indican los siguientes campos:

- **En el encabezado del Formato.**

Se indicará el código, el nombre del equipo, el operador, si posee o no horómetro u odómetro, el horometraje u odometraje al Inicio y Final del Mes, además se indicará el mes y el año correspondientes.

- **En el cuerpo del Formato**

- 1 Horómetro/Odómetro: Horas trabajadas o los Km. recorridos por día
- 2 Combustible: Se indica el consumo de combustible en galones.
- 3 Cambio de Filtros: Se indica el tipo de Filtro cambiado.
- 4 Cambio de Aceites: Se indica el cambio de Aceite.
- 5 Día del mes: Se numerará correlativamente los días del mes.

En el Anexo 4 – Formato 4.4, se muestra la Libreta de Control.

#### **5.2.4 Cargo de Equipo Mecánico a Operadores y Choferes**

Después de llenar el Acta de Entrega y Recepción de Equipo Mecánico y hacer entrega de la Libreta de Control de la unidad, se procede a firmar el Documento de Cargo de Equipo, este documento hace responsable al operador o chofer según sea el caso, con el 50% del costo de reparación de la unidad en caso que estas fallas se deban a imprudencia o mala operación del equipo. Este documento lleva el Visto Bueno del Jefe de Equipo y del Operador o Chofer En el Anexo 4 – Formato 4.5 se muestra este documento. Este documento de Cargo de Equipo Mecánico, cuenta con los siguientes campos:

- **En el Encabezado:**

En el se indica el código de la unidad, descripción donde se indica el nombre de la unidad y el nombre de la obra

- **En el Cuerpo:**

En el se indica el nombre del operador o chofer, su DNI, día de inicio y fin en que se le asigna la unidad, los datos del equipo, observaciones y la referencia de la Evaluación Técnica (número del Acta de Entrega recepción del equipo).

### **5.2.6 Ubicación De Equipo Mecánico y Responsables.**

Conociendo el equipo que trabajaran en la obra y el Operador/Chofer asignado a las Unidades, se elaborará el Cuadro Ubicación de Equipo Mecánico y Responsables de Equipos en Obra. Anexo 4 – Cuadro 4.6, en la que se indica:

Nombre de la unidad, Marca, Modelo, Serie, Potencia, Placa (Para equipos que lo posean), la Unidad de Negocio ( Obra ) y Nombre del responsable de la Unidad.

### **5.2.7 Relación de Horómetros/Odómetros y Trabajo por día**

Para determinar el Plan de Mantenimiento de los Equipos es necesario conocer el valor de los Horómetros en el caso de las maquinas para el movimiento de tierra ó de los Odómetros que registran los kilómetros recorridos por la unidad, esto en caso de camiones y camionetas.

El Ingeniero Residente de Obra entregará al Jefe de Equipo de la Oficina Central (Lima) la relación de las horas que los equipos trabajarán por día en la obra. En el Anexo 4 – Cuadro 4.7, se muestra el Cuadro de Relación de Horm/Odom al Inicio de Obra y Trabajo por día.

### **5.2.8 Costo Tarifa de Alquiler.**

Para determinar el Costo de Operación y Mantenimiento de los Equipos de la Obra es necesario conocer las Tarifas de los Equipos (Costo de la Maquina Operada), con el fin de determinar el Costo de Operación y Mantenimiento para un tiempo determinado. Por lo tanto es necesario elaborar un Cuadro con las Tarifas de los equipos de la Obra. Esto se muestra en el Anexo 4 – Cuadro 4.8.

### **5.2.9 Análisis de la Criticidad de los equipos.**

Es necesario realizar el análisis de la criticidad de los equipos, con la finalidad de determinar la importancia de la atención del mantenimiento en el equipo y su importancia en obra, esto ya se explico detalladamente en el capítulo anterior, en el Anexo 4 – Tabla 4.9 se muestra la Tabla de Análisis de Criticidad.

### **5.2.10 Tipo de Mantenimiento según la Criticidad.**

Después de realizar el análisis de la criticidad, con el valor obtenido se determina el tipo de mantenimiento que aplicaremos a la unidad, se determina por lo tanto a que unidades se realizará el mantenimiento predictivo, preventivo, correctivo programado. En el Anexo 4 – Tabla 4.10 se muestra esta Tabla.

### **5.2.11 Ficha técnica de los equipos.**

Es de suma importancia contar con una tabla que nos de un acceso rápido a lo fundamental de la información técnica de los equipos. En el Anexo 4 – Formato 4.11 se muestra el formato de Información Técnica del Equipo.

### **5.2.12 Cuadro de Mantenimiento Preventivo.**

Cada uno de los equipos debe contar con una Tabla de Mantenimiento Preventivo que nos indique que revisar o cambiar y cuando hacerlo esto se muestra en el manual de operación y mantenimiento. En el Anexo 4 – Tabla 4.12 se muestra la Tabla de Mantenimiento de una retroexcavadora Komatsu WB97R.

### **5.2.13 Programa de Mantenimiento Preventivo.**

Es de vital importancia elaborar el Programa de mantenimiento Preventivo de los Equipos para lo cual es necesario, usar las Tablas que se ha elaborado con este fin. , los cuales son los siguientes:

- 1 Horómetro/Odómetro, de los equipos actualizados
- 2 Horas de trabajo de los equipos por día de labor.
- 3 Tabla de mantenimiento de los equipos de obra.

En el Anexo 4 – Cuadro 4.13 se muestra el Cuadro del Programa de mantenimiento Preventivo que se usará

### **5.2.14 Costos de Frecuencia de Mantenimiento.**

Una vez elaborado, el cuadro del Plan de Mantenimiento necesitamos, conocer el costo que implica este mantenimiento tanto para cada frecuencia de un equipo, como el globalizado por mes, para esto es necesario conocer los costos de filtros y aceites. En el Anexo 4 – Cuadro 4.14. Se muestra el Cuadro Costo por Frecuencia de Mantenimiento, en el cual se indica lo siguiente:

Los Filtros, Aceites y Grasa a usar en la respectiva frecuencia de mantenimiento además de sus códigos, original y Fleetguard, (para los filtros) sus cantidades y costos.

### **5.2.15 Costo del Plan de mantenimiento**

Es conveniente elaborar un cuadro de Costos del Plan de Mantenimiento con el fin de determinar el costo del mantenimiento por mes. En el Anexo 4 – Cuadro 4.15 se muestra el cuadro del Costo de Mantenimiento Consolidado. En el Anexo 4 – Cuadro 4.16 se muestra el cuadro del costo del Plan de Mantenimiento, por Mes y en el Anexo 4 – Gráfico 4.17 gráfico de su Costo.

### **5.2.16 Plan de Abastecimiento de Elementos de Filtros.**

Una vez elaborado, el cuadro del Plan de Mantenimiento y conocidos el Costo que esto implica necesitamos trazar un Plan de Abastecimiento de Filtros para los diferentes equipos según la frecuencia de su mantenimiento. En el Anexo 4 – 4.18 se muestra el Cuadro Plan de Abastecimiento de Filtros.

### **5.2.17 Plan de Cambio de Neumáticos.**

Desde Obra se nos solicitará el pedido de llantas para las unidades respectivas es necesario llevar un Formato para el Plan de Abastecimiento de Neumáticos (pedidos y envíos) y la relación de las llantas que serán enviadas a obra, En el Anexo 4 – Formato 4.19 se muestra el Cuadro del Plan de Abastecimiento de Neumáticos. Este Cuadro presenta los campos que a continuación se indican::

- **Datos Generales:** Indicar el Código, la Unidad y descripción de la llanta.
- **Pedido:** Se indica la fecha y semana del pedido.
- **Cantidad:** Indicar el número de llantas delanteras y/o posteriores pedidas.

- **Observación del Pedido:** Se indica alguna observación del pedido
- **Envío:** Se indica la fecha y semana del envío.
- **Cantidad:** Indicar el número de las llantas delanteras y/o posteriores enviadas
- **Observación del Envío:** Se indica alguna observación del envío.

#### **5.2.18 Altura de Cocada de las Llantas Inicial.**

Para llevar un control del desgaste de las cocadas de las llantas de los equipos, se usará el Cuadro de Altura de Cocada de Llantas, que se muestra en el Anexo 4 - Formato 4.20. En este cuadro se indica lo siguiente:

Las alturas iniciales de la cocada, delantera y posterior en llantas nuevas, el Horómetro u Odómetro correspondiente al inicio de la obra y las alturas de las cocadas con su respectiva presión para los diferentes neumáticos, además de las observaciones en la que se requiera.

### **5.3 En el Sistema de Control en Obra.**

El Sistema de Control en Obra se realiza a través del llenado de ciertos formatos que tienen por finalidad llevar un registro histórico de todo lo relacionado con el avance de obra en lo concerniente con los Equipos Mecánicos.

Estos procedimientos son los siguientes:

- 1 Control de Combustible y Horas de Trabajo Diario
- 2 Control de Análisis de Aceite
- 3 Control de los Neumáticos
- 4 Control del Mantenimiento
- 5 Control de Paradas del Equipo Mecánico
- 6 Control del Equipo Mecánico
- 7 Control de Tiempos de Producción del Equipo Mecánico.

#### **5.3.1 Control de Combustible y Horas de Trabajo Diario.**

El control de combustible y horas de trabajo diario es registrado en el Formato de Control de Combustible del Equipo Mecánico. El Formato de Control de Combustible y Horas de Trabajo Diario se muestra en el Anexo 5 - Cuadro 5.1.

- **Formato de Combustible.**

Este formato es usado para determinar las horas trabajadas por el equipo por día, además de conocer la cantidad de combustible suministrado en determinado día.

En este Formato se indica el día de la semana y la fecha, el tipo de combustible suministrado y su cantidad, el Horometraje u Horometraje, al inicio y fin de la jornada, y el trabajo principal que realizó el equipo en el día correspondiente. Este formato lleva la firma de visto bueno de:

1. Operador/Chofer
2. Responsable de Equipo Mecánico
3. Ingeniero Residente.

Este documento es reportado por el operador del equipo cada fin de semana, al Jefe de Equipo Mecánico en Obra.

### **5.3.2 Control de Análisis de Aceite**

El control del Análisis de aceite se realiza analizando las muestras en laboratorio cada cierto periodo de tiempo según se indica más adelante. En el Anexo 5 – Formato 5.2 se muestra el Formato entregado por el proveedor, en donde se indica la información solicitada (Registro Shell Sheck)

### **5.3.3 Control de los Neumáticos**

Es necesario llevar un control sobre los neumáticos de los equipos, pues estos representan una alta incidencia en los costos de mantenimiento, para esto usaremos los siguientes formatos:

- A Formato de Altura de Cocadas de Llantas
- B Formato de Promedio de Desgaste de Cocadas.
- C Formato de Pedido de Llantas

**A Formato de Altura de Cocadas de Llantas**

Este formato tiene la finalidad la de controlar la altura de las cocadas de las llantas en milímetros así como su presión y la observar el estado de la misma, Las cocadas de llantas delanteras tienen una altura máxima inicial de 22 mm

Las cocadas de llantas posteriores tienen una altura máxima inicial de 23-24 mm

El Reencauche se realizará cuando la altura de las cocadas sea de 6 mm mínimo.

La Rotación la realizaremos cuando la altura de las cocadas en determinado eje sea de 2 a 3 mm. Estas llantas están numeradas, según sus ejes según se muestra en el Formato Altura de Cocadas de Llantas. Anexo 5 – Formato 5.3.

**B Formato de Promedio de Desgaste de Cocadas.**

Este formato tiene la finalidad de conocer el promedio del desgaste de las llantas con el fin llegado al límite de h de 6 mm proceder a realizar el pedido de compra de las mismas, también se indica el horometraje al inicio es decir llanta recién instalada y el horometraje en la medición final con lo que podemos determinar el desgaste horario de nuestros neumáticos y poder tener una idea de cual será su vida útil, se envía a la Oficina Central semanalmente.

Este Formato de Seguimiento de Alturas de Cocadas se encuentra en el Anexo 5 – Formato 5.4. El cual presenta los siguientes campos:

- **Datos de Primera Medición.**

Indicar el Horometraje/Odometraje del equipo de la primera medición y la fecha.

- **Datos de la Última Medición:**

Indicar el Horometraje/Odometraje del equipo de la última medición y la fecha.

- **Medidas de Cocadas:**

Se indica la altura de las cocadas, según su numeración, estos datos son obtenidos del Formato Altura de Cocada de Llantas, Anexo 5 – Formato 5.3, se indica además el promedio Delantero/Posterior de las cocadas, según numeración.

- **Pedido de Llantas:**

Cuando el promedio de alturas de las cocadas de las llantas Delanteras/Posteriores sea de 6 mm se realiza el pedido de estas llantas.

- **Marcas de Llantas.**

Se indica la marca de las llantas delanteras/Posteriores actuales.

## **C Formato de Pedido de Llantas**

Este formato tiene por finalidad realizar el pedido de las llantas, que se realiza cuando el promedio de las alturas de las cocadas de las llantas delanteras o posteriores es de menor o igual a 15 mm. En el Anexo 5 – Formato 5.5 se muestra este formato de Pedido de Llantas:

En el que se indica, el código, la unidad, el Horómetro/Odómetro, descripción de la llanta y la cantidad, además se indica el número total de llantas delanteras y posteriores.

#### **5.3.4 Control del Mantenimiento del Equipo Mecánico**

En la actividad del mantenimiento es necesario tener un registro histórico de las intervenciones del Mantenimiento, que se realiza en las unidades, con este fin usamos el Formato de Orden de Trabajo (OTM). Anexo 5 –Formato 5.6

- **Formato de la Orden de Trabajo.**

En este formato se registra el trabajo de mantenimiento realizada a la unidad, es decir, el mantenimiento preventivo y correctivo.

Este documento consta de 2 partes:

- **Parte Superior.**

Es llenada por el jefe de equipo mecánico quien programa la orden de trabajo.

En el se indicará el nombre de la obra, la fecha programada del mantenimiento, la fecha en que se ejecuta el mantenimiento, la unidad, su código, el tipo de mantenimiento y su frecuencia, y el responsable (nombre del Ing. Jefe de Equipo en Obra) y una descripción del trabajo realizar.

- **Parte Inferior.**

Es llenada por el mecánico, donde se indica las actividades que realizó en la unidad, las cantidades de lubricantes y repuestos que utilizó, además de anotar el Horómetro o el Odómetro de la unidad. Se hace una descripción del servicio de mantenimiento a realizar y se indica los repuestos ó materiales a ser empleados, indicando su código y cantidad, además de alguna observación sobre el mismo, y la observación sobre los trabajos que quedarán pendientes.

Este formato lleva la firma de visto bueno de:

Operador/Chofer.

Mecánico de Obra.

Responsable Equipo Mecánico.

El formato de Orden de Trabajo se muestra en el Anexo 5 – Formato 5.

### **5.3.5 Control de Paradas del Equipo Mecánico**

Es necesario tener un registro histórico de las paradas de los equipos para este fin usamos el Formato de Parada de equipo.

- **Formato de Paradas de Equipo Mecánico.**

Este documento es reportado por el operador, al jefe de equipo mecánico, al fin de cada jornada. Cuando la máquina paraliza por cualquier motivo en el se registra el motivo de la paralización del equipo el inicio y el fin de la paralización, el tiempo de ejecución de la actividad de la reparación o mantenimiento. En este formato se indican los siguientes campos:

- **En el Encabezado:**

Se indica el equipo, obra, código y semana.

- **En el Cuerpo:**

Se indica el día de la semana, el Horómetro/Odómetro, el motivo de la paralización, la hora de inicio y fin de la parada (la diferencia de estos dos valores nos da el Tpar), además de la hora de inicio y fin de la atención de la reparación, finalmente se indicará el personal (persona que realiza la reparación)

Este Formato lleva la Firma de Visto Bueno de:

1. Operador/Chofer
2. Responsable de Equipo Mecánico (Controlador).
3. Ingeniero Residente

El Formato del Registro de Paradas de Equipo Mecánico se muestra en el Anexo 5 – Formato 5.7

### **5.3.6 Control de Equipo Mecánico.**

El control del equipo mecánico se hace a través de la libreta de control; ésta libreta representa el registro histórico de cada equipo en obra, esta libreta deberá permanecer en el equipo, en el anotará el operador diariamente el consumo de combustible, el horometraje o el odometraje, además de los mantenimientos y las reparaciones más importantes.

- **Formato de la Libreta de Control.**

Esta libreta es de suma importancia pues representa una consulta rápida para las revisiones y para el traslado del equipo a otra obra.

El jefe de equipo en obra revisará esta libreta cada fin de mes. Este Formato de la Libreta de Control se muestra en el Anexo 5 –Formato 5.9

### **5.3.7 Control de Tiempos de Producción.**

Los datos del control de tiempos de producción del equipo mecánico nos sirve para determinar los Índices de Gestión tan importantes como: la Confiabilidad, el Coeficiente de Utilización y la Productividad.

- **Formato de Control de Tiempos de Producción de Equipo.**

El formato de Control de Tiempos, es un consolidado de la información de otros formatos, en el que se indican los diferentes tiempos indicado líneas arriba. Estos conceptos aparecen en el formato utilizado para controlar los tiempos de producción, denominado Formato de Control de Tiempos. En el Anexo 5 – Formato 5.9, se muestra el Formato de Control de Tiempos. La información del Formato de Control de Tiempos se extrae de los siguientes Formatos:

- A Formato Parte Diario.
- B Formato Parte Semanal (Control de Operatividad).
- C Formato Registro de Paradas.

**A Formato de Parte Diario:**

En este formato se indica el trabajo realizado, en la producción de los equipos en lo referente a la parte civil, es un formato manejado por los Ingenieros Civiles para llevar un control sobre el avance de la obra .en el se muestra lo siguiente:  
La excavación, la carga, el corte y el Tiempo Programado (Tprog).

**B Formato de Control de Combustible:**

De este formato se extrae los datos de las Horas ó Kilómetros y los galones.

**C Formato de Control de Paradas:**

De este formato se extrae los datos del Tiempo de Parada ( Tpar ) y el Tiempo de Velocidad Reducida.

#### **5.4 En el Sistema de Control Central**

Con los Formatos enviados por Encargado de Equipo Mecánico en Obra, hacia la Oficina central en Lima, El Ingeniero Responsable del Sistema de Control Central realiza una serie de Seguimientos , Gráficos de Tendencias e Índices de Gestión, que le dará la visión necesaria para la marcha optima de los Equipos

A continuación se definirán conceptos que son de suma importancia para la adecuada marcha de los equipos, que nos indicarán, la forma en que los equipos vienen operando, respecto a su producción, así como las condiciones en que el equipo está operando, tanto en sus fallas más frecuentes, como en las condiciones del equipo mismo.

##### **5.4.1 En el Control Consumo de Combustible.**

Como se dijo en el capítulo anterior el Formato Control de Combustible es enviado desde obra, a la Oficina Central, con esta Información en el Sistema de Control Central se realizan los siguientes cuadros

- 1 Seguimiento del Consumo de Combustible
- 2 Tendencia del Rendimiento del Combustible

##### **5.4.1.1 Seguimiento del Consumo de Combustible**

En este cuadro se hace un ingreso de la Información del Formato de Control de Combustible, este cuadro de seguimiento lleva los siguientes datos:

- **En el Encabezado:**

Se indicará la unidad, el nombre de obra, el código y el rendimiento de combustible para maquinaria madura y nueva.

- **Consumo (Gln) – Kilómetros u Horas:**

Se indica el día de la semana del consumo de combustible, además de indicar el Horómetraje/Odómetraje al inicio y al final del día correspondiente.

- **Los Resultados:**

Este cuadro tiene por finalidad obtener los siguientes resultados:

Rendimiento: Nos da el resultado del Rendimiento de la semana

Condición: Nos da si el consumo de la semana fue Normal ó Alto

Consumo Semanal: Nos da el consumo en galones de comb. de la semana.

El Cuadro de Seguimiento de Consumo de Combustible se muestra en el Anexo 6 – Cuadro 6.1

#### **5.4.1.2 Tendencia del Rendimiento del Combustible.**

Con los datos obtenidos en el Cuadro de Seguimientos del Consumo de Combustible, se elabora el Cuadro de Tendencias del Consumo de Combustible, con el fin de ver gráficamente cual es la Tendencia del Consumo de Combustible del Equipo, Este cuadro se muestra en el Anexo 6 – Gráfico 6.2

#### **5.4.2 En el Control Análisis de Aceite.**

Para llevar un Control del Análisis de Aceite, se debe de contar con cierta información que nos de luces sobre el resultado del análisis además de la frecuencia de envío de las muestras de aceite al laboratorio, con los cuales realizamos los seguimientos respectivos y las medidas a tomar según resultados entonces los cuadros previos y los seguimientos son los siguientes:

#### **5.4.2.1 Registro Muestras de Enviadas**

Es necesario llevar un Registro de las Muestras de Aceite enviadas a Laboratorio para cada sistema del equipo en que se realizará el Análisis de Aceite, con el fin de llevar un control sobre el mismo. En el Anexo 6 – Cuadro 6.3 se muestra el Seguimiento a las Muestras de Aceite de Motor Enviadas es para el motor del equipo. Este registro lleva los campos que a continuación se indica:

- **En el Encabezado:**

Se indica el nombre del Equipo, el código, el Sistema para el que se hará el análisis, y la frecuencia del envío de la muestra según el sistema.

- **En el Cuerpo:**

Se indica la fecha y la semana del envío de la Muestra, el Horometraje/Odometroaje de la Unidad, la Frecuencia de envío según Sistema, la coincidencia con el mantenimiento correspondiente y finalmente alguna observación que se requiera.

#### **5.4.2.2 Seguimiento del Análisis de Aceite.**

Es conveniente hacer un seguimiento de los Resultados de los Análisis de Aceite del Sistema analizado con el fin de determinar cual es el comportamiento de los elementos de desgaste y si estos están en los rangos aceptables, con este fin se elabora el siguiente Cuadro de Seguimiento del Análisis de Aceite. En el Anexo 6 – Cuadro 6.4 se muestra este Seguimiento el cual se refiere al Motor del Equipo Mecánico. El cual presenta los siguientes campos:

- **En el Cuerpo:**

- Fecha: Indicar la fecha del reporte del envío de la Muestra .
- Equipo: Indicar el nombre de la unidad.
- Viscosidad: Indicar la viscosidad entre 12.00 – 16.00 cst
- Silicio (Si): Indicar el contenido de Si de límites entre 15.5 – 29.5 ppm
- Fierro (Fe): Indicar el contenido de Si de límites entre 43.5 – 130.5 ppm
- Aluminio (Al): Indicar el contenido de Al de límites entre 13.5 – 20.25 ppm
- Cobre (Cu): Indicar el contenido de Cu de límites entre 16.0 – 48.0 ppm
- Plomo (Pb): Indicar el contenido de Pb de límites entre 46.5 – 52.5 ppm
- Cromo (Cr): Indicar el contenido de Cr de límites entre 12.5 – 18.5 ppm
- Estaño (En): Indicar el contenido de En de límites entre 9.5 – 13.5 ppm
- Agua (H<sub>2</sub>O): Indicar el contenido de H<sub>2</sub>O de límites entre 0.1 – 0.5 %
- Oxidación: Indicar el contenido de Oxidación límites entre 19.5 – 29.2 A/cm
- Hollín: Indicar el contenido de Hollín de límite máx. 2.5 (Abs / 0.1 mm)

- **Observación:**

Donde se indica si los niveles mostrados están en los Rangos correspondientes a las indicadas líneas arriba.

#### **5.4.2.3 Tendencia de los Resultados del Análisis.**

Con los Resultados del Seguimiento del Análisis de Aceite se Elabora el Gráfico de las Resultados del Análisis, con el fin de determinar la tendencia de los componentes de desgaste del sistema. En el Anexo 6 – Gráfico 6.5 al Gráfico 6.15 se muestra la forma que se presentarán los gráficos correspondientes a cada elemento de desgaste, para el motor de la unidad.

### **5.4.3 En el Control de los Neumáticos.**

Como se dijo en el capítulo anterior el Formato de Requerimiento de Llantas de Acuerdo a la Medición de Cocadas es enviado desde obra, a la Oficina Central, con esta Información en el Sistema de Control Central se realiza el Cuadro Tendencia de la Altura de la Cocadas, cabe indicar que en este cuadro se indican dos rangos como referencia, una para una altura de cocada de 15 mm. Que es el que se usará como referencia para solicitar el pedido de llantas respectivas (el pedido se hace con antelación) el otro rango se refiere a una altura de 6 mm. Que es el que se usará como referencia para el cambio de llantas (del pedido solicitado a los 15 mm.) es necesario recordar una vez más que a este valor de la altura de cocada se debe reencauchar las llantas.

#### **5.4.3.1 Seguimiento de los Neumáticos**

Para determinar la tendencia de la altura de la cocada del neumático, se elabora el cuadro de seguimiento de la Tendencia de la Altura de la Cocadas. En este cuadro se hace un ingreso de la Información del Formato de Requerimiento de Llantas de Acuerdo a la Medición de Cocadas de sus campos, Promedio Delantero y Promedio Posterior.

Este cuadro de seguimiento de la Tendencia de la Altura de la Cocadas lleva los siguientes datos:

- **En el Encabezado:**

Se indica el nombre del Equipo, la Obra, Código, fecha del último día de la semana de envío de información y la semana correspondiente a la medición.

- **En Altura de Cocada:**

Indicar promedio de la altura de cocada de los neumáticos. Delanteros y Posteriores. El Gráfico tendencia de Altura de Cocada se muestra en el Anexo 6 – Gráfico 6.18

#### **5.4.4 En el Control del Mantenimiento.**

Como se indicó en el capítulo anterior el Formato de Orden de Trabajo es enviado desde obra, a la Oficina Central, con esta Información en el Sistema de Control Central se realizan los siguientes cuadros:

- 1 Seguimiento de los Mantenimientos
- 2 Seguimiento de la Precisión de Servio - Tendencia de la PS
- 3 Pareto del Tipo de Falla del Equipo Mecánico

##### **5.4.4.1 Seguimiento de los Mantenimientos**

Es necesario hacer un Seguimiento de las Órdenes de Trabajo de Mantenimiento, con el fin de llevar un control de los mantenimientos realizados para determinar la precisión de servicios PS, así como para hacer un análisis de los motivos de los mantenimientos, tanto de los programados como los imprevistos. El Cuadro de Seguimientos se muestra en el Anexo 6 – Cuadro 6.19 A al Cuadro 6.19 B. El cual presenta los siguientes campos:

- **En el Cuerpo:**

Se indica la semana y fecha que se realiza el mantenimiento, Equipo, tipo de Mantenimiento (reparación ó mantenimiento), la frecuencia del mantenimiento si es preventivo, el Horometraje programado, el horometraje

real (cuando se realiza el mantenimiento), la frecuencia real, el motivo del mantenimiento (actividad).

#### **5.4.4.2 Seguimiento de la Precisión de Servio - Tendencia de la PS**

Con los datos obtenidos del Cuadro de Seguimiento de los Mantenimientos, en lo referente al mantenimiento preventivo determinamos la precisión de servicio (PS), para el equipo correspondiente, como se dijo este esta en un rango de +/- 10% del la frecuencia de Mantenimiento, en el Anexo 6 – Gráfico 6.20, se muestra este Gráfico indicando este rango.

#### **5.4.4.3 Pareto del Tipo de Falla del Equipo Mecánico**

Con los datos obtenidos del Cuadro de Seguimiento de los Mantenimientos, en lo referente al motivo del mantenimiento elaboramos el Pareto correspondiente, con el fin de determinar cuales son el motivo de las paradas de los equipos y su incidencia en el mismo. Este cuadro presenta los siguientes campos:

- **En el Encabezado:**

Indicar el nombre del equipo, el código, el rango de semanas de datos.

Motivo de Parada: Se indica el motivo de la parada del Equipo

Veces: Se indica el número de veces que se repite el tipo de parada

% Veces: Se determina el % acumulado tipo de parada.

- **Zonas de Pareto**

A: Fallas que representan del 0 – 75 % del motivo de las paralizaciones

B: Fallas que representan del 75 – 95 % del motivo de las paralizaciones

C: Fallas que representan del 95 – 100 % del motivo de las paralizaciones. Fallas que Representan el 75%: En este campo se muestra las fallas del equipo que representan el 75 % de las paralizaciones del equipo mecánico. Este Gráfico de Pareto de Fallas se muestra en el Anexo 6 – Gráfico 6.21

#### **5.4.4.4 Cumplimiento del mantenimiento Preventivo**

Es necesario llevar un control sobre los trabajos de Mantenimiento Preventivo realizados para los equipos de la obra , basándonos en los Cuadros de Seguimientos de los Mantenimientos (Anexo 6 – Cuadro 6.19), detallados anteriormente El Cuadro de Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo para los Equipos de la Obra se muestra en el Anexo 6 – Cuadro 6.23 A al Cuadro 6.23 E.

#### **5.4.4.5 Porcentaje del Trabajo Programado**

Es necesario llevar un control estadístico de los Mantenimientos Programados respecto a las horas totales de paralización, conocer la tendencia de la cantidad de las horas que el equipo estuvo paralizado y que corresponden a una programación, ya que esto es un indicador para saber quien esta controlando la situación. El gráfico de la Tendencia del Porcentaje de Trabajo Programado se muestra en el Anexo 6 – Gráfico 6.24

#### **5.4.4.6 Relación del Mantenimiento**

Es necesario determinar cual es nuestra Relación de Mantenimiento, es decir cuantas horas se ha destinado al mantenimiento respecto a las horas trabajadas

en el mes, para esto se tiene como referencia el Cuadro 6.26 del Anexo 6, La determinación de la tendencia de la Relación del Mantenimiento, es un buen indicador para nuestro presupuesto de mano de obra y mide la eficiencia de nuestra fuerza laboral. En el Anexo 6 – Gráfico 6.25 se muestra la Tendencia de la Relación del Mantenimiento para la Obra.

#### **5.4.5 En el Registro de Paradas del Equipo Mecánico**

Como se indicó en el capítulo anterior el Formato de Control de Paradas es enviado desde obra, a la Oficina Central, con esta Información en el Sistema de Control Central se realizan cuadros, con el fin de determinar parámetros de suma importancia como el MTBS; MTTR, Horas de paradas, el número de paradas. Los Cuadros a elaborar son los siguientes.

##### **5.4.5.1 Seguimiento del Control de Paradas de Equipos**

Con el fin de Llevar un registro de los detalles de las paralizaciones de los equipos, se realiza el presente cuadro, en el se determina el MTBS, el MTTR, el número de paralizaciones si como las horas de paradas, y el motivo de la paralización, este cuadro presenta los siguientes campos:

- **En el Ingreso de datos:**

Se ingresa el nombre del Equipo, semana y día que se produce la parada .

(Horómetro Real)rep: Se indica las Horas ó Km en que se produjo la parada

(Horómetro Prog)prev: Se indica las Horas ó Km en que se programó la parada para el mantenimiento preventivo correspondiente

(Frecuencia de Mant)prev: Este campo devuelve la frecuencia del mantenimiento preventivo, (diferencia de (Hor)real – (Hor)prog)

Parada: Se indica la hora del día de inicio y termino de la paralización

(Rep)mant: Se indica la hora del día de inicio y termino de la atención de la paralización por parte del equipo de mantenimiento.

Motivo : Indicar el tipo de falla que produce la paralización del equipo.

Personal: Se indica el personal responsable de la reparación de la unidad.

- **En el Resultado**

**Horas Paradas:**

Se muestra el número de horas de paradas del equipo en día de la semana que corresponde a la paralización del equipo.

**Número de Paradas:**

Se muestra el número de paradas del equipo en día de la semana que corresponde a la paralización del equipo, en el caso que sea más de una paralización al día, es conveniente indicarlo en otro campo para mayor claridad.

**MTBS:** Se muestra el MTBS que es el resultado de dividir el Horómetro real en que se produjo la parada del equipo entre el número de fallas producidas hasta este momento.

**MTTR:** Se muestra el MTTR que es el resultado de dividir el número de horas de parada del equipo entre el número de fallas hasta este momento .indicándonos el tiempo en promedio en que el equipo estará parado.

El Cuadro de Seguimiento Control de Paradas para la Retroexcavadora 010207, se muestra en Anexo 6 – Cuadro 6.26

#### 5.4.5.2 Seguimiento del MTBS – Tendencia del MTBS

Con los datos obtenidos del Cuadro de Seguimiento del Control de Paldas, Se Gráfica la Tendencia del MTBS (Tiempo Medio Entre Paralizaciones) para lo cual elaboramos el Cuadro Seguimiento de MTBS con el fin de determinar la Tendencia del MTBS, en este gráfico se indica el rango para el MTBS que se encuentra entre 60 – 80 Horas. El Seguimiento del MTBS presenta los campos:

- **Datos Generales:**

Indicar nombre del Equipo, el Código, el mes y fechas de inicio y fin del mes.

- **Resultados:**

Nº de Paradas:           Nº de paradas del equipo en el mes correspondiente

MTBS obtenido:       El MTBS obtenido para el mes correspondiente

Rango Admisible:     Que se encuentra entre 60 – 80 Horas

El Gráfico de Seguimiento del MTBS se muestra en Anexo 6 – Gráfico 6.27

#### 5.4.2.3 Seguimiento del MTTR – Tendencia del MTTR

Con los datos obtenidos del Cuadro de Seguimiento del Control de Paldas, Se Gráfica la Tendencia del MTTR (Tiempo Medio Para Reparar) para lo cual elaboramos el Cuadro Seguimiento del MTTR con el fin de determinar la Tendencia del MTTR, en este gráfico se indica el rango para el MTTR que se encuentra entre 3 – 6 Horas. Los campos de Cuadro de Seguimiento del MTTR (Tiempo Medio para Reparar) es el siguiente:

- **Datos Generales:**

Indicar nombre del Equipo, el Código, el mes y fechas de inicio y fin del mes.

- **Resultados:**

Nº de Paradas:           Nº de paradas del equipo en el mes correspondiente

Horas Paradas:           Horas de paradas del equipo en el mes correspondiente.

MTTR obtenido:        El MTTR obtenido para el mes correspondiente

Rango Admisible:      Que se encuentra entre 3 – 6 Horas

El Gráfico Seguimiento del MTTR se muestra en el Anexo 6 – Gráfico 6.28.

#### **5.4.6 En el Control de los Tiempos de Producción.**

Como se indicó en el capítulo anterior el Formato de Control de Tiempos de Producción de Equipo Mecánico es enviado desde obra, a la Oficina Central, con esta Información en el Sistema de Control Central se realizan cuadros, para determinar índices de suma importancia como la disponibilidad, el Coeficiente de Utilización y la Productividad. A continuación se describen los conceptos:

- 1       Seguimientos del Control de Tiempos
- 2       Tendencia de la Disponibilidad
- 3       Tendencia del Coeficiente de Utilización
- 4       Tendencia de la Productividad

##### **5.4.6.1 Seguimientos del Control de Tiempos**

Es conveniente hacer un seguimiento de los Tiempos de Producción con el fin de determinar los índices de producción, rendimientos de combustible entre otros, el Cuadro de Seguimiento de Control de Tiempos de

Producción de los Equipos se muestra en el Anexo 6 – Cuadro 6.31. Este formato contiene los siguientes campos que ha continuación se detalla:

- **Datos Generales:**

Se indica el nombre del Equipo, el Código, la semana y fechas de inicio y fin de la semana respectiva para la cual introducimos los datos:

- **En el Ingreso de Datos:**

Galones: Ingresar los galones de combustible consumidos en la semana

Tprog: Ingresar el total de las horas programadas para la semana.

Tpar: Se indica las horas que el equipo estuvo parado en la semana

Tvr: Se indica las horas de velocidad reducida de la semana

- **En los Resultados:**

Gln / Hora: Nos da el Rendimiento del combustible en la semana

Observación: Nos indica si el consumo de combustible es Normal ó Alto

To: Nos indica las horas del tiempo de operación del equipo en la semana.

Tov: Indica las horas del tiempo de Operación Válida en la semana.

#### **5.4.6.1 Tendencia de la Disponibilidad**

Con los datos obtenidos del Cuadro de Seguimiento del Control de Tiempos. Se Gráfica la Tendencia de la Disponibilidad (D) para lo cual elaboramos el Cuadro Seguimiento de la Disponibilidad con el fin de determinar la Tendencia del Disponibilidad, en este gráfico se indica además el rango para la Disponibilidad admisible que se encuentra entre 82 – 92 % del Tiempo Programado. La Tendencia de la Disponibilidad se muestra en el Anexo 6 – Gráfico 6.32

#### **5.4.6.2 Tendencia del Coeficiente de Utilización**

Con los datos obtenidos del Cuadro de Seguimiento del Control de Tiempos. Se Gráfica la Tendencia del Coeficiente de Utilización (U) para lo cual elaboramos el Cuadro Seguimiento de la Disponibilidad con el fin de determinar la Tendencia de la Utilización, en este gráfico se indica además el rango para la Disponibilidad admisible que se encuentra en el 90 % del Tiempo de Operación. Este Gráfico de la Tendencia del Coeficiente de Utilización, se encuentra en el Anexo 6 – Gráfico 6.33

#### **5.4.6.3 Tendencia de la Productividad**

Con los datos obtenidos del Cuadro de Seguimiento del Control de Tiempos. Se Gráfica la Tendencia de la Productividad (P) para lo cual elaboramos el Cuadro Seguimiento de la Disponibilidad con el fin de determinar la Tendencia de la Productividad, en este gráfico se indica además el rango para la Disponibilidad admisible que se encuentra entre 80 - 93 % del Tiempo de Programado. Este Gráfico de la Tendencia de la Productividad se encuentra en el Anexo 6 – Gráfico 6.37

## **CAPITULO 6**

### **COSTOS DE OPERACIÓN**

#### **6.0 Costo de Operación.**

Se define Costo de Operación de una maquinaria a la cantidad de dinero invertido en adquirirla, hacerle funcionar, realizar trabajo y mantenerlo en buen estado de conservación, es decir, que en este costo debe de incluirse los gastos fijos como son: el interés de capital invertido, seguros, impuestos, almacenaje, mantenimiento, reparación y depreciación y los gastos variables representado por: combustibles, lubricantes filtros y jornales.

Según detallaremos a continuación:

## **COSTOS DE OPERACIÓN.**

### **Costos Fijos:**

- 1) Depreciación (D).
- 2) Interés de Capital Invertido (I)
- 3) Seguros y almacenaje (SA)
- 4) Mantenimiento y Reparación (MR)

### **Costos Variables:**

- 1) Combustible
- 2) Lubricante
- 3) Filtros
- 4) Costo de Hora-Hombre de operadores y mecánicos.

Antes de analizar, en detalle, los gastos fijos y variables definiremos algunos conceptos que intervienen en el cálculo del costo de operación. Así tenemos:

- Valor de Adquisición (Va).
- Valor de Salvataje (Vr).

- **Valor de Adquisición (Va).**

Es el precio actual en el mercado y se obtiene pidiendo cotización, a las casas especializadas de venta de maquinarias. En esta cotización, esta incluido el precio de la unidad puesta en el puerto de embarque (FOB), más los gastos de embarque, fletes y desembarques en el Puerto del Callao (CIF-CALLAO), pagos de derecho Ad Valorem, sobre tasa arancelaria, ley de promoción de exportaciones no tradicionales, Impuesto General a las Ventas (de ser aplicable),

derechos portuarios de almacenaje, seguro para bienes en tránsito otros gastos conexos (cartas de crédito, garantías, etc.), y el transporte hasta el parque de maquinarias del propietario. A continuación mostramos un ejemplo a modo de explicación:

### **EJEMPLO:**

#### **Determinación del valor CIF y valor de Adquisición.**

Se importa una Compresora Neumática, determinar el valor CIF y el valor de adquisición para un precio en el puerto de partida de \$. 12,670.

#### **DATOS GENERALES:**

Código:	0101.
Máquina:	<b>Compresora Neumática.</b>
Potencia:	76 HP
Capacidad:	125-175 PCM.
Peso:	2000 Kg.
Vida Económica (N):	6 años
Ve Horas:	12,000 horas.

Para calcular estos valores, usaremos el siguiente esquema:

#### **A Precio CIF (precio en puerto Callao), incluye:**

- 1 FOB: (Precio en puerto de partida)
- 2 Flete: (10% FOB)
- 3 Seguro: (5% FOB)

#### **B Valor de Adquisición (Va), incluye:**

- 1 Valor CIF: (Precio en puerto Callao)
- 2 Derechos de Importación: (15% CIF)
- 3 Transporte (Aduana/Almacén): 0.0043 S/kg.
- 4 Desaduanaje: (5%) (2)
- 5 I.G.V.: (19%) ( (1) + (2) + (3) + (4) )

**Determinación del Precio CIF:**

Precio FOB (Precio puerto de partida).....	\$.	12,670.00
Flete (10% FOB).....	\$.	1,267.00
Seguro (5% FOB).....	\$.	63.35

**Precio en Puerto Callao (CIF): CIF \$.** **14,000.00**

**Determinación del Valor de Adquisición (Va):**

Valor CIF (Precio en puerto Callao).....	\$.	14,000.00
Derechos de Importación (15% CIF).....	\$.	2,100.00
Transporte Aduana /Almacén 0.0043 S/kg.....	\$.	2.46
Desaduanaje (15%) ((2,100)).....	\$.	315.00
IGV (19%) ( (1) + (2) + (3) + (4) ).....	\$.	459.32

(\*) Considerando tipo de cambio = 3.5 (Soles)

**Valor de adquisición (Va)    Va = \$.** **16,876.78 (S/. 59,068.73)**

- **Valor de Salvataje ( Vr )**

El valor de salvataje llamado también valor recuperable ó de rescate es el valor de reventa, que tendrá la maquina al final de la vida económica. En el Anexo 3 – Tabla 3.1 se muestra el Valor de Salvataje. Entiéndase por máquina pesada a cargadores, mototrailles, motobombas según se muestran en el Anexo 3 – Tabla 3.2 y por maquinaria y equipo liviano, como las compresoras, mezcladoras, motobombas, según la relación que se muestra en el Anexo 3 – Tabla 3.3. Para encontrar las tablas completas véase en la bibliografía al final del presente trabajo.

## **6.1 Costos Fijos.**

El simple hecho de propietario de un equipo o máquina de construcción de cualquier tipo, representa una inversión permanente e independiente al trabajo que ejecute el equipo. Estos gastos fijos se derivan de los correspondientes a la depreciación, el interés de capital invertido, seguro y gastos de almanaque, gastos de mantenimiento y reparación, factores estos que efectúan al propietario d la maquina durante el tiempo de posición de la misma por ser inherentes a la inversión de un capital. Esquemáticamente son los siguientes:

### **COSTOS FIJOS:**

- Depreciación (D)
- Interés del capital Invertido (I)
- Seguros, almacenaje, etc. (SA)
- Mantenimiento y reparación (MR)

### 6.1.1 Depreciación (D).

Es el costo que resulta de la disminución en valor original de la máquina como consecuencia de su uso, durante el tiempo de su vida económica.

Existen varios métodos para determinar el costo de depreciación,

De estos métodos el que más se utiliza, en la práctica es el correspondiente al de la Función Lineal, que se basa en la suposición de que la depreciación se produce a ritmo uniforme, a lo largo del tiempo de la vida útil del equipo.

La fórmula a emplearse para el cálculo de la depreciación horaria es el siguiente:

#### **Depreciación por año:**

Se determina con la siguiente expresión

$$D = \frac{V_{adq} - V_r}{N}$$

#### **Depreciación por hora:**

Se determina con la siguiente expresión

$$D = \frac{V_{adq} - V_r}{(V_e) \text{ hrs.}}$$

Donde:

D: Depreciación por hora de trabajo.

Va: Valor de Adquisición

VR: Valor de salvataje o rescate.

(Ve) hrs: Vida económica de maquinaria expresada en horas (Tabla 3.2)

La Vida Económica Útil de los Equipos de Construcción, se muestra la vida económica expresada en años y en horas, Anexo 3 - Tabla 3.2.

### 6.1.2 Intereses de Capital Invertido (I).

Cualquier empresa para comprar una maquina adquiere los fondos necesarios en los bancos o mercados de capitales pagando por ello los intereses correspondientes o pueden darse el caso. Que si el empresario dispone de fondos suficientes de capital propio, hace la inversión directamente, esperando que las maquinarias reditúen en porción con la inversión efectuada. Por tanto este rubro será equivalente e los intereses correspondientes al capital invertido en la maquinaria.

Debemos insistir que a pesar de que el empresario pague su equipo el contado, debe cargársele los intereses de esa inversión ya que ese dinero bien pudo haberse invertido en otro negocio que produzca dividendos a su propietario. La formula genérica para el cálculo de este es:

$$I = \frac{(N+1)(V \cdot i \cdot N)}{2N \cdot (Ve)Hrs}$$

Donde:

I: Interés Horario de inversión de capital invertido

N: Vida económica útil en años

V: Valor CIF, Valor de derecho arancelarios o valor de adquisición.

Según sea el caso, de la maquinaria para el interés correspondiente.

i: Tasa de Interés Anual vigente para el tipo de moneda a utilizar.

(Ve)Hrs: Vida económica útil en horas

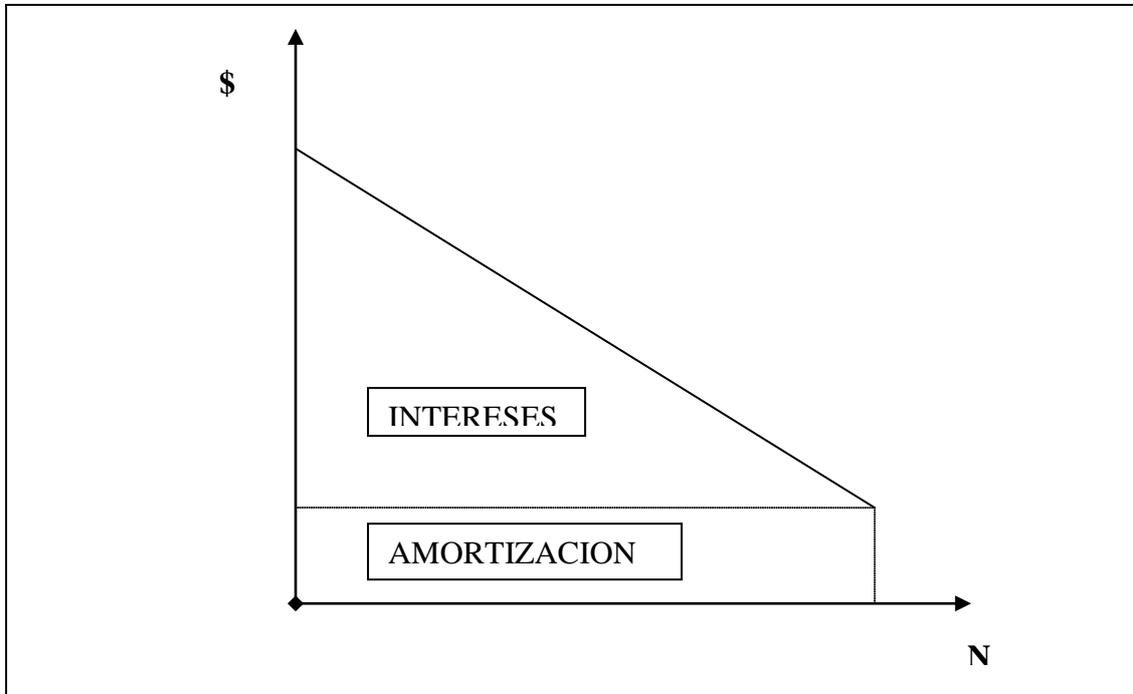
La formula anterior se puede expresar de la siguiente manera:

$$K = \frac{(N + 1)(N)}{2N \cdot Ve}$$

$$I = K \cdot N \cdot i$$

Los valores de K para diferentes periodos de vida económica, de los equipos se muestran en el Anexo 3 – Tabla 3.4

### ESQUEMA DEL INTERES Y LA AMORTIZACION



De este gráfico se observa que:

$$A = (V_{adq.}) / N$$

Donde:

A: Amortiguación

V<sub>adq</sub>: Valor de adquisición

N: Vida económica en años

Cuando se quiere conocer la suma total de los intereses se utilizan alternativamente las formulas, durante la vida útil.

$$I = \frac{(V_{adq.}) \cdot i \cdot (N + 1)}{2}$$

### **EJEMPLO: Determinación del Interés**

Se compra una compresora de 76HP a 43,034.85 \$; determinar los intereses que se pagaran por hora:

N: 6 Años ...Anexo 3 – Tabla 3.2

Ve = 12,000 Horas ...Anexo 3 – Tabla 3.2

Aplicando:

$$I = K (Va) i$$

Para una vida útil de 6 años o 12,000 horas de vida económica se tiene:

K = 0.0002916 ...Anexo 3 – Tabla 3.4

Además, la tasa de interés anual vigente para el tipo de moneda a utilizar, en nuestro caso el dólar, se tiene:

$$i = 16.56\%$$

$$I = (0.0002916) (43,034.85) (16.56)/100$$

$$I = 2.08 \$/ \text{ hora}$$

Resolviendo de otro modo para esclarecer conceptos se tiene.

$$I = (Vadq) i \frac{(N+1)}{2}$$

$$I = (43,034.85) \frac{(16.52)}{100} \frac{(6+1)}{2}$$

$$I = 24,882.75$$

Que es el interés acumulado durante toda su vida útil, en nuestro ejemplo es 6 años.

La amortización se calcula así:

$$A = \frac{(Vadq.)}{N}$$

Entonces:

$$Vadq = \frac{(43,034.85)}{6}$$

$$A = 7,172.47 \text{ (\$/ año)}$$

Como se determino anteriormente, el monto del interés acumulado para los 6 años es de  $I = 24,884.75$ , como según tabla 1 los 6 años equivalen a 12,000 horas, entonces el interés horario será:

$$I = \frac{24,884.75}{12,000}$$

$$I = 2.08 \text{ (\$/ hora)}$$

### **6.1.3 Seguros, Almacenaje (S.A.)**

Las primas de seguro varían des acuerdo al tipo de maquinaria y a los riesgos que deben cubrir durante su vida económica. Este cargo existe tanto en el caso de que la maquinaria se asegure con una compañía de seguros, como en caso de que la empresa constructora decida hacer frente con sus propios recursos a los posibles riesgos (Autoaseguramiento)

El tipo de seguro a considerar en este estudio es el TREC (todo riesgo equipo contratista) que como, promedio se a asumido en 3.5% de acuerdo a un estudio realizado por la empresa de seguros.

En cuanto se refiere al almacenaje, deben incluirse en este costo el ocasionado por concepto de permanencia del equipo en talleres centrales cuando esta inactiva o entre.

Dos contratos de obras sucesivas que es del orden del 1.5%.

Para el cálculo del gasto por seguro y almacenaje, se aplicara la siguiente formula:

$$SA = K. \text{ Vadq. (PS + ALM)}$$

Donde:

$$PS = \text{Prima anual promedio (TREC)}$$

ALM = Porcentajes sumado por concepto de almacenar

PS = 3.5%

ALM = 1.5%

SA = 0.05 K. Vadq

Donde:

SA: Costo por seguro almacenaje por hora de trabajo

Vadq: Valor de adquisición.

K: Factor dado en el Anexo 3 – Tabla 3.4

#### **6.1.4 Mantenimiento y Reparación (MR)**

Se considera como gastos de mantenimiento los originados para realizar la conservación de la maquinaria en buenas condiciones a fin de que trabaje con un rendimiento normal durante su vida económica.

El costo por reparación incluye:

- 1 Valor de mano de obra
- 2 Valor de repuesto

Valores que son necesarios para mantener el equipo en operación es difícil establecer un promedio del costo de mantenimiento y reparación debido a los diferentes tipos de maquinarias, condiciones de trabajo y mantenimiento preventivo que puedan recibir, por esta razón **CAPECO** planteo en la comisión multisectorial de actualización de tarifas de alquiler dos alternativas:

## 1.- Maquinaria para movimiento de tierras:

Como Tractores, Cargadores, Retroexcavadoras, Motoniveladoras, etc.

- **Metodología:**

Se efectúa siguiendo los lineamientos dados en el manual de Caterpillar para maquinaria de movimiento de tierras.

## 2.- Otros equipos:

Como las demás maquinarias que no tienen un estudio sustentado como los establecidos en la primera alternativa.

- **Metodología:**

Se hallará Costo de Mantenimiento y Reparación, ejecutando expresión:

$$MR = \frac{(\% MR) Vadq}{Ve Hrs}$$

Donde:

MR: Gastos de mantenimiento y reparación horaria.

% MR: Porcentaje de Mantenimiento y Reparación ...Anexo 3 – Tabla 3.3

Vadq: Valor de adquisición

Ve Hrs: Vida económica en horas ...Anexo 3 – Tabla 3.2

La determinación de cálculo de los Gastos de Mantenimiento y Reparación que a continuación presentamos se efectúa en base a los Manuales Técnicos y en especial el de Caterpillar. Para determinar este costo se definirá los siguientes conceptos:

A Factor de Derecho de Importación de Repuestos: (FDIR)

B Costo de Mano de Obra de Mecánicos: (M):

## **A Factor de Derecho de Importación de Repuestos: (FDIR)**

El (FDIR) se ha calculado considerando un listado de ciento treinta y seis (136) repuestos que se han importado en un determinado periodo; tal como se muestra en el Anexo 3 - Tabla 3.5. En el cual se puede apreciar el valor FOB, flete, seguros, Valor CIF, costo- Almacén.

Así para el Ítem 2 en el Anexo 3 - Tabla 3.5. Se tiene:

Repuesto:	Carreras de transmisión
Cantidad:	2
FOB:	85.36 ... (Precio puerto de partida)
Flete:	8.54 ... (10% FOB)
Seguros:	1.11 ... (1.3% FOB)
CIF:	95.01 ... (FOB + Flete + Seguros)

Además:

Costos - Almacén = (Factor) (CIF)

Costos - Almacén = (1.357) (95.01)

Costos - Almacén = 128,93

Finalmente:

$(\text{Alm.} / \text{FOB})\% = 128.93 / 85.36$

$(\text{Alm.} / \text{FOB}) = 1.510$

El factor (1.357) que multiplica al valor del CIF para obtener el costo almacén, incluye: Derecho de importación, desaduanaje, IGV que como se dijo anteriormente, es un porcentaje del valor del CIF, el transporte de (Aduana/Almacén) (0.0043 s/Kg.). Se ha despreciado para estos repuestos

El valor de este FACTOR en 1.357 se determinó del modo siguiente:

1	Valor CIF	Precio puerto callao	CIF
2	Derechos Importación	15% (CIF)	0.15 (CIF)
3	Transporte (Aduan / almac.)	0.0043 S / Kgr.	-----
4	Desaduanaje	5%((2))	0.0075(CIF)
5	Imp. Gen. Ventas (IGV)	18%((1)+(2)+(3)+(4))	0.20(CIF)
		<b>Costo almacén</b>	<b>1.357(CIF)</b>

Por Tanto:

FACTOR = 1.357

COSTO – ALMACEN = 1.357 (CIF)

De tal modo, en la Tabla 3.5 - Anexo 6, el valor del CIF se multiplicara por el factor 1.357 para obtener el COSTO - ALMACEN para los repuestos a comprar.

Como se observa el cociente (Alm/FOB) % es de 1.510 para la compra de dos correas de transmisión. El promedio para determinar el (%Alm. / FOB) se realiza para los 136 repuestos de la Tabla 5. El promedio de 136 repuestos para el cálculo (%Alm. / FOB) es de 1.519 al que se adicionara el margen de comercialización existente entre los costos de almacén y el precio de ventas al publico en promedio de orden de 27.7% en esta variación o sea de 0.421 ello de acuerdo a lo consignado por los proveedores de repuesto de maquinarias. Se muestra en el Anexo 3 – Tabla 3.5 solo algunos de algunos de estos (136) repuestos: Tabla 3.5 - Cálculo del Costo de Repuestos

## **DETERMINACION DEL FDIR:**

El valor del (FDIR), es el siguiente:

(1) (Costo) (Alm/Fob) %..... 1.519

(2) Margen de comercializar (27.7% de (1)).....0.421

Entonces: **FDIR = 1.940**

## **B COSTO DE MANO DE OBRA DE MECANICOS (M):**

El costo de H-H de mecánicos en estados Unidos es de 20 \$/Hora

Entonces tenemos que:

MUE = 20 (\$/H-H)

El costo de H-H de mecánicos en el Perú es de: 4.81 \$/Hora.

Entonces tenemos que:

MP = 4.81 (\$/H-H).

## **6.2 Costos de Mantenimiento y Reparación (MR)**

Para determinar el Costo de Mantenimiento y Reparación de Maquinarias (MR), existen los casos según el tipo de maquinarias, estos pueden ser:

- Maquinarias sobre Orugas
- Maquinarias sobre ruedas
- Otros Equipos.

### **6.2.1 MR: Para Maquinaria sobre Orugas.**

La determinación de los gastos de mantenimientos y reparación (MR), incluye los siguientes costos horarios puestos a una fábrica – USA, según se muestra:

- A** Costo de mantenimiento y reparación del tren de rodaje (CTD)
- B** Costo de reserva, para reparación (CTDR)
- C** Costo de elementos especiales de desgastes (CTEED)

#### **A Costos de Mantenimiento y Reparaciones del Tren de Rodaje (CTD).**

La Tabla que nos da el Factor Básico del Tren de Rodajes (FBTR), se muestra en el Anexo 3 – Tabla 3.6. Para modificar el FBTR se tendrá en cuenta las condiciones del terreno, según los siguientes factores.

#### **FACTORES I, A y Z**

Se determina los Rangos por Impacto (I), Abrasión (A) y Varios ó factor Z de acuerdo a las condiciones terreno.

Factores I, A, Z se muestra el Anexo 3 – Tabla 3.7. Entonces se tiene:

$$CTD = (FBTR) (I + A + Z)$$

FBTR: Factor básico del tren de rodaje

CTD: Costo total de mantenimiento y Reparación del tren de rodaje (Costo Horario)

**NOTA.** En el cálculo del costo del tren de rodaje, para el caso de tarifa de equipos se ha estimado por convenio en todos los casos, tener como factores los correspondientes a “Condiciones medias”. Es decir:

Factor I : 0.2

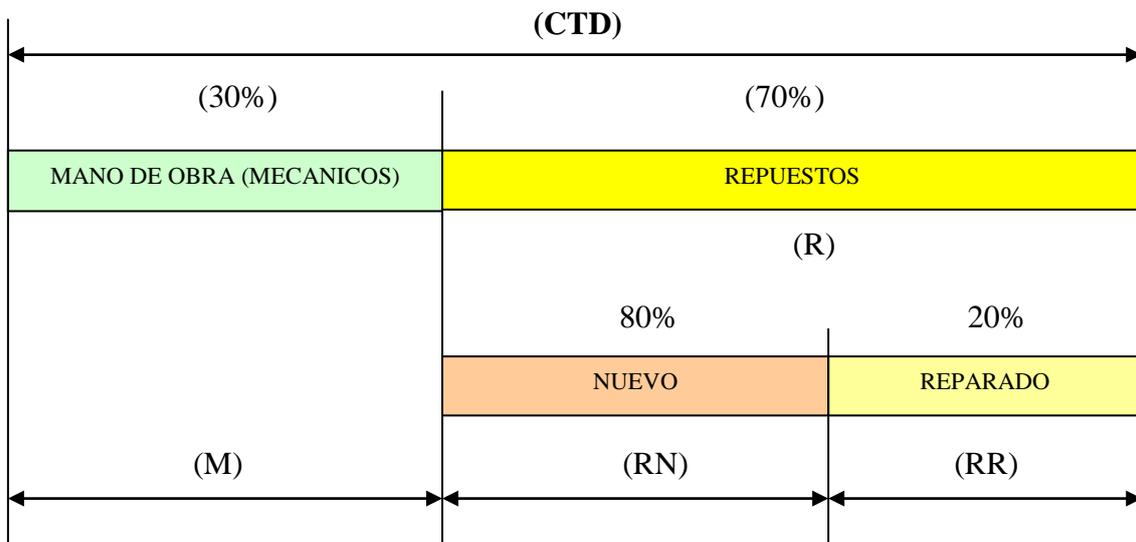
Factor A: 0.2

Factor Z: 0.5

La multiplicación del FBTR por las condiciones del terreno, da el resultado del costo total por la hora en dólares puesto en fabrica USA. Este costo tiene cierta composición porcentual que se detalla a continuación:

- **COMPOSICION PORCENTUAL DEL CTD**

Del Costo Total de Mantenimiento y Reparación del Tren de Rodaje (CTD) el 30% es por mano de obra y el 70% es por repuestos, de este 70% el 80% son por repuestos nuevos y el 20% del 70% es por repuesto reparado, Según se muestra:



Entonces el Costo Nacionalizado del tren de Rodaje (CNTR):

$$\text{CNTR} = \text{CTD} (M) \left[ \frac{\text{MP}}{\text{MEU}} \right] + \text{CTD} (R) (RN) \text{ FDIR} + \text{CTD} (R) (RR)$$

$$\text{CNTR} = \text{CTD} (30\%) \left[ \frac{\text{MP}}{\text{MEU}} \right] + \text{CTD} (70\%) (80\%) \text{ FDIR} + \text{CTD} (70\%) (20\%)$$

Donde:

M: Porcentaje de Mano de Obra (Mecánico)

R: Porcentaje Total de Repuestos utilizados

RN: Porcentaje del Total de Repuestos que son Nuevos

RR: Porcentaje del Total de Repuestos que son separados.

MP: Costo de Hora por Hombre (Mecánicos) en el Perú

MUE: Costo de Hora Hombre (Mecánicos) en Estados Unidos

## **B Costo de Reserva de Reparaciones (CTDR)**

El costo total por hora, en dólares puesto en fábrica – USA, se determina por la siguiente expresión:

$$CTDR = (FBR) (MVP)$$

CTDR: Costo de reserva para reparaciones.

FBR: Factor básico de reparación

MVR: Multiplicador de vida prolongada

- **FACTOR BASICO DE REPARACION (FBR):**

En el factor básico de reparaciones el costo de horario estimado que depende del acto de trabajo de la maquinaria habiéndose calculado dicho factor tomado como referencia el servicio efectuado durante las primera horas 10,000 horas este factor es dado por el fabricante a través de gráficos para los diferentes modelos de maquinarias (Anexo 3 - Tabla 3.8).

Así mismo, el FBR es ajustado a la vida útil de la maquinaria por un factor denominado Multiplicador de Vida prolongada: (MVP) (Tabla 3.8).

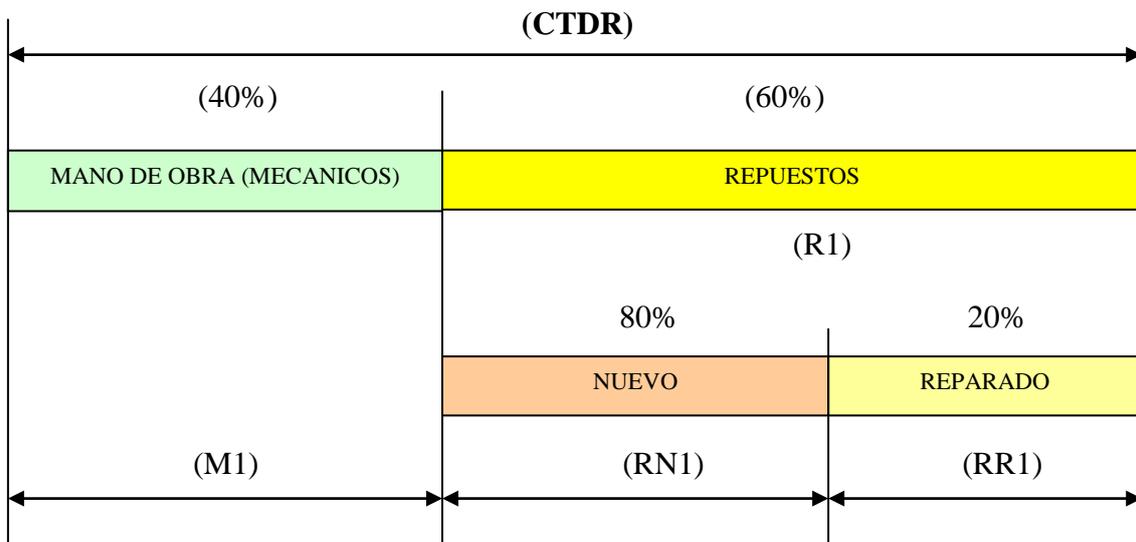
La multiplicación del FBTR por MVP, da como resultado el costo total por hora en dólares puesto en fábrica-USA.

Esta Tabla 3.8 - Factor Básico de Recuperación (FBR) y Multiplicador de Vida Prolongada (MVP). Se muestra en el Anexo 3.

Este Costo de Mano de Obra y Repuestos (Nuevos y Reparados) tienen cierta composición porcentual que se detalla a continuación:

- **COMPOSICION PORCENTUAL DEL CTDR**

Del Costo Total de Reserva para Reparaciones (CTDR) el 40% es por Mano de Obra (mecánicos) y el 60% es por repuestos, de este 60% el 80% son por repuestos nuevos y el 20% del 60% es por repuesto reparado, Según se muestra:



Entonces el Costo Nacionalizado de Reserva para Reparaciones (CNRR):

$$CNRR = CTDR (M1) \left[ \frac{MP}{MEU} \right] + CTDR (R1) (RN1) FDIR + CTDR (R1) (RR1)$$

$$CNRR = CTDR (40%) \left[ \frac{MP}{MEU} \right] + CTDR (60%) (80%) FDIR + CTDR (60%) (20%)$$

Donde:

M1: Porcentaje de Mano de Obra (Mecánico)

R1: Porcentaje Total de Repuestos utilizados

RN1: Porcentaje del Total de Repuestos que son Nuevos

RR1: Porcentaje del Total de Repuestos que son separados.

MP: Costo de Hora por Hombre (Mecánicos) en el Perú

MUE: Costo de Hora Hombre (Mecánicos) en Estados Unidos

### **C Costo de Elementos Especiales de Desgaste (CTEED).**

De acuerdo al estudio realizado por los fabricantes de maquinarias se estima que, para equipos con tren de rodaje, para elementos espaciales de desgaste (Puesto en Fábrica-USA) es de U.S. \$ 1.32 por hora, es decir:

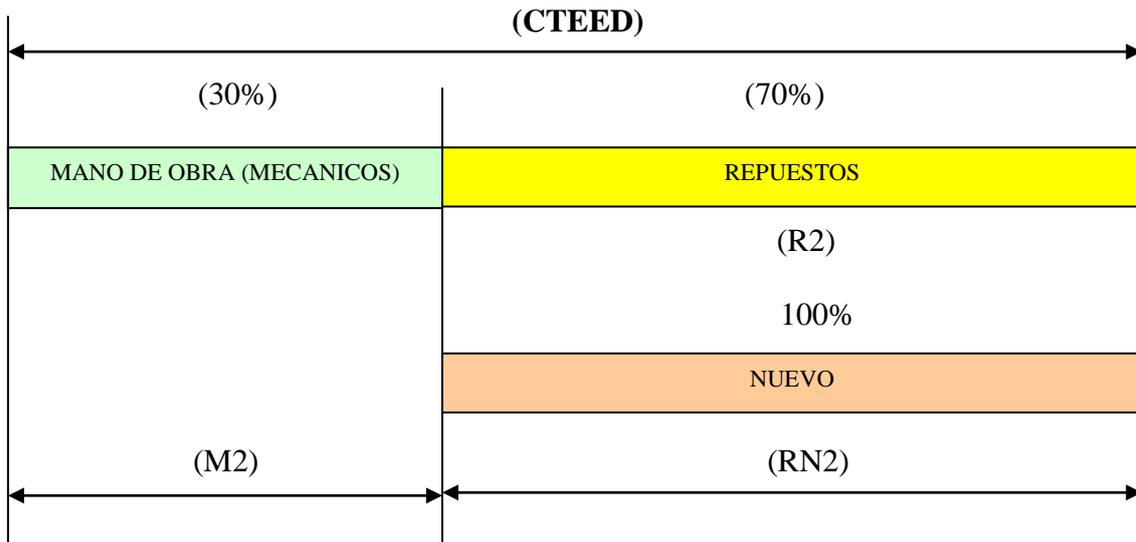
$$\text{CTEED} = 1.32 \$ / \text{Hora}$$

Para determinar el costo horario nacionalizado se tienen en cuenta la siguiente composición porcentual para mano de obra y repuestos.

Para nacionalizar la mano de obra hay que tener en cuenta que el costo de la Hora Hombre en EEUU es de 20 \$ y que el costo de la mano de obra ( Hora Hombre ) en el Perú es de 4.48 \$.

- **COMPOSICION PORCENTUAL DEL CTEED**

Del Costo Total de Elementos Especiales de Desgaste (CTEED) el 30% es por Mano de Obra (mecánicos) y el 70% es por repuestos, de este 70% el 100% son por repuestos nuevos, Según se muestra:



Entonces finalmente se tiene la expresión:

$$CNEED = CTEED (M2) \left[ \frac{MP}{MEU} \right] + CTEED (R2) (RN2) FDIR$$

$$CNEED = CTEED (30%) \left[ \frac{MP}{MEU} \right] + CTEED (70%) (100%) FDIR$$

Donde:

M2: Porcentaje de Mano de Obra (Mecánico)

R2: Porcentaje Total de Repuestos utilizados

RN2: Porcentaje del Total de Repuestos que son Nuevos

RR2: Porcentaje del Total de Repuestos que son separados.

MP: Costo de Hora por Hombre (Mecánicos) en el Perú

MUE: Costo de Hora Hombre (Mecánicos) en Estados Unidos

CNEED: Costo Total Horario Nacionalizado de Elementos Especiales de desgaste en dólares (Puesto en Almacén-Lima).

**Costo Total por Mantenimiento y Reparación Horario (CTMRH):**

**Para: Maquinaria sobre Orugas.**

Como se dijo al inicio el (CTMRH) se halla sumando los costos nacionalizados de:

- 1 Los costos de tren de rodaje: (CNTR)
- 2 Los costos de reserva para reparaciones: (CNRR)
- 3 Los costos de elementos especiales de desgaste: (CNEED)

Es decir:

$$CTMRH = CNTR + CNRR + CNEED$$

**EJEMPLO:**

Determinar el costo por mantenimiento y reparación horario (CTMRH), para un tractor DGD o de 140 HP.

Como se dijo anteriormente se tendrá que determinar:

- 1 Costo nacionalizado del tren de rodaje: (CNTR)
- 2 Costo nacionalizado de reserva para reparaciones: (CNRR)
- 3 Costo nacionalizado de elementos especiales de desgaste: (CNEED)

Entonces:

**1) Costo Nacionalizado del Tren de Rodaje (CNTR):**

$$CNTR = CTD (30\%) \left[ \frac{MP}{MEU} \right] + CTD (70\%) (80\%) FDIR + CTD (70\%) (20\%)$$

Determinado:

CTD: Costo Total Horario de Mantenimiento y Reparación

Del Tren de Rodaje (Puesto en Fábrica-USA)

$$CTD = FBTR (I + A + Z)$$

Para un tractor DGD o 140 HP el Factor Básico del tren de rodaje (FBIR) es igual a 6.2 según lo fija la Tabla 3 – Anexo 3.6

Entonces:

$$FBIR = 6.2$$

FACTORES I, A, Z:

Según Tabla de Factores, para el cálculo del tren de rodaje, se ha estimado por conveniente, en todos casos, tener como factores los correspondientes a condiciones medias, o sea, para el tractor DGD,

Los factores son:

$$\text{Factor I} = 0.2$$

$$\text{Factor A} = 0.2$$

$$\text{Factor Z} = 0.5$$

Reemplazando:

$$CTD = (6.2) (0.2 + 0.2 + 0.5)$$

$$CTD = 5.58 (\$/ \text{ Hora})$$

Además:

FDIR: Factor de derecho importación de repuestos

$$FDIR: 1.94$$

$$MP: 4.48 \$ / \text{ H-H}$$

$$MEU: 20 \$ / \text{ H-H}$$

Reemplazando el valor de estos factores en la expresión se tiene:

$$\text{CNTR} = \text{CTD (M1)} \frac{[\text{MP}]}{\text{MEU}} + \text{CTD (R) (RN) FDIR} + \text{CTD (R) (RR)}$$

$$\text{CNTR} = 5.58 (30\%) \frac{[4.48]}{20} + 5.58 (70\%) (80\%) 1.94 + 5.58 (70\%) (20\%)$$

$$\text{CNTR} = 7.22 \$ / \text{Hr}$$

## 2) Costo Nacionalizado de Reserva para Reparaciones (CNRR):

$$\text{CNRR} = \text{CTDR (M1)} \frac{[\text{MP}]}{\text{MEU}} + \text{CTDR (R1) (RN1) FDIR} + \text{CTDR (R1) (RR1)}$$

Determinado:

CTDR: Costo total horario de reserva de reparaciones. (Puesto en fábrica-USA)

$$\text{CTDR} = (\text{FBR}) (\text{MVP})$$

Para un tractor DGD o 140 HP que analizamos como ejemplo, el factor básico de reparación (FBR) es igual a 4.75 y el multiplicador de vida prolongada (MVP) es igual a 1.00 según la misma tabla 3 – Anexo 3.6.

Entonces:

$$\text{FBR} = 4.75$$

$$\text{MVP} = 1.00$$

$$\text{CTDR} = (4.75) (1.00)$$

$$\text{CTDR} = 4.75 (\$ / \text{Hora})$$

FDIR: Factor de derecho importación de repuestos

$$\text{FDIR} = 1.94$$

$$\text{MP} = 4.48 \$ / \text{H-H}$$

$$\text{MEU} = 20 \$ / \text{H-H}$$

Reemplazando el valor de estos factores en la expresión se tiene:

$$\text{CNRR} = \text{CTDR (M1)} \frac{[\text{MP}]}{\text{MEU}} + \text{CTDR (R1) (RN1) FDIR} + \text{CTDR (R1) (RR1)}$$

MEU

$$\text{CNRR} = (4.75) (40\%) \left[ \frac{4.48}{20} \right] + (4.75) (60\%) (80\%) (1.94) + (4.75) (60\%) (20\%)$$

Entonces:

$$\text{CNRR} = 5.42 \text{ \$ / Hora}$$

Costo Horario de Reserva para Reparaciones es de \$ 5.42 en Almacén-Lima.

### 3) Costo Nacionalizado de Elementos Especiales de Desgaste (CNEED):

$$\text{CNEED} = \text{CTEED} (M2) \left[ \frac{\text{MP}}{\text{MEU}} \right] + \text{CTEED} (R2) (RN2) \text{ FDIR}$$

Determinando:

CTEED: Costo Total Horario de Elementos Especiales de Desgaste  
(Puesto en Fábrica-USA)

Se sabe que este valor es de:

$$\text{CTEED}: 1.32 \text{ \$ / Hora}$$

Además:

FDIR: Factor de derecho de importación de repuestos.

$$\text{FDIR}: 1.94$$

$$\text{MP}: 4.48 \text{ \$ / Hora}$$

$$\text{MEU}: 20 \text{ \$ / H-H}$$

Reemplazando el valor de estos factores que determinan el cálculo del CNEED.

Se tiene:

$$\text{CNEED} = (1.32) (30\%) \left[ \frac{4.48}{20} \right] + (1.32) (70\%) (100\%) (1.94)$$

Entonces:

$$CNEED = 1.88 \text{ \$/ H-H}$$

Luego el costo horario de elementos especiales de desgaste (CNEED) de un tractor

DGD es de \$ 1.88 en almacén-Lima.

Finalmente:

Costo total por mantenimiento y reparación horario (CTMRH), se obtiene sumando:

$$CTMRH = CNTR + CNRR + CNEED$$

$$CTMRH = 7.22 + 5.42 + 1.883$$

$$CTMRH = \text{U.S. } \$ 14.52 / \text{Hr.}$$

Luego el costo total por mantenimiento y reparación horario (CTMRH) para un tractor

DGD es de \$ 14.52 en almacén-Lima.

### **6.2.2 MR: Para Maquinaria Sobre Llantas**

La determinación de los gastos de mantenimiento y reparación (MR), incluye los siguientes costos horarios puestos en fábrica-USA.

Según se indica:

- A** Costo de reserva para reparaciones (CTDR)LL
- B** Costo de elementos especiales de desgaste.

#### **A Costo De Reserva Para Reparaciones (CTDR)LL**

El costo total por hora, en dólares puesto en fábrica-USA. Se determina por la siguiente expresión:

$$(CTDR)ll = (FBR)ll (MVP)$$

Donde:

(CTDR)ll : Costo de reserva para reparaciones

(FBR)ll : Factor básico de reparación

(MVP) : Multiplicador de vida prolongada

- **FACTOR BASICO DE REPARACIONES (FBR) LL**

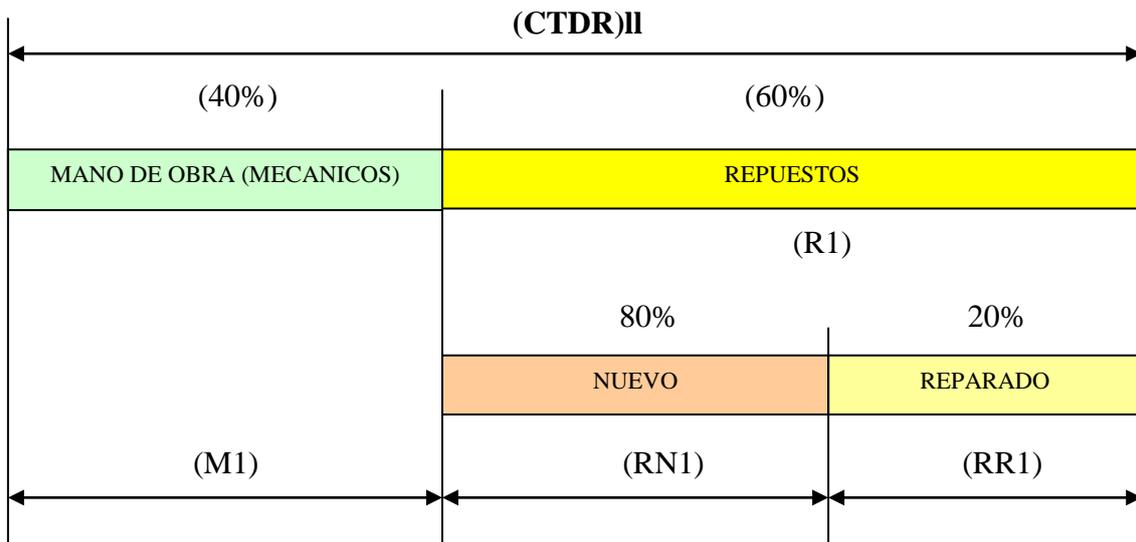
El factor básico de reparaciones es el costo horario estimado que depende del acto de trabajo de la maquinaria habiéndose calculado dicho factor tomando como referencia el servicio efectuado durante las primeras 10,000 horas.

Este factor es dado por el fabricante a través de los gráficos para los diferentes modelos de maquinarias, asimismo el (FBR) LL es ajustado a la vida útil de la maquinaria por un factor determinado multiplicador de vida prolongada (MVP).

El Factor Básico de Reparación (FBR)ll y el Factor Multiplicador de Vida Prolongada a utilizarse en este tipo de maquinarias se muestra en Anexo 3– Tabla 3.8. La multiplicación del (FBTR)LL por el factor MVP da como resultado el costo total por hora en dólares puesto en fabrica – USA. Este costo tiene cierta composición porcentual que se detalla a continuación.

- **COMPOSICION PORCENTUAL DEL (CTDR)II:**

Del Costo Total de Reserva para Reparaciones (CTDR)II el 40% es por Mano de Obra (mecánicos) y el 60% es por repuestos, de este 60% el 80% son por repuestos nuevos y el 20% del 60% es por repuesto reparado, Según se muestra:



Entonces el Costo Nacionalizado de Reserva para Reparaciones (CNRR)II:

$$(CNRR)II = CTDR (M1) \left[ \frac{MP}{MEU} \right] + CTDR (R1) (RN1) FDIR + CTDR (R1) (RR1)$$

$$(CNRR)II = CTDR (40%) \left[ \frac{MP}{MEU} \right] + CTDR (60%) (80%) FDIR + CTDR (60%) (20%)$$

Donde:

M1: Porcentaje de Mano de Obra (Mecánico)

R1: Porcentaje Total de Repuestos utilizados

RN1: Porcentaje del Total de Repuestos que son Nuevos

RR1: Porcentaje del Total de Repuestos que son separados.

MP: Costo de Hora por Hombre (Mecánicos) en el Perú

MUE: Costo de Hora Hombre (Mecánicos) en Estados Unidos

**B Costos De Elementos Especiales De Desgaste: (CTEED)LL**

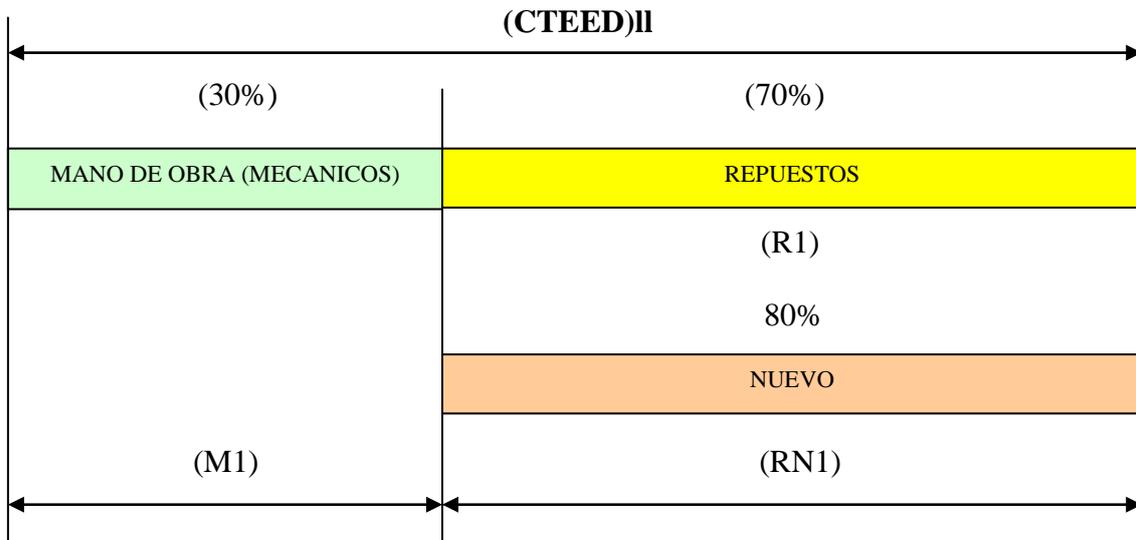
De acuerdo al estudio realizado por los fabricantes de maquinarias se considera que, para equipos sobre llantas el costo de los elementos especiales de desgaste (CTEED)LL es de U.S. \$ 0.60 por hora, puesto en fabrica – USA.

Es decir: (CTEED)LL = 0.60 \$ / hora.

Para determinar el costo horario nacionalizado se tiene en cuenta la siguiente composición porcentual para mano de obra y repuestos.

- **COMPOSICION PORCENTUAL DEL (CTEED)II:**

Del Costo Total de los Elementos Especiales de Desgaste (CTEED)II el 30% es por Mano de Obra (mecánicos) y el 70% es por repuestos, de este 70% el 100% son por repuestos nuevos, Según se muestra:



Entonces el Costo Nacionalizado de Elementos Especiales de Desgaste (CNEED)II:

$$(CNEED)II = CTEED (M1) \left[ \frac{MP}{MEU} \right] + CTEED (R1) (RN1) FDIR$$

$$(CNEED)II = CTEED (30%) \left[ \frac{MP}{MEU} \right] + CTEED (70%) (100%) FDIR$$

## MEU

Donde:

M1: Porcentaje de Mano de Obra (Mecánico)

R1: Porcentaje Total de Repuestos utilizados

RN1: Porcentaje del Total de Repuestos que son Nuevos

RR1: Porcentaje del Total de Repuestos que son separados.

MP: Costo de Hora por Hombre (Mecánicos) en el Perú

MUE: Costo de Hora Hombre (Mecánicos) en Estados Unidos

### **Costo Total por Mantenimiento y Reparación Horario**

#### **Para Maquinaria sobre Llantas: (CTMRH)LL**

El (CTMRH)LL se halla sumando los costos nacionalizados de:

1.- Los costos de reserva para reparaciones: (CNRR)LL

2.- Los costos de elementos especiales de desgaste: (CNEED)LL :

Entonces:

$$(CTMRH)LL = (CNRR)LL + (CNEED)LL :$$

Al Final del presente capítulo se presenta un ejemplo para la determinación de la tarifa en el que se determina el costo de mantenimiento y reparación para una Retroexcavadora.

### **6.2.3 MR: Para Otros Equipos**

Se hallara el costo de mantenimiento y reparación de acuerdo al porcentaje estimado para este costo, multiplicado por el valor de adquisición y dividido entre la vida económica en horas.

$$MR = \frac{\%MR \cdot Va}{Ve \text{ Hrs}}$$

Donde:

MR: Gastos de Mantenimiento y Reparación Horaria

%MR: Porcentaje de Mantenimiento y Reparación ...Anexo 3 – Tabla 3.3

Va: Valor de Adquisición

Ve Hrs: Vida Económica en Horas ...Anexo 3 – Tabla 3.2

Es en la Tabla 3.3 en donde se indican los equipos, en los cuales es necesario aplicar la expresión anterior para determinar el (MR). El % MR. Se muestra en el Anexo 3 – Tabla 3.3 del presente trabajo.

### **EJEMPLO:**

#### **COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACION ( MR ):**

##### **Para: Otros Equipos.**

Determinar el Costo por Mantenimiento y Reparación Horaria (MR) para una Compresora Portátil de valor de adquisición \$ 40,498.32

#### **DATOS GENERALES:**

Código: 011601

Equipo: **Compresor Portátil**

Vida económica (N): 6 años ...Anexo 3 – Tabla 3.2

Vida económica (Ve Hrs): 12,000 Horas ...Anexo 3 – Tabla 3.2

% MR = 80 ...Anexo 3 – Tabla 3.3

Va = \$ 40,498.32

Reemplazando en:

$$MR = \frac{\% MR \cdot Va}{Ve \text{ Hrs}}$$

## **Costo de Mantenimiento y Reparación.:**

$$\text{MR} = 2.70 (\$ / \text{Hora})$$

### **6.3 Costos Variables.**

Los gastos variables que provienen de la utilización de las maquinarias, son los que a continuación se indica:

- Combustible
- Lubricantes
- Filtros
- Llantas
- Costo de hora-hombre de operadores y mecánicos

#### **6.3.1 Combustibles.**

La cantidad y precio de los combustibles consumidos variará con la potencia, ubicación, clase de trabajo y tipo de maquinaria a utilizarse.

La cantidad de combustible que se plantea es un promedio del considerado en los manuales técnicos y de acuerdo a la potencia de la maquinaria, según la Tabla 3.10, Anexo 3 – Tabla 3.10 Consumo de Combustible, Lubricante y Grasa se muestra al en este Anexo.

#### **6.3.2 Lubricantes.**

El consumo de aceite de motor, aceite para controles hidráulicos y de transmisión y grasas seta en relación con la capacidad de la máquina y el mantenimiento que el propietario le aplique periódicamente.

El consumo por lubricantes, incluye el consumo de aceite y el consumo de grasa.

Es decir:

$$(\text{COSTO})_{\text{Lubric.}} = (\text{COSTO})_{\text{Ac.}} + (\text{COSTO})_{\text{Grasa.}}$$

Similarmente a los combustibles se ha tomado el promedio de los diferentes manuales o libros especializados en este rubro.

Según se muestra en el Anexo 3 – Tabla 3.10

### **6.3.3 Filtros.**

El costo por este concepto se puede estimar en un 20% del costo total de lubricantes y combustible, es decir:

$$(\text{COSTO})_{\text{Filtros}} = 20\% [ (\text{COSTO})_{\text{Lubric.}} + (\text{COSTO})_{\text{Grasa.}} ]$$

La tabla 3.10 que muestra el consumo de combustibles, aceites y grasas es la Tabla mostrada anteriormente

### **6.3.4 Llantas.**

Posiblemente uno de los rubros más difíciles de estimar al analizar el costo hora de una maquinaria, es el de las llantas, ellos es debido a que la vida útil de una llanta esta afectada por diversos factores como son el mantenimiento, curvatura de la vía, pendiente, carga, velocidad máxima, posición de las llantas, superficie de vía, presión de inflado, etc.

La Vida Útil que se presenta para las diferentes maquinarias en la Tabla 3.11, se ha calculado aproximadamente teniendo en cuenta la experiencia de los fabricantes de equipo y las condiciones medias de trabajo.

Esta Tabla 3.11 se muestra en el Anexo 3 – Tabla 3.11 Vida útil de Llantas

### **6.3.5 Costo de Hora-Hombre de Operadores y Mecánicos.**

El costo de hora-hombre que se presenta en el (anexo 3) se basa en la tabla de porcentaje de leyes sociales que elabora el Departamento Técnico de CAPECO para el rubro de carreteras.

Se ha estimado que el costo hora-hombre del operador de maquinaria pesada y mecánicos, debe tener un incremento del 15% sobre el costo hora-hombre del operario de carreteras, y el operador de maquinarias livianas tendrá un incremento del 8% sobre el mismo costo, es decir: Según Anexo 3 – Tabla 3.12

(Costo) Hora-Hombre del operario de carreteras = 3.90 (\$ / Hora)

Operador de maquinaria pesada:  $(3.90) (1.15) = 4.48$  (\$ / Hora)

Operador de maquinaria liviana:  $(3.90) (1.08) = 4.21$  (\$ / Hora)

Mecánico:  $(3.90) (1.15) = 4.48$  (\$ / Hora)

La Tabla Costo Hora- Hombre en Carreteras se muestra en el Anexo 6 – Tabla 3.12

### **6.4 Costos Generales y Utilidad**

En este rubro se consideran los gastos correspondientes a la administración, instalación y equipamiento de talleres, personal de vigilancia y control, vehículos para el transporte y servicio del equipo, sueldo de supervisores y controladores de tiempo, personal de oficinas, mantenimiento de archivos y almacén de repuestos, personal encargado de obtención de repuestos etc.

El costo de gastos generales y utilidad que debe estimarse, es entre un 15 a 20 % del costo directo para de esta manera poder atender los gastos administrativos y percibir una utilidad razonable.

## 6.5 Determinación de la Tarifa del Equipo.

Se determinará la tarifa de la Retroexcavadora Komatsu WB 97R:

### DATOS GENERALES:

Código:	010207
Maquinaria:	<b>Retroexcavador cargador.</b>
Potencia:	70 HP
Capacidad:	1.33 / 0.26 YD3
Peso:	12,826 Kg.
Vida Económica (Ve):	5 años ... Anexo 3 - Tabla 3.4
Vida Horas:	10,000 Horas ... Anexo 3 - Tabla 3.4

### CONDICIONES ECONOMICAS

Valor C.I.F. (\$):.....	56,505
Tipo de cambio (\$/.): .....	2.84
Derech Import (%): .....	15.00
I.G.V. (%): .....	19.00
Desaduanaje (%): .....	5.00
Transp (Adun / Alm) S/Kg.: .....	0.0043
Interés (moneda dólar) (\$):.....	16.52
Seguros (%): .....	5.00
Jornal básico (Inc L.S – S./Hr ): .....	10.09

### COSTOS VARIABLES:

Combustible:	3.30 Gln/Hr a 10.11 S/Gln ... Anexo 3 - Tabla 3.10
--------------	--

Lubricantes:

Aceite: Aceite: 0.11 Gln/Hr a 10.79 S/Gln ...Anexo 3 - Tabla 3.10

Grasa: 0.05 lb/Hr a 7.10 S/lb

Filtros: (20%) (Combustible + Lubricantes)

Neumáticos: S/. 1130.32 Und. Vida útil: 2,000 Hrs...Anexo 3 - Tabla 3.11

## **ANÁLISIS DEL COSTO HORARIO.**

### **VALOR DE LA MAQUINARIA NACIONAL.**

A	Valor CIF maquinaria importada:.....	S/. 160,474.20
B	Derechos de importación (15% Vcif):.....	S/. 24,071.13
C	Desaduanaje (5% Derech.Import):.....	S/. 1,203.56
D	Transporte (Aduana/Almacén: 0.0043S./Kgr):.....	S/. 55.15
E	Impuesto General Ventas ( I.G.V: 19%( A+B+C+D)).....	S/. 35,302.77
F	Valor de Adquisición (Va):.....	S/. 221,106.81
G	Valor de rescate o salvataje (Vr: 25% Va):.....	S/. 55,276.70

### **COSTO DE LA MAQUINARIA SIN OPERAR.**

#### **A1 DEPRECIACIÓN (D):**

$$D = (Va - Vr) / Ve \quad \dots \text{Anexo 3 - Tabla 3.1 - Tabla 3.2}$$

$$D = (221,106.81 - 55,276.70) / 10000$$

$$D = 16.58$$

#### **A2 INTERESES (I):**

$$I = K (Va) (i) \quad \dots \text{Anexo 3 - Tabla 3.2}$$

$$I = (0.0003000) (221,106.81) (16.52) / 100$$

$$I = 10.96$$

**A3 SEGUROS, ALMACÉN (SA):**

$$SA = (k) (Va) (0.05) \dots \text{Anexo 3 - Tabla 3.3}$$

$$SA = (0.0003000) (221,106.81) (0.05)$$

$$SA = 3.32$$

**Costo Horario de la Maquinaria sin Operar (A1+A2+A3) = 30.86 S/Hr**

**COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACION ( MR ) :**

**Para: Retroexcavador Cargador ( Maquinaria Sobre Llantas )**

1.- Costo nacionalizado de reserva para reparación: (CNRR)ll

2.- Costo nacionalizado de elementos especiales de desgaste: (CNEED)ll

**1 - Costo Nacionalizado de Reserva para Reparación: (CNRR)ll**

CTDR: Costo Total Horario de Reserva para Reparaciones

(Puesto en Fabrica-USA)

$$CTDR = (FBR) ll (MVP) \dots \text{Anexo 3 - Tabla 3.8}$$

$$CTDR = ( 3.25 ) ( 1.00 )$$

$$CTDR = 3.25 \$/Hr$$

$$(CNRR)ll = CTDR (40\%) \left[ \frac{MP}{MEU} \right] + CTDR (60\%) (80\%) FDIR + CTDR (60\%) (20\%)$$

$$(CNRR)ll = (3.25) (0.4) \left[ \frac{4.48}{20} \right] + (3.25) (0.6) (0.8) (1.94) + (3.25) (0.6) (0.2)$$

Entonces se tiene:

$$(CNRR)ll = 3.71 \$/Hr ( Almacén - Lima )$$

$$(CNRR)ll = 10.53 S/Hr ( Almacén - Lima )$$

## 2 - Costo Nacionalizado de Elementos Especiales de Desgaste: (CNEED)II

CTEED: Costo Total Horario de Elementos Especiales de Desgaste  
(Puesto en Fábrica –USA)

$$\text{CTEED} = 0.60 \text{ \$/ Hr}$$

$$(\text{CNEED})_{II} = \text{CTEED} (30\%) \frac{[\text{MP}]}{\text{MEU}} + \text{CTEED} (70\%) (100\%) \text{ FDIR}$$

$$(\text{CNEED})_{II} = (0.60) (0.3) \frac{[4.48]}{20} + (0.60) (0.7) (1.00) (1.94)$$

$$(\text{CNEED})_{II} = 0.86 \text{ \$/Hr ( Almacén – Lima )}$$

$$(\text{CNRR})_{II} = 2.44 \text{ S/Hr ( Almacén – Lima )}$$

### **Finalmente:**

$$(\text{CTMRH})_{II} = (\text{CNRR})_{II} + (\text{CNEED})_{II}$$

$$(\text{CTMRH})_{II} = 10.53 + 2.44$$

$$(\text{CTMRH})_{II} = 12.97 \text{ S / Hr}$$

### **Costo Horario de Mantenimiento y Reparación**

$$\text{MR} = 12.97 \text{ S/Hr}$$

**COSTO HORARIO DE LA MAQUINARIA OPERADA**

Costo de maquinaria sin operar (Total A): .....	30.86
Costo horario de mantenimiento y reparación (MR): .....	12.97
Combustible: .....	33.36
Lubricantes: .....	11.25
Filtros .....	8.90
Neumáticos:.....	0.56
Jornales Inc. LS:.....	10.90

**COSTO HORARIO DE MAQUINARIA OPERADA:**

**TOTAL :                    108.80 S/Hr.    ( 38.30 \$/Hr )**

## **CAPITULO 7**

### **CASO: CENTRAL HIDROELECTRICA SANDIA**

#### **7.0 Caso. Central Hidroeléctrica Sandia**

El siguiente caso se refiere al trabajo de Control de Producción y Mantenimiento del Equipo Mecánico ejecutado en la Obra de la Central Hidroeléctrica de Sandia, ubicada en la Provincia de Sandia Departamento de Puno, ésta Central ha sido diseñada para una potencia instalada de 2.2 MW y comprende la ejecución de obras civiles y electromecánicas para abastecer de energía al Pequeño Sistema Eléctrico de Sandia; que incluye como principales localidades servidas. A Sandia, Cuyo, San Juan del Oro y suministro adicionales.

A continuación se detalla los procedimientos y controles en los tres sistemas detallado en el presente trabajo, que llevaron a la obra en mención, según los Índices de Gestión, a alcanzar los rangos internacionales de mantenimiento, es decir a un Mantenimiento de Clase Mundial, colocando a la empresa a niveles competitivos internacionalmente, en lo que a Mantenimiento se refiere, en un Mundo cada vez más Globalizado.

## 7.1 Sistema de Control en el Planeamiento:

El Ing. Residente de la ejecución de la obra, estimó el uso del Equipo Mecánico, al conocer este requerimiento es necesario realizar una serie de acciones. Estas acciones son las siguientes:

1	Plan de Empleo de Equipo Mecánico.....	Anexo 4 - Cuadro 4.1
2	Relación de Equipo Mecánico Asignado.....	Anexo 4 - Cuadro 4.2
3	Acta de Entrega y Recepción de Equipo Mecánico.....	Anexo 4 - Formato 4.3
5	Libreta de Control del Equipo.....	Anexo 4 - Formato 4.4
4	Cargo de Equipo Mecánico a Operadores y Choferes.....	Anexo 4 - Formato 4.5
6	Ubicación de Equipo Mecánico y Responsabilidad.....	Anexo 4 - Cuadro 4.6
7	Relación de Horómetros / Odometros y trabajo por día....	Anexo 4 - Cuadro 4.7
8	Relación de Tarifas de Equipo mecánico.....	Anexo 4 - Cuadro 4.8
9	Criticidad de los Equipos.....	Anexo 4 - Tabla 4.9
10	Tipo de Mantenimiento según Criticidad.....	Anexo 4 - Tabla 4.10
11	Ficha Técnica de Equipos.....	Anexo 4 - Formato 4.11
12	Tabla de Mantenimiento de Equipos.....	Anexo 4 - Tabla 4.12
13	Programa de Mantenimiento.....	Anexo 4 – Cuadro 4.13 A - B
14	Costo del Mant. Preventivo por Equipo. ....	Anexo 4 – Cuadro 4.14 A - I
15	Costo del Mantenimiento por frecuencia.....	Anexo 4 – Cuadro 4.15
16	Costo del Plan de Mantenimiento. ....	Anexo 4 – Cuadro 4.16
17	Costo del Mantenimiento Mensual.....	Anexo 4 - Gráfico 4.17
18	Plan de Abastecimiento de Filtros. ....	Anexo 4 – Cuadro 4.18 A - E
19	Plan de Abastecimiento de Neumáticos.....	Anexo 4 – Cuadro 4.19
20	Altura de cocada Inicial.....	Anexo 4 – Cuadro 4.20

## 7.2 Sistema de Control en Obra

Se procede ahora a los controles en la obra, cabe indicar que el Acta de entrega y recepción de equipo mecánico y el Cargo del equipo se realiza en la obra a efectuar, los controles del ejemplo es para la Retroexcavador Cargador código 010207 y el análisis de aceite son referidos al motor de la unidad. Los Controles son como sigue:

- 1 Control de Combustible del Equipo Mecánico.
  - Formato de Control de Consumo de Combustible.....Anexo 5 - Formato 5.1
- 2 Control del Análisis de Aceite del Equipo Mecánico.
  - Formato de envío de muestras.....Anexo 5 - Formato 5.2
- 3 Control de los Neumáticos
  - Registro de Altura de Cocadas de Llantas.....Anexo 5 - Formato 5.3
  - Registro de Promedio de Desgaste de Cocadas.....Anexo 5 - Formato 5.4
  - Registro de Pedido de Cocadas de Llantas.....Anexo 5 - Formato 5.5
- 4 Control de la Orden de Trabajo de Mantenimiento.
  - Orden de Trabajo de Equipo Mecánico.....Anexo 5 - Formato 5.6
- 5 Control de Paradas del Equipo Mecánico.
  - Registro de Paradas de Equipo Mecánico.....Anexo 5 - Formato 5.7
- 6 Control de Equipo Mecánico.
  - Libreta de Control de Producción.....Anexo 5 – Formato 5.8
- 7 Control de Tiempos de Producción del Equipo Mecánico.
  - Control de Tiempos de Producción.....Anexo 5 – Formato 5.9

### 7.3 Sistema de Control Central

Se procede ahora con los Formatos enviados de obra, a realizar una serie de seguimientos a estos controles de obra con el fin de determinar el comportamiento y estado de los equipos en obra y analizar la gestión, determinando los índices, que serán elevados a la Gerencia de Mantenimiento, con el fin de plantear soluciones y mejoras, los controles del ejemplo es para la Retroexcavadora Cargador código 010207 y el análisis de aceite son referidos al motor de la unidad. Los Controles son como sigue:

- 1 Control de Combustible del Equipo Mecánico.
  - Seguimiento de Consumo de Combustible.  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6.-Cuadro 6.1
  - Gráfico de Tendencia de Consumo de Combustible.  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6 - Cuadro 6.2
- 2 Control del Análisis de Aceite del Motor
  - Seguimiento las Muestras del Análisis de Aceite.  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6 - Cuadro 6.3
  - Control de Análisis de Aceite del Motor.  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6 - Cuadro 6.4
  - Tendencia de la Viscosidad.....Anexo 6 – Gráfico 6.5
  - Tendencia de la Presencia de Silicio.....Anexo 6 – Gráfico 6.6
  - Tendencia de la Presencia de Hierro.....Anexo 6 – Gráfico 6.7
  - Tendencia de la Presencia de Aluminio.....Anexo 6 – Gráfico 6.8
  - Tendencia de la Presencia de Cobre.....Anexo 6 – Gráfico 6.9
  - Tendencia de la Presencia de Plomo.....Anexo 6 – Gráfico 6.10

- Tendencia de la Presencia de Cromo.....Anexo 6 – Gráfico 6.11
  - Tendencia de la Presencia de Estaño.....Anexo 6 – Gráfico 6.12
  - Tendencia de Agua.....Anexo 6 – Gráfico 6.13
  - Tendencia de la Oxidación.....Anexo 6 – Gráfico 6.14
  - Tendencia del Hollín.....Anexo 6 – Gráfico 6.15
- 3 Control de los Neumáticos
- Registro de Altura de Cocadas de Llantas Inicial.....Anexo 6 – Formato 6.16
  - Seguimiento de la Altura de Cocada.....Anexo 6 – Cuadro 6.17
  - Tendencia de la Altura de Cocada.....Anexo 6 – Gráfico 6.18
- 4 Control del Mantenimiento.
- Seguimiento de los Mantenimientos.  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6 - Cuadro 6.19 A - B
  - Seguimiento de la Precisión de Servicio ( PS ) y Tendencia del PS  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6 – Gráfico 6.20
  - Pareto del Tipo de Falla del Equipo Mecánico.  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6 – Gráfico 6.21
  - Seguimiento de la Precisión de Servicio ( PS ) y Tendencia del PS  
Retroexcavadoras.....Anexo 6 – Gráfico 6.22
  - Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo  
Equipos Obra Sandia.....Anexo 6 – Cuadro 6.23 A - E
  - Porcentaje del Trabajo Programado  
Equipos Obra Sandia.....Anexo 6 – Gráfico 6.24

- Relación de Mantenimiento  
Equipos Obra Sandia.....Anexo 6 – Gráfico 6.25
- 5 Control de Paradas del Equipo Mecánico.
- Seguimiento de Control de Paradas.  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6 - Cuadro 6.26
  - Seguimiento del MTBS y Tendencia del MTBS  
Retroexcavadora código 010207..... Anexo 6 – Gráfico 6.27
  - Seguimiento del MTTR y Tendencia del MTTR.  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6 – Gráfico 6.28
  - Seguimiento del MTBS y Tendencia del MTBS  
Equipos Obra Sandia.....Anexo 6 - Cuadro 6.29
  - Seguimiento del MTTR y Tendencia del MTTR.  
Equipos Obra Sandia.....Anexo 6 – Gráfico 6.30
- 6 Control de Tiempos de Producción del Equipo Mecánico.
- Seguimiento del Control de Tiempos de Producción.  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6 – Cuadro 6.31
  - Tendencia de la Disponibilidad.  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6 – Gráfico 6.32
  - Tendencia del Coeficiente de Utilización.  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6 – Gráfico 6.33
  - Tendencia de la Productividad.  
Retroexcavadora código 010207.....Anexo 6 – Gráfico 6.34

- Tendencia de la Disponibilidad.  
Equipos Obra Sandia.....Anexo 6 – Gráfico 6.35
- Tendencia del Coeficiente de Utilización.  
Equipos Obra Sandia.....Anexo 6 – Gráfico 6.36
- Tendencia de la Productividad.  
Equipos Obra Sandia.....Anexo 6 – Gráfico 6.37

## CONCLUSIONES

### **1 DE LOS FUNCIONES DE TRABAJO:**

Las funciones de trabajo diseñados para el Plan Piloto (obra Sandia – Puno). Serán establecidos como política de la empresa, estableciéndose estos en el Manual de Funciones de la empresa, en el Área de Mantenimiento del Equipo Mecánico.

### **2 DE LOS SISTEMAS DE CONTROL:**

Los sistemas de control (planeamiento, obra, control central) serán establecidos por la empresa como norma de trabajo esto debido a que con este sistema de control en los tres niveles de la obra se obtuvo el Mantenimiento de Clase Mundial. (Rangos a estándares internacionales de trabajo).

### **3 DEL CONTROL DE COMBUSTIBLE:**

El control de combustible ha permitido, cuantificar el rendimiento del combustible, y las condiciones en el que el motor trabaja, provocando no solo un ahorro de combustible, y aumento de la vida útil de los equipos, sino también un sustento para supervisión y posibles sanciones cuando el equipo halla sido reparado y aún persistiera un consumo excesivo de combustible injustificado del mismo.

#### **4 DE LOS ANALISIS DE ACEITE:**

Se ha establecido como norma la implementación del análisis de aceite y se estableció un método para determinar la criticidad de los equipos, para tener un sustento técnico de los equipos a los cuales será aplicado este mantenimiento predictivo, esto trajo como consecuencia un aumento del mantenimiento programado y el aumento de la vida útil de los equipos a la vez que un aumento de la Disponibilidad, aumento del MTBS y reducción del MTTR, como consecuencia un aumento de la productividad.

Además se estableció información sobre la interpretación de los datos, permitiendo con esto un mayor conocimiento del ingeniero sobre sus equipos.

#### **5 ANALISIS DE LOS INDICADORES DE GESTION:**

Se estableció un sistema de información Gerencial, traducidos en índices, gráficos y tendencias, a la vez que se estableció los rangos de estos índices, con la finalidad de que la Gerencia de Mantenimiento pueda plantear un sistema de mejora continua para la empresa (Maximizar el coeficiente de Utilización y el MTBS y como consecuencia la Productividad)

**6** Finalmente con el Sistema implantado ha sido un éxito ya que se ha alcanzado el Mantenimiento denominado de Clase Mundial, ya que al alcanzar los rangos internacionales presentados en el presente volumen, le garantiza a la empresa competir internacionalmente en lo que se refiere al tema en mención, en mundo cada vez más globalizado

### OBSERVACIONES:

- 1 El siguiente cuadro consolidado de los Índices de Gestión, muestra que los valores obtenidos están en el rango de los valores admisibles, esto se ha obtenido por eficiente sistema de control que se realizó en todos los niveles, se ha alcanzado por lo tanto: El Mantenimiento de Clase Mundial.
  
- 2 Analizando el siguiente cuadro observamos que podemos mejorar aún más, si aumentáramos la Disponibilidad, aumentaríamos la Productividad y el MTBS, como consecuencia se reduciría el MTTR y aumentaría la Relación de Mantenimiento, esto con una política de inspecciones programadas ya que nuestro MTBS ya está determinado. Inspección Norma: (1/3) del MTBS

INDICES DE GESTION OBRA SANDIA – PUNO	ABREV	RANGO ADMISIBLE	VALORES ALCANZADOS AL FIN DE AÑO
Disponibilidad	<b>D</b>	( 88 - 92 )%	90.66%
Utilización	<b>C.U</b>	90%	90.96%
Productividad	<b>P</b>	( 80 - 83 )%	82.46%
Tiempo Medio entre Paralizaciones	<b>MTBS</b>	( 60 - 80 )Hr	73.21 Hrs
Tiempo Medio para Reparar	<b>MTTR</b>	( 6 - 3 )Hr	4.81 Hrs
Relación de Mantenimiento	<b>RM</b>	( 20 – 30 )%	22.63 %
% de Trabajos Programados Realizados	<b>%TPR</b>	80%	82.39%
Precisión de Servicio	<b>PS</b>	95%	100%
Cumplimiento Programa de Preventivo	<b>CPM</b>	80%	100%

## **BIBLIOGRAFIA**

- Komatsu. Manual de Operación y Mantenimiento  
WB 95R – 1, WB 97R – 1, Retro Cargadora
- Capeco El Equipo y sus Costos de Operación  
Cámara Peruana de la Construcción.
- Vargas Gálvez, Pedro Auditoria de Mantenimiento Industrial  
Herramienta Moderna para la Mejora de la Gestión  
de Mantenimiento